

ჯონი ბიჭიაშვილი, გიორგი სიჭინავა

მშენებლობის
ორბანიზაცია,
მექანიზაცია,
ავტომატიზაცია,
დაბეზმვა და
მენეჯმენტი

III ნიშნი

მშენებლობის ავტომატიზაცია

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორ არჩილ ფრანგიშვილისა
და ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორ ჯონი ბიჭიაშვილის
აერთო რედაქციით

გამომცემლობა „ლენვა“
თბილისი, 2009

წიგნში “მშენებლობის ორგანიზაცია, მექანი-
ზაცია, ავტომატიზაცია, დაგეგმვა და მენეჯმენტა”,
განხილულია სამშენებლო პროცესების ავტომატი-
ზაციის ძირითადი პრინციპები, გამოსომი და ავ-
ტომატური მოწყობილობების სისტემათა ძირითადი
ელემენტები, ელექტრამძრავის ავტომატიზაცია და
ავტომატური რეგულირება; მართვის ტექნიკა, საინ-
ფორმაციო სისტემები და მართვის ავტომატიზებული
სისტემები; წარმოების ცენტრალიზებული მართვა
და დისპეტჩერიზაცია, კომპიუტერული ამოცანების,
კაბელ-ამოცანების, საპროექტო-საბაგერო გზების ავტომატიზაცია
და სხვ.

გათვალისწინებულია უმაღლესი სასწავლებელ-
ების სამშენებლო სპეციალობის სტუდენტებისათვის.
იგი გამოადგებათ ინჟინერ-პრაქტიკოსებსაც.

რედაქტორი: საქართველოს საინჟინრო აკადემიის პრეზიდენტი, ტექნიკის
მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, აკადემიკოსი **ა. ფრანგიშვილი**

რეცენზენტი: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი
ა. გუგუშვილი

ISBN 978-99940-976-9-2

ISBN 978-9941-9107-3-9

© ჯონი ბიჭიაშვილი, კორეა სპეციალ-
გამომცემლობა “ლეგა”, თბილისი, 2008

წ ო ნ ა ს ო ტ ყ ვ ა ო ბ ა

წინამდებარე ნაშრომი წარმოადგენს გამომცემლობა “ლეგას” მიერ 2008 წელს გამოცემული სახელმძღვანელოს – “მშენებლობის ორგანიზაცია, მექანიზაცია, ავტომატიზაცია, დაგეგმვა და მენეჯმენტი” I წიგნი – შემაღგენელ ნაწილს. ავტორთა თავდაპირველი ჩანაფიქრით აღნიშნულ ნაშრომს კომპლექსურად უნდა მოეცვა ერთი წიგნის მოცულობაში სამშენებლო წარმოების ორგანიზაციის საფუძვლები, სამშენებლო წარმოების მატერიალურ-ტექნიკური უზრუნველყოფის ორგანიზაცია, სამშენებლო წარმოების ოპერატიული დაგეგმვა, მშენებლობის მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის, სამეურნეო მექანიზმის სრულყოფისა და მშენებლობის მართვის საკითხები და სხვ. მაგრამ, წიგნის მეტად დიდი მოცულობის გამო, ავტორებმა მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ “მშენებლობის მექანიზაციის და ავტომატიზაციის” ცალკე წიგნებად გამოცემა, (მშენებლობის მექანიზაცია, წიგნი II და მშენებლობის ავტომატიზაცია, წიგნი III), მითუმეტეს, რომ მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის შემდგომი განმტკიცებისა და განვითარების გადამწყვეტ პირობას წარმოადგენს კომპლექსური მექანიზაცია, ავტომატიზაცია და ახალი აგრეგატული უნიფიცირებული სისტემებისა და გამომთვლელი მანქანების ფართოდ დანერგვა.

შეგნიშნაეთ, რომ ინჟინერ-მშენებლის, ტექნიკ-ტექნოლოგისა და ტექნიკ-მექანიკოსის აღჭურვა სათანადო კომპლექსური თეორიული ცოდნით, ავტომატიზებული მოწყობილობა-დანადგარების სწორი ექსპლოატაციის, საწარმოო და ტექნოლოგიური პროცესების ტექნიკურად, გამართულად მართვის მიზნით, მნიშვნელოვნად განაპირობებს თანამედროვე ეტაპზე შრომის ნაყოფიერების ზრდის მიღწევას. ამ პრობლემის წარმატებით გადაწყვეტის მცდელობას ემსახუ-

რება, ერთი მხრივ, მშენებლობის ორგანიზაციისა და ტექნიკლოგიის და მეორე მხრივ, მშენებლობის მექანიზაციის და ავტომატიზაციის თეორიული საფუძვლების კომპლექსურად შესწავლას, რასაც მიზნად ისახავს წარმოდგენილი სახელმძღვანელო.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ განხილულ საკითხებზე ქართულ განა'სე არ მოიპოვება ორიგინალური ნაშრომი და წინამდებარე სახელმძღვანელო ამ მხრივ პირველ ცდას წარმოადგენს, ალბათ, მას უქნება ნაკლოვანებები. ავტორები საკმისად შენიშვნებს კმაყოფილებით მიიღებენ შემდგომში გასათვალისწინებლად.

აღნიშნულის საფუძველზე “მშენებლობის მექანიზაცია და ავტომატიზაცია” (“მშენებლობის ორგანიზაციის, მექანიზაციის, ავტომატიზაციის, დაგეგმვისა და მენეჯმენტთან” კომპლექსში), მოცემულია ორი წიგნის სახით: II. მშენებლობის მექანიზაცია (ამწვევ-სატრანსპორტო მანქანები), III. მშენებლობის ავტომატიზაცია.

ეს სახელმძღვანელო გათვალისწინებულია უმაღლესი სასწავლებლების სტუდენტებისათვის (გამოადგებათ ინჟინერ-პრაქტიკოსებსაც), რომლებიც შეისწავლიან “სამშენებლო მანქანებისა და სამშენებლო პროცესების ავტომატიზაციის” კურსს. მასალის დამუშავება და შესწავლა მიზანშეწონილია განხორციელდეს სახელმძღვანელოში მოცემული თანმიმდევრობით. სახელმძღვანელო შედგენილია მოქმედი პროგრამის შესაბამისად. განხილულია ავტომატიზაციის ძირითადი პრინციპები, გამართი და ავტომატური მოწყობილობების ელემენტები, ელექტროძრავის ავტომატიზაცია და ავტომატური რეგულირება, მართვის ტექნიკა, საინფორმაციო და მართვის ავტომატიზებული სისტემები, კომპიურა ამწეების, კაბელ-ამწეების, საჰაერო-საბაგირო გზების ავტომატიზაცია და სხვ.

ავტორები მადლიერების გრძნობით აღნიშნავენ მარიამ ბიჭიაშვილის ნაყოფიერ შრომას, წიგნის გრაფიკული ნაწილის შემოწმებისა და ტექსტის ყურადღებით კორექტირებასე.

სამშენებლო პროცესების დახასიათება და მათი ავტომატიზაციის პრინციპები

§1. მშენებლობის ავტომატიზაცია და პერსპექტიული ბანკითარების ამოცანები

ტექნიკური პროგრესის, ორგანიზაციის სრულყოფა და სამუშაო პირობების გაუმჯობესება განაპირობებს მშენებლობის ინდუსტრიალიზაციის დონისა და უნიფიცირებულ სამშენებლო კონსტრუქციების და დეტალების საქარხნო წესით დამზადების ხარისხის ამაღლებას. სახლმშენებელი კონვეიერი, მასში შემავალი მსხვილი კომბინატების მეშვეობით, სამშენებლო წარმოებას შენობების მონტაჟის კომპლექსურ-მექანიზებულ პროცესად გარდაქმნის. სახოგადობის წინაშე დასასული ამოცანების განხორციელება მითითივს ფართოდ დაინერგოს მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლის, მართვისა და რეგულირების ავტომატური მოწყობილობები; ქარხნებისა და სამშენებლო ობიექტების ავტომატური მართვის მანქანური სისტემები.

ბეტონის, რკინაბეტონისა და ასაწეობი რკინაბეტონის კონსტრუქციების დამამზადებელი თანამედროვე ქარხნების მექანიზაციის მაღალი დონე, საწარმოო ციკლის უწყვეტობა ქმნის ხელსაყრელ პირობებს ავტომატიზაციის ანუ მექანიზაციის უმაღლესი საფეხურის დანერგვისათვის.

თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ამჟამად დასრულებულია მსა სართულების აწევის მეთოდით შენობების აგების ახალი ეკონომიკური ტექნოლოგია, მონტაჟის პროცესის ავტომატიზაცია მნიშვნელოვნად აამაღლებს შრომის ნაყოფიერებას მშენებლობაში და გააიიყვებს მშენებლობას, მშენებლობის წარმოების ნებისმიერი სხვა წესის გამოყენებასთან შედარებით.

მექანიზაციის მჭიდრო კავშირზე ავტომატიზაციასთან მიუთითებდა ჯერ კიდევ კ. მარქსი "კაპიტალში", რომელშიც მან შემდეგი განმარტება მისცა ავტომატურ მანქანას: "როდესაც სამუშაო მანქანა ადამიანის დაუხმარებლად ას-

რეულებს ყველა იმ მოძრაობას, რაც აუცილებელია ნეკლი მასალის დასამუშავებლად, და მხოლოდ ადამიანის მხრივ კონტროლს საჭიროებს, მაშინ ნვენ საქმე გვაქვს მანქანების ავტომატურ სისტემასთან”*, ე.ი. ტექნოლოგიური პროცესის მექანიზაცია წარმოადგენს ავტომატიზაციის შეუცვლელ და მნიშვნელოვან წინამძღვარს. მაშასადამე, მექანიზაცია წარმოადგენს ადამიანის კუნთის ძალის მექანიზმებით შეცვლის პროცესს, ხოლო ავტომატიზაცია ადამიანის მიერ წარმოების სამართავად აუცილებელი შრომის შეცვლის პროცესს აპარატებისა და მანქანების მუშაობით. მეცნიერებისა და ტექნიკის იმ დარგს, რომელიც შეისწავლის ავტომატური სისტემებისა და მასთან დაკავშირებული ტექნიკური საშუალებების თეორიასა და მეთოდებს, ეწოდება ავტომატიკა (“ავტომატი” ბერძნული წარმოშობის სიტყვაა და ნიშნავს თვითმოძრავს).

ობიექტის ავტომატურ მართვას, თუ ეს ობიექტი მოთავსებულია მართვის ადგილიდან შორ მანძილზე, ეწოდება ტელემექანიკა (ტელემექანიკა წარმოადგება სიტყვიდან “ტელე”, რაც ნიშნავს მანძილზე მოქმედებას). პრინციპული განსხვავება ავტომატიკასა და ტელემექანიკას შორის არ არსებობს. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის რთული სისტემები უმეტეს შემთხვევებში შედგება ერთი და იმავე ელემენტებისაგან.

უახლოეს წლებში საწარმოო პროცესის ნაწილობრივი ავტომატიზაციიდან განხორციელება კომპლექსურ და მთლიან ავტომატიზაციაზე მასობრივად გადასვლა.

საწარმოო პროცესი ნაწილობრივად ავტომატიზებული, როდესაც ავტომატიზებულია მისი მხოლოდ (ვალკეული ოპერაციები). მაგალითად, მიწის მოშანდაკების მუშაობის დროს ხდება ავტოგრეიდერის ფრთის განივი დახრის ავტომატური რეგულირება. საწარმოო პროცესის კომპლექსური ავტომატიზაცია ეწოდება საწარმოო პროცესის მართვას ადამიანის საურეკლად. ადამიანის როლი კომპლექსური ავტომატიზაციის პირობებში განისაზღვრება პროცესის მიმდინარეობისადმი თვალყურის დევნებით. კომპლექსური მეანქიზაცია და ავტომატიზაცია ერთმანეთთან მჭიდროდაა დაკავშირებული. ისინი ერთმანეთს განაპირობებს და ავსებს.

* კ. მარქსი, კაპიტალი, ტ. I, 1954, გვ. 483.

ცალკეული საწარმოო პროცესის კომპლექსური ავტომატიზაცია წარმოადგენს მთლიან ავტომატიზაციაზე გადასასვლელ საფეხურს. ამ დროს ავტომატური მანქანების სისტემა ადამიანის უშუალოდ ჩარევის გარეშე ასრულებს საწარმოო პროცესთა მთელ კომპლექსს, სამუშაოთა ისეთი რეჟიმების დადგენითა და არჩევით, რომელიც უზრუნველყოფს კონკრეტულ პირობებში საუკეთესო მანევრებლებს. მაგალითისათვის შეიძლება მივიყვანოთ ტექნოლოგიური ხაზები, საამქროები და ბეტონის ქარხანა-ავტომატები, რომლებშიც წარმოების ყველა პროცესი ავტომატიზებულია და უზრუნველყოფს მაღალ ტექნიკურ-ეკონომიკურ ეფექტურობას. ასეთი ბეტონის ქარხანა-ავტომატების რიცხვს მიეკუთვნება 60 მ³/სთ მწარმოებლურობის ბეტონის ქარხანა-ავტომატი ქ. კალუში, მთავარმოსკოვში მდებარე მწარმოებლურობით ექვსი სხვადასხვა მარკის სამშენებლო დუღაბის დასამზადებლად და სხვ. ავტომატიზაციის ეკონომიკური ეფექტიანობის დასახასიათებლად 1.1 ცხრილში მოცემულია ბეტონის ავტომატიზებული წარმოების სოციალური მანევრებელი. მთლიანი ავტომატიზაციისათვის განკუთვნილი ხელსაწყოების აგება წარმოებს აგრეგატული პრინციპით, რომლის დროსაც რეგულატორის მთავარი ელემენტების აწყობა ხდება ცალკეული ბლოკი-ხელსაწყოების სახით, რომელთა შემაჯავლი და გამომავალი პარამეტრები ცვალებადობენ ერთ და იმავე სასღვრებში, რაც საშუალებას იძლევა შედარებით მარტივად დაკომპლექტდეს ავტომატური რეგულირების საკმაოდ რთული სქემებიც.

ავტომატიზაცია წარმოადგენს ტექნიკურ, სოციალურ და პოლიტიკურ პრობლემას. იგი ემსახურება ფიზიკურ და გონებრივ შრომას შორის არსებითი განსხვავების ლიკვიდაციას; მუშათა კულტურულ-ტექნიკური დონის ამაღლებას. ავტომატიზაცია ორგანულად აკავშირებს მეცნიერებას პრაქტიკასთან. უკანასკნელ წლებში ავტომატური ხელსაწყოები ფართოდ ინერგება ადამიანის გონებრივი მოღვაწეობის სფეროში, სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობის, დაგეგმარებისა და დაპროექტების პროცესში. ავტომატიზაცია თანამედროვე პირობებში წარმოადგენს საზოგადოების განვითარების ტექნიკური პოლიტიკის საფუძველს.

ეკონომიკური ეფექტურობის გაანგარიშება

№ რიგ.ს/ს	დასახელება	ბეტონის ქარხანა თბილისი ბუტონსარეკონსტრუქციით თითოეული 1200 ლ ტექვადობით 4X1200ლ	ბეტონის უწყვეტ მოწყობის ქარსანაირტომბეტი. მწარმოებელი კომპანია 60მ ³ .სმ
1.	წლიური მწარმოებლურობა, მ ³	110000	110000
2.	ტექნოლოგიური დანადგარის მასა, ტ	55	55
3.	ლითონის კონსტრუქციების დანადგარების მასა, ტ	103.8	21.9
4.	ელექტროძრავების სიმძლავრე, კვტ	127	82.4
5.	მომსახურე პერსონალის რაოდენობა (ველაში	11	2
6.	ველის ხანგრძლივობა, სმ	7	7
7.	ველათა რაოდენობა	2	2
8.	სამუშაო დღეთა რაოდენობა წელიწადში	307	307
9.	კაპიტალური დაბანდებანი (მშენებლობის ღირებულება, დანადგარებისა და სამონტაჟო სამუშაოების), ათას მან.	68.2	37.0
10.	დანადგარების გამოყენების კოეფიციენტი	0.44	0.44
11.	კუთრი კაპიტალური დაბანდებანი 1მ ³ ბეტონსე, მან.	0.62	0.336
12.	1მ ³ ბეტონის დამზადების თვითღირებულება, მან.	0.5	0.24
13.	1მ ³ ბეტონის დამზადების შრომატევადობა, კაც-სთ/მ ³ .	0.417	0.0754
14.	წლიური ეკონომია შრომის ხარჯსე, ათას კაც-სთ/წლ.	-	37.62
15.	წლიური ეკონომიკური ეფექტი, ათას მან.	-	28.6

სამანქანო წარმოების განვითარების ისტორია სათავეს მანქანა-თარაღების შექმნიდან იღებს, რომელთა საშუალებითაც ადამიანი შეიმსუბუქა შრომა და მნიშვნელოვნად გასარდა შრომის ნაყოფიერება. ცნობილია, რომ არასამრეწველო დანიშნულების ავტომატებს იყენებდნენ ჯერ კიდევ პირველ საუკუნეში ჩვენს წელთაღრიცხვამდე.

პრაქტიკული დანიშნულების ავტომატების რიცხვს მიუკუთვნება ქანქარიანი საათი, რომელიც 1657 წელს შექმნა ჰოლანდიელმა ქ. ჰიუგენსმა. რუსმა გამოამკარებელმა ი. ი. პოლ'სუნოვმა 1766 წელს დააკონსტრუირა და დაამზადა ორთქლის ქვაბში წყლის დონის ავტომატური რეგულატორი. 1784 წელს ინგლისელმა მექანიკოსმა ჯ. უაიტმა დაამზადა ბრუნვის სისქარის ცენტრიდანული რეგულატორი ორთქლის ქვაბისათვის. 1877 წელს პეტერბურგის ტექნოლოგიური ინსტიტუტის პროფესორმა ი. ვიშნევერადსკიმ (1831-1895) წამოაყალიბა ორთქლის მანქანების რეგულირების თეორიის საფუძვლები. ვიშნევერადსკის მნიშვნელოვანი დამსახურებაა ავტომატური რეგულირების სისტემების დამუშავების საკითხებისადმი სისტემური მიდგომის დამკვიდრება, რაც მდგომარეობდა რეგულატორისა და რეგულირების ობიექტის, როგორც ერთიანი დინამიკური სისტემის განხილვაში. მდგრადობის თეორიის საფუძვლები დაამუშავა აკადემიკოსმა ა. ლიაპუნოვმა (1892 წ.). სლოვაკმა პროფესორმა ა. სტოდოლამ (1859-1942) გამოიკვლია ორთქლისა და ჰიდრაულიკური ტურბინების რეგულირების მდგრადობა, ხოლო გერმანელმა მათემატიკოსმა ა. გურვეიცმა ამოხსნა ავტომატური რეგულირების ხაზოვანი სისტემების მდგრადობის კრიტერიუმის სოგადი ამოცანა. ინგლისელმა მეცნიერმა ასტრონომმა ერიმ (1801-1892) გამოიკვლია მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფდა ტელესკოპის თანაბარი სისქარით შებრუნებას ისე, რომ უწყვეტლევ ემსირათ თანაბრად მოძრავი ციური სხეულებისათვის. ასეთი სისტემა რიპური ავტომატური რეგულირების სისტემაა. ინგლისელმა ფიზიკოსმა დ. მაქსველმა (1831-1879) მნიშვნელოვანი შრომა გასწია, ავტომატური რეგულირების სისტემის დარგში. პლანეტა სატურნის რგოლის წონასწორობის საკითხის შესწავლასთან დაკავშირებით. 1909 წელს პროფესორმა ნ. ეუკოვსკიმ გამოაქვეყნა კლასიკური შრომები მანქანების ავტომატური რეგულირების დარგში.

საბჭოთა მეცნიერებმა – ი. ვოსნესენსკიმ, აკად. დ. მენდელ'შტამმა, აკად. ნ. პაპალევსკიმ, აკად. ა. ანდრნოვმა, ვ. კულებაკინმა, ვ. ლოსიევსკიმ, მ. აიხერმანმა და სხვებმა თავიანთ შრომებში მნიშვნელოვნად განავითარეს ავტომატური რეგულირებისა და მართვის საკითხები. ავტო-

მატური რეგულირების თეორიაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა მიხაილოვის ნაშრომმა “პარძონიული ანალიზის მეტოდი რეგულირების თეორიაში”, რითაც საფუძველი ჩაეყარა ეფექტური სიხშირული მეტოდის დანერგვას ავტომატური სისტემების გამოკვლევის პრაქტიკაში. მაგრამ, ავტომატიკა, როგორც მეცნიერებისა და ტექნიკის დამოუკიდებელი დარგი, სისტემატურ განვითარებას იწყებს მე-20 საუკუნის 30-იანი წლებიდან.

უკანასკნელი ათეული წლების განმავლობაში მეცნიერულ დისციპლინად ჩამოყალიბდა მართვის პროცესების მათემატიკური თეორია, რომელსაც კიბერნეტიკა ეწოდება (ბერძნული სიტყვიდან “კიბერნეტოს”, რაც მესაჭეს ნიშნავს). კიბერნეტიკის განვითარება დაიწყო ამერიკელი მეცნიერის ნ. ვინერის შრომის – “კიბერნეტიკა და სასოგადოება” გამოცემის დროიდან.

თანამედროვე კიბერნეტიკა შედგება სამი ძირითადი განყოფილებისაგან; ესენია: 1. ავტომატური მართვისა და რეგულირების თეორია, 2. ინფორმაციის თეორია და 3. მანქანების მიერ ლოგიკური ოპერაციების შესრულების თეორია.

კიბერნეტიკული სისტემები ამჟამად მართავენ ურთულესი წარხებისა და მთელი საწარმოების მუშაობას, მიმართულებას აძლევენ სასღვაო ხომალდების, თვითმფრინავებისა და კოსმოსური ხომალდების მოძრაობას, ელვისებურად აწარმოებენ ურთულეს გაანგარიშებებს და ა.შ. აღსანიშნავია, რომ ტექნიკის კიბერნეტიკაში უმნიშვნელო ენერგიით უსარმაზარი სიმძლავრეების მართვის საშუალებას იძლევა.

მეცნიერებას, რომელიც შეისწავლის ელექტრონული ხელსაწყოების მოქმედების პრინციპებს და მათი გამოყენების ტექნიკას, ეწოდება ელექტრონიკა. ელექტრონიკა წარმოადგენს თანამედროვე ავტომატიკის და ტელემექანიკის საფუძველს ელექტრონული აპარატურის უპირატესობების გამო – სემალღი მგრძობიარობა, მცირე ინერციულობა, შესაძლებლობა გაიზომოს, როგორც ელექტრული (ძაბვა, დენის ძალა, სიხშირე და სხვ.), ასევე არაელექტრული სიდიდეები (გაბარიტები, წნევა, ტემპერატურა, დრო, სინათლის ძალა, ძაბვა და სხვ.). ელექტრონიკის დანერგვა ავტომატიკასა და ტელემექანიკაში საშუალებას იძლევა

შეაიქმნას სწრაფმოქმედი, ზუსტი ავტომატური და ტექნიკური მექანიკური სისტემები.

მეცნიერების სრულიად ახალი დარგია ბიონიკა. იგი შეისწავლის ცოცხალ ორგანიზმებში მოქმედ მკობად ეკონომიკურ ავტომატურ სისტემებს, ანალოგიური მინიატურული ავტომატური სისტემების შექმნისა და ტექნიკაში დანერგვის საკითხებს.

ავტომატური მართვის თეორიასა და პრაქტიკაში სულ უფრო ფართოდ იწერება ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანები, როგორც ციფრული, ისე ანალოგიური, რამაც საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციის დონე აწია ახალ, უფრო მაღალ საფეხურზე. მინი და მიკრო ეგზის მიკროპროცესორული ტექნიკის, რობოტებისა და მანიპულიატორების გამოყენების ბაზაზე შესაძლებელი გახდა თვითამწყობი და თვითმოსწავლე ავტომატური სისტემების დანერგვა, რაც რეალიზაციას უკეთებს მართვის რთულ კანონებს. ეს საშუალებას იძლევა შეიქმნას ავტომატური მართვის სისტემები ძნელადსაწინასწარმეტყველო და ფორმალისებულ აღწერას დაუქვემდებარებელი აგზნებების პირობებში სამუშაოდ.

ავტომატურ სისტემებთან ერთად სამშენებლო წარმოების მართვის სფეროში, მეოცე საუკუნის სამოციან წლებში, დანერგვა დაიწყო ორგანიზაციულ-ტექნიკურმა (“ადამიან-მანქანურმა”) სისტემებმა, რომლებიც უზრუნველყოფენ იმ ობიექტების ეფექტურ ფუნქციონირებას, რომლებშიც მართვის ფუნქციის რეალიზაციისათვის აუცილებელი ინფორმაციის შეკრება და გადამუშავება ხორციელდება ავტომატიზაციისა და გამოთვლითი ტექნიკის საშუალების გამოყენებით. მართვის ასეთი სისტემების ტექნიკურ საფუძველს შეადგენენ ეგზი, ხოლო თეორიულს – ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდები, რომლებიც რთული ობიექტებისა და პროცესების მართვის ოპტიმალური პირობების განსაზღვრის საშუალებას იძლევიან.

ამჟამად ავტომატიზაციის უმაღლესი ფორმის რეალიზაცია ხდება მოქნილი საწარმოო სისტემების (ГПС) დახმარებით, რაც ქმნის რეალურ წინამძღვრებს ადამიანის ჩაურეველ ტექნოლოგიებზე გადასასვლელად, თანამედროვე სამრეწველო წარმოების ეფექტურობის, არსებითად, ასამაღლებლად. ГПС მოწოდებულია უზრუნველყოს მთელი საწარ-

მხოლოდ პროცესის კომპლექსური ავტომატიზაცია, მნიშვნელოვნად ააძაღლოს შრომის ნაყოფიერება და წარმოებულ პროდუქციის ხარისხი. სტრუქტურულად ГПС წარმოადგენს სამდონიან იერარქიულ სისტემას. ქვედა დონეზე ხორციელდება უმარტივესი ტექნოლოგიური ოპერაციების ავტომატიზაცია რობოტებისა და მანიპულიატორების გამოყენებით, რომლებიც ასრულებენ შედუღებას, ჭრას, სანარხო დამუშავებას და ა.შ. ავტომატიზაცია ამ დონეზე ეყრდნობა მიკროკომპიუტერულ და მიკროპროცესორების დახმარებით რობოტიზებული კომპლექსების მართვას.

მეორე დონეზე ხორციელდება ნაკეთობების დამუშავების, ხარისხის კონტროლის, სატრანსპორტო-დასაგროვებელი სისტემების მოდულების მუშაობის კოორდინაცია. მეორე დონეზე მართვა სრულდება ავტომატიზებული დისპეტჩერის რეჟიმში ცენტრალური ეგმ-ის მიერ კოორდინებული ტექნიკურ-ეკონომიკური ინფორმაციის დამუშავების ტერმინალური სადგურების ბაზაზე.

მესამე დონეზე ხორციელდება ნაკეთობების მესამე დონეზე ხორციელდება ოპერატიულ-საწარმოო მართვა, რომელიც რეალიზაციას უკეთებს საკვირაო და ცვლური სადღეღამისო დაგეგმვის, აღრიცხვისა და კონტროლის ფუნქციებს. მართვის მესამე დონის საფუძველს შეადგენენ მინი-ეგმ-ის ბაზაზე წარმოების ტექნოლოგიური მომხადების ავტომატიზებული სისტემები, რომლებიც ქმნიან ცენტრალურ ეგმ-თან დაკავშირებულ ერთიან მართვით-გამომთვლელ კომპლექსს.

საწარმოო პროცესების ავტომატიკისა და ავტომატიზაციის სისტემები მოწოდებულია მომცველი გარემოს დაცვის საქმეში მნიშვნელოვანი როლის შესასრულებლად. ეკოლოგიის პრობლემების გადაწყვეტის ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს უნარსწრაფი და მცირეხარისხიანი ტექნოლოგიების შექმნა და სამშენებლო წარმოებაში დანერგვა.

მშენებლობაში შეიძლება ავტომატიზებულ იქნეს შემდეგი სამშენებლო მანქანა-მექანიზმები და მშენებლობის ტექნოლოგიური პროცესები: 1) კომპლექსური და ხიდიური ამწეები (ელექტროძრავების გაშვება, განერება და რევერსირება; მექანიზმების სინქარის რეგულირება; მექანიზმების დაცვა ავარიებისა და გადატვირთვების შემთხვევებში; ტელეხელის დანერგვა ამწეების მართვის საქმეში; ტვირთამწეობის შეს-

დუღვა, ძერა ხაწინადო სატაცეების ჩართვა; მექანიზმების პროგრამული მართვა; აშწების დისტანციური მართვა; 2) უწყვეტი ტრანსპორტის მანქანები (ელექტრომძავეების მართვა; ტვირთსაკადების მიმართულების ავტომატური შეცვლა; კონვეიერის ღუნტის მდებარეობის და მოდიალობის კონტროლი; კონვეიერის ღუნტზე მასალის არსებობის კონტროლი; მართვის ავტომატიზაცია); 3) ტელეკერები, კაბუღამწეები და ხაზერო-ხაბავირო გზები, ლიფტები; 4) ერთნაწიანი და როტორული ექსკავატორები, სერეპერები, ბუღდოხერები, ავტოგრეიდერები (გრუნტის დამუშავების სიღრმის ავტომატური კონტროლი; თსრიღის გაჭრისას ქანობის ავტომატური რეგულირება; მწარმოებლურობისა და გზის პროვიდის ავტომატური რეგულირება); 5) პნეუმოტუმბოები და საკომპრესირო დანადგარები; 6) მიდრომინიტიორები, მიწახაწოეები და მიწახაწოვი დანადგარ-თარაღები; 7) ქვა-სამსხერევი მანქანები (მექანიზმებისა და კვანძების დაცვა გადარტიოთისა და გადამტესურებისაგან; დაცვა ლითონის ნანართების მოსეუდრისაგან; შეხუთვის ავტომატიზაცია; მუშაობის მართვის ავტომატიზაცია; მწარმოებლურობის ავტომატური რეგულირება; ვიბროცხავეების მუშაობის მართვის ავტომატიზაცია); 8) მშენებლობის დისპეტხერული მართვა; 9) სხუადასხუა მექანიზმებისა და მანქანების მუშაობის აღრიცხვა მწარმოებლურობის ავტომატური აღმრიცხელების საშუალებით; 10) სამონტაჟო სამუშაოები (ხაპროექტო მდგომარეობაში დასამონტაჟებელი ელემენტების ავტომატურად დაყენება; ავტომატური ტვირთსაჭერების გამოყენება; აშწ-ავტომატის მართვა მსხვილპანელოვანი შენობის მონტაჟის დროს); 11) მოსაპირკეთებელი სამუშაოები; 12) აწინებისა და დოზირების პროცესები; 13) სითბური პროცესები (ხაშრობი დოღის სითბური რეჟიმის ავტომატური რეგულირება; თბოტენიანობითი დამუშავების პროცესის ავტომატიზაცია; სვიმირებში, შტაბელებში და თბოტენიანობითი დამუშავების პროცესში ტემპერატურული რეჟიმის ავტომატური რეგულირება; არმატურის ელექტრო-თერმული დაჭიმვის პროცესის ავტომატური მართვა; ბეტონის ელექტროგახურების ავტომატიზაცია; ავტოკლავებში ტემპერატურის პროგრამული რეგულირება); 14) სახაწოებო თპერაციები, ბეტონებისა და დუღაბების მომზადების პროცესები (არევის პროცესის ავ-

ტომიტიზაცია; შესაძლები შედგენილობების მოძ'ხადების აუტომიტიზაცია; შემადგენლებისა და ცემენტის საწყობების მიუშობის ავტომიტიზაცია); 15) ლამის მოცულობითი მასის რეგულირება; 16) წისქვილების ნატეირთვის პროცესები; 17) ხიმიწების ჩასობის პროცესები; 18) ასაწყობი რკინაბეტონის ნაკეთობათა წარმოების პროცესები (ნაკეთობათა ხასოვანი სომების ავტომიტიზაციური კონტროლი; არმატურის წინასწარი დაძაბვის ავტომიტიზაცია, არამრღვევი მეთოდებით ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობათა ხარისხის კონტროლის ავტომიტიზაცია; ბეტონის ნარევის ვიბროშემკერივების ავტომიტიზაცია; რკინაბეტონის ნაკეთობაში არმატურის ადგილ-სამყოფელის განსაზღვრა); 19) მანქანებისა და აგრეგატების კომპლექსის, საამქროების, ტექნოლოგიური ხასებისა და ქარხნების მართვა საანგარიშო-გამომთვლელი მოწყობილობების გამოყენებით; 20) მშენებლობაში საანგარიშო სამუშაოების და ტექნოლოგიური პროცესების ავტომიტიზაციის ეკონომიკური ეფექტურობა (თუ გაეითვალისწინებთ, რომ ყოფილ საბჭოთა კავშირში მშენებლები შეადგენდნენ რამდენიმე მილიონ კაცს, ხოლო აქედან დაახლოებით 3 მილიონი ემსახურებოდა აღრიცხვისა და დოკუმენტების გაფორმებას, ცხადია, სხვადასხვა ავტომიტიზური გამოსათვლელი მანქანების დანერგვის შედეგად მიღებული ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს მნიშვნელოვან სიდიდეს თვით ჩვენი ქვეყნისთვისაც კი).

მშენებლობის ავტომიტიზაციის პერსპექტიული განვითარებისათვის აუცილებელია ფართოდ დაინერგოს მშენებლობის პრაქტიკაში სამეცნიერო-კვლევით და სასწავლო ინსტიტუტებში, საპროექტო და საკონსტრუქტორო ორგანიზაციებში დამუშავებული ახალი ხელსაწყოები, მანქანები, ავტომიტიზაციის საშუალებანი და ავტომიტიზებული ქარხნები; კერძოდ, განხორციელდეს: კომპლურა ამწეების დისტანციური მართვა ტელემექანიკისა და რადიოექტრონიკის საშუალებათა გამოყენებით; სადისპეტჩერო პუნქტის ორმხრივი რადიოკავშირი სამშენებლო-სამონტაჟო მოედანზე მომუშავე ამწეებთან, ექსკავატორებთან, ბუღდოსერებთან და სხვა სამშენებლო მანქანებთან; ერთმანხიანი ექსკავატორის სამუშაო ციკლის ავტომიტიზაცია; სახლმშენებელ კომბინატებთან ერთად აიგოს ბეტონის ქარხანა-ავტომიტიზები

60მ³/სთ მწარმოებლურობით და დუღაბის დამამზადებელი ავტომატიზებული კვანძები 18-20 მ³/სთ მწარმოებლურობით, რომლებიც გამოირჩევა მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური უწყვეტურობით.

ამჟამად მუშავდება (დამუშავებულია) და უახლოეს პერიოდში სამშენებლო პრაქტიკაში დაინერგება (ინერგება):

1. როტორული ექსკავატორების, სერეპერებისა და ბუღლოსერების მოძრაობის სინქარის ავტომატური რეგულირება გრუნტის ჭრის წინააღობის გათვალისწინებით, აგრეთვე, ამ მანქანების პროგრამული მართვა.

2. ხიმიწვის ჩასასობი მოწყობილობის მუშაობის რეჟიმის ავტომატური რეგულირების სისტემები.

3. ერთნაირიანი ექსკავატორების ნაწილობრივი პროგრამული მართვა და დილაკური მართვის სისტემები.

4. კოშკურა ამწეების მიერ შესრულებულ სამუშაოთა და ტვირთის მასის, ექსკავატორების მიერ დამუშავებული გრუნტის რაოდენობის ავტომატური აღმრიცხველები, ციკლების რიცხვის, მუშაობის სუფთა დროის, ელექტროენერჯისა და საწვავის ხარჯის მრიცხველები.

5. მიწისქვეშა კაბელების, მიღგაყვანილობისა და გასვაყვანილობის ადგილ-სამყოფელის ავტომატურად განმისაზღვრელი მოწყობილობა, შესაბამისი სიგნალიზაციით.

6. სამშენებლო მანქანები ავტომატური კონტროლითა და მართვით – სამღებრო, შელესვისა და სხვა სამშენებლო პროცესების შესასრულებლად.

7. სამსხვრეე-დამხარისხებელი წარმოება ავტომატიზებული ტექნოლოგიური პროცესით.

8. შემავსებლების და ცემენტის ავტომატიზებული სავსებები.

9. მთლიანად ავტომატიზებული ასფალტბეტონის ქარხნები, პროგრამული რეგულირებით.

ჩამოთვლილი მანქანებისა და სამშენებლო პროცესების ავტომატიზაცია დაკავშირებულია დიდ ხარჯებთან, მაგრამ ავტომატიზაციის ეკონომიკური უწყვეტურობის გამო, ამ ხარჯების ანაზღაურება განხორციელდება (ხორციელდება) მოკლე დროში.

1.2. ცხრილში მოცემულია პროცესების ავტომატიზაციის ღონისძიებებზე კაპიტალდაბანდებათა გამოსყიდვის სავა-

რადელო ვადები, ხოლო პირველი თავის მ-3 კარაგრაფში წარმოების პროცესების ავტომატიზაციის ეკონომიკური ეფექტურობის განსახლერის მაგალითები.

ცხრილი 12

პროცესთა ავტომატიზაციის ღონისძიებებზე კაპდაბანდებათა გამოს-
ყიდვის ვადები

მ.წ.წ.ზე N	მოწყობილობის ავტომატიზაციის ხარისხი	ბამოსყიდვის მაქსიმალური ვალა	ეფექტურობის მაქსიმალური იქცევა
1.	წარმოების ნაწილობრივი ავტომატიზაცია მარტივი სახის მოწყობილობის დანერგვით, ხელსაწყოების დაყენებით მოქმედ აგრე-გატებზე	1-1.5	1.0-0.65
2.	ცალკეული ოპერაციისა და პროცესის ავტომატიზაცია, მოწყობილობის ნაწილობრივი შეცვლა და მოდერნიზაცია	2-3	0.5-0.35
3.	კომპლექსურად მექანიზებული და ავტომატიზებული პროცესები, ავტომატური ხასუბისა და საამქროების შექმნა (ტექნოლოგიური სქემის შეუცვლელად)	4-5	0.25-0.2
4.	საწარმოს პროცესების კომპლექსური მექანიზაცია და ავტომატიზაცია, უბნის საამქროს და წარმოების ყარვლებში, ტექნოლოგიური სქემის შეცვლითა და ახალი მოწყობილობა-დანადგარების გამსყენებით	6	0.16-0.17
შენიშვნა: ეფექტურობის კოეფიციენტი განისახლერება, რეაგირე თვითღირებულებაზე ეოველწლოერი ეკონომიის შეყარდება დამატებით კაპდაბანდებებთან და წარმოადგენს გამოსყიდვის ვადის შებრუნებულ ხიდილეს.			

§2. წარმოების პროცესების ავტომატიზაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტურობა და მისი ბაზანბარიშების მეთოდება

წარმოების პროცესების ავტომატიზაცია განაკვირვების შრომის ნაკიფიერების მნიშვნელოვნად ამადლებას, პროდუქციის გამომშვების ზრდას და მისი ხარისხის გაუმჯობესებას; უზრუნველყოფს მოწვობილობა-დანადგარების მუშაობის საიმედოობას; შრომის პირობების გაუმჯობესებას და მუშების კულტურულ-ტექნიკური დონის ამადლებას.

ავტომატიზაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტურობის დანადგანად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს შემდეგი ძირითადი მანკენებლები:

1. ავტომატიზაციაზე დაბანდებული კაპიტალური დანახარჯების ანახლავრების ვადა და მასთან დაკავშირებულ ეფექტურობის კოეფიციენტი;

2. ავტომატიზაციისათვის საჭირო კაპიტალური დანახარჯები;

3. შრომის ნაკიფიერება (პროდუქციის გამომშვება ერთი მომუშავეზე);

4. მომსახურე პერსონალის რაოდენობის შემცირება;

5. პროდუქციის ერთეულის თვითღირებულება;

6. ნედლეულისა და მასალების ხარჯი პროდუქციის ერთეულზე;

7. ელექტრო ენერჯიის და სათბობის ხარჯი პროდუქციის ერთეულზე;

8. საწარმოო სათაგისი 1 მ² ფართობიდან მიღებული პროდუქციის რაოდენობა;

9. პროდუქციის გაუმჯობესების ხარისხი (ხიმტკიცის, ხანგამძლეობის ამადლება და ა.შ.);

10. შრომის პირობების გაუმჯობესების ხარისხი;

11. თბიექტის მშენებლობის ხანგრძლივობა ან სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა განსახლვრული კომპლექსის შესრულების ხანგრძლივობა;

12. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა თვითღირებულება და საექსპლოატაციო დანახარჯები შენობებზე, ნაგებობებზე ან ცალკეულ კონსტრუქციულ ელემენტებზე და სხვ.

სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა თვითღირებულება შედგება პირდაპირი და ზედნადები ხარჯებისაგან.

პირდაპირი ხარჯები მოიცავს: მუშების ძირითად ხელფასს; მასალებზე ხარჯებს და მანქანებისა და მექანიზმების ექსპლოატაციის ხარჯებს.

ხედნადებ ხარჯებს მიეკუთვნება: ადმინისტრაციულ-სამეურნეო ხარჯები, სამუშაოთა ორგანიზაციისა და წარმოების ხარჯები, მათ შორის მცირე ღირებულების და სწრაფცვეთად იარაღებზე, ხანძარსაწინააღმდეგო და საგუშაგო დაცვაზე, საპროექტო ჯგუფების შენახვასა და ა.შ.; მუშების კულტურულ-სამეურნეო მომსახურების და შრომის დაცვის ხარჯები.

საექსპლოატაციო ხარჯები ითვალისწინებს საამორტიზაციო ანარიცხებს აღდგენასა და კაპიტალურ რემონტზე, მიმდინარე შეკეთების ხარჯებს, ხარჯებს გათბობაზე, ლიფტების ექსპლოატაციასა და სხვ.

სამშენებლო ორგანიზაციების ძირითადი საწარმოო ფონდები მოიცავს: სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა შესრულებაში მონაწილე სამშენებლო მანქანებსა და მექანიზმებს, სატრანსპორტო საშუალებებს, საწარმოო შენობებსა და ნაგებობებს, დამხმარე საწარმოებში გამოყენებულ ძალღოვან საწარმოო მოწყობილობებს, (მაგალითად, გადასაადგილებელ ელექტროსადგურებს, კომპრესორებს, დიზელებს, ორთქლის ქვაბებს და სხვ.).

საბრუნავი ფონდების შემადგენლობაში გაითვალისწინება ძირითადი მასალების, კონსტრუქციების, დეტალების მარაგი; დამხმარე მასალებისა და სათბობის მარაგი; დაუმთავარებელი წარმოება სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების მიხედვით და ა.შ.

შრომატკეადობა სამშენებლო წარმოებაში, წარმოების მექანიზაციის და ავტომატიზაციის ეფექტურობის გაანგარიშებისას, განისაზღვრება შრომის დანახარჯებით ნატურალურ კაც-ღლებში მანქანებისა და მექანიზმების უშუალო მომსახურე მუშების, დამხმარე სამუშაოებზე, მიმდინარე რემონტზე დაკავებული მუშების ჩათვლით. შესაბამისი მონაცემები განისაზღვრება მანქანა-ცვლების საგეგმო კალკულაციებით გამოიმუშავების მოქმედი ერთიანი ნორმების საფუძველზე.

თვითღირებულებისა და კაპიტალური დანახარჯების მანვენებლებით განსხვავებული ახალი ტექნიკის ვარიანტ-

ბის შედარება წარმოებს ანაზღაურების ვადების გათვალისწინებით.

დამატებითი კაპიტალური დაბანდების ანაზღაურების ვადა განისაზღვრება ფორმულით

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} \leq T_{\text{ნორმ}}, \quad (1.1)$$

სადაც

T არის გამოსყიდვის ვადა, წლებში;

K_1 და K_2 - კაპდაბანდებები ეტალონისა და ახალი ტექნიკის მიხედვით, ან კაპდაბანდებები შესადარებელი ვარიანტების მიხედვით, მან;

C_1 და C_2 - სამუშაოთა წლიური მოცულობის თვითღირებულება ეტალონისა და ახალი ტექნიკის მიხედვით ან თვითღირებულებები შესადარებელი ვარიანტების მიხედვით, მან/წელ.

ეფექტურობის კოეფიციენტი (გამოსყიდვის ვადის შებრუნებული სიდიდე) განისაზღვრება თვითღირებულებაზე ეკონომიის შეფარდებით დამატებით კაპიტალურ დაბანდებებთან.

$$E = \frac{1}{T} = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1} \geq E_{\text{ნორმ}}. \quad (1.2)$$

$T_{\text{ნორმ}}$ და $E_{\text{ნორმ}}$ გამოსყიდვის ვადის და ეფექტურობის კოეფიციენტის ნორმატიული სიდიდეებია.

თუ გამოსყიდვის ვადა ნორმატიულზე ნაკლებია $T < T_{\text{ნორმ}}$ (ეფექტურობის კოეფიციენტი ნორმატიულზე მეტია $E > E_{\text{ნორმ}}$), ეკონომიკური თვალსაზრისით უფრო ეფექტურია შედარებით მცირე თვითღირებულების ვარიანტი. თუ $T > T_{\text{ნორმ}}$ (ანუ $E < E_{\text{ნორმ}}$), ეკონომიკურად ეფექტურია ვარიანტი, რომელიც ხასიათდება დაბალი კაპიტალური დაბანდებებით.

დარგობრივი ინსტრუქციის თანახმად, მშენებლობაში ეფექტურობის ნორმატიული კოეფიციენტის მნიშვნელობა მიიღება $E_{\text{ნორმ}} = 0,12$; შესაბამისად, გამოსყიდვის ვადა შეადგენს $T_{\text{ნორმ}} = 8,33$ წელს.

ეკონომიკური ეფექტურობის ანგარიშისათვის გამოიყენება დაყვანილი ხარჯების მანევრებელი, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$\Pi = C + E_{\text{ნორმ}} K, \quad (1.3)$$

ხადაც

Π არის დაეკანისი სარჯები;

C - პროდუქციის ერთეულის თვითღირებულება;

K - ხეკდრიითი კაპიტალური დანახარჯები (ფონდტკევა-დობა), ე.ი. პროდუქციის წლოერი გამოსშეების ერთეულზე კაპიტალური დანახარჯის ხიდიდე.

წლოერი ეკონომიკური ეფექტი Θ განისხსწდერება დახან-ერგავი ახალი ტექნიკისა და ეტწდლის დაეკანისი სარჯუ-ბის ხსეობის ნამრავლით წარმსებელი პროდუქციის (A) წლოერ მოცულობაზე ან სამუქსაზე დონისხიების (ახალი ტექნიკის) დანერგვის შემდეგ, ნატურალურ ერთეულებში:

$$\Theta = A(\Pi_1 - \Pi_2) = A(C_1 + E_{\text{სოწმ}} K_1 - C_2 - E_{\text{სოწმ}} K_2), \quad (1.4)$$

$$\Theta = A[(C_1 - C_2) - E_{\text{სოწმ}}(K_2 - K_1)]. \quad (1.5)$$

აქ C_1 , C_2 პროდუქციის ან სამუქსას ერთეულის თვითღირებულებაა დონისხიების დანერგვამდე და დან-ერგვის შემდეგ ანღა შესადარებელ ვარიანტებში, მან.

K_1 , K_2 - ხეკდრიითი კაპიტალანდეები პროდუქციის ან სამუქსას ერთეულზე დონისხიების დანერგვამდე და დანერ-გვის შემდეგ, შესადარებელ ვარიანტებში, მან.

მოქმედი მანქანის ავტომატისაციის შემოსევევაში, როდე-ხაც ახალი კაპიტალანდება ემარება ეკვე არსებულ ფონდებს, და როდეხაც საჭირო არ არის მოქმედი მანქანის მანევე-ბლების განსხსწდერა ახალი მოცულობების შესაბამისად, წლოერი ეკონომიკური ეფექტისათვის გვექნება

$$\Theta = [(C_1 - C_2) - E_{\text{სოწმ}} K_{\text{დ.ა}}] \cdot A, \quad (1.6)$$

ხადაც $K_{\text{დ.ა}}$ არის კაპიტალური დანახარჯები ავტომატისა-ციის საშუალეებზე დანერგვის შემდეგ სამუქსათა ერთე-ულზე (ან პროდუქციის წლოერი გამოსშეების ერთეულზე).

შეიძლება ვისარგებლოთ, აგრეთვე, ფორმულით:

$$\Theta = (C_1 - C_2) - E_{\text{სოწმ}} \cdot K'_{\text{დ.ა}}, \quad (1.7)$$

აქ $K'_{\text{დ.ა}}$ არის სრული კაპიტალური დანახარჯების ხიდიდე ავტომატისაციის საშუალეებზე.

იმ შემოსევევაში, როდეხაც ავტომატისაციის განსორ-ციელება ამცირებს მშენებლობის სანგრძლივობას, დამატე-ბით გაითვალისწინება დროის ფაქტორის გავლენის შედე-გად მიღებული ეკონომიკური ეფექტი. მაგალითად, სავარ-

მთა ობიექტების ამოქმედების დანიშნულებით მიღწეული ეფექტი, რომელიც დაკავშირებულია დამატებითი პროდუქციის გამოშვებასთან აშენებულ ან რეკონსტრუირებულ საწარმოში, განისაზღვრება ფორმულით

$$\mathcal{E} = E_{\text{სოფ.}} \phi(T - T_{\text{ფონ.}}), \quad (1.8)$$

სადაც

$E_{\text{სოფ.}}$ არის ეფექტურობის ნორმატიული კოეფიციენტი დარგისათვის, რომელსაც მიეკუთვნება აშენებული საწარმო;

Φ – მოქმედებაში შეყვანილი ძირითადი ფონდების სასარგებლოდრიცხოვ ღირებულება;

T – მშენებლობის ნორმატიული ხანგრძლივობა ან ანალოგიური ობიექტების მშენებლობის ფაქტური ხანგრძლივობა, თუ იგი ნორმატიულზე ნაკლებია, წლებში;

$T_{\text{ფონ.}}$ – მშენებლობის ფაქტური ხანგრძლივობა, წლებში.
ამავე ფორმულით შეიძლება ვისარგებლოთ მოწყობილობის, მანქანების, აგრეგატების და სხვათა კაპიტალური რემონტის ან მოდერნიზაციის ვადების შემცირების დროს, თუ ამის შედეგად ძირითადი ფონდების მუშაობის პერიოდი იზრდება ამოსავალ დანესთან შედარებით.

§3. წარმოების პროცესების ავტომატიზაციის ეკონომიკური ეფექტურობის განსაზღვრის მათემატიკა

მაგალითი. მოდულირებული სინათლის სხივის საშუალებით მიწისმოხრელი მანქანის სამუშაო ორგანოს დისტანციური მართვის ავტომატური მოწყობილობის დანერგვით მიღწეული ეკონომიკური ეფექტურობის განსაზღვრა შემდეგი მონაცემების მიხედვით: მანქანის მწარმოებელურობა ცველაში 350 მ³; სამუშაო ცველების რიცხვი წლის განმავლობაში 480; მიწისმოხრელი მანქანით (ავტომატური მოწყობილობის გარეშე) 1 მ³ გრუნტის დამუშავების ღირებულება – 0,0796 მან.; ავტომატური მოწყობილობიანი მანქანით დამუშავებისას – 0,07207 მან.; ერთი გრძივი მეტრის საკონტროლო ნივთიერების ღირებულება – 0,00753 მან.; მანქანის ღირებულება ავტომატური მოწყობილობის გარეშე – 5400 მან.; ავტომატური მოწყობილობით – 9560 მან. (ავტომატური მოწყობილობის

საექსპლოატაციო ღირებულება შედგება პროექტორის, შტატივის, აკუმულატორის, მიმღები მოწყობილობის, გამაძლიერებლის და მათი მონტაჟის ღირებულებათა ჯამისაგან; მანქანის მწარმოებლურება წლის განმავლობაში 185000 მპ; ეკონომიკური ეფექტურობის ნორმატიული დარგობრივი კოეფიციენტი $E_{ნორმ}=0,12$.

შეენიშნავთ, რომ მართვის ავტომატური მოწყობილობის დანერგვა მიწისმთხრელ მანქანასე მნიშვნელოვნად ამაღლებს შესრულებულ სამუშაოთა ხარისხს, გამორიცხავს შემდგომი დამუშაების აუცილებლობას, ამცირებს სამუშაოების თვითღირებულებას. განხილული მაგალითის შემთხვევაში მართვის ავტომატური მოწყობილობის გამოყენების გამო აღარ არის საჭირო საკონტროლო ნიველირების შესრულება და სხვ.

ეკონომიკური ეფექტის სიდიდე

$$\Theta = A[(C_1 - C_2) - E_{ნორმ} (K_2 - K_1)],$$

სადაც

$A=350480=168000$ მპ სამუშაოთა წლიური მოცულობაა ერთ მანქანასე ავტომატური მოწყობილობით;

$C_1=0.0796$ მან/მპ და $C_2=0.07207$ მან/მპ - სამუშაოს ერთეულის ღირებულებაა მანქანით, ავტომატური მოწყობილობის გარეშე და ავტომატური მოწყობილობით;

$$K_1 = \frac{5400}{185000} = 0.0291 \frac{\text{მან}}{\text{მ}^3} \quad \text{და} \quad K_2 = \frac{9560}{185000} = 0.0516 \frac{\text{მან}}{\text{მ}^3} -$$

ხვედრითი კაპდაბანდებებია პროდუქციის ერთეულსე მანქანის ავტომატური მოწყობილობით აღჭურვამდე და აღჭურვის შემდეგ.

ამრიგად, ეკონომიკური ეფექტის მნიშვნელობა იქნება

$$\Theta = A[(C_1 - C_2) - E_{ნორმ} (K_2 - K_1)] = 168000[(0.0796 - 0.07207) - 0.12(0.0516 - 0.0291)] = 811.44 \text{ მან.}$$

მაგალითი. განისაზღვროს ეკონომიკური ეფექტის სიდიდე, მიღებული 250 000 კვტ სიმძლავრის ელექტროსადგურის მშენებლობის ხანგრძლივობის შემცირებით 3 წლიდან 2,6 წლამდე. ელექტროსადგურის სახარჯთაღრიცხვო ღირებულება შეადგენს 20 მილიონ მანეთს. მშენებლობის ხანგრძლივობის შემცირება მიღწეულია მშენებლობის ნა-

კადური მეთოდების დანერგვით. ეკონომიკური ეფექტურობის ნორმატიული დარგობრივი კოეფიციენტი $E_{ნორმ}=0.1$.

ეკონომიკური ეფექტის სიდიდე –

$$\Theta = E_{ნორმ} \cdot \phi(T - T_{უაღ}) = 0.1 \cdot 20000(3 - 2.6) = 800 \text{ ათას მან.}$$

§4. სამშენებლო პროცესების დახასიათება

სამშენებლო პროცესი წარმოადგენს საწარმოო პროცესის ერთ-ერთ სახეს. საწარმოო პროცესი ეწოდება შრომის პროცესს, რომელშიც ადამიანი შრომის იარაღებით ახდენს ზემოქმედებას შრომის საგანზე (ნედლეული, მასალა, ნახევარფაბრიკატი) და გადააქცევს მას მზა პროდუქტად. თითოეული საწარმოო პროცესი შედგება საწარმოო ოპერაციებისაგან. საწარმოო ოპერაცია ეწოდება საწარმოო პროცესის ნაწილს, რომელიც ხასიათდება სამუშაოთა ტექნოლოგიური ერთგვაროვნებით და ორგანიზაციული განუყოფლობით, შემსრულებელთა მუდმივი შემადგენლობით, შრომის იარაღებისა და საგნების უცვლელობით. საწარმოო ოპერაციები შეიძლება მიმდინარეობდეს ერთდროულად, ე.ი. პარალელურად; ერთმანეთის მიყოლებით, ე.ი. თანმიმდევრულად და პარალელურ-თანმიმდევრულად.

მაგალითად, რკინაბეტონის ნაკეთობის დაშლადებისას სრულდება შემდეგი ძირითადი საწარმოო ოპერაციები:

1. ბეტონის ნარევის დაშლადება;
2. არმატურის წინასწარი დაძაბვა და შედუღება (კარკასი, ბადე და სხვ.);
3. ბეტონის ნარევის ჩალაგება ყალიბებში და ვიბრირება;
4. ბეტონის გამკვრივების დაჩქარება;
5. განყალიბება და ნაკეთობის დაყვანა საპროექტო მდგომარეობამდე.

ჩამოთვლილ საწარმოო ოპერაციებში ერთდროულია ბეტონის ნარევისა და არმატურის დაშლადება, ხოლო თანმიმდევრულია ნარევის ჩალაგება ყალიბებში და მისი გამკვრივების დაჩქარება. რკინაბეტონის ნაკეთობის წარმოების პროცესი მთლიანად განუყოფნება პარალელურ, თანმიმდევრულ ოპერაციებს.

ნებისმიერი საწარმოო პროცესი შედგება სამი ნაწილისაგან: 1) მარტივი სამუშაო პროცესები; 2) მართვის ოპერაციები და 3) კონტროლის ოპერაციები.

მარტივი სამუშაო პროცესები, ნეკულებრივ, შედგება:

- ა) საკუთრივ სამუშაო პროცესებისაგან;
- ბ) საყენებელი პროცესებისაგან;
- გ) სატრანსპორტო პროცესებისაგან;
- დ) მომსახურების ოპერაციებისაგან;

მართვის ოპერაცია იყოფა ორ ეტაპად:

- ა) პროცესის ნორმალური მართვა;
- ბ) გამმართველი მართვა.

კონტროლის ოპერაცია მოიცავს:

- ა) საკუთრივ კონტროლს;
- ბ) დაცვის ოპერაციას.

სწორი მართვის საფუძველს წარმოადგენს კონტროლი. ხილო კონტროლის საფუძველს 'ხესტი ინფორმაციის მძღება. მასხადამე, კონტროლი და მართვა ერთიერთ-დაკავშირებულია. პროცესის მართვა დამოკიდებულია მის კონტროლზე.

§5. საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციის ძირითადი პრინციპები და შინაარსი

არსევენ ავტომატიზაციის შემდეგ სახეებს:

1. ავტომატურ კონტროლს;
2. ელექტროამირაგების ავტომატურ მართვასა და მათ დაცვას;
3. ავტომატურ რეგულირებას;
4. სამშენებლო პროცესების ავტომატურ მართვას.

ავტომატური კონტროლი. მუშაობის პროცესში, მაგალითად, რეინაბეტონის კონსტრუქციების დამზადებისას ავტომატიზებულ ქარხანაში, საჭიროა სხვადასხვა სიდიდეების კონტროლი, რაც მჭიდროდ არის დაკავშირებული ამ სიდიდეების გაზომვასთან. კონტროლის ოპერაციისათვის გამოიყენება გასასომი ან სპეციალური საკონტროლო ხელსაწყო, რომლის სიხუსტის ხარისხი შეიძლება გასომვის სიხუსტის მიხედვით.

სიდიდის გაზომვა განსხვავდება სიდიდის კონტროლისაგან. გაზომვისას ჩვენ ვიძლევიან პარამეტრის რაოდენობრივ შეფასებას, ხოლო კონტროლის საშუალებით შეიძლება განვსაზღვროთ, იმყოფება თუ არა გასასწავლი სიდიდის მნიშვნელობა მოცემულ ფარგლებში.

ასე მაგალითად, პაერის წნევის საკონტროლოდ კომპრესორების რეგულირებაში იყენებენ მანომეტრებს. სამშენებლო ნაკეთობათა წარმოებაში ფართოდ იყენებენ სპეციალურ ხელსაწყოთა ორთქლის წნევის რეგულირების, აგრეთვე, რკინაბეტონისა და ბეტონის ნაკეთობის გაორთქლების კონტროლისათვის.

ამრიგად, ავტომატიზაციის პროცესების კონტროლის დროს საჭიროა თვალყურით ვადევნოთ პროცესის მსვლელობას; თუ პროცესზე კონტროლი მიმდინარეობს ადამიანის გარეშე, ამ შემთხვევაში კონტროლი ავტომატურია.

ავტომატური კონტროლი შეიძლება განხორციელდეს ერთი ან რამდენიმე ხელსაწყოთი. ხელსაწყოთა ერთობლიობას, რომელთა საშუალებითაც წარმოებს ავტომატური კონტროლის რომელიმე კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტა, ეწოდება ავტომატური კონტროლის სისტემა.

ავტომატური კონტროლის სისტემას გააჩნია შემდეგი ძირითადი ელემენტები:

1. გარდამსახი. ამ ელემენტის საშუალებით ერთი სახის ენერჯია გარდაიქმნება მეორედ, რომელიც მოსახერხებელია გასაძლიერებლად ან შემსრულებელი ელემენტისათვის გადასაცემად, მაგალითად, არაელექტრული სიდიდე შეიძლება გარდაიქმნას ელექტრულად, როგორც ეს ხდება, მაგალითად, კოშკურა ამწის მოძრაობის ავტომატური გაჩერებისათვის.

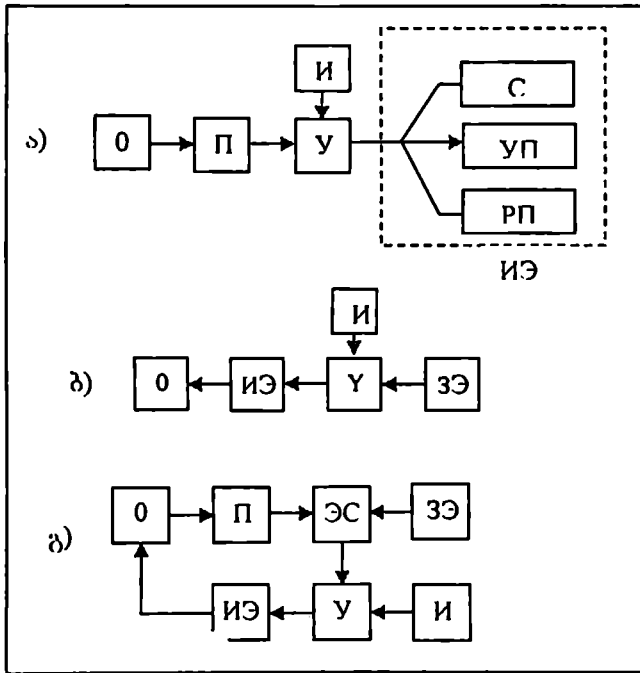
2. მაძლიერებელი ელემენტი. ამ მოწყობილობის დანაშნულებაა გააძლიეროს გარდამსახის სუსტი სიგნალი, რომ შესაძლებელი იყოს აამუშაოს შემსრულებელი მოწყობილობა;

3. შემსრულებელი ელემენტი. ამ ელემენტით წარმოებს შესაბამისი ოპერაციის შესრულება. ასე მაგალითად, ბეტონსარევის დახრისათვის დისტანციური მართვის დროს გამოიყენება პნევმატური ან ჰიდრაულიკური ცილინდრი; ბეტონის ქარხნებში დოზატორებისათვის გამოიყენება პნევმატური ცილინდრი ელექტროპნევმატური მართვით.

4. კავშირისა და გადაცემის ელემენტები. მათი საშუალებით წარმოებს სიგნალების გადაცემა პირველ სამ ელემენტს შორის.

გარდა ზემოაღნიშნულისა, ავტომატური კონტროლის სისტემაში შედის: ენერგიის წყარო, სტაბილიზატორი, კორექტორი, გადამრთველი, ფილტრი.

1.1, ა ნახაზზე მოცემულია ავტომატური კონტროლის ფუნქციური სქემა. სქემაზე პირობითი ნიშნებით აღნიშნულია: O – ობიექტი, П – გარდამსახი, У – მაძლიერებელი, И – ენერგიის წყარო, ИЭ – შემსრულებელი ელემენტი, С – სიგნალის მომცემი ხელსაწყო, (სიგნალი შეიძლება გამოისახოს სხვადასხვა ფერის ნათურებით, ბგერით ან კომბინირებულად), УП – მანიევრებელი ხელსაწყო (სკალით და ისრით), РП – მარევისტრირებელი ხელსაწყო.



ნახს.1. ფუნქციური სქემები: ა) ავტომატური კონტროლის, ბ) საწარმოო მექანიზმების ელექტროამპრავების ავტომატური მართვის, გ) ავტომატური რეგულირების

ელექტროამპრაგების ავტომატური მართვა და მათი დაცვა. ელექტროამპრაგის მართვის ამოცანას წარმოადგენს გაშვების პროცესის, დამუხრუჭების, სინქარის რეგულირების, ამპრაგის ელექტროამპრაგების რევერსირების ავტომატიზაცია. ავტომატიზებულ ელექტროამპრაგში ადამიანს მოეთხოვება მხოლოდ წართოს პირველი სიგნალი, დააჭიროს ხელი დილაკს. ელექტროამპრაგის შემდგომი მუშაობა წარმოებს ავტომატურად, მხოლოდ ხელსაწყოების მონაწილეობით.

1.1.ბ ნახაზზე მოცემულია საწარმოო მექანიზმების ელექტროამპრაგების ავტომატური მართვის ფუნქციური სქემა. პირობითი ნიშნები: O, Y, H3, H განმარტებულია სუეით. 33 – მმართველი (დამკვირვებელი). ავტომატური დაცვა განკუთვნილია წარმოების საიმედო და უსაფრთხო მუშაობის უზრუნველსაყოფად. ელექტრული დამცველი ხელსაწყოები (როგორიცაა დამცველები, მაქსიმალური დენის რელე, თბური რელე, ძაბვის რელე) მადალი დენისა და ძაბვისაგან იცავენ დანადგარებს.

ავტომატური დაცვა დაბალი ძაბვისაგან წარმოებს შექმდეგი ხელსაწყოებით: ძაბვის რელეთი, კონტაქტორებითა და მაგნიტური გამშვებებით. განმეორებითი მართვისაგან დაცვა ხორციელდება კონტაქტორებითა და მაგნიტური გამშვებებით.

ავტომატურ მცველებს განეკუთვნება, აგრეთვე, დამცველი სარქველები, რომელთა საშუალებით სუდმეტი ჰაერი გადის ატმოსფეროში (როდესაც ქაბში წნევა გადამეტებულია), მაქსიმალური სინქარის რელე, გამორთავს დანადგარს, თუ სინქარე გადააჭარბებს მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

ავტომატურ დაცვას იყენებენ ისეთ დანადგარებშიც, რომლებშიც წარმოებს ტემპერატურის, მექანიკური დატვირთვისა და სხვა განუწყვეტელი კონტროლი. მაგალითად, თუ საკისრებში ტემპერატურა აღემატება დასაშვებს, მანქანა ავტომატურად გამორთვება ან სიგნალის – ნათურის განათებით შემანქანე შეიტყობს მანქანის გამორთვის საჭიროებას.

ავტომატური რეგულირება. ავტომატური რეგულირება ეწოდება ნებისმიერი ფიზიკური სიდიდის გარკვეული მნიშვნელობების ავტომატურად შენარჩუნების პროცესს წინასწარ დადგენილ პირობებში. იგი შედგება ავტომატური კონტროლისა და ამპრაგის ავტომატური მართვისაგან.

1.1. გ ნახა'სზე წარმოდგენილია ავტომატური რეგულირების ფუნქციური სქემა. სარეგულირებელი ობიექტიდან (O) სიგნალი გადაეცემა გარდამსახს (N). აქედან კი შექმადარებულ ელემენტს (ЭС). ამავე ელემენტზე მიდის სიგნალი მმართველიდან (ЗЗ). შემადარებელ ელემენტში პარამეტრის საჭირო მნიშვნელობა შეედარება მის ნამდვილ სიდიდეს. შედარების შედეგად შემდარებელ ელემენტში გაძომუშაებული ხემოქმედება მაძლიერებელში (У) გაძლიერდება და გადაეცემა შემსრულებელ ელემენტს (ИЭ), რომელიც ახდენს ხემოქმედებას პროცესის მარეგულირებელ ორგანოზე, ხოლო, ეს უკანასკნელი - სარეგულირებელ პარამეტრზე.

ავტომატური რეგულირების სისტემები ძირითადად წარმოადგენენ ავტომატური სტაბილიზაციის სისტემებს. ასეთ სისტემებში ფიზიკური სიდიდის მოცემული მნიშვნელობის მუდმივობა უზრუნველყოფილია ავტომატური მოწყობილობით.

არსებულ მანქანებში სტაბილიზებული სიდიდის მძღება წარმოადგენს რთულ ოპერაციას. საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ სიდიდის სტაბილიზაციის რამდენიმე მაგალითი. ვთქვათ, ორთქლის ქვაბში, კომპრესორის რევივერში გარკვეული წნევის ან რკინაბეტონისა და ბეტონის ნაკეთობათა გასაორთქლ კამერებში ტემპერატურის მნიშვნელობის ავტომატური შენარჩუნება.

ზოგიერთ შემთხვევაში საჭიროა სიდიდის რეგულირება დროის მიხედვით მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე და პირიქით, მაგალითად, რკინაბეტონისა და ბეტონის კონსტრუქციების უწყვეტ გასაორთქლ კამერებში.

არსევენ პროგრამული და ოპტიმალური რეგულირების სისტემებს, პროგრამული რეგულირება უზრუნველყოფს სარეგულირებელი სიდიდის ცვალებადობას დროში გარკვეული პროგრამის მიხედვით. ოპტიმალური რეგულირების დროს ავტომატური მოწყობილობა არა მარტო ინარჩუნებს სარეგულირებელი ფიზიკური სიდიდის გარკვეულ მნიშვნელობას, არამედ განსაზღვრავს მის ისეთ სიდიდეს, რომლის დროსაც სარეგულირებელი პროცესის მიმდინარეობა ოპტიმალური იქნება.

1.1. ნახა'სზე წარმოდგენილი ავტომატიკის სისტემები გული-სხმობენ, რომ მანძილი კონტროლისა და რეგულირების ობიექტსა და მართვის პუნქტს შორის, სადაც დაყენებულია მმართველი

ველი (დამკვირვებელი) და ხდება საკონტროლებელი სიდიდის აღწარმობა, შედარებით დიდი არ არის.

თუ ეს მანძილი ხდება ისეთი დიდი, რომ აუცილებელია სპეციალური ტექნიკური საშუალებების გამოყენება მის დასადგენად, მაშინ ატომბატის სისტემები გარდაიქმნება ტელემექანიკის სისტემებად. ტელემექანიკის სისტემები განსხვავდებიან ატომბატის სისტემებისაგან იმით, რომ მათში დამატებით წართულია კავშირგაბმულობის, მიმღები და გადამცემი არხები. გადამცემები მოცემულ სიდიდეს გარდაიქმნიან სიდიდედ, რომელიც მოსახერხებელია კავშირგაბმულობის არხით გადასაცემად. მიმღების დანიშნულებაა კავშირგაბმულობის არხიდან მიღებული სიდიდის გარდაიქმნა სიდიდედ, რომელიც მოსახერხებელია შემსრულებელ ან აღმწარმოებელ ორგანოზე შემოქმედებისათვის. მიმღებებს და გადამცემებს შეუძლიათ ერთდროულად მმართველი ორგანოს ფუნქციის შესრულებაც.

ტელემექანიკის სისტემების გამოყენება, მართვის ერთი ცენტრალური პუნქტიდან მრავალი დაშორებული ობიექტის კონტროლისა და მართვის შესაძლებლობას ქმნის. ამასთან, ობიექტების დიდი რიცხვის მართვა და კონტროლი შესაძლებელია კავშირგაბმულობის ერთი არხის საშუალებით.

სამშენებლო პროცესის ატომბატური მართვა. ატომბატური მართვა ეწოდება მმართველი ელემენტის მიერ მიზანდასახული მოქმედებების ორგანიზაციას. მმართველ ელემენტს მიეცემა პროგრამა-მმართველი შემოქმედება. მმართველი ელემენტიდან სიგნალი მიემართება მაძლიერებლისაკენ, შემდეგ შემსრულებელი ელემენტისა და, ბოლოს, ობიექტისაკენ. ატომბატური მართვა შეიძლება იყოს ეწყვეტი და დისკრეტული; სამართავი ობიექტების რიცხვის მიხედვით მხოლოდითი და მრავლობითი, მართვის პულტის მიმართ სამართავი ობიექტის განლაგების მიხედვით არსევენ ცოკალურ და დისტანციურ ატომბატურ მართვას. დისტანციური მრავლობითი ატომბატური მართვა ფართოდ გამოიყენება სამშენებლო ობიექტების, ასფალტბეტონისა და ცემენტბეტონის ქარხნების, ქვასამსხვრევი ბაზებისა და დანადგარების სამართავად.

ატომბატური მართვის მოწყობილობა გამორიცხავს ადამიანის მონაწილეობას ტექნოლოგიური (სამშენებლო) პრო-

ცვის მართვის ოპერაციებში. მისი როლი გამოიხატება საწყისი იმპულსის მოცემასში.

მართვის ელემენტები შედგება საკომანდო მოწყობილობებისა და ავტომატური რეგულირების სისტემებისაგან.

ავტომატური მართვის სრულყოფილ თანამედროვე მოწყობილობას წარმოადგენს გამომთვლელი მანქანა. იგი სხვადასხვა გარდამსახებიდან ღებულობს სამართავი პროცესის მსვლელობის ირგვლივ სათანადო ინფორმაციას. მანქანა დიდი სიჩქარით ახდენს აუცილებელ გამოთვლებს, რომელთა საფუძველზეც გამოიმუშავენ ბრძანებებს (კომანდებს) ტექნოლოგიური (სამშენებლო) პროცესის სამართავად.

§6. პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები ავტომატიკაში

ელექტრული სქემებისა და საწარმოო პროცესების ავტომატიკის სქემების გამოსახვის დროს სარგებლობენ ГОСТ-ით დადგენილი პირობითი გრაფიკული აღნიშვნებით.

ელექტრულ სქემებზე ელექტრული მანქანების, აპარატურის, ხელსაწყოებისა და მათი შემადგენელი ნაწილების პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები ГОСТ-ის მიხედვით მოცემულია (ცხრილში 1.3)

ცხრილი 1.3

ელექტრულ სქემებში გამოყენებული ზოგიერთი ელექტრული მანქანის, აპარატის, ხელსაწოლსა და მისი შემადგენელი ნაწილების პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები ГОСТ მიხედვით

დასახელება	პირობითი აღნიშვნა ГОСТ მიხედვით
მუდმივი დენი (ძაბვა)	
ცვლადი დენი (ძაბვა)	
სამფაზიანი (ცვლადი დენი 50 კვ.)	3 ^φ - 50 ^{ჰც}
სველები: ა) სტატორის (ცვლადი დენის მანქანის თითოეული ფაზის) ბ) მუდმივი დენის მანქანის პარალელური ამკსნები	ა) ბ)
მუდმივი დენის მანქანის ამკსნები	ა)
სველები: ა) თანმიმდევრობითი; ბ) დამაკეობითი პოლუსების.	ა) ბ)
















მოკლედ წართული რიცხობიანი სახეჯანა ასინქრონული ელექტროორაჟი	
მუქმიყი დენის მანქანა (დექსა კოლექტორით და მუქსით)	
ელექტრომანქანური მოძლიერებელი განიყი ნაკადით და მართის რამდენიმე ხეუელი	
ერთჯანისანი ტრანსფორმატორი გუღარით	
მაგნიტური მახასიათებელი ორი მუქსა და საერთო მმართველი ხეუელი	
ერთჯანისანი ასინქრონული ძრავა	
არარეგულირებადი წინაღობა (საერთო აღნიშვნა)	
ინდუქციური წინაღობა	
დენის რელეს ხეუელა	
ძაბვის რელეს ხეუელა	
კონტაქტორის და მაგნიტური გამშეების ხეუელა	
მაქსიმალური დენის რელეს ხეუელა	
მინიმალური ძაბვის რელეს ხეუელა	
პოღარიხებული რელეს	
რელეს დენის ხეუელა	
რელეს ძაბვის ხეუელა	
თბური რელეს კონტაქტი	
შემრთველი კონტაქტი: ა) რელეს, ბ) რელეს, კონტაქტორის, გამშეების, კონტროლიორის	ა) ბ)
განმრთველი კონტაქტი: ა) რელეს, ბ) რელეს, კონტაქტორის, გამშეების, კონტროლიორის	ა) ბ)
შემრთველი კონტაქტი ნაქრობით	
განმრთველი კონტაქტი ნაქრობით	
განმრთველად დარწხილი კონტაქტი ხეღით დაბრუნებით	
შემრთველი კონტაქტი დროის დაყოვნებით შემრთის დროს	




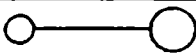













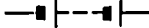



შემრთველი კონტაქტი დროის დაყოვნებით განრთვის დროს	
განმრთველი კონტაქტი დროის დაყოვნებით განრთვის დროს	
განმრთველი კონტაქტი დროის დაყოვნებით შემრთვის დროს	
დილაკი თვითდამბრუნებელი შემრთველი კონტაქტით	
დილაკი თვითდამბრუნებელი განმრთველი კონტაქტით	
საგზაო გამომრთველი ან ბოლო გამომრთველ-შემრთველი კონტაქტით	
საგზაო გამომრთველი ან ბოლო გამომრთველი განმრთველი კონტაქტით	
ელექტროზარი	
საყვირი	
სახიგნალო ნათურა	
დნობადი დამცველი	
ელექტრომაგნიტური ქურო	
ელექტრომაგნიტი: ა) საერთო აღნიშვნა; ბ) პარალელური სართვა	
გალვანური, ანდა აკუმულატორული ელემენტი	
ნახევრადგამტარიანი დიოდი	
ნახევრადგამტარიანი ტრიოდი (ტრანზისტორი): ა) P-n-P ტიპის, ბ) n-P-n ტიპის.	
დიოდი პირდაპირი ვარკვართ	
დიოდი არაპირდაპირი ვარკვართ	
ტრიოდი	
ფოტოწინააღიბა შინაგანი ფოტოფემტი	
ვაკუუმის ფოტოელემენტი	

საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციის სქემებზე ხელსაწყოების პირობითი გამოსახვისა და ძირითადი სიდიდეების აღნიშვნისათვის სარგებლობენ **ГОСТ-ებით**. აღნიშვნების ნაწილი მოყვანილია ცხრილში 1.4.










ცხრილი 1.4

საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციის სქემებში ზოგიერთი ხელსაწყოს პირობითი გრაფიკული გამოსახვა და ძირითადი სიდიდეების ათნიშვნები **ГОСТ-ის** მიხედვით

დასახელება	პირობითი აღნიშვნა და გამოსახვა ГОСТ-ების მიხედვით
გამზომი ხელსაწყო	
მარეგულირებელი ხელსაწყო (სიგნალის მომცემი)	
გამზომი და მარეგულირებელი (სიგნალის მომცემი) ხელსაწყო ერთ კორპუსში	
ტელეფონი	
ელექტრული გადაცემა	
პნემატიკური გადაცემა	
ჰიდრაულიკური გადაცემა	
მექანიკური გადაცემა	
მინის გაფართოების თერმომეტრი	
ელექტროკონტაქტური მინის გაფართოების თერმომეტრი	
წინაღობის თერმომეტრი ცალმაგი	
ცალმაგი თერმოწყვილი	
მანომეტრული თერმომეტრის თერმობალონი	
დილატომეტრული ან ბიმეტალური თერმომეტრი	
რადიაციული, ოპტიკური და ფოტოელექტრული პირომეტრის მიმღები მოწყობილობა	

აირის, სითხის ავარი/ხვეული	
მკლასივი კარდნილის ხარჯაშხიმი	
შესაქიწრებდელი მოწყობილობა ხარჯის გახაზიმად წნევის ვარდნილით (გამოსახულებს მახვილი მიმართულია ჩაკედის საწინააღმდეგვად)	
ციუციკიანი მიმღები მოწყობილობა (ღონმზომის, სიმკერეშხიმი)	
რადიაქიკური მიმღები მოწყობილობა (ხარჯაშხიმი, ღონმზომი)	
ტენმზომის მიმღები მოწყობილობა	
ფიტომეტრული მიმღები მოწყობილობა	
ტელეფონის აპარატის ხაერთი აღნაშენა	
მემბრანული შემსრულებელი მექანიზმი	
დაკუშინი შემსრულებელი მექანიზმი	
ელექტრომაგნიტური შემსრულებელი მექანიზმი (ხოდუნოიდური)	
შემსრულებელი მექანიზმი ელექტრომაგნიტით: ა) ცელადი დენის, ბ) მკლასივი დენის	ა)  ბ) 
ხელის მექანიკური ამსრაგი	
გახაელის მარეკულირებული ხარქიკელი	
მარეკულირებული ფარსაკეცი (შობერი)	
მარეკულირებული ხაყარი	
ბატარეა ელემენტებისაგან	
გამქიფი ან მათანაბრებელი ჭურჭელი	
ხამხელისანი მარეკულირებული ხარქიკელი	
ხაკონდენსაციო ჭურჭელი	

ცხრილი 14. გაგრძელება

გადამრთველი გახსოვის ელექტრული წრედებისათვის	
გადამრთველი აირების (ხასხერო) ხაზებისათვის	
დისტანციური მართვის პანელი, მეკანტიკური ან სიდრულიკური რეგულირებისათვის	
გახადები ან გამომრთველი მართვის ელექტრული წრედებისათვის	
გამწყობი	
რეოსტატი	
კომანდოკონტროლითარი	
მართვის დილაკი (წერტილოა რაოდენობა უნდა უთანადებოდეს დილაკთა რიცხვს)	
გზის გამომრთველი	
ხელხინი	

ბარდამსახეები

§1. ძირითადი ბანსაზღვრები და კლასიფიკაცია

გარდამსახის წარმოადგენს მგრძობიარე ელემენტს, რომელიც განკუთვნილია საკონტროლო ან სარეგულირებელი ფიზიკური სიდიდის გარდასაქმნელად სხვა სახის სიდიდედ, რომელიც მეტადაა მოსახერხებელი გასაძლიერებლად, შორ მანძილზე გადასაცემად და აღმასრულებელ მექანიზმზე შემოქმედების მოსახდენად. გარდამსახის მაგალითს წარმოადგენს თერმოწყვილი. იგი განკუთვნილია ტემპერატურის გასაზომად. თერმოწყვილის სამუშაო ნარჩილი (ცხელი ნარჩილი) იმყოფება ტემპერატურის გასაზომ გარემოში. ტემპერატურის ცვალებადობა თერმორწყვილის მიერ განუწყვეტილად გარდაიქმნება თერმოელექტრომამოძრავებელი ძალის ცვალებადობად; თერმოელექტრომამოძრავებელი ძალა მოსახერხებელია გასაძლიერებლად და მანძილზე გადასაცემად.

გარდამსახეები, რომლებშიც არაელექტრული სიდიდეები გარდაიქმნება ელექტრულად, იყოფა ორ ჯგუფად: პარამეტრულ და გენერატორულ გარდამსახებად. პარამეტრული ეწოდება გარდამსახს, რომელიც საკონტროლო (გასაზომი) სიდიდის ცვალებადობას გარდაქმნის ელექტრული წრედის პარამეტრის – აქტიური, ინდუქციური ან ტევადური წინააღმდეგობის ცვალებადობად. გენერატორული ეწოდება გარდამსახს, რომელიც საკონტროლო სიდიდეს გარდაქმნის ელექტრომამოძრავებელ ძალად ან სიხშირედ. პარამეტრული გარდამსახეები საჭიროებენ კვების წყაროს, გენერატორული – მეტწილად თვითონ წარმოადგენენ დენის წყაროს.

სამშენებლო პროცესების ავტომატიზაციაში გარდამსახის დანიშნულებაა შეიგრძნოს და გარდაქმნას პარამეტრი ან მისი პროპორციული სიდიდე, რომელიც განსაზღვრავს ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობას.

სიდიდეს, რომელსაც შეიგრძნობს და აკონტროლებს გარდამსახი, ეწოდება შემავალი სიდიდე, ხოლო სიდიდეს,

რომელსაც გარდაქმნის და გამოიჩეშაეებს – გამომავალი სიდიდე.

გამომავალი სიდიდის ცვალებადობის დამოკიდებულებას შემავალი სიდიდის ცვალებადობისაგან ეწოდება გარდამსახის სტატიკური მახასიათებელი. თუ აღვნიშნავთ შემავალი სიდიდის მნიშვნელობებს x -ით, ხოლო გამომავალი სიდიდის მნიშვნელობებს y -ით, მაშინ გარდამსახის სტატიკური მახასიათებელი გამოიხატება ფორმულით:

$$y=f(x). \quad (2.1)$$

ჩვეულებრივ, სტატიკური მახასიათებელი გამოისახება გრაფიკულად.

ავტომატური მოწყობილობების ელემენტები მათი სტატიკური მახასიათებლების მიხედვით შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ჯგუფად; ესენია:

1) წრფივი, რომელთა სტატიკური მახასიათებელი გამოისახება წრფით (ნახ.2.1,ა), ხოლო გამომავალ და შემავალ სიდიდეებს შორის ფარდობა გამოიხატება წრფივი ფუნქციით.

$$y=a+Kx. \quad (2.2)$$

K – გარდაქმნის სტატიკური კოეფიციენტი;

a – მუდმივი სიდიდე, ნახ.2.1,ა მიხედვით $a=0$

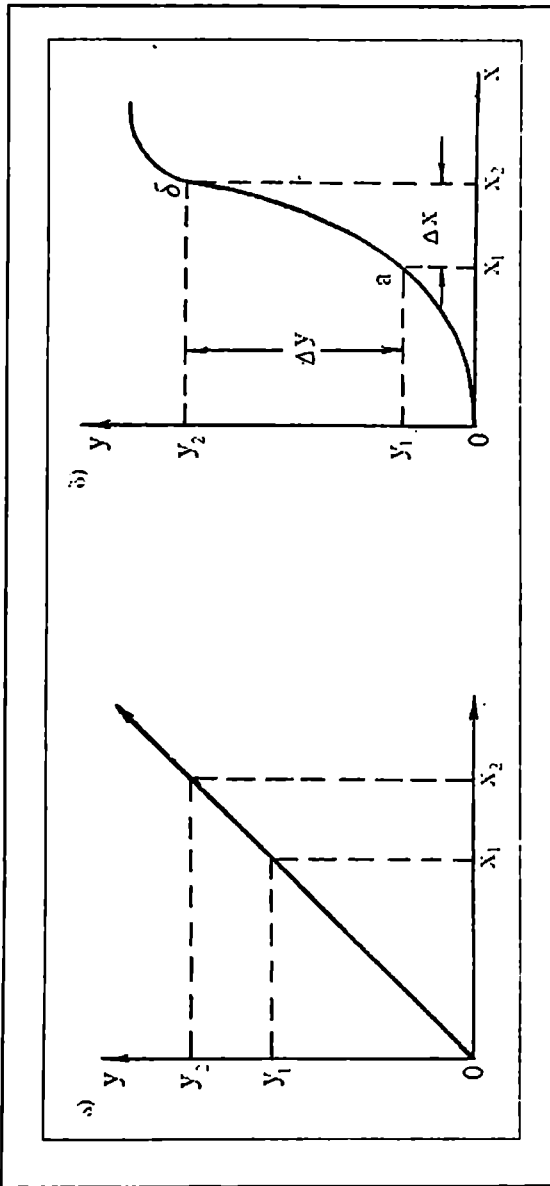
ხაზოვან ელემენტებს, რომელთა სტატიკური მახასიათებელი გამოისახება სწორი ხაზით (ნახ.2.1,ა), ეწოდება სტატიკური ელემენტები.

2) არაწრფივი, რომელთა სტატიკური მახასიათებელი მრუდწირული ან ტეხილხაზოვანია (ნახ.2,1,ბ).

a -ნ – უბნისათვის, რომელზეც დაახლოებით წრფივი დამოკიდებულებაა

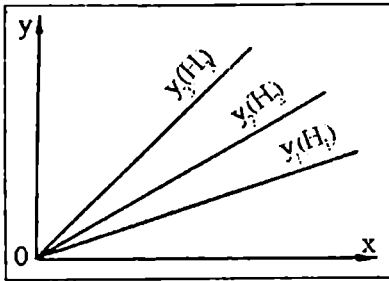
$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \approx \frac{dy}{dx} = K' \quad (2.3)$$

K' – გარდაქმნის დინამიკური კოეფიციენტი.



ნახ.2.1. სტატისტიკური მახასიათებლები: ა) წრფივი ელემენტი; ბ) არაწრფივი ელემენტი

ხშირად ელემენტის გამომავალი სიდიდე, შემაჯავალი სიდიდის გარდა, დამოკიდებულია დატვირთვებზე. ამ შემთხვევაში სტატიკური მახასიათებელი გამოისახება არა ერთი, არამედ, რამდენიმე სწორი ან მრუდწირული ხაზით (ნახ.2.2).



ნახ.2.2. ელემენტის სტატიკური მახასიათებელი გარე დატვირთვის ცვალებადობის დროს

თუ ელემენტის გამომავალი სიდიდე იცვლება შემაჯავალი სიდიდის პროპორციულად, მაშინ გარდაქმნის K და K' კოეფიციენტები მუდმივი სიდიდეებია და ურთიერთთანატოლია x -ის ყველა მნიშვნელობის დროს, ე.ი.

$$K = K' = const.$$

გარდაქმნის K და K' კოეფიციენტებს გააჩნია განზომილება, რომელიც დამოკიდებულია შემაჯავალი და გამომავალი სიდიდეების განზომილებაზე.

გამომავალი სიდიდის ფარდობითი ნაზრდის შეფარდებას შემაჯავალი სიდიდის ფარდობით ნაზრდთან ეწოდება გარდაქმნის ფარდობითი კოეფიციენტი, ე.ი.

$$\eta_{\Delta} = \frac{\frac{\Delta y}{x}}{\frac{\Delta x}{y}} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot \frac{y}{x} \quad (2.4)$$

თუ გადავალთ ზღვარზე, როდესაც $\Delta x \rightarrow 0$, მივიღებთ:

$$\eta = \frac{\frac{dy}{x}}{\frac{dx}{y}} = \frac{dy}{dx} \cdot \frac{y}{x} \quad (2.5)$$

გარდაქმნის კოეფიციენტები $K, K', \eta_{\Delta}, \eta$ სოგადია და გამოსადეგია ავტომატური მოწყობილობის ნებისმიერი ელემენტისათვის. მაგალითად, გარდამსახისათვის გარდაქმნის კოეფიციენტი იწოდება მგრძნობიარობად (სტატიკური, დინამიკური, ფარდობითი).

გარდამსახი ხასიათდება, აგრეთვე, მგრძნობიარობის ზღურბლით. მგრძნობიარობის ზღურბლი გულისხმობს გასაზომი სიდიდის მინიმალურ მნიშვნელობას (აბსოლუტური სიდიდით), რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს ხელსაწყოს ჩვენების შეცვლა ან, მაგალითად, რელეს ამოქმედება.

გარდამსახი ინერციული ელემენტია. გარდამსახის ინერციულობა ახასიათებს მისი დინამიკურობის თვისებას და გვიჩვენებს, თუ გამომავალი სიდიდე (y) რამდენად სწრაფად ღებულობს შემავალი სიდიდის (x) შესაბამის მნიშვნელობას.

ავტომატიზაციის რთულ სქემებში გამოყენებულია დიფერენციული და კომპენსაციური გარდამსახები.

დიფერენციულ გარდამსახებში ორი ერთნაირი ტიპის გარდამსახი ჩართულია გამომავალი წრედებით. იმგვარად, რომ სასარგებლო სიგნალები თანაბრდება.

კომპენსაციური გარდამსახი, დიფერენციულიაგან განსხვავებით, უზრუნველყოფს გასაზომი სიდიდის ეტალონურ სიდიდესთან ავტომატურად შედარებას.

ავტომატური მართვის სისტემებში გამოყენებული გარდამსახების კლასიფიკაცია შეიძლება შესრულდეს: დანიშნულების, გამომავალი სიგნალის და ინფორმაციის გადაცემის წესის მიხედვით.

დანიშნულების მიხედვით გარდამსახები რამდენიმე სახისაა:

1. გარდამსახები ამძრავი ძრავების პარამეტრების – სიმძლავრის, კუთხური სიჩქარის, საწვავის ხარჯის, ელექტროენერჯის, გამაციებელი სითხეებისა და ზეთის ტემპერატურის გასაზომად.

2. გარდამსახები მანქანის სამუშაო ორგანოების პარამეტრების – ძაღვების, მბრუნავი მომენტების, მდებარეობის, წირული და კუთხური გადაადგილებების, წირული და კუთხური სიჩქარის, აჩქარების გასაზომად (მასალების, კონ-

სტრუქციების, ნაგებობების გამოცდის დროს, ამწე-სატრანსპორტო და სამშენებლო მანქანებში);

3. გარდამსახები ჰიდრაულიკური და პნევმატიკური სისტემების პარამეტრების – წნევის, ტემპერატურის, ხარჯის გასაზომად (ბუნკერებში, წყალსაცავებში, სილოსებში, ქვებში, გათბობის სისტემებში);

4. გარდამსახები გარემომცველი გარემოს პარამეტრების – ტემპერატურის, ქარის სიჩქარის, დახრის კუთხის გასაზომად (ბეტონის გასათბობ მოწყობილობებში, გასაოროტელ კამერებში, კოშკურა ამწეებში და სხვ.);

5. გარდამსახები დასამუშავებელი მასალების პარამეტრების გასაზომად (სიმკვრივის, ტენიანობის, ტემპერატურის და სხვ.).

გამომავალი სიგნალის მიხედვით გარდამსახები იყოფა:

1. გარდამსახებად ელექტრული გამომავალი სიგნალით;

2. გარდამსახებად ჰიდრაულიკური გამომავალი სიგნალით;

3. გარდამსახებად პნევმატიკური გამომავალი სიგნალით;

4. გარდამსახებად მექანიკური გამომავალი სიგნალით.

ინფორმაციის გადაცემის წესის მიხედვით გარდამსახები კელავ რამდენიმე სახისაა:

1. გარდამსახები უწყვეტი სიგნალებით, რომლებშიც გამომავალი სიგნალი (ელექტრული ძაბვა, დენის ძალა, სიხშირე და სხვ.) დაკავშირებულია გასაზომ სიდიდესთან უწყვეტი ფუნქციონალური დამოკიდებულებით; ამასთან გასაზომი სიდიდის საზომს წარმოადგენს გამომავალი სიგნალის სიდიდე.

2. გარდამსახები დისკრეტული სიგნალებით, რომლებშიც გასაზომი სიდიდის მდოერედ ცვალებადობისას გამომავალი სიგნალი ცვალებადობას განიცდის ნახტომისებურად. გასაზომი სიდიდის საზომს წარმოადგენს გარკვეული დროის მონაკვეთში დაგროვებული იმპულსების რიცხვი.

განვიხილოთ გარდამსახების ზოგიერთი ტიპი, რომლებიც ფართოდაა გავრცელებული სამშენებლო წარმოების პროცესების ავტომატიზაციის პრაქტიკაში.

§2. ომური გარდამსახეობა

ომურ გარდამსახეს მიეკუთვნება აქტიური წინააღმდეგობის ანუ რეოსტატული გარდამსახეობა. გარდამსახეობის მოძრავი კონტაქტის გადაადგილება ცვლის წრედში შეყვანილი წინააღმდეგობის სიდიდეს. ცოცხალ გადაადგილება წარმოადგენს შემავალ სიდიდეს, ხოლო წრედში შეყვანილი ომური წინააღმდეგობის სიდიდე – გამომავალ სიდიდეს.

რეოსტატული გარდამსახეობის ძირითადი ელემენტებია:

1 – კარკასი; 2 – მასზე დატანილი წინააღმდეგობა დახვეული მავთულის ან ნახევარგამტარის სახით; 3 – მოძრავი მუსი, რომელიც სრიალებს წინააღმდეგობის ზედაპირზე ან მასთან შეერთებული კონტაქტების რიგზე.

2.3. ნახაზზე წარმოდგენილია ორი ტიპის ომური გარდამსახეობა: ა) უსაფეხურო, მრავალბრუნიანი დახვევით; ბ) დასექციებული დახვევით.

გარდამსახეობაში უსაფეხურო, მრავალბრუნიანი დახვევით, წინააღმდეგობის ცვალებადობა მუსის გადაადგილებით, წარმოებს მდორედ, მაშინ, როდესაც გარდამსახეობაში დასექციებული წინააღმდეგობით იგი ხორციელდება საფეხუროვანი სახით.

დასექციებულ წინააღმდეგობიანი გარდამსახეობის უპირატესობა მდგომარეობს მნიშვნელოვანი სიდიდის დენების მართვის შესაძლებლობაში, რაც უზრუნველყოფილია აღნიშნული გარდამსახეობის კონტაქტების ხელსაყრელი რეჟიმის პირობებში მუშაობით. თუ რეოსტატს გააჩნია თანაბარი დახვევა, რომლის ერთეული სიგრძის წინააღმდეგობაა Ω ომი, მაშინ დამოკიდებულება მობრუნების კუთხესა და წინააღმდეგობის ცვალებადობას შორის გამოისახება

$$R = r\alpha\Omega, \quad (2.6)$$

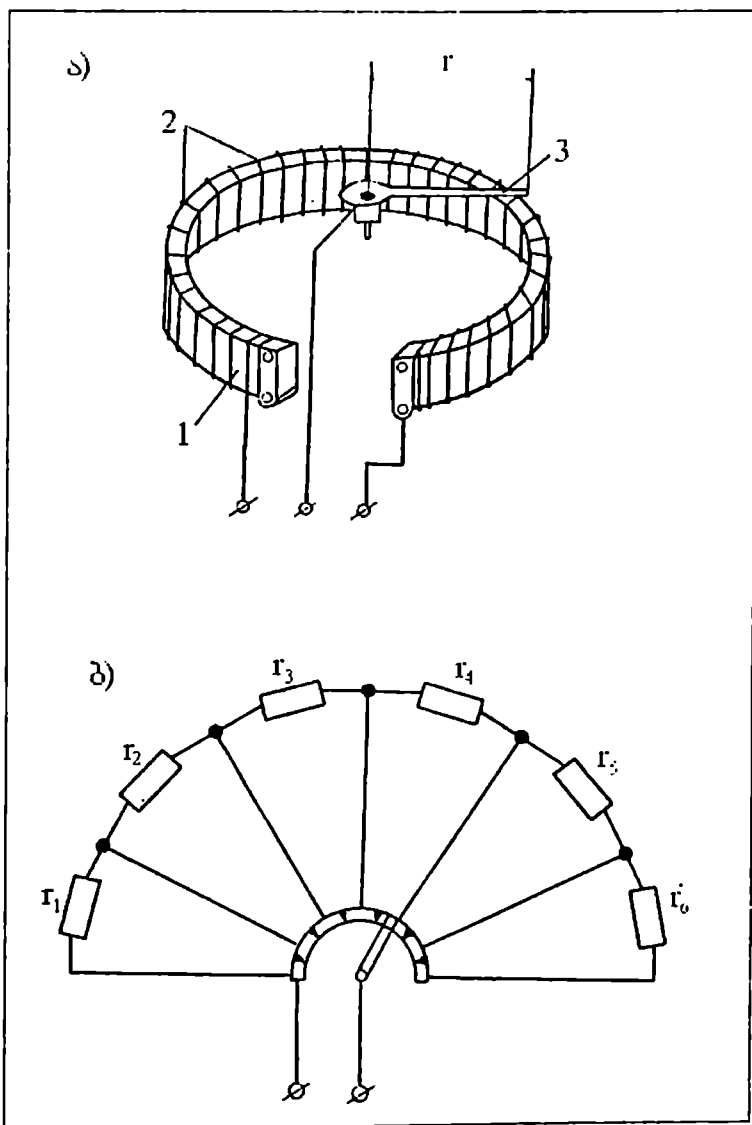
სადაც

r არის რეოსტატის სახელურის სიგრძე;

α – მობრუნების კუთხე.

რეოსტატული გარდამსახეობის მგრძობიარობა განისაზღვრება განტოლებით

$$\frac{dR}{d\alpha} = r\Omega \quad (\text{სმ. ომი}) \quad (2.7)$$



ნახ.2.3. რელსტატული გარდამსახების კონსტრუქციული სქემები: ა) უსაფეხურო; ბ) დასექციებული დახვევით

წრიული რეოსტატული გარდამსახის მახასიათებელია

$$R_x = \frac{R}{L} x, \quad (2.8)$$

სადაც

R_x – წრედში ჩართული წინაღობა, ომებში;

L – დახვეავის მთლიანი სიგრძე, სმ;

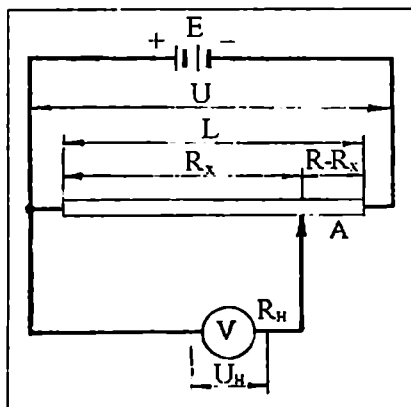
R – დახვევის სრული წინაღობა, ომი;

x – მუსის გადაადგილება, სმ.

გარდამსახის მგრძობიარობა იქნება

$$\frac{dR_x}{dx} = \frac{R}{L} \quad (\text{ომი/სმ}) \quad (2.9)$$

გასაზომ მოწყობილობებსა და ხელსაწყოებში რეოსტატული გარდამსახების ჩართვა ხდება პოტენციომეტრის სქემით; მაშინ მას პოტენციომეტრული გარდამსახი ეწოდება (ნახ.2.4).



ნახ.2.4. პოტენციომეტრული გარდამსახის სქემა

ძაბვა ვოლტმეტრზე ხაზოვან დამოკიდებულებაშია პოტენციომეტრის ცოცხას მდებარეობასთან. გამომავალი სიდიდის (ძაბვის) ზუსტი მნიშვნელობისათვის გვაქვს დამოკიდებულება

$$U_x = U \cdot \frac{R_x}{R} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_x(R - R_x)}{R \cdot R_{\text{ვ.ბ}}}} \quad (2.10)$$

პოტენციომეტრული გარდამსახების ანგარიშის დროს უშეგებენ, რომ $R_{\text{კაბ.}} = \infty$. ამ შემთხვევაში

$$U_x = U \cdot \frac{R_x}{R} = U \cdot \frac{x}{l}, \quad (2.11)$$

ან ზოგადი სახით

$$U_x = f(x). \quad (2.12)$$

პოტენციომეტრული გარდამსახის მგრძობიარობა

$$\frac{dU_x}{dx} = \frac{U}{l} \frac{\text{ვოლტი}}{\text{სმ}}. \quad (2.13)$$

კონსტრუქციულად რეოსტატული გარდამსახები სრულდება როგორც კუთხური და ხაზოვანი გადაადგილებების გარდამსახები. რეოსტატული გარდამსახები მსაღდება კონსტანტანის ან პლატინა ირიდიის 0,03 მმ დიამეტრის მათხულისაგან.

რეოსტატული გარდამსახების დირსებას წარმოადგენს ის გარემოება, რომ მათი ინერციულობა პრაქტიკულად ნულის ტოლია, გარდამსახი მარტივი აგებულებისაა და საიმედო; ფართოდ არის გავრცელებული ტექნიკაში (გამოიყენება, როგორც მექანიკური გადაადგილების ელექტრული გარდამსახი, დისტანციურ მოთვალთვალებე ამძრავში და საანგარიშო-გამომთვლელ ხელსაწყოებში).

ომური გარდამსახების ჯგუფს მიეკუთვნება ნახშირის გარდამსახიც.

ნახშირის გარდამსახი გამოიყენება ძალებების გასასომად. იგი იძლევა საშუალებას მასზე მოქმედი დატვირთვა გარდაქმნას ელექტრულ წინაღობად.

გარდამსახი შედგება გრაფიტის 5-10 მმ დიამეტრის 10-15 ცალი ფირფიტისაგან, რომელთა სისქე 1-2 მმ-ია. ნახშირის სვეტის წინაღობა აღწევს რამდენიმე ათეულ ომს. მეტი სტაბილურობის მიზნით სვეტი წინასწარ შეკუმშულია 20 კგ/სმ² წნევის მოქმედებით. წნევის გაზრდისას მაქსიმალურ სამუშაო სიდიდემდე 50-60 კგ/სმ² სვეტის წინაღობა მცირდება 20-30%-ით. ამიტომ ამ გარდამსახებს გააჩნიათ 5% ცდომილება.

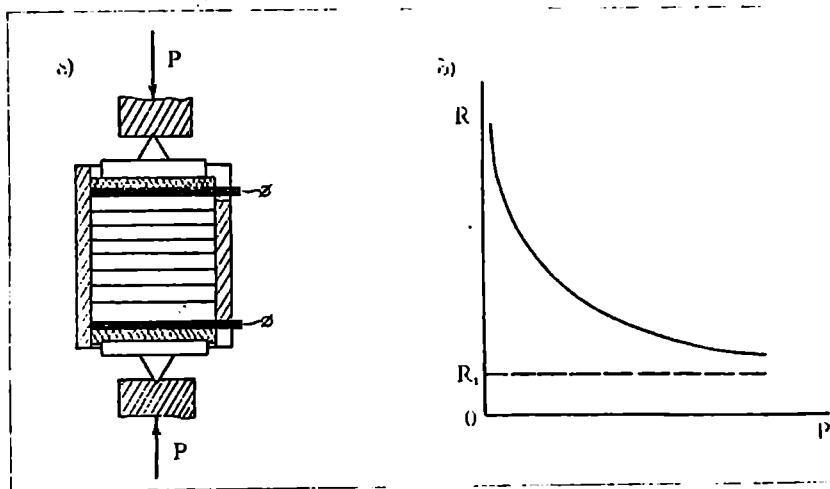
გასასომი დატვირთვა სვეტზე მოქმედებს სპეციალური საბრჯენების საშუალებით. ძაბვა მოდებულია საკონტაქტო სპილენძის საყელურებზე, რომლებიც სვეტის ბოლოებზეა განლაგებული. თვით გრაფიტების წინააღმდეგობა $R_{\text{გრ.}} \text{ არ}$

არის დამოკიდებული დატვირთვაზე. რაც შეეხება გარდამავალ წინაღობას $R_{გარ}$ ფირფიტებს შორის, იგი დამოკიდებულია მეზობელი ფირფიტების ზედაპირების ურთიერთშეხების წერტილების რიცხვზე. ფირფიტების შეკუმშვის დროს მათი ურთიერთშეხების საერთო ფართი იზრდება და წინაღობა $R_{გარ}$ მცირდება. ნახშირის გარდამსახის საერთო წინაღობა უდრის $R=R_{გრ}+R_{გარ}$. გარდამავალი წინაღობა უკუპროპორციულია გასაზომი P ძალისა, ამიტომ

$$R = \frac{K}{P} + R_{გრ},$$

სადაც K არის მუდმივი კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია გარდამსახის კონსტრუქციასა და მასალაზე.

ნახშირის გარდამსახის საშუალებით შეიძლება მნიშვნელოვანი დატვირთვის გაზომვა 10-დან 1000 კგმ ანუ 98-დან 98000 ნ-მდე. ნახ.2.5 ნაჩვენებია ნახშირის გარდამსახის სქემატური გამოსახულება. მახასიათებლის გრაფიკიდან ჩანს, რომ ნახშირის ფირფიტების მკუმშავი ძალის ზრდასთან ერთად კონტაქტური წინაღობა მცირდება.



ნახ.2.5. ნახშირის გარდამსახი: ა) გარდამსახის მოწყობილობის სქემა; ბ) გარდამსახის მახასიათებელი

§3. ტენზობარდამსახეობი

ტენზოგარდამსახეობი ეწოდება გარდამსახეს, რომელიც მყარი სხეულის გასაზომ დეფორმაციას - გაჭიმვას ან კუმშვას გარდაქმნის ელექტრულ სიგნალად. ტენზოგარდამსახეობის მუშაობა ემყარება გამტარის ან ნახევარგამტარის წინაღობის ცვლილებას მისი დეფორმაციის დროს. ტენზოგადამწოდის გამტარის წინაღობის ცვალებადობა დეფორმაციის გავლენით აიხსნება ორი მიზეზით: 1) გეომეტრიული ზომების (გამტარის დიამეტრის, სიგრძის) შეცვლით; 2) ტენზოგარდამსახეობის მასალის ხვედრითი წინაღობის შეცვლით.

ტენზოგარდამსახეობის ფარდობითი მგრძობიარობა წარმოადგენს გარდამსახეობის წინაღობის ფარდობითი ცვლილების შეფარდებას მის ფარდობით დეფორმაციასთან

$$\eta = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L}, \quad (2.14)$$

სადაც

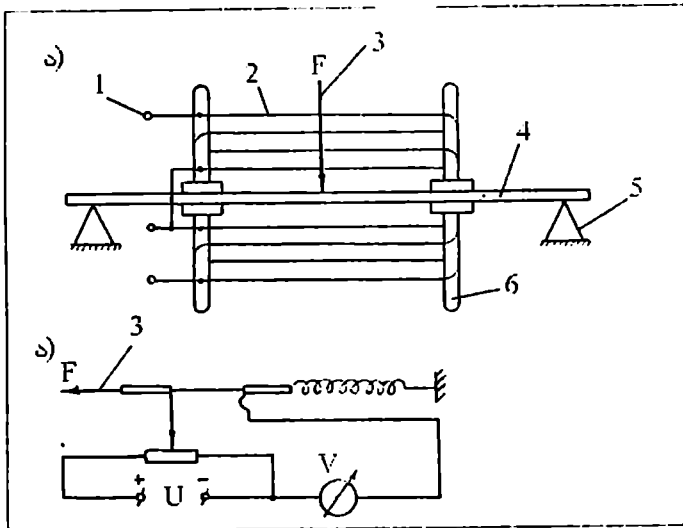
L და R არის გარდამსახეობის სიგრძე და წინაღობა დეფორმაციამდე;

ΔL და ΔR შესაბამისად სიგრძისა და წინაღობის ცვალებადობა, გამოწვეული მადეფორმირებელი ძალვის მოქმედებით.

ტენზომგრძობიარობის კოეფიციენტი წარმოადგენს განყენებულ სიდიდეს და შეიძლება იყოს, როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი. დადებითია მასალებისათვის, რომელთა წინაღობა გაჭიმვის დროს იზრდება, ხოლო უარყოფითი, რომელთა წინაღობა გაჭიმვის დროს მცირდება. სხვადასხვა ლითონისათვის η მნიშვნელობა ცვალებადობს -12,6-დან (ნიკელი), +6-მდე (პლატინა-ირიდი); კონსტანტანისათვის $\eta = +2,1$. ტენზოგარდამსახეობის ნომინალური წინაღობა იმყოფება 50-1000 ომის ფარგლებში.

გამტარიანი ტენზოგარდამსახეობი მზადდება ლითონის (ნიკელი, კოპელი, კონსტანტანი, პლატინა) მათულისაგან დიამეტრით 0,015+0,05 მმ. ორი სახის: დასაწებებელი და არადასაწებებელი. არადასაწებებელი ტენზოგარდამსახეობის მგრძობიარე ელემენტს წარმოადგენს წრიული კვეთის მათული. არადასაწებებელი ტენზოგარდამსახეობის მთავარი ღირ-

სება მდგომარეობს ნულოვანი წერტილის მაღალ სტაბილურობაში. ნაკლად ჩაითვლება კონსტრუქციის სიროულე, დამზადების სიძნელე და სიძვირე. არადასაწებებელი ტენზორეზისტორის სქემა ნაჩვენებია 2.6 ნახაზზე.

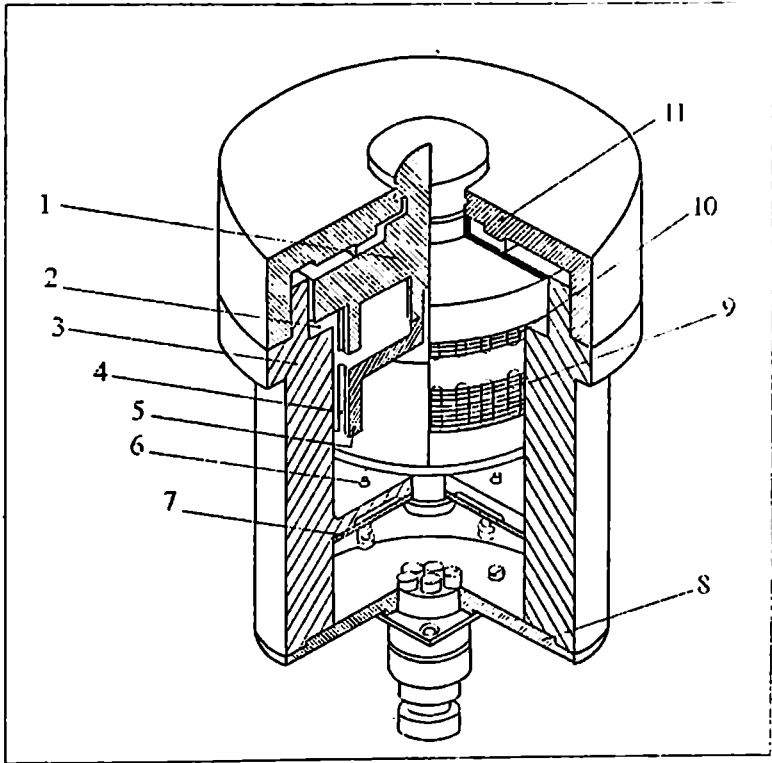


ნახ.2.6. არადასაწებებელი ტენზორეზისტორის სქემები: 1 - გამომყვანები; 2 - მგრძობიარე ელემენტი; 3 - მადეფორმირებელი ძალა; 4 - ბრტყელი ზამბარა; 5 - საყრდენები; 6 - იზოლატორები

2.7 ნახაზზე წარმოდგენილია ПСТБ - 016 ტიპის გარდამსახი, რომელშიც გამოყენებულია არადასაწებებელი ტენზორეზისტორები. აღნიშნული ტიპის ტენზოგარდამსახი გამოიყენება მკუმშავი ძაღვების გასაზომად ბუნკერებში შენახული მასალების ავტომატური აწონვის სისტემებში.

დასაწებებელი ტენზოგარდამსახი გეხვედება მავთულისა და კილიტას სახის. 25-40 მმ სიგრძის ქაღალდის ზოლზე ეწებება (წებო БФ-2, БФ-4, ბაკელიტის წებო და სხვ.) კონსტანტანის მავთული ზიგზაგურად. მავთულს უკეთდება რბილი სპილენძის გამომყვანები საზომ სქემასთან მისაერთებლად. ქაღალდის ზოლი მავთულთან ერთად ეწებება გამოსაცდელ დეტალს. დეტალის გაჭიმვის ან შეკუმშვის შედეგად გარდამსახის წინაღობა შესაბამისად იზრდება ან

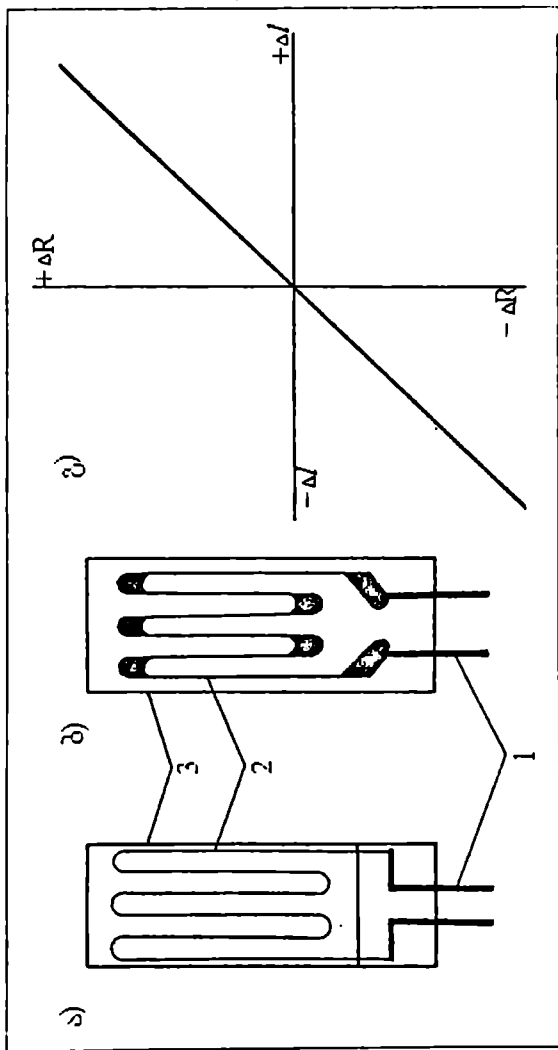
მცირდება. წინაღობის შეცვლის სიდიდე მერყეობს 0,5-1%-მდე. ამიტომ ტენზორეზისტორებით დეფორმაციის გაზომვისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ დიდი მგრძობიარობის ბოგიროვანი ან პოტენციომეტრული სქემები. რთული დეფორმაციების ოსცილოგრაფებზე რეგისტრაციის აუცილებლობისას სასო-
მი ბოგირების კვება წარმორებს მაღალი სიხშირის ძაბვით.



ნახ.2.7. ПСТБ-С-016 ტიპის გარდამსახის კონსტრუქცია: 1 - დრეკადი ელემენტი; 2 - საყრდენი ბურთულასაკისარი; 3 - კორპუსი; 4 - ტენზორეზისტორების საყრდენი; 5 - საკომპენსაციო რეზისტორების კარკასი; 6 - იზოლატორი; 7 - საკონტაქტო ელემენტი; 8 - ქვედა სახურავი; 9 - ტემპერატურული კომპენსაციის რეზისტორი; 10 - ტენზორეზისტორი; 11 - ზედა სახურავი

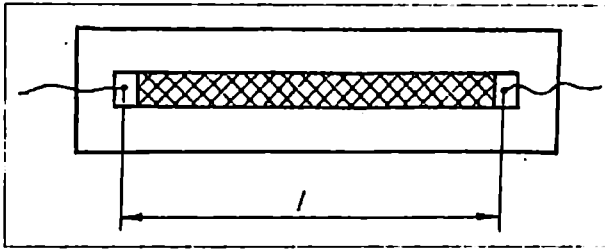
მავთულის ტენზოგარდამსახის გარდა, ტენზომეტრები მზადდება, აგრეთვე, წერილი ლითონის კილიტასაგან (სისქით 5-10 მიკრონი), რომელთაც მეტად მცირე ზომა აქვთ.

დასაწებებელი ტენზოგარდამსახები და მათი მახასიათებელი ნაჩვენებია 2.8 ნახაზზე.



ნახ.2.8. დასაწებებელი ტენზოგარდამსახები: ა) მავთულის; ბ) კილიტას სახის; გ) ტენზოგარდამსახის მახასიათებელი: 1 - სპილენძის გამოყვანები; 2 - მგრძობიარე ცხაური კონსტანტის მავთულისაგან (კილიტასაგან); 3 - ქაღალდი ან მალაქ-მოლექულური აფსკი

უკანასკნელ წლებში ფართო გამოყენებას ჰპოვა ნახევარგამტარიანი ტენზოგარდამსახებმა, რომელთაც გააჩნიათ გაცილებით მაღალი მგრძობიარობა $\eta = 100$ -დან $\eta = +200$ -მდე. ტენზოგარდამსახის ზომებია: სიგრძე 5-15 მმ, კვეთი $(0,2+0,7) \times (0,04+0,2)$ მმ². ტენზოგარდამსახის წინაღობა შეადგენს 50-დან 5000 ომამდე. ტემპერატურის შეცვლისას 10^0 -ით, ნახევარგამტარიანი ტენზოგარდამსახის ფარდობითი მგრძობიარობა იცვლება 2-4%-ით. ნახევარგამტარიანი ტენზოგარდამსახი წარმოდგენილია 2.9 ნახაზზე.



ნახ.2.9. ნახევარგამტარიანი ტენზოგარდამსახი

ტენზოგარდამსახები მუშაობენ ტემპერატურულ რეჟიმში -40-დან +70⁰-მდე.

§4. ინდუქციური გარდამსახეები

ინდუქციური გარდამსახეები მუშაობენ ფოლადის გულარიანი კოჭას მთლიანი წინაღობის ცვალებადობის პრინციპზე, რაც გამოწვეულია გარდამსახის მოძრავი ნაწილის – ფოლადის ღუზას გადაადგილებით.

მარტივი სახის ცალმაგი ინდუქციური გარდამსახი შედგება უძრავი (1) მაგნიტგამტარისაგან (L) კოჭათი, რომელიც იკვებება ცელადი დენით და მოძრავი ღუზისაგან (2) (ნახ.2.10,ა). გარეგანი (P) მექანიკური ძალის მოქმედებით ღუზა გადაადგილდება მაგნიტგამტარისაკენ და სათანადოდ შეიცვლება საპაერო ღრეჩოს სიგრძე (δ) რომელიც, თავის მხრივ, იწვევს კოჭას ინდუქციური წინაღობისა და, მაშასადამე, კოჭას (Z) მთლიანი წინაღობის შეცვლას. მთლიანი წინაღობის შეცვლა კი იწვევს კოჭას წრედში დენის ძალის

ცვალებადობას, რადგან $I = \frac{U}{Z}$, სადაც $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$

არის გარდამსახის კოჭას მთლიანი წინაღობის მოდული.

ω - დენის კუთხური სიხშირე;

R - კოჭას აქტიური წინაღობა;

$$L = \frac{0.2\pi \cdot n^2 \cdot S}{\delta} \cdot 10^{-8} - \text{კოჭას ინდუქციურობა;}$$

n - ხვეულების რიცხვი;

S - მაგნიტამტარის კვეთის ფართი;

δ - მანძილი კოჭასა და ღუზას შორის.

თუ $R \ll \omega L$, მაშინ

$$Z \approx \omega L \approx \frac{0.2\pi \cdot n^2 \cdot S \cdot \omega \cdot 10^{-8}}{\delta} \text{ და}$$

$$\text{დენის ძალა } I = \frac{U}{Z} = \frac{U \cdot \delta \cdot 10^8}{0.2\pi \cdot n^2 \cdot S \cdot \omega}. \quad (2.15)$$

გარდამსახის მგრძობიარობა განისაზღვრება ფორმულით

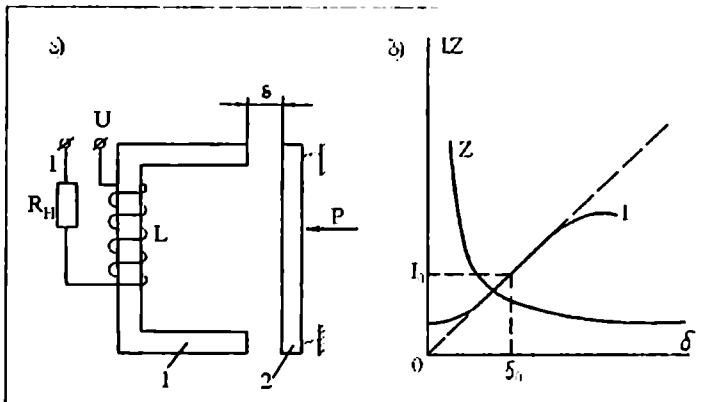
$$\frac{dI}{d\delta} = \frac{U \cdot 10^8}{0.2\pi \cdot n^2 \cdot S \cdot \omega}. \quad (2.16)$$

ამრიგად, ღუზას გადაადგილება იწვევს კოჭას წრედში დენის ძალის შეცვლას, ე.ი. დენის ძალის ცვალებადობით შეიძლება განესაზღვროთ გადაადგილების სიდიდე.

ცალმაგი ინდუქციური გარდამსახის მუშაობა დამოკიდებულია მკვებავი ძაბვის სიდიდესა და სიხშირეზე, აგრეთვე, ტემპერატურაზე. გარდამსახის ნაკლს შეადგენს გაზომვის შედეგის დამოკიდებულება ღუზის მიზიდულობის ძალაზე, რომელიც იცვლება საპაერო ღრეჩოს სიდიდის ცვალებადობით. თუ საჭიროა ღუზის (2) გადაადგილების გაზომვა ორივე მიმართულებით, ე.ი. მარცხნივ და მარჯვნივ, აუცილებელია საწყისი საპაერო ღრეჩოს δ_0 და დატვირთვის დენის საწყისი სიდიდის $R_{დატ. დადგენა}$, რაც, რასაკვირველია, გამოიწვევს გარკვეულ ცვლილებებს. გარდამსახის მახასიათებელი ნაჩვენებია 2.10,ბ ნახაზზე.

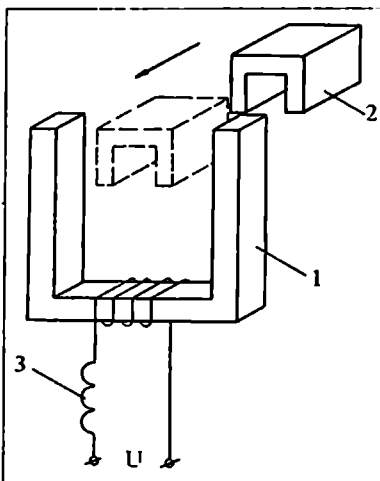
ცალმაგი ინდუქციური გარდამსახი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, როგორც უკონტაქტო საგზაო გამომრთველი.

საბოგრო საზომ სქემებში. მისი საშუალებით შეიძლება გაიზომოს გადაადგილება მიკრონის ნაწილიდან - 3-5 მმ-მდე.



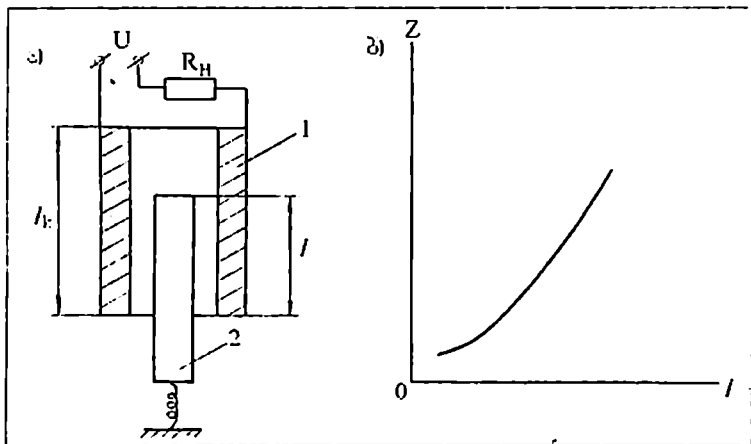
ნახ.2.10. ცალმაგი ინდუქციური გარდამსახი (ა) და მისი მახასიათებელი (ბ)

როგორც 2.11 ნახაზზეა წარმოდგენილი, ფოლადის ღუზის (2) მაგნიტგამტართან (1) მიახლოებისას კოჭას წრედის წინაღობა იზრდება, დენის ძალა მცირდება და რელეს (3) ამოქმედების შედეგად კოჭას წრედი გაითიშება.



ნახ.2.11. ცალმაგი ინდუქციური გარდამსახის უკონტაქტო საგზაო გამომრთველად გამოყენების სქემა

რამდენიმე სმ-ის სიღრმის გადაადგილებების გასაზომად სარგებლობენ სოლენოიდური სისტემებით (ნახ.2.12). სოლენოიდური სისტემის ცალმაგი გარდამსახი შედგება ღია სოლენოიდისაგან (1) და მოძრავი ღუზისაგან (2). კოჭას შიგნით ღუზას შესვლა იწვევს კოჭას ინდუქციურობის ცვლილებას, კოჭაში შესული ღუზის ნაწილის მასის პროპორციულად. (ნახ.2.12,ბ).



ნახ.2.12. სოლენოიდური სისტემის ცალმაგი გარდამსახი. ა) გარდამსახის სქემა; ბ) გარდამსახის მახასიათებელი

კოჭას ინდუქციურობა ჰენრებში

$$L = \frac{n^2}{l_0} \mu q l, \quad (2.17)$$

სადაც n – კოჭას ხვეულების რიცხვი;

l_0 – კოჭას სიგრძე;

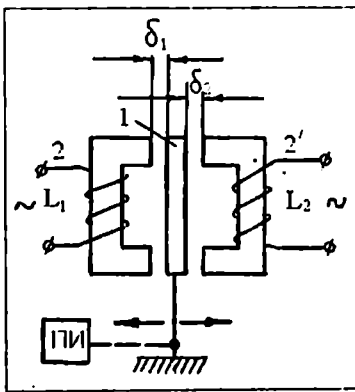
q – კოჭას განივი კვეთი;

l – ღუზის იმ ნაწილის სიგრძე, რომელიც კოჭაშია მოთავსებული;

μ – გულარის მასალის მაგნიტური შეღწევადობა.

ფართოდ არის გაერცელებული პრაქტიკაში გარდამსახი, რომელიც შედგება ორი სიმეტრიულად განლაგებული ინდუქციური კოჭასაგან და პირველად გამზომთან (ПИ) დაკავშირებული ღუზისაგან. ღუზის გადახრა შუალედო მდგომარეობაში

მარეობიდან იწვევს მარცხენა ან მარჯვენა კოჭას ინდუქციური წინაღობის ცვლილებას. ასეთი ტიპის ინდუქციური გარდამსახები გამოიყენება მილიმეტრის მეაოელი და მეასედი ნაწილის გასაზომად. გარდამსახის სქემა ნაჩვენებია 2.13 ნახაზზე. აქ L_1 და L_2 შესაბამისად მარცხენა და მარჯვენა კოჭას ინდუქციურობაა, ხოლო δ_1 და δ_2 ღრეჩოს სიდიდე. ინდუქციური გარდამსახების ღირსებას წარმოადგენს მათი სიმარტივე, საიმედოობა, მოხახუნე კონტაქტების უქონლობა, დიდი სიმძლავრეები, ეფექტური გამომაეალი სიგნალები, სამრეწველო სიხშირის ცვლად დენზე მუშაობის შესაძლებლობა.



ნახ.2.13. გარდამსახი მოძრავი ღუზით: ПИ - პირველადი გამზომი; 1 - მოძრავი ღუზა; 2, 2' - ინდუქციური კოჭა

ინდუქციური გარდამსახების ნაკლია გაზომვის შედეგების მნიშვნელოვნად დამოკიდებულება მკვებავი ქსელის დენის სიხშირეზე. გარდამსახები მუშაობენ 3000-5000 ჰერც სიხშირეებზე. მეტი სიდიდის სიხშირეების ღროს მკვეთრად იზრდება დანაკარგები ფოლადში.

ინდუქციური გარდამსახები გამოიყენება ბეტონის ქარხნების აეტომატურ დოზატორებში, ამწეების გადატვიროვის შემზღუდეელებში, მუშაობისმზომებში, ელექტრულ მანომეტრებში, დინამომეტრებში, ტენზომეტრებში, ბოლო გამომრთეელებში და გაზომვისა და აეტომატიკის სხეა მოწყობილობებში თუ ხელსაწყოებში.

§5. ტევადური გარდამსახი

ტევადური გარდამსახი წარმოადგენს ჩვეულებრივ ბრტყელ კონდენსატორს, რომელშიც გადაადგილების გარდაქმნა ტევადობის ცვალებადობად ხორციელდება ფინებს შორის მანძილის შეცვლით, ფინების ფართის ან დიელექტრიკის შეცვლით. ამასთან, კონდენსატორის ელექტროტევადობა ფინებს შორის მანძილის შეცვლის მიხედვით იცვლება ჰიპერბოლოიდურად, ხოლო ε და S ცვლილების მიხედვით – ხაზოვნად.

ბრტყელი პარალელური კონდენსატორის ელექტრული ტევადობა პიკოფარადებში იანგარიშება გამოსახულებით

$$C = 0.089 \cdot \frac{\varepsilon \cdot S}{\delta}, \quad (2.18)$$

სადაც

S არის კონდენსატორის ფინების (სულ ორი ფინია) ურთიერთგადახურვის ფართი, სმ²-ობით.

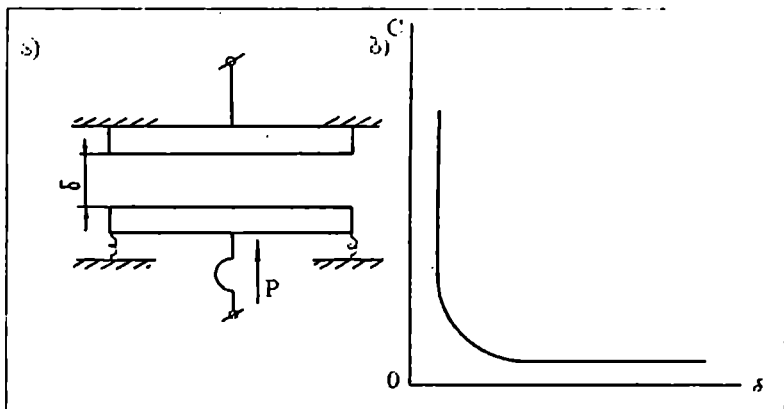
ε – გარემოს ფარდობითი დიელექტრიკული შეღწევალობა;

δ – ფინებს შორის მანძილი, სმ-ობით.

მეტად გავრცელებულ ტევადურ გარდამსახებში გამოყენებულია ელექტრული ტევადობის დამოკიდებულება ფინების ურთიერთდაშორებაზე (ნახ.2.14,ბ).

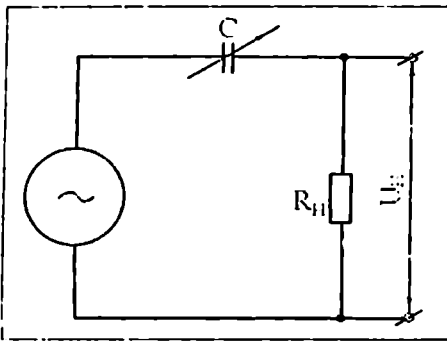
ტევადური გარდამსახები მუშაობენ ცელად დენზე. ისინი ძალზე მგრძობიარენი არიან. მათი საშუალებით შეიძლება მცირე სიდიდის გადაადგილებების გაზომვალაბორატორიულ პირობებში 10^{-3} მიკრონამდე, ხოლო ტექნიკურ მოწყობილობებში – მიკრონის მეათედ ნაწილებამდე.

2.14 ნახაზზე მოყვანილია გადაადგილების ტევადური გარდამსახის სქემა და მისი მახასიათებელი. გარდამსახის მოძრავი ნაწილის გადაადგილება P ძალის მოქმედებით გარდაიქმნება ელექტრულ გამომავალ სიდიდედ (სიხშირე, დენის ძალა, ძაბვა), რომელიც დამოკიდებულია შემავალ სიდიდეზე.

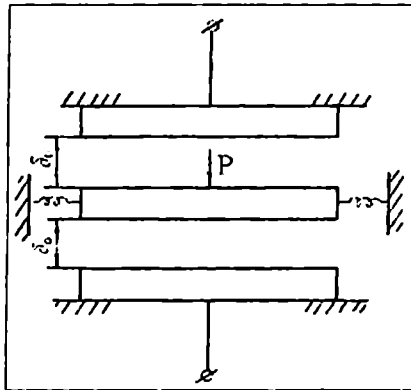


ნახ.2.14. გადაადგილების ტევადური გარდამსახი: ა) სქემა; ბ) გარდამსახის მახასიათებელი

2.15 ნახაზზე წარმოდგენილია გადაადგილების ტევადური გარდამსახის ჩართვის ელექტრული სქემა. გარდამსახის ფინის გადაადგილება იწვევს მისი ტევადობის შეცვლას. იცვლება გამაველი დენის ძალა და $R_{ლატ.}$ დატვირთვის $U_{ლატ.}$ ძაბვა, რომელიც წარმოადგენს გამომავალ სიდიდეს. აღნიშნული სქემა დამოკიდებულია მკეებავე დენის წყაროს ან მაძლიერებლის ძაბვასა და სიხშირეზე, რაც გაზომვების დროს გარკვეულ ცდომილებებთან არის დაკავშირებული. ეს ნაკლი გამოსწორებულია სქემაში (ნახ.2.16), სადაც გამოყენებულია ტევადური დიფერენციული გარდამსახები, რომელთაც ახასიათებთ მეტი მგრძობიარობა. ამ შემთხვევაში შუალედი მოძრავი ფინის გადაადგილება P ძალის გავლენით იწვევს კონდენსატორის ერთი ნახევრის ტევადობის გაზრდას, ხოლო მეორე ნახევრის ტევადობის შემცირებას. ასეთი გარდამსახის მგრძობიარობა ორჯერ იზრდება ნახ. 2.15 მოყვანილ გარდამსახთან შედარებით.



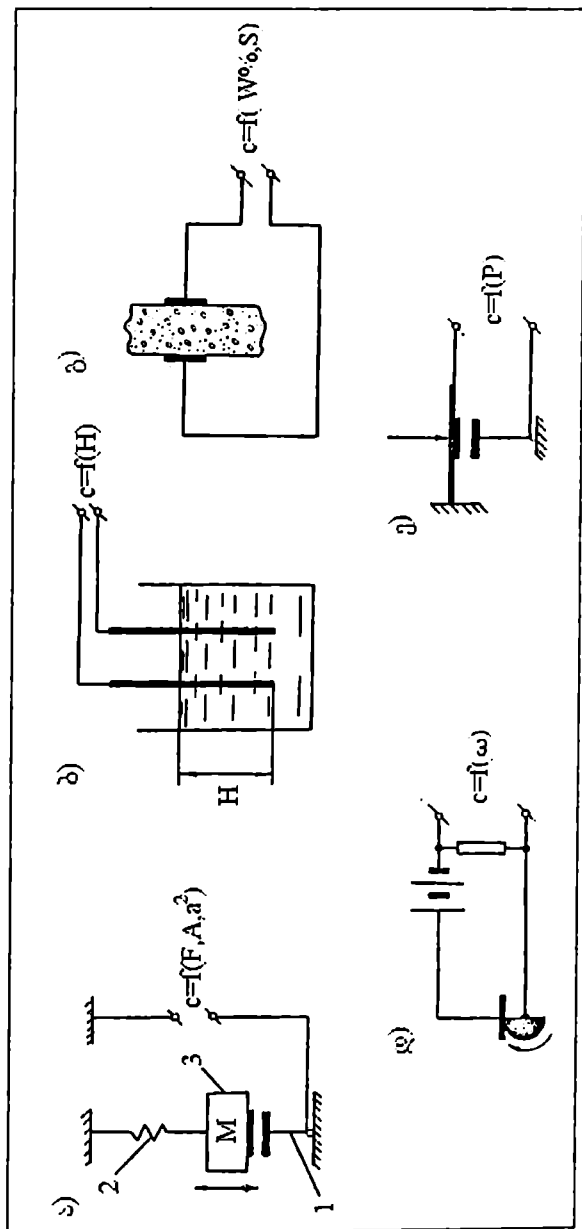
ნახ.2.15. გარდამსახის ჩართვის ელექტრული სქემა



ნახ.2.16. დიფერენციალური გარდამსახის სქემა ცვლადი დრეწოთი

ტევადური გარდამსახების ჩართვა, ჩვეულებრივ, ხდება ბოგიროვან სქემებში ან რეზონანსულ კონტურებში, მაძლიერებლებთან ერთად, რაც უზრუნველყოფს მაღალ მგრძობიარობას გადაადგილებათა გაზომვის დროს.

2.17 ნახაზზე ნაჩვენებია ტევადური გარდამსახების გამოყენებით სხვადასხვა ტექნოლოგიური ინფორმაციის მიღების ზოგიერთი მაგალითი.



ნახ.2.17. ტექნოლოგიური ინფორმაციის ტექვადური გარდამსახეობა: ა) ეობრაციის სიხშირისა და ამკლიტუდის გაზომვა; 1 - უკრავი ფინი; 2 - მოკრავი ფინი; 3 - მასა, რომელიც გადაადგილდება ეობრაციის გაფლენით. ბ) სითხის დონის გაზომვა. ვ) ტენიანობისა და სხვადასხვა სტრუქტურული მახასიათებლის გაზომვა. დ) ბრუნვის სიჩქარის გაზომვა. ე) წუნვის გაზომვა

ტვეადური გარდამსახები ეკონომიკური, მცირეგაბარიტიანი და კონსტრუქციულად მარტივია; ახასიათებთ მაღალი მგრძობიარობა და ფინებს შორის მცირე მიზიდულობის ძალა; საჭიროებენ უმნიშვნელო ძალებს გარდამსახის მოძრაი ნაწილის გადასადგილებლად. არსებით ნაკლს წარმოადგენს დიდი რეაქტიული წინაღობა, რაც გამორიცხავს ტვეადური გარდამსახების გამოყენებას სამრეწველო სიხშირის დროს. მართლაც, გარდამსახის ტვეადობა საშუალოდ შეადგენს 10-100 პიკოფარადს (1 პიკოფარადი = 10^{-12} ფარადს). $C=100$ პფ დროს გარდამსახის რეაქტიული წინაღობა სამრეწველო სიხშირის $f=50$ ჰერცი შემთხვევაში შეადგენს

$$x_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^{12}}{3.14 \cdot 10^4} = 30 \cdot 10^6 \text{ ომი.}$$

აქედან გამომდინარე, ტვეადური გარდამსახების გასაზომი სქემების კვება წარმოებს მაღალი სიხშირის ცვლადი დენით (400 ჰერციდან რამდენიმე მეგაჰერცამდე).

§6. თერმოელექტრული ბარდამსახები

თერმოწყვილი წარმოადგენს გენერატორული ტიპის ტემპერატურულ გარდამსახს. მისი მოქმედების პრინციპი ემყარება ზეებეკის მიერ 1821 წელს აღმოჩენილ ეფექტის გამოყენებას, რაც მდგომარეობს შემდეგში: თუ სხვადასხვაგვარი ლითონისაგან დამზადებულ ორ ელექტროდს A და B დავრჩილავთ ან შევადულებთ (ნახ.2.18) და დარჩილვის ადგილს გავახურებთ, მაშინ მიღებული თერმოელექტრული გარდამსახის თავისუფალ ბოლოებზე წარმოიშობა ელექტრომამოძრავებელი ძალა, რომლის სიდიდე პროპორციულია დარჩილული და თავისუფალი ბოლოების ტემპერატურათა სხვაობისა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ $e_{BA}(t_2) = -e_{AB}(t_2)$, მივიღებთ:

$$E_{AB} = (t_1, t_2) = e_{AB}(t_1) - e_{AB}(t_2) = f(t) = K(t_1 - t_2) = K\Delta t, \quad (2.19)$$

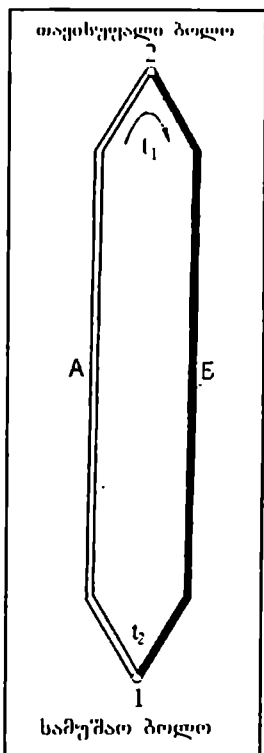
სადაც

t_2 არის თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლოს ტემპერატურა;

t_1 - სამუშაო ბოლოს ტემპერატურა;

K თერმოელექტრული კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია თერმოწყვილის ელექტროდების მასალის თვისებებზე. რიცხობრივად იგი ტოლია თერმოწყვილის ე.მ.ძ-სა, თერმოელექტროდების ტემპერატურათა სხვაობის დროს 1° -ით. K იმყოფება საზღვრებში $1 \cdot 10^{-5}$ -დან $5 \cdot 10^{-6}$ ვოლტი/გრად-დე.

E - თერმოელექტრომამოძრავებელი ძალა (თემძ), რომლის სიდიდე არ არის დამოკიდებული ელექტროდების ფორმასა და მათ გეომეტრიულ ზომებზე.



ნახ.2.18. თერმოელექტრული წრედი ორი გამტარისაგან - A, E : 1,2 - გამტარების ბოლოები

ორი თერმოწყვილის მიმდევრობით შეერთების შემთხვევაში საერთო თერმოელექტრომამოძრავებელი ძალა

$$E = E_1 + E_2. \quad (2.20)$$

წრედის თერმო ე.მ.ძ., რომელიც შედგება n ერთნაირი თერმოწყვილისაგან,

$$E = nE_1(t_1, t_0). \quad (2.21)$$

სადაც n არის მიმდევრობით შეერთებული თერმოწყვილების რიცხვი.

$E_1(t_1, t_0)$ - ერთი თერმოწყვილის თერმო ე.მ.ძ., რომლის სამუშაო და თავისუფალ ბოლოებზე ტემპერატურა შესაბამისად უდრის t_1 და t_0 .

ერთნაირი თერმოწყვილების პარალელურად შეერთების შემთხვევაში

$$E = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{n}. \quad (2.22)$$

თერმოწყვილის ბოლოებზე თერმო ე.მ.ძ. წარმოშობა აიხსნება შემდგენაირად: ნებისმიერი გამტარის მოლეკულათა შორის სიერცე შეიცავს თავისუფალ ელექტრონებს, რომელთა ენერგია და ტემპერატურაზე დამოკიდებულება სხვადასხვა მასალის გამტარისათვის განსხვავებულია; მაგრამ ტემპერატურის ზრდასთან ერთად თავისუფალი ელექტრონების ენერგია მატულობს. ამიტომ თერმოწყვილის სამუშაო (ცხელ) ბოლოზე ელექტრონები მოძრაობენ მეტი სიჩქარით, ვიდრე თავისუფალ (ცივ) ბოლოზე, რის შედეგადაც წარმოიშობა ელექტრონების ნაკადი სამუშაო ბოლოდან თავისუფალი ბოლოს მიმართულებით. თერმოწყვილის თავისუფალ ბოლოზე ადგილი აქვს უარყოფითი მუხტის დაგროვებას. ეს პროცესი გრძელდება დამყარებული რეჟიმის დადგომამდე, რადგან სხვადასხვა მასალას გააჩნია თავისუფალი ელექტრონების არათანაბარი რაოდენობა, ამიტომ თერმოწყვილის თავისუფალ ბოლოებზე წარმოიშობა პოტენციალთა სხვაობა.

თუ თერმოწყვილის თავისუფალ ბოლოებს შევეერთებთ, როდესაც $t_1 > t_2$, წრედში გაივლის ელექტრული დენი, ხოლო, როდესაც $t_1 = t_2$ დენის გავლას ადგილი არ ექნება.

თერმოწყვილის მგრძობიარობა ხასიათდება თერმო ე.მ.ძ. სიდიდით, რომელიც შეესაბამება გარდამსახის კონტაქტის ტემპერატურის 1°C შეცვლას. მაშასადამე, თერმოწყვილის სამუშაო ბოლოს საშუალებით ტემპერატურის გაზომვა შეიძლება დავიყვანოთ თერმო ე.მ.ძ. გაზომვამდე, რომელსაც განავითარებს აერმოწყვილი თავისუფალი ბოლოს მუდმივი ტემპერატურის შემთხვევაში.

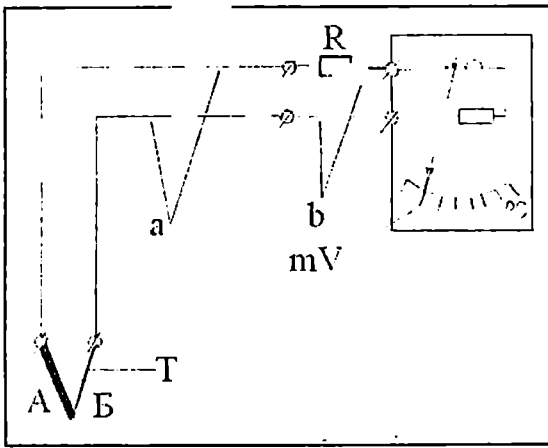
თერმოწყვილის სამუშაო ბოლოს ტემპერატურაზე თერმო ე.მ.დ. დამოკიდებულების განსაზღვრას, თავისუფალ ბოლოზე ტემპერატურის მუდმივი მნიშვნელობის დროს თერმოწყვილის გრადუირება ეწოდება. თავისუფალი ბოლოს ტემპერატურა თერმოწყვილის გრადუირების დროს ჩვეულებრივად მიიღება $t=0^{\circ}\text{C}$. ამის მიღწევა შეიძლება თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლოს მოთავსებით შედარებით მუდმივ ტემპერატურიან გარემოში. ტემპერატურის ზუსტი გაზომვის დროს თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლო თავსდება თერმოსტატში ან დიუარის ჭურჭელში, რომელიც აესებურია ყინულიანი წყლით.

თერმო ე.მ.დ. და, მაშასადამე, ტემპერატურის გასაზომად თერმოწყვილის წრედში საჭიროა ელექტროგამზომი ხელსაწყოს ჩართვა. ასეთ ხელსაწყოებს მიეკუთვნება მილივოლტმეტრები და ელექტრონულ ავტომატური პოტენციომეტრები (კომპენსატორები).

მილივოლტმეტრი მიეკუთვნება მაგნიტოელექტრული სისტემის ხელსაწყოებს და გათვალისწინებულია ტემპერატურისა და სხვა არაელექტრული სიდიდეების ჩვენებების, ჩაწერისა და რეგულირებისათვის, რომლებიც გარდამსახების დახმარებით გარდაიქმნება ელექტრულ ძაბვად.

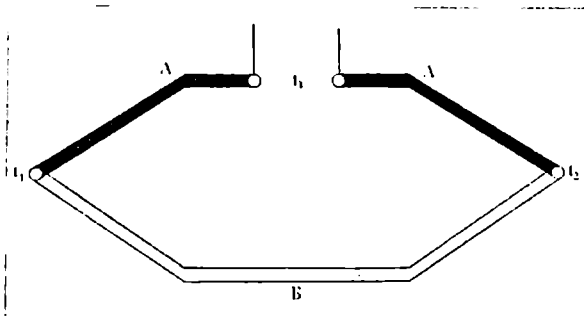
ელექტრონული პოტენციომეტრები წარმოადგენენ მაღალი სიზუსტის ხელსაწყოებს, ჩვეულებრივ 0,5 კლასისა. სხვა ელექტრონული ხელსაწყოების ანალოგიურად ელექტრონული პოტენციომეტრის ძირითადი კვანძი - გამაძლიერებელი დამზადებულია ელექტრონული ნათურების გამოყენებით. პოტენციომეტრები გამოდის ხელითა და ავტომატური მართვით, ავტომატური პოტენციომეტრები ფართოდ გამოიყენება ტემპერატურის გასაზომად, ჩაწერისა და რეგულირებისათვის სტანდარტული დაგრადუირების თერმოწყვილებთან კომპლექტში. გარდა ამისა, პოტენციომეტრები გამოიყენება, როგორც მეორადი ხელსაწყოები, რომლებიც მუშაობენ მუდმივი დენისა და ძაბვის სხვადასხვა გარდამსახებთან.

2.19 ნახაზზე მოყვანილია თერმოწყვილის წრედში გასაზომი ხელსაწყოების ჩართვის სქემა.



ნახ.2.19. თერმოწყვილისა და მილივოლტმეტრის შეერთების პრინციპული სქემა: T - თერმოწყვილი; mV - მილივოლტმეტრი; R - მომრგებელი კოჭა; a - საკომპენსაციო სადენი; b - სპილენძის სადენი

აეტომეტიკაში თერმოელექტრული გარდამსახი ხშირად გამოიყენება ორ წერტილში ტემპერატურების ერთმანეთთან შესადარებლად. ასეთ გარდამსახს დიფერენციული თერმოწყვილი ეწოდება (ნახ.2.20). ასეთი თერმოწყვილის ორივე ბოლო სამუშაოა და თერმო ე.მ.გ. განსხვავდება ნულისაგან მაშინ, როდესაც თერმოწყვილის სამუშაო ბოლოების ტემპერატურა სხვადასხვაა, ამასთან პოლარულობა დამოკიდებულია იმაზე, რომელ ბოლოს აქვს უფრო მაღალი ტემპერატურა.



ნახ.2.20. დიფერენციალური თერმოწყვილი

§7. წინააღმდეგობის ტემპერატურული ბარდამსახეობი

წინააღმდეგობის ტემპერატურული გარდამსახეობის მოქმედება დამყარებულია გამტარებისა და ნახევარგამტარების წინააღობის ცვალებადობაზე ტემპერატურის მიხედვით.

ტემპერატურული გარდამსახეობის სახით ფართო გამოყენებას პოულობენ წინააღმდეგობის ლითონის თერმომეტრები და ნახევარგამტარიანი თერმოწინააღობები (თერმისტორები).

თერმოწინააღობის მგრძნობიარობა (პროპორციულია სიდიდისა $I\sqrt{R}$, სადაც I არის დენის ძალა თერმომეტრის წრედში, R - თერმომეტრის წინააღობა) ტემპერატურის ცვლილებების მიხედვით ხასიათდება ელექტროწინააღობის ტემპერატურული კოეფიციენტით α , რომელიც წარმოადგენს წინააღობის ფარდობითი ცვლილების $\frac{\Delta R}{R}$ შეფარდებას, ტემპერატურის ნამატის ერთეულთან Δt , ე.ი.

$$\alpha = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\Delta t} = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta t} \approx \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dt}. \quad (2.23)$$

ა) წინააღმდეგობის ლითონის თერმომეტრები. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად უმეტესი ლითონის წინააღობა მატულობს, მაგრამ ელექტროწინააღობის ტემპერატურული კოეფიციენტი მუდმივია მხოლოდ ადებული მასალის ტემპერატურების გარკვეულ ზღვრამდე. სხვა ტემპერატურებისათვის ელექტროწინააღობის ტემპერატურული კოეფიციენტი თვითონ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე, ე.ი. ცვლადი სიდიდეა.

წინააღმდეგობის თერმომეტრის ელექტრული წინააღობის ცვლილება ტემპერატურებისათვის - 40-დან +630⁰-მდე გამოიხატება ფორმულით [13].

$$R_t = R_0(1 + at + bt^2), \quad (2.24)$$

ხოლო ტემპერატურებისათვის მინუს 190⁰-დან 0⁰C-მდე (პლატინა) ფორმულით [3]

$$R_t = R_0[1 + ab + bt^2 + C(t - 100)t^3]. \quad (2.25)$$

სპილენძისათვის საზღვრებში $t = -50^\circ\text{C}$ -დან $t = +150^\circ\text{C}$ -მდე წინააღობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე მიახლოებით გამოისახება ფორმულით

$$R_t = R_0(1 + at). \quad (2.26)$$

მოყვანილ ფორმულებში

R_0 , R_t თერმომეტრის წინააღობაა 0°C და $t^\circ\text{C}$ დროს;

a , b მუდმივი კოეფიციენტები, რომლებიც განისაზღვრება გრადუირების დროს წყლისა და გოგირდის დუღილის წერტილების მიხედვით (სუფთა პლატინისათვის $a = 3,95 \cdot 10^{-3}$

$\frac{1}{\text{გრად}}$; $b = -5,85 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{გრად}}$; სუფთა სპილენძისათვის $a = 4,25 \cdot 10^{-3}$

$\frac{1}{\text{გრად}}$);

C - მუდმივი კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება თერმომეტრის გრადუირებისას ჟანგბადის დუღილის წერტილის მიხედვით.

წინააღობის თერმომეტრის წრედში დასაშვები დენის ძალა

$$I_{\text{დასაშ.}} = \sqrt{\frac{S \cdot q}{\gamma}}, \quad (2.27)$$

სადაც

S არის თერმომეტრის ზედაპირი;

q - თერმომეტრის დახვევის მავთულის კვეთი;

γ - მავთულის ხვედრითი წინააღობა.

თერმომეტრის გადახურების მაჩვენებლის ლოგარითმი ხაზოვან დამოკიდებულებაშია თერმომეტრის წრედში დასაშვები დენის ძალის სიდიდის ლოგარითმთან [3]

$$\lg \theta = \lg B + 2 \lg I_{\text{დასაშ.}}, \quad (2.28)$$

სადაც B არის პროპორციულობის კოეფიციენტი.

წინააღობის თერმომეტრის საშუალებით გარემოს ტემპერატურის გასაზომად უსაზღვრავთ გარემოს წინააღობას. მაშასადამე, გარდამსახის გარდა, ტემპერატურის გასაზომად

საჭიროა ცველადი წინაღობის გასაზომი მოწყობილობა, ელექტრული კვების წყარო და შემაერთებელი სადენები.

გარდამსახის მასალა უნდა ხასიათდებოდეს წინაღობის მაღალი ტემპერატურული კოეფიციენტით (α), დიდი ხვედრითი ელექტრული წინაღობით (γ), რათა მცირე გაბარიტების შემთხვევაში ელემენტს გააჩნდეს დიდი წინაღობა გაზომვის დაწყებამდე.

ჩამოთვლილ მოთხოვნებს კარგად აკმაყოფილებს პლატინა და სპილენძი. ამიტომ წინაღობის თერმომეტრების სერიულად დასამზადებლად ეს მასალები გამოიყენება. პლატინის წინაღობის თერმომეტრები აღინიშნებიან TCP, სპილენძისა - TCM.

წინაღობის თერმომეტრებში გარდამსახის წინაღობის სიდიდე დადგენილია GOCT-ით, რომლის მიხედვითაც პლატინის წინაღობის თერმომეტრების გარდამსახის ნომინალური წინაღობა შეადგენს 1, 5, 10, (46), 50, 100 და 500 ომს, ხოლო სპილენძის წინაღობის თერმომეტრებისა - 10, 50, (53) და 100 ომს (0°C ტემპერატურის დროს).

წინაღობის ელექტრული თერმომეტრების ღირსებას შეადგენს: კარგად აღსაქმელი სკალა მეორად ხელსაწყოებთან დასაშვები ტემპერატურის საზღვრებში, მეორადი ხელსაწყოს სკალის ნებისმიერი ტემპერატურული ინტერვალით გრადუირების შესაძლებლობა; სითბური რეჟიმის ავტომატური ჩაწერის შესაძლებლობა თვითჩამწერი მოწყობილობების საშუალებით; ტემპერატურის ავტომატური რეგულირების გამოყენება და სხვა.

ბ) ნახევარგამტარული თერმოწინაღობები (თერმისტორები). თერმისტორი ეწოდება ნახევარგამტარიან თერმოწინაღობას, რომლის ელექტრული წინაღობა მკვეთრად მცირდება ტემპერატურის ზრდის დროს, ე.ი. თერმისტორს აქვს უარყოფითი ტემპერატურული კოეფიციენტი.

დამოკიდებულება წინაღობასა და ტემპერატურას შორის გამოიხატება ექსპონენციალური კანონით.

$$R_T = Ae^{\frac{B}{T}} = R_1 e^B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right), \quad (2.29)$$

სადაც

R_T არის თერმისტორის წინაღობა;

R_1 - თერმისტორის წინაღობა T_1 აბსოლუტური ტემპერატურის დროს;

T - თერმისტორის აბსოლუტური ტემპერატურა - კელვინის გრადუსებში;

e - ნატურალური ლოგარითმის ფუნქცია;

A და B მუდმივი კოეფიციენტებია, რომლებიც დამოკიდებულია 'არიან თერმისტორის მასალის ფიზიკურ თვისებებზე.

$$B = \frac{T_1 \cdot T_2}{0.43(T_2 - T_1)} \cdot \lg \frac{R_1}{R_2}, \quad [^{\circ}\text{K}] \quad (2.30)$$

სადაც R_1 და R_2 თერმისტორის წინააღობებია (ომებში)

T_1 და T_2 ტემპერატურების დროს.

თერმისტორის ტემპერატურული კოეფიციენტი

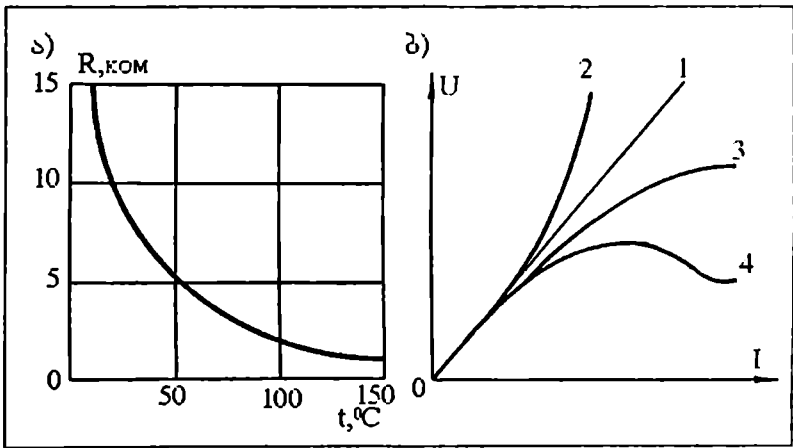
$$\alpha_T = \frac{1}{R_T} \cdot \frac{dR_T}{dT} = -\frac{B}{T^2} \cdot 100. \quad [\%/^{\circ}\text{K}] \quad (2.31)$$

2.21,ა ნახაზზე წარმოდგენილია MMT-1 ტიპის თერმისტორის ტემპერატურული მახასიათებელი. გრაფიკიდან ჩანს, რომ ტემპერატურის ზრდასთან ერთად TC წინააღობა მკვეთრად ეცემა.

თერმისტორის თვისებები განისაზღვრება, აგრეთვე, ვოლტ-ამპერული მახასიათებლით, რომელიც გამოსახავს თერმოწინააღობაში გამავალი დენის ძალის დამოკიდებულებას ძაბვაზე, გარემომცველი გარემოს. მუდმივი ტემპერატურის დროს.

2.21,ბ ნახაზზე მოყვანილია თერმოწინააღობების ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები.

თერმისტორების უპირატესობას, წინააღმდეგობის თერმომეტრებთან შედარებით, წარმოადგენს მათი დიდი ელექტრული წინააღობა, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია თერმისტორების გამოყენებისას ელექტრონულ მაძლიერებლებთან ერთად და ტემპერატურების დისტანციური გაზომვის დროს.



ნახ.2.21. თერმოწინაღობების მახასიათებლები: ა) MMT-1 ტიპის თერმისტორის ტემპერატურული მახასიათებელი; ბ) ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები: 1 – წინაღობის, რომელიც არ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე; 2 – ლითონის თერმოწინაღობის; 3, 4 – შესაბამისად ნაკლები და მეტი უარყოფითი ტემპერატურული კოეფიციენტის მქონე ნახევარგამტარული თერმოწინაღობების

თერმისტორების ნაკლია მახასიათებლების ნაკლები სტაბილურობა და ურთიერთშენაცვლებადობის სირთულე, რადგან წინაღობა და ტემპერატურული კოეფიციენტი ერთი და იმავე ტიპის თერმოწინაღობების ცალკეული ელემენტებისა და კი სხვადასხვაა.

§8. ფოტოელექტრული ბარდამსახეები

ფოტოელექტრული გარდამსახე რეაგირებას ახდენს განათებულობის ცვალებადობაზე. ზოგიერთი მყარი სხეულის ზედაპირის განათებისას სინათლის კვანტები, შეაღწევენ რა ნივთიერების ზედაპირულ შრეებში, გადასცემენ ელექტრონებს ენერგიას, რის შედეგადაც ელექტრონები ტოვებენ თავიანთ ორბიტებს. ამ დროს შესაძლებელია სამი სახის ფოტოეფექტის მიღწევა. ფოტოეფექტი გულისხმობს ნივთიერების თვისებების შეცვლას ნივთიერების განათებულობის შეცვლისას. აღნიშნული ფოტოეფექტებია:

1. გარე ფოტოეფექტი, რომლის დროსაც სინათლის ენერგიის მოქმედებით ელექტრონული ნათურის კათოდიდან ელექტრონების ამოფრქვევას აქვს ადგილი. ემისიის (ელექტრონების ამოფრქვევა) დენის სიდიდე დამოკიდებულია კათოდის განათებულობაზე;

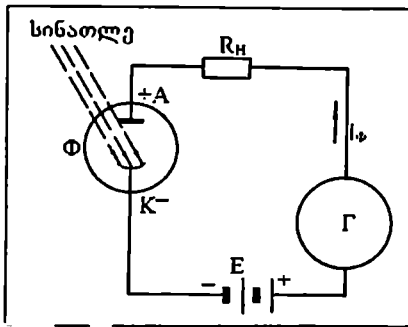
2. შინაგანი ფოტოეფექტი, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: სინათლის შთანთქმის შედეგად ნახევარგამტარში წარმოიშობა დამატებითი თავისუფალი ელექტრონები, რომლებიც ზრდის ნივთიერების გამტარობას და ამცირებს მის წინააღობას, ე.ი. ნახევარგამტარის ელექტროგამტარობა (აქტიური წინააღობა) დამოკიდებულია ნახევარგამტარის განათებულობაზე;

3. ვენტილური ფოტოეფექტი, რომლის დროსაც განათებული გამტარისა და გაუნათებელი ნახევარგამტარის შრეებს შორის, რომლებიც გაყოფილია თხელი საინსულაციო შრით, ჩამკეტი ფენით, წარმოიშობა ე.მ.მ., მისი სიდიდე დამოკიდებულია განათებულობაზე.

ფოტოელემენტები გარე ფოტოეფექტით წარმოადგენენ ვაკუუმის ან გაზი არგონით ავსებულ ნათურას ფოტოგრძნობიარე შრით დაფარული კათოდით.

2.22 ნახაზზე მოცემულია ფოტოელემენტის ანოდურ ბატარეასთან ჩართვის სქემა. მინის ბალონში, რომელშიც შექმნილია ვაკუუმი ან ჰაერის ამოტუმბვის შემდეგ ავსებულია გაიშვიათებული აირით – არგონით, მოთავსებულია ფოტოელემენტის Φ ანოდი და კათოდი. კათოდზე სინათლის ნაკადის მოქმედების შედეგად ადგილი აქვს ფოტოელექტრონული ემისიის მოვლენას. ემისიის გამოყენების მიზნით ანოდსა და ფოტოკათოდს შორის იქმნება ელექტრული ველი, რომელიც ემისიის შედეგად კათოდიდან ამოფრქვეულ ელექტრონებს მიმართავს დადებითად დამუხტული ანოდისაკენ, ე.ი. ადგილი აქვს წრედში დენის გავლას. როდესაც სინათლის ნაკადის მოქმედება კათოდზე წყდება, დენის გავლას წრედში ადგილი არა აქვს.

გარე ფოტოეფექტით ფოტოელემენტების ჯგუფის ტიპური წარმომადგენელია სტიბიუმ-ცეზიუმის ვაკუუმის ფოტოელემენტი (ტიპი, СЦБ), ჟანგბად-ცეზიუმის ფოტოელემენტი (ტიპი ЦГ).



ნახ.2.22. ფოტოელემენტის ელექტრულ წრედში ჩართვის სქემა: R_H - დატვირთვის წინაღობა; Γ - გასაზომი ხელსაწყო; E ე.მ.ძ. წყარო

ფოტოელემენტების მუშაობა განისაზღვრება ეოლტ-ამპერული, სინათლის და სპექტრული მახასიათებლებით.

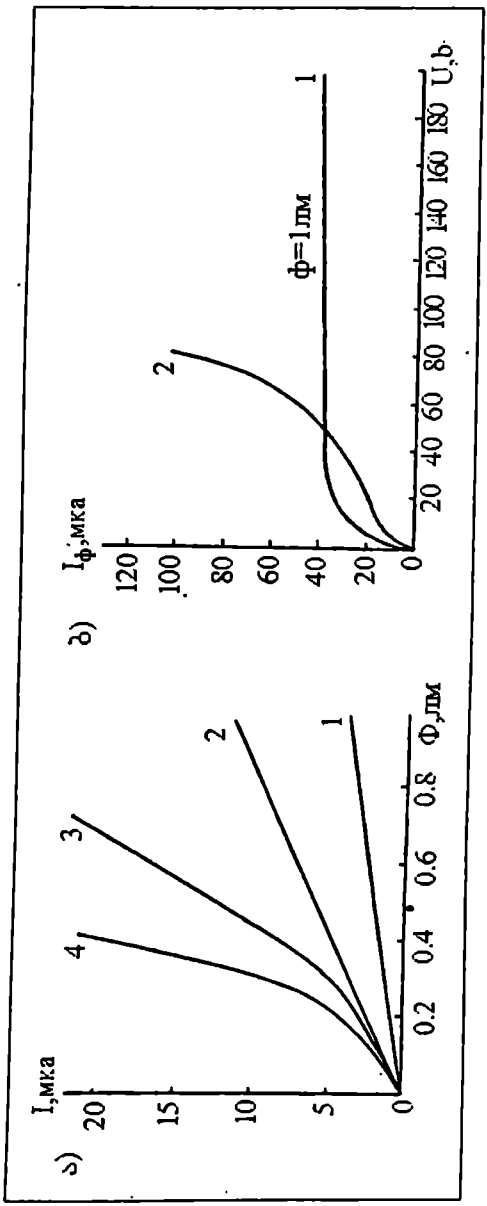
ეოლტ-ამპერული მახასიათებელი გამოსახავს ფოტოელემენტის ფოტოდენის დამოკიდებულებას ანოდის ძაბვაზე ($I_\phi = f(u)$) როდესაც $\Phi = \text{const}$).

ფოტოელემენტის სინათლის მახასიათებელი ეწოდება ფოტოდენის I_ϕ დამოკიდებულებას ფოტოკათოდზე მოქმედი სინათლის ნაკადზე Φ . ($I_\phi = f(\Phi)$) როდესაც $U = \text{const}$).

სინათლის მახასიათებელი განსაზღვრავს ფოტოელემენტის მგრძობიარობას. ფოტოელემენტის მგრძობიარობა წარმოადგენს ფოტოდენის სიდიდის (მიკროამპერებში) შეფარებას მის გამომწვევ სინათლის ნაკადის სიდიდესთან (ლიუმენებში).

სპექტრული მახასიათებელი გამოსახავს ფოტოდენის I_ϕ დამოკიდებულებას ტალღის სიგრძისაგან (ფერისაგან) - $I_\phi = f(\lambda)$, სხვა თანაბარ პირობებში.

ვაკუუმის ფოტოელემენტებში ანოდის დენი წარმოიშობა მხოლოდ ფოტოკათოდიდან ამოფრქვეული ელექტრონების საშუალებით, რის გამოც მას გააჩნია ხაზოვანი სინათლის მახასიათებელი (ნახ.2.23). არგონის გაზიან ფოტოელემენტებში დენი წარმოიშობა, როგორც ემისიის შედეგად წარმოქმნილი ელექტრონებისაგან, ასევე აირის იონისაციის შედეგად მიღებული ელექტრონებისა და იონებისაგან. ამიტომ მათი სინათლის მახასიათებელი არახაზოვანია (მრუდები 3 და 4 ნახ.2.23ა). ვაკუუმისა და აირის ფოტოელემენტების ეოლტ-ამპერული მახასიათებლები ნაჩვენებია ნახ.2.23ბ.



ნახ.2.23. ფოტოელემენტების (ბარე ფოტოფემკით) მახასიათებლები: ა) ფოტოელემენტის სინათლის მახასიათებელი: 1,2 - ვაკუუმის ფოტოელემენტი, 3,4 - აირის ფოტოელემენტი. ბ) კოლტ-ამპერის მახასიათებელი: 1 - ვაკუუმის; 2 - აირის ფოტოელემენტის. MKα- მიკროამპერი. Φ- სინათლის ნაკადი. ΠM- ლუმენი

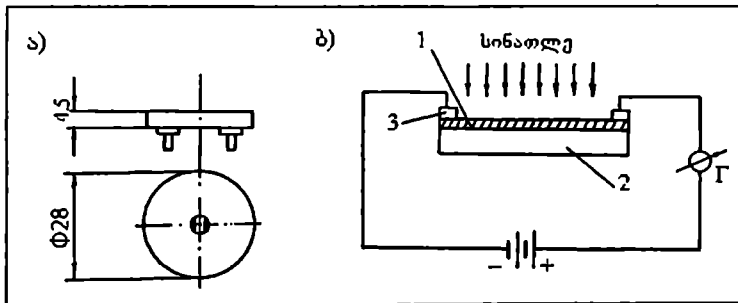
აირის ფოტოელემენტის მგრძობიარობა აღემატება ვაკუუმის ფოტოელემენტისას. ასე მაგალითად, СЦБ ტიპის ფოტოელემენტის მგრძობიარობა შეადგენს 120 მიკროამპერ/ლიუმენს, ხოლო აირის ფოტოელემენტისა – 200 მიკროამპერ/ლიუმენს.

ავტომატიკის სქემებში ფოტოელემენტების გამოყენება მოითხოვს გაძლიერების დიდი კოეფიციენტის მქონე მაძლიერებლებით სარგებლობას.

ვაკუუმის ფოტოელემენტები პრაქტიკულად უინერციონი არიან, ე.ი. დრო სინათლის ნაკადის კათოდზე დაკვირვებულ ფოტოდენის წარმოქმნამდე შეადგენს 10^{-9} სეკ. აირის ფოტოელემენტებს კი გარკვეული ინერციულობა გააჩნიათ, აირის იონიზაციაზე გარკვეული დროის ხარჯვის გამო.

ფოტოელემენტები შინაგანი ფოტოფექტით (ფოტოწინაღობა). ფოტოწინაღობა შედგება ნახევარგამტარის სინათლე-მგრძობიარე შრისაგან (1), სისქით I მიკრონამდე, რომელიც დატანილია მინის ან კვარცის ფირფიტაზე (2). ნახევარგამტარის შედაპირზე დამაგრებულია ოქროსაგან დამზადებული დენსართმევი ელექტროდები (3). სინათლისადმი მგრძობიარე ელემენტი დენსართმევი ელექტროდებთან ერთად მონტაჟდება პლასტმასის კორპუსში.

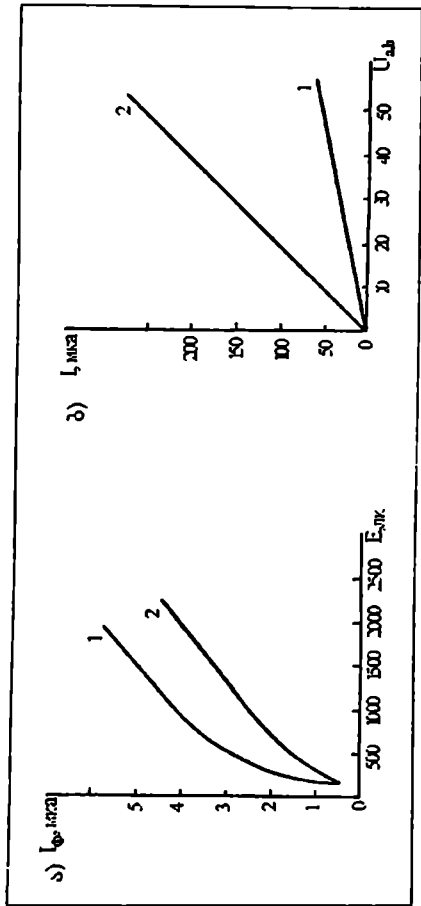
ფოტოწინაღობის ჩართვა სქემაში ხორციელდება გამოშვებული ელექტროდების საშუალებით. ნახ.2.24 მოყვანილია ФС-К1 ტიპის ფოტოწინაღობის მოწყობილობა და საერთო ხედი გაბარიტების აღნიშვნით.



ნახ.2.24. ფოტოწინაღობა: ა) საერთო ხედი; ბ) ჩართვის სქემა

ფოტოწინაღობის მუშაობა მდგომარეობს შემდეგში: ნახევარგამტარზე სინათლის ნაკადის მოქმედება იწვევს ელექტროული წინაღობის მკვეთრად დაკვირვებას და ელექტრო-

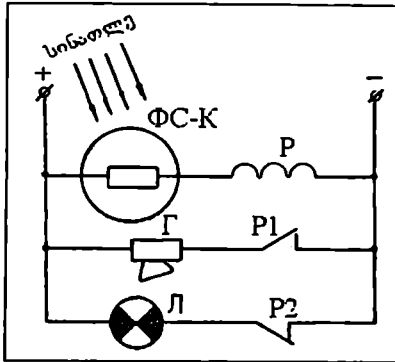
წრედში, რომელშიც ჩართულია ფოტოწინააღობა, დენის ძალის გაზრდას. ფოტოწინააღობის მგრძობიარობა განისაზღვრება სიბნელესა და სინათლეში აღძრული დენის ძალების სხვაობის შეფარდებით სინათლის ნაკადის სიდიდესთან, რომელიც მოქმედებს ფოტოწინააღობაზე. ფოტოწინააღობის მგრძობიარობა რამდენჯერმე აღემატება ფოტოელემენტის მგრძობიარობას გარეგანი ფოტოეფექტით. ფოტოწინააღობის მგრძობიარობა 5000-6000 მკა/ლუმენის ფარგლებშია. 2.25 ნახაზზე ნაჩვენებია ფოტოწინააღობის მახასიათებლები.



ნახ.2.25. ფოტოწინააღობის მახასიათებლები: ა) ფოტოწინააღობების სინათლის მახასიათებლები: 1-ფოტო-К1; 2-ფოტო-К2. ბ) ფოტოწინააღობების ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები: 1 - ნულოვანი განათებულობის შემთხვევაში ($E=0$); 2 - როდესაც განათებულობა $E>0$. Mk ლუქსი. E - განათების ინტენსივობა.

ფოტოწინაღობები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს გასომებისა და ავტომატიკის სქემებში ელექტრონული მაძლიერებლების გარეშე. ასეთი ტიპის ფოტორელე წარმოადგენს ელექტრულ წრედს, რომელიც შედგება ფოტოელემენტისაგან, რელესა და კვების წყაროსაგან (ნახ.2.26).

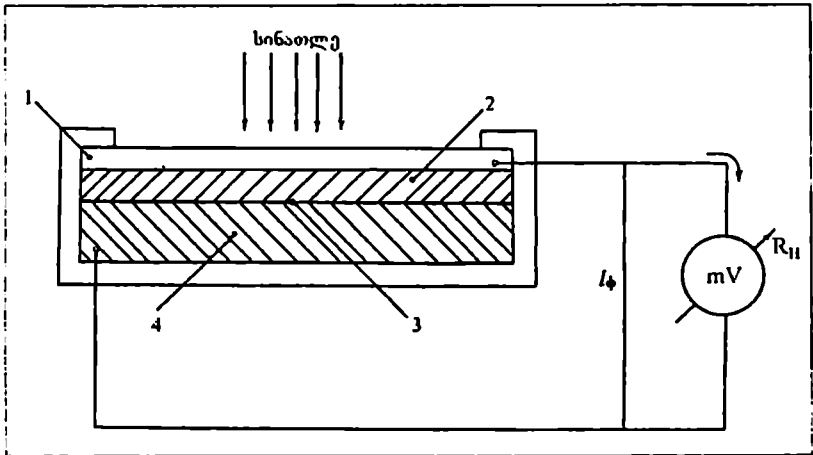
ფოტოწინაღობას ახასიათებს ინერციულობა. წინააღმდეგობის სიდიდე დამოკიდებულია გარემომცველი გარემოს ტემპერატურასა და ტენიანობის მნიშვნელოვან ცვალებადობაზე.



ნახ.2.26. მუდმივ დენზე მომუშავე ფოტორელეს ელექტრული სქემა: ΦC-K - ფოტოწინაღობა; P - პოლარიზაციული რელეს გრაგნილი; P1,P2 - რელეს კონტაქტები; Г - საყვირი; Л - სასიგნალო ნათურა

ვენტილური ფოტოელემენტი. ვენტილური ფოტოფექტის მოვლენა აღმოჩენილ იქნა ყაზანის უნივერსიტეტის პროფესორის ე.ი. ულიანინის მიერ 1888 წელს, სელენზე ჩატარებული ცდების შედეგად. ვენტილური ფოტოფექტის მოვლენის ტექნიკური გამოყენება ფოტოელემენტებში დაიწყო მე-20 საუკუნის 30-იანი წლებიდან. განხილული ფოტოელემენტებისაგან განსხვავებით, ვენტილური ფოტოფექტის პრინციპზე მომუშავე ფოტოელემენტები არ საჭიროებენ კვების წყაროს. ისინი სინათლის ნაკადის მოქმედებით თვითონ გარდაიქმნებიან დენის წყაროდ. ვენტილური ფოტოელემენტის მოწყობილობა და ჩართვა ნაჩვენებია 2.27 ნახაზზე. იგი შედგება ოქროს ან ვერცხლის თხელი აფსკისაგან (1),

გადასასვლელი შრისაგან (2), სელენის შრისა (3) და ფოლადის ქვესადებიისაგან (4).



ნახ.2.27. ვენტილური ფოტოელემენტის სქემატური მოწყობილობა

ფოტოელემენტისაკენ მიმართული სინათლის ნაკადი ოქროს აფსკის გავლით შთაინთქმება ნახევარგამტარში. სინათლის კვანტები ათაეისუფლებენ სელენში ელექტრონებს, რომლებიც მუხტავენ ოქროს ელექტროდს უარყოფითად, ხოლო სელენს – დადებითად. ფოტოელემენტის ელექტროდების შერთვისას გარე წინაღობაზე აღიძვრება ელექტროდენი, რომლის სიდიდე განათებულობის პროპორციულია.

სელენის ვენტილური ფოტოელემენტები მაღალმგრძობიარე გარდამსახებია. მათი მგრძობიარობა აღწევს 500 მიკროამპერ/ლუმენს. ერთი ფოტოელემენტის ე.მ.ძ. სვ არ აღემატება.

გარდამსახის ნაკლს წარმოადგენს ინერციულობა. გარდა ამისა, დატვირთვის გარე წინაღობის გაზრდა იწვევს მისი მგრძობიარობის შემცირებას.

კაუბადის ფოტოელემენტებისაგან შედგენილ ბატარეებს მეტად დიდი გამოყენება აქვთ დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების რადიოაპარატურაში.

§9. წნევის, ხარჯისა და ღონის გარდამსახეობი

წნევის გარდამსახეობი. ზედაპირის ერთეულზე მართობულად მოქმედი ძალის (F) სიდიდეს ეწოდება წნევა; იგულისხმება, რომ ძალა განაწილებულია თანაბრად სხეულის ზედაპირის მთელ ფართობზე (S). წნევის სიდიდე განისაზღვრება ფორმულით

$$P = \frac{F}{S}. \quad (2.32)$$

წნევის გარდამსახეობი ძირითადად წნევას გარდაქმნიან მექანიკურ გადაადგილებად. მექანიკური სისტემების გარდა წნევის გასაზომად გამოიყენება, აგრეთვე, ელექტრული და თბური სისტემები.

მექანიკური ამოვისებულ ორგანოებიანი წნევის გარდამსახეობს მიეკუთვნება: 1) სითხის წნევის გარდამსახეობი (U-ებრი სისტემის); 2) დგუშიანი სისტემები; 3) სამბარიანი სისტემები: ა) მემბრანიანი (ბრტყელი, ღვარჯნილი, რბილი), ბ) სილფონები, გ) მანომეტრული მილოვანი სამბარები.

ტექნიკაში განსაკუთრებით ფართოდ არის გამოყენებული წნევის სამბარიანი გარდამსახეობი. გარდამსახეობი მგრძობიარე ელემენტი წარმოადგენს სამბარა. გარდამსახეობი მოქმედებს სამბარის დრეკადი დეფორმაციის წარმოქმნის საფუძველზე, რომელსაც იწვევს წნევის ცვალებადობა სამბარის შიგნით ან გარეთ. ელემენტის ფორმის შეცვლა გადაეცემა ხელსაწყოს მოძრავ ნაწილს, რომლის მანევრებული ისარი გადაადგილდება სკალაზე. წნევის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ მგრძობიარე ელემენტი ღებულაბს საწყის ფორმას.

ტექნიკურ მანომეტრებში და ეაკუუმეტრებში, ნეკულებრიე, გამოყენებულია დრეკადი სამბარები: ერთხვეულიანი, მრავალხვეულიანი, ბრტყელი მემბრანები და სილფონები.

2.28 ნახაზზე წარმოდგენილია წნევის სამბარიანი გარდამსახეობის სახეები.

ერთხვეულიანი მილოვანი სამბარა (2) (ნახ.2.28ა) მოხრილია 270° -მდე. სამბარა ჭრილში წარმოადგენს ელიფსს. სამბარის თავისუფალი ბოლო დარჩილულია. მეორე ბოლო სამბარისა (I) უძრავია. მას უერთდება გასაზომი წნევა (P).

წნევა იწვევს ზამბარის დეფორმაციას და მისი თავისუფალი ბოლოს გადაადგილებას, რომელთანაც დაკავშირებულია ისარი (3). გადაადგილების სიდიდე პროპორციულია ზამბარაში განვითარებული წნევისა. გადაადგილების სიდიდე, ჩვეულებრივ, აღწევს 5-7 მმ. ზამბარა მსადღება თითბრის ან ფოლადისაგან (დიდი წნევის გასაზომად).

გარდამსახები ერთხეულიანი მილოვანი ზამბარის სახით გამოიყენება მაჩვენებელ ხელსაწყოებში.

მრავალხეულიანი მილოვანი ზამბარა (ნახ.2.28,ბ) შეიცავს 6-9 ხეულს (2) დიამეტრით 30 მმ-მდე. ზამბარის თავისუფალ ბოლოს (3) გადაადგილება აღწევს 15 მმ-მდე. გარდამსახები მრავალხეულიანი მილოვანი ზამბარის სახით გამოიყენება თვითნამწერ ხელსაწყოებში.

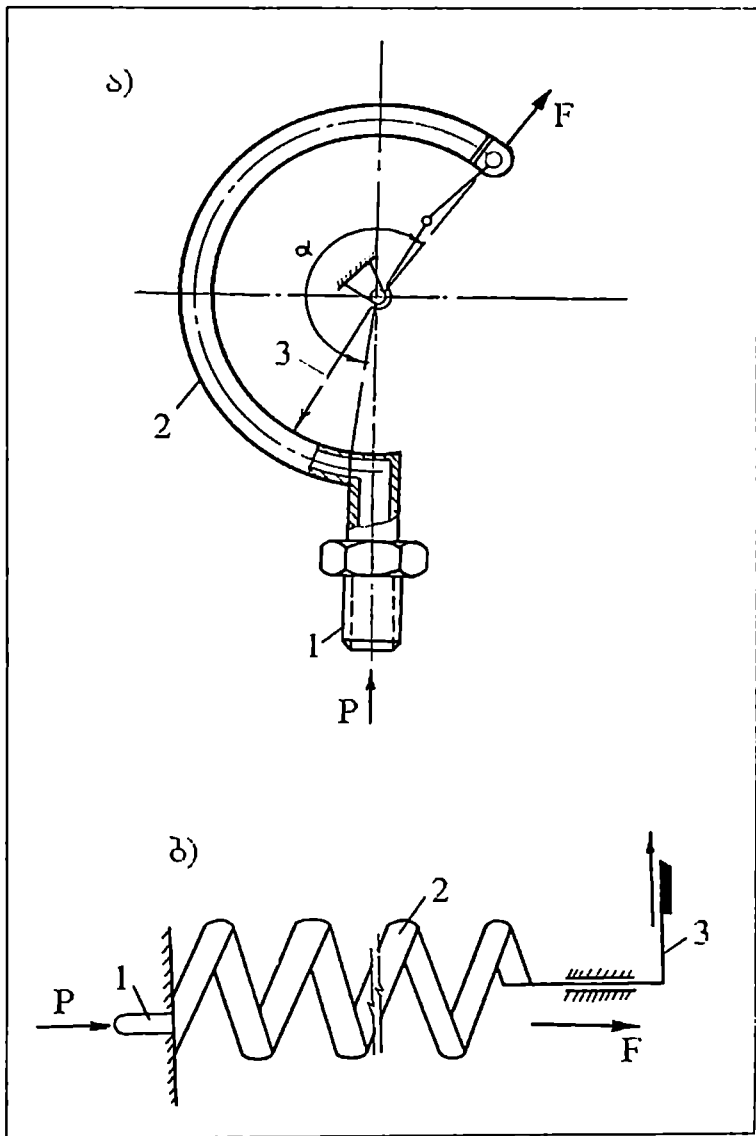
ბრტყელი ღვარჯნილი მემბრანა (ნახ.2.28,გ) გამოიყენება დამოუკიდებლად ერთი ფირფიტას სახით (2) ან ორი ღვარჯნილი მემბრანის სახით, რომლებიც მოთავსებული არიან ყუთში (1). მემბრანთან დაკავშირებულია ისარი (3).

ზემოაღნიშულში გამოიყენება, აგრეთვე, რბილი მემბრანა, რომელიც დამზადებულია რეზინჟდენთილი ქსოვილისაგან და მიერთებულია ბრტყელ დაკალიბრებულ ზამბარასთან.

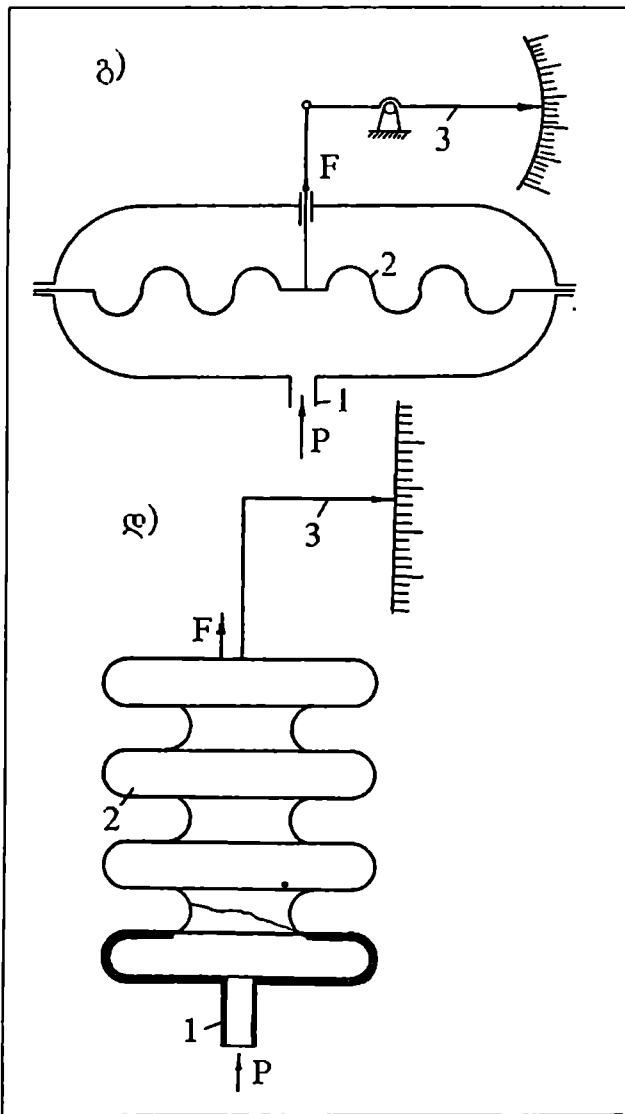
სილფონი (ნახ.2.28,დ) წარმოადგენს ცილინდრულ ყუთს, ღვარჯნილი კედლებით, გასაზომი წნევა მიეწოდება სილფონის შიგნით ან გარედან.

სილფონიანი ხელსაწყოები უფრო მგრძობიარეა, ვიდრე ბრტყელ ღვარჯნილ მემბრანიანი. სილფონები გათვალისწინებულია ჭარბი წნევისა და გაიშვითების გასაზომად და ჩასაწერად. გარდა ამისა, ისინი გამოიყენებიან, როგორც, მეორადი ხელსაწყოები.

წნევის ზამბარიანი გარდამსახები ავტომატიზაციის სქემებში მექანიკურ გადაადგილებას გარდაქმნიან ელექტრულ სიგნალად ინდუქციური, ომური ან კონტაქტური გარდამსახების დახმარებით.

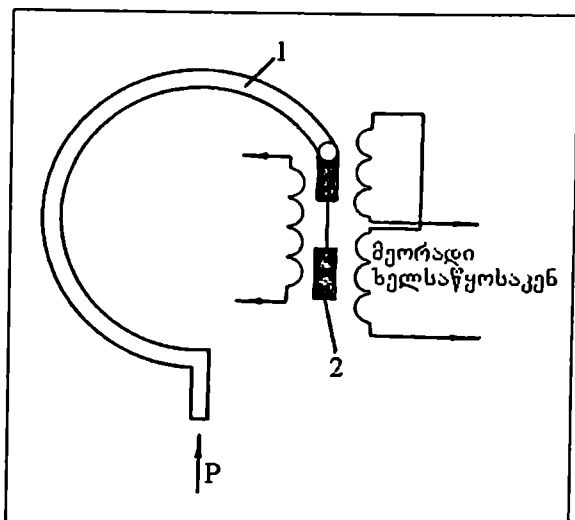


ნახ.2.28. წნევის ზამბარიანი გარდამსახები: ა) ერთხვეულიანი მილოვანი ზამბარა; ბ) მრავალხვეულიან მილოვანი ზამბარა



ნახ.2.28. წნევის ზამბარიანი გარდამსახები: ბ) ბრტყელი ღვარჯნილი მემბრანა; გ) სილფონი

2.29 ნახაზზე ნაჩვენებია MЭД ტიპის წნევის გარდამსახის სქემა. წნევა ზამბარის (1) მიერ გარდაიქმნება მანომეტრული მილაკის ბოლოს გადაადგილებად, რომელიც გადაეცემა ტრანსფორმატორული გადაამცემის ყვინთას (2).

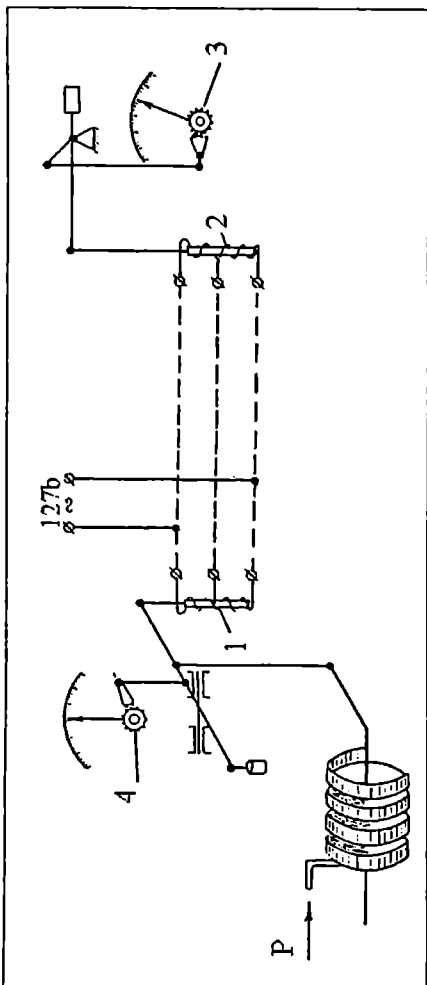


ნახ.2.29. წნევის გარდამსახის პრინციპული სქემა

2.30 ნახაზზე მოცემულია მანომეტრის ჩვენების შორ მანძილზე გადაცემის ელექტრული სქემა. სქემაზე 1 და 2-ით აღნიშნულია ინდუქციური კოჭები, წნევის შეცვლის შემთხვევაში მრავალხვეულიანი მილოვანი ზამბარა გადაადგილებს სკალა 4-ის მაჩვენებელ ისარსა და (1) ინდუქციურ კოჭას გულარს. ეს უკანასკნელი გამოიწვევს მეორადი ხელსაწყოთა ინდუქციურ კოჭას (2) გულარისა და წნევის მაჩვენებელი ისრის (3) შესაბამის გადაადგილებას.

ხარჯის გარდამსახები განკუთვნილია ნივთიერების ხარჯის გასაზომად. ნივთიერების ხარჯი ეწოდება დროის ერთეულში მილსადენში გამავალი ნივთიერების რაოდენობას. ნივთიერების რაოდენობა წარმოადგენს ნივთიერების ჯამურ მოცულობას ან წონას, რომელიც გაედინება მილსადენში დროის ნებისმიერ შუალედში. ნივთიერების რაოდენობისა და ხარჯის გაზომვა აუცილებელია ცალკეული ოპ-

ერაცეების ტექნოლოგიური რეჟიმის დასაცავად, ნედლეულის, ნახევარფაბრიკატებისა და დამხმარე მასალების გარკვეული დონირების საშუალებით. ასე მაგალითად, ბეტონის მოსამზადებლად საჭიროა გარკვეული რაოდენობის, ცემენტის, ბეტონის შემცველებისა და წყლის ერთმანეთთან შერევა.



ნახ.2.30. წნევის გაზომვის ელექტრული გადაცემის სქემა

გაზის (აირის), ჰაერისა და წყლის გაზომვა წარმოებს მოცულობით ერთეულებში – მ³/საათ, მ³/წუთ, ლ/წუთ, ლ/წმ, ორთქლის ხარჯი განისაზღვრება წონით ერთეულებში – კგძ/საათ, ტძალა/საათ. არსებობს ხარჯის მექანიკური, თერმული, ინდუქციური, აკუსტიკური და იონიზაციური გარდამსახები.

ხარჯის მექანიკური გარდამსახები იყოფა ცველადი და მუდმივი ვარდნის გარდამსახებად; აგრეთვე, გარდამსახად ჩამოსაშვები ნახერცით.

ცველადი ვარდნის გარდამსახი მოქმედებს მილსადენის კვეთის შემავიწროებელ მოწყობილობაში წნევის ვარდნის წარმოქმნის პრინციპზე. წნევის ვარდნა აქ წარმოადგენს ნიუთიერების ხარჯის ფუნქციას, შემავიწროებელი მოწყობილობა კი – გარდამსახის ამთვისებელ ორგანოს.

ხარჯის გარდამსახებში მუდმივი ვარდნით, შემავიწროებელი ორგანოები გამოყენებულია კვეთის რეგულირებისათვის, წნევის მუდმივი ვარდნის სიდიდის შენარჩუნების მიზნით.

2.31 ნახაზზე ნაჩვენებია როტამეტრის სქემა ინდუქციური გარდამსახით. როტამეტრი (მუდმივი ვარდნის ხარჯის გარდამსახი) შედგება კონუსური მილაკისაგან (1) და ტივტივასაგან (2). მისი მიერთება ხდება მილსადენის ვერტიკალურ უბნებში. ტივტივას მდებარეობა კონუსურ მილაკში განსაზღვრავს ხარჯის სიდიდეს. ინდუქციური გარდამსახის გრანული განლაგებულია მილაკზე ზევიდან. რკინის ტივტივა წარმოადგენს ინდუქციური გარდამსახის კოჭას (3) გულარს. ამრიგად, ხარჯი გარდაიქმნება ელექტრულ სიგნალად.

აკუსტიკური ანუ სიმინი გარდამსახის მუშაობის პრინციპი ემყარება სიმის რხევის სიხშირის დამოკიდებულებას მისი დაჭიმულობის ძალაზე, ე.ი.

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{\delta}{\rho}}, \quad (2.33)$$

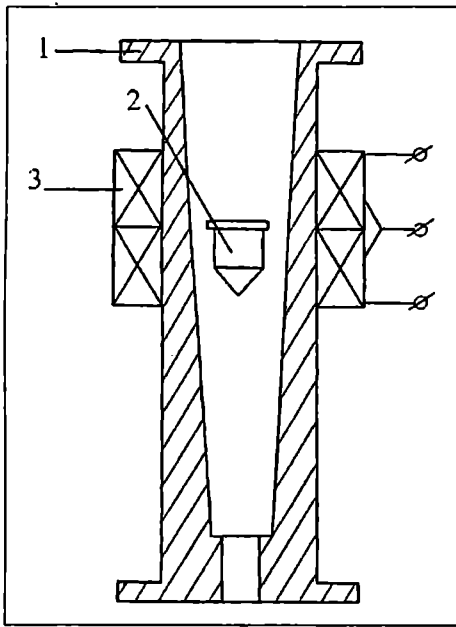
სადაც

f არის სიმის რხევის სიხშირე;

L – სიმის სიგრძე;

δ – სიმის მასალის ძაბვა, გამოწვეული სიმის დაჭიმვისაგან;

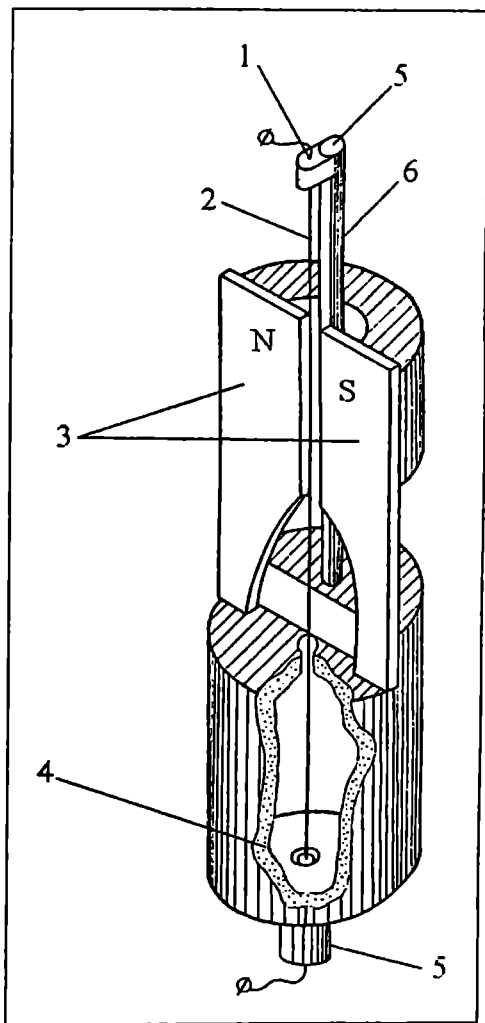
ρ – სიმის მასალის სიმკვრივე.



ნახ.2.31. როტამეტრის სქემა

აკუსტიკურ გარდამსახში (ვიბროტრონი) გასაზომი დეფორმაცია იწვევს სიმის დაჭიმულობის ცვლილებას, რაც იწვევს სიმის რხევის საკუთარი სიხშირის შეცვლას. ამრიგად, პირველადი გარდაქმნის დროს გასაზომი სიდიდე გარდაიქმნება სიმის საკუთარი სიხშირის ცვლილებად, ხოლო მეორადი გარდაქმნის დროს სიმის საკუთარი სიხშირის შეცვლა გარდაიქმნება ცვლადი სიხშირის ელექტრულ სიგნალად.

ვიბროტრონის გამარტივებული სქემა მოცემულია 2.32 ნახაზზე. ვიბროტრონი შედგება ფუძისაგან (4) და საყრდენისაგან (6), ზედაპირებით (5), რომლებიც განიცდის დატვირთვის მოქმედებას. საყრდენის ბოლოებს შორის დაჭიმულია წერილი სიმი (2), ელექტრული გამომყვანებით (1). სიმი დაჭიმულია მუდმივი მაგნიტის (4) პოლუსებს შორის.



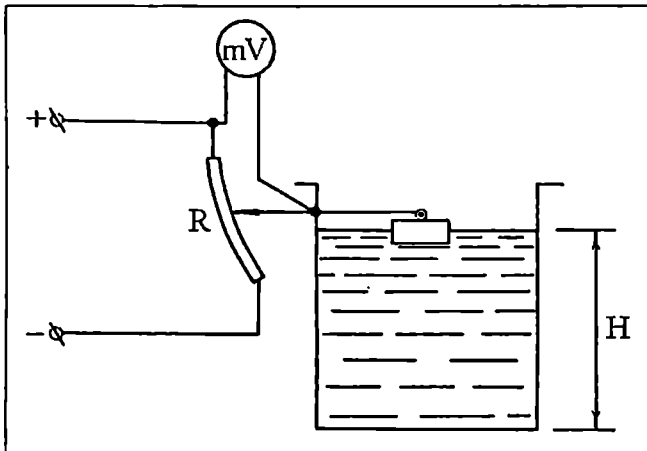
ნახ.2.32. ვიბროტრონის სქემა

სიმნიანი გარდამსახები ძალზე მოსახერხებელია დისტანციური გადაცემების დროს, რადგან სიმნიანი გარდამსახის გაზომვის სიზუსტე არ არის დამოკიდებული კეუბის წყაროს ძაბვისა და გამომავალი სიგნალის ამპლიტუდის ცვალებადობაზე.

დონის გარდამსახები. ძალზე გაერკველებულია ტივტივა დონის გარდამსახები. გარდამსახი შედგება ტივტივასაგან, მექანიკური კავშირისა და რეოსტატისაგან (R).

დონის გარდამსახები შეიძლება აიგოს სითხის ჰიდროსტატური წნევის, წონის, გაზომვის, აგრეთვე, სითხის ელექტრული თვისებების (წინააღობის, ტევადობის, ინდუქციურიობის ცვალებადობის) გამოყენების საფუძველზე.

2.33 ნახაზზე ნაჩვენებია ტივტივა დონის გარდამსახის სქემა. მილივოლტმეტრის ჩვენებით განისაზღვრება სითხის დონე (H) ჭურჭელში.



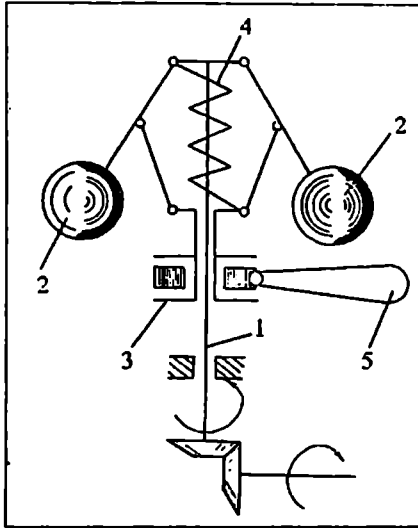
ნახ.2.33. ტივტივა დონის გარდამსახის სქემა

დონმზომების შესახებ დაწერილებით იხილეთ მეთერთმეტე თავში.

§10. სიჩქარის, აჩქარებისა და ვიბრაციის ბარდამსახები

სიჩქარის გარდამსახს მიეკუთვნება სიჩქარის ცენტრიდანული გარდამსახი, რომელიც ლილვის ბრუნვის სიჩქარეს გარდაქმნის ქუროს მექანიკურ გადაადგილებად. სიჩქარის ცენტრიდანული გარდამსახის მოწყობილობა ნაჩვენებია 2.34 ნახაზზე. გარდამსახის შემავალი ლილეაკი (I) მოდებაში

იმყოფება ძრავის როტორთან, რომლის ბრუნვის სიჩქარეც იწონება. ცენტრიდანული ძალის მოქმედებით ტეირთები (2) და მათთან ერთად ქუროც 3 გადაადგილდება ლილეკის (1) გასწვრივ. ცენტრიდანული ძალის გაწონასწორება ხდება სამბარით (4). ამიტომ ბრუნვის გარკვეულ სიჩქარეს შეესაბამება ქუროს გარკვეული მდებარეობა. ქურო შეიძლება გადაადგილდეს აგრეთვე მომართვის ორგანოს (5) საშუალებითაც, რომელიც ცვლის სამბარის (4) დაჭიმულობას.



ნახ.2.34. სიჩქარის ცენტრიდანული გარდამსახი

სიჩქარის ინდუქციურ გარდამსახეში გამოიყენება ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა. კონსტრუქციულად ისინი წარმოადგენენ მცირე ელექტრომაგნიტურ გენერატორებს, ამიტომ მათ უწოდებენ ჩვეულებრივ ტაქოგენერატორებს.

ტაქოგენერატორის დანიშნულებაა მექანიკური ბრუნვის გარდაქმნა ელექტრულ სიგნალად. ტაქოგენერატორში ბრუნვის სიჩქარე პროპორციულია მის გრაგნილში აღძრული ინდუქციური ე.მ.ძ-ისა. მაშასადამე, ტაქოგენერატორი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბრუნვის სიჩქარის გასასომად ან ავტომატური რეგულირებისათვის.

ცვლადი დენის უმარტივეს ტაქოგენერატორს წარმოადგენს სინქრონული ტაქოგენერატორი. სინქრონულ ტაქოგენერატორში ბრუნვის სიჩქარესა და ძაბვას შორის არახაზოვანი დამოკიდებულებაა, რის გამოც ავტომატურ სქემებში მისი გამოყენება არ ხდება. ავტომატიკის სქემებში გამოყენებას პოულობს ასინქრონული ტაქოგენერატორი ღრუ როტორით. ამ მანქანაში გამომავალი ძაბვის სიხშირე არ არის დამოკიდებული როტორის ბრუნვის სიჩქარეზე. ასინქრონული ტაქოგენერატორი წარმოადგენს უკოლექტორო ელექტრომანქანას, მოძრავი მუდმივი მაგნიტითა და უძრავი სტატორის გრაგნილით. სტატორის გრაგნილი თანაბრად არის განაწილებული სტატორის შიდა ზედაპირის კიდეებში. ტაქოგენერატორები გვხვდება სტატორის ერთფაზა და სამფაზა გრაგნილებით.

ე.მ.დ.-ის სიდიდე ერთფაზა ასინქრონული ტაქოგენერატორის მომჭერებზე პროპორციულია კუთხური სიჩქარისა და ტოლია

$$E = K \cdot B \cdot \omega \cdot \sin \alpha t. \quad (2.34)$$

სადაც

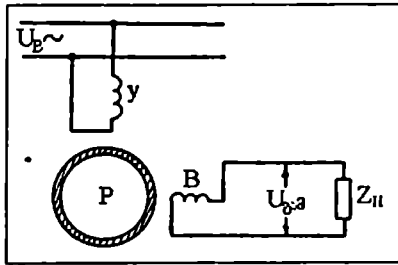
K არის მუდმივი კოეფიციენტი და დამოკიდებულია ტაქოგენერატორის კონსტრუქციისა და მის გრაგნილებზე;

B – მაგნიტური ინდუქცია ღრეოში სტატორისა და ღუნას შორის;

ω – ღუნის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე;

t – დრო.

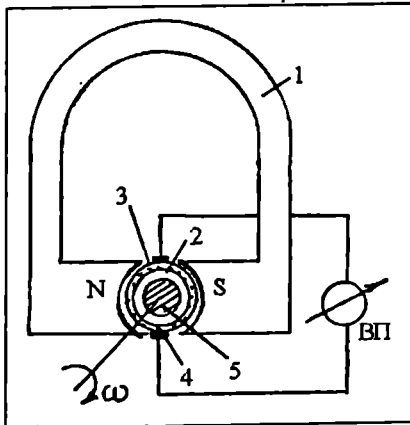
2.35 ნახაზზე ნაჩვენებია ასინქრონული ტიპის ტაქოგენერატორის სქემა. ტაქოგენერატორის აგზნების გრაგნილი იკვებება ცვლადი დენის წრედიდან, ხოლო გამომავალ გრაგნილში წარმოქმნილი ცვლადი დენის ე.მ.დ.-ის სიხშირე და ამპლიტუდა პროპორციულია სიჩქარის სიდიდისა. ბრუნვის მიმართვლების შეცვლის შემთხვევაში გამომავალი ძაბვის ფაზა იცვლება საპირისპიროდ.



ნახ.2.35. ასინქრონული ტაქოგენერატორის ჩართვის სქემა

ცვლადი დენის ტაქოგენერატორებთან ერთად გამოიყენება მუდმივი დენის ტაქოგენერატორებიც, რომლებიც წარმოადგენენ მუდმივი დენის მცირე გენერატორებს დამოუკიდებელი აგზნებით ან აგზნებით მუდმივი მაგნიტების საშუალებით. ნახ.2.36.

როტორი (ღუზა) შესრულებულია თხელკედლიანი ჭიქის (2) სახით საიზოლაციო მასალისაგან, რომელზედაც განლაგებულია გრაგნილის (3) სექციები, რომლის დასაწყისი და ბოლოები გამოყვანილია კოლექტორზე მუსებით (4). მაგნიტური ველის გასაძლიერებლად როტორის შიგნით დაყენებულია უძრავი ფერომაგნიტური გულარი (5).



ნახ.2.36. სიჩქარის ინდუქციური გარდამსახი (ტაქოგენერატორი)

ე.მ.პ. მოხსნილი კოლექტორის მუსებიდან, პროპორციულია. როტორის ბრუნვის სიჩქარისა.

ე.მ.პ. განვითარებული, ტაქოგენერატორის მომჭერებზე განისაზღვრება გამოსახულებით:


$$E = K \cdot B \cdot \omega. \quad (2.35)$$

წუთში ბრუნვათა რიცხვსა (n) და კუთხურ სიჩქარეს შორის (ω) არსებობს დამოკიდებულება

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{30}. \quad (2.36)$$

კუთხური სიჩქარე წარმოადგენს კუთხური გადაადგილების (α) პირველ წარმოებულს

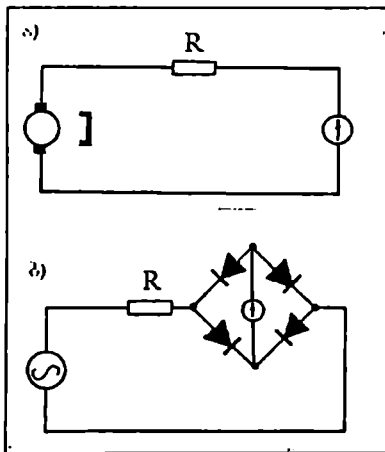
$$\omega = \frac{d\alpha}{dt}. \quad (2.37)$$

მაშასადამე, 

$$E = K \cdot B = \frac{\pi \cdot n}{30} = K \cdot B \cdot \frac{d\alpha}{dt}. \quad (2.38)$$

უკანასკნელ წლებში შეიქმნა უკოლექტორო მუდმივი დენის ტაქოგენერატორები ნახევარგამტარიან ტრიოდებზე.

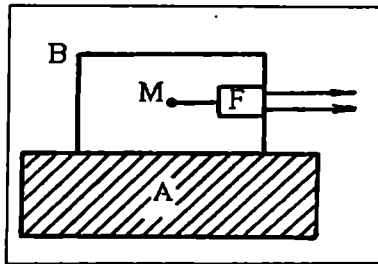
2.37 ნახაზზე ნაჩვენებია ტაქოგენერატორებთან მარეგისტრირებელი ხელსაწყოების ჩართვის სქემა.



ნახ.2.37. მუდმივი (ა) და ცვლადი (ბ) დენის ტაქოგენერატორების ჩართვის სქემები

აჩქარების გარდამსახი (აქსელერომეტრი) წარმოადგენს ყუთს (B), რომელიც მტკიცედ არის შეერთებული მოძრავ დეტალთან (A). ყუთში მოთავსებული სხეულის მასის (M) ინერციის ძალა მოქმედებს ძალის გარდამსახზე (F), როდესაც მოძრავი დეტალი (A) განიცდის აჩქარებას, ე.ი. $\frac{d^2x}{dt^2}$.

(ნახ.2.38). ჩვეულებრივ, აჩქარების განსაზღვრის მიზნით ხდება სამი აქსელერომეტრის დაყენება. ორი საზღვრავს აჩქარებას პორიზონტალურ სიბრტყეში, ერთი - ვერტიკალურში. ანიშნული სახის მოწყობილობები გამოყენებულია მართულ რაკეტებში, თვითმფრინავებში, აგრეთვე, მანქანის ნაწილების ვიბრაციული აჩქარების განსაზღვრავად.

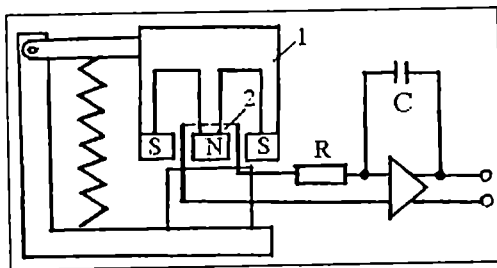


ნახ.2.38. აქსელერომეტრის გამარტივებული სქემა

აჩქარების გარდამსახს წარმოადგენს, აგრეთვე, მუდმივი დენის ტაქოგენერატორი, რომლის ღუზის წრედში მიმდევრობით არის ჩართული ტრანსფორმატორის პირველადი ხვია ან კონდენსატორი. ტრანსფორმატორის ჩართვისას სინქარის ცვლილების დროს, პირველად ტრანსფორმატორის ხვიაში შეიცვლება დენის ძალა, რის შედეგადაც ტრანსფორმატორის პირველად ხვიაში შეიცვლება დენის ძალა, რის შედეგადაც ტრანსფორმატორის მეორად ხვიაში წარმოქმნება აჩქარების პროპორციული ძაბვა. კონდენსატორის ჩართვის შემთხვევაში ღუზის წრედში დენი აღიძვრება მხოლოდ სინქარის ცვალბადობის დროს, რომლის სიდიდეც აჩქარების პროპორციული იქნება.

მანქანების მუშაობის არასტაციონარული პროცესების გამოკვლევების დროს გამოიყენება ვიბრაციის, სინქარისა და ამპლიტუდის გარდამსახები. გარდამსახის მოქმედება ეფუძ-

ნება კორპუსზე ზამბარებით ჩამოკიდებული ინერციული მასის თვისებას, დარჩეს უძრავი ვიბრაციების დროს სიხშირისას, რომელიც აღემატება მასის საკუთარი რხევის სიხშირეს. გარდამსახის კონსტრუქციული სქემა ნაჩვენებია ნახაზზე 2.39. აქ ინერციულ მასას წარმოადგენს მაგნიტური სისტემა (1). გამზომი გრაგნილი (2) ხისტად არის შეკრული გარდამსახის კორპუსთან. კორპუსის ვიბრაციის დროს გამზომ გრაგნილში აღიძვრება ე.მ.ძ. რომელიც პროპორციულია მერხვეი ობიექტის ვიბრაციის სიჩქარის სიდიდისა. გამოსასვლელი ძაბვის მისაღებად, რომელიც პროპორციულია გადაადგილებისა, გამზომ სქემაში გათვალისწინებულია მაინტეგრირებელი რგოლი (ავტომატური რეგულირების სისტემის რგოლების შესახებ დაწვრილებით იხილე მე-9 თავში). გარდამსახი შედგება ორი ერთი ტიპის ელემენტისაგან, რომელიც აღიქვამს რხევებს ორ ურთიერთ პერპენდიკულარულ მიმართულებაში. ინერციული მასის საკუთარი რხევების დემფირები სრულდება საპაერო დემფერით.



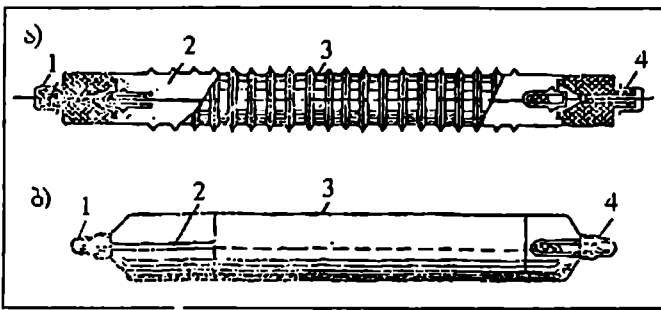
ნახ.2.39. ვიბრაციის სიჩქარისა და ამპლიტუდის გარდამსახი

§11. რადიაქტიური ბარდამსახეპი

ატომური ენერჯიის მშვიდობიანი მიზნებისათვის გამოყენების სამუშაოებთან ერთად ავტომატურ მოწყობილობებში დაიწყო გამოყენება ნივთიერებისა, რომელთაც გააჩნიათ რადიაქტიური გამოსხივების თვისება. ასეთ ნივთიერებებს მიეკუთვნება მენდელეევის ცხრილის სხვადასხვა ელემენტების (მაგალითად, კობალტის, ცერიუმის და სხვ.) რადიაქტი-

ური იზოტოპები. რადიაქტიური იზოტოპი წარმოადგენს ნიუთიერებას, რომელიც იქმნება ხელოვნურად, ნორმალური ატომების დაბომბვით ნეიტრონების კოლოსალური ნაკადით, რომლებიც მიიღებიან ბირთვულ რეაქტორებში. როგორც ცნობილია, რადიაქტიური იზოტოპების თავისებურებას წარმოადგენს მათი დაშლა, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ალფა (ძალიან მძიმე დადებითად დამუხტული ნაწილაკები), ბეტა (ძალიან მსუბუქი უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკები) და გამა სხივების გამოსხივებას. ალფა და ბეტა სხივები შთაინთქმება მაგარი ნივთიერებების მიერ. ასე, მაგალითად, ალფა სხივები მაგარ ნივთიერებაში გაივლიან რამდენიმე ათეულ მიკროს (ჰაერში რამდენიმე მილიმეტრს), ხოლო ბეტა სხივები – რამდენიმე მილიმეტრს. გამა სხივებს გააჩნიათ გაცილებით დიდი შეღწევადობა, რის გამოც ისინი მეტად გამოიყენებიან რადიაქტიურ გარდამსახებში, ვიდრე ალფა და ბეტა სხივები. რადიაქტიური უკონტაქტო გარდამსახი შედგება რადიაქტიური გამოსხივების წყაროსა (რადიაქტიური იზოტოპი) და მიმღებისაგან (ინდიკატორი). ინდიკატორებად გამოყენებულია იონიზაციური კამერები და იონიზაციური მრიცხველები (გეიგერ-მიულერის მრიცხველები), რომლებშიც გამოყენებულია აირის იონიზაციის მოვლენა, ე.ი. ნეიტრალური მოლეკულების გახლეჩა ელექტრონად და დადებით იონად.

გაიგერ-მიულერის მრიცხველი (ნახ.2.40) წარმოადგენს ლითონის ცილინდრს, რომელშიც მისგან იზოლირებულად დაჭიმულია გამტარი ძაფი. ცილინდრის კედელთან მიყვანილია უარყოფითი პოტენციალი, ხოლო ძაფთან – დადებითი პოტენციალი ბატარეიდან. მრიცხველი ავსებულია აირით, არგონით (Ar) ან ნეონით (Ne) დაბალი წნევის დროს. თუ შეჩვენებლად აღებულია ჰალოგენი (ქლორი, ბრომის ორთქლი), მაშინ ასეთ მრიცხველებს უწოდებენ ჰალოგენურს. მრიცხველებზე სპილენძის და ვოლფრამის კათოდებით მიეწოდება ძაბვა 500-1000ვ; ჰალოგენურზე – 300-400ვ. რადიაქტიური სხივების მოქმედების შედეგად მრიცხველში (კამერაში) ადგილი აქვს იონების შექმნას (აირის იონიზაცია) და დენის (ელექტრული დენის იმპულსის) წარმოშობას, რომელიც დამოკიდებულია მიმღებში შეღწეული გამოსხივების სიმძლავრეზე.



ნახ.2.40. აირგანმუმსტველი მრიცხველი (გეიგერ-მიულერის მრიცხველი): ა) ლითონის კათოდით(CTC-6); ბ) მინისა სილენძის კათოდით (CMC-4); 1 - ანოდის ცოკოლი; 2 - კათოდის ძაფი; 3 - კათოდი; 4 - კათოდის ცოკოლი

გამა-გამოსხივება მისი ენერგიისაგან დამოკიდებულებით იყოფა სამ ჯგუფად: ხისტი - რომლის ენერგიაც აღემატება $1M_{3\beta}$ (მეგაელექტრონვოლტი - ენერგიის ერთეული, რომელსაც იძენს ელექტრონი ელექტრულ ველში პოტენციალთა სხვაობით 1 მილიონი ვოლტი გადაადგილების დროს; საშუალო - ენერგიით $0,3-0,7 M_{3\beta}$; რბილი - ენერგიით $0,3 M_{3\beta}$ -ზე ნაკლები).

ხისტი გამა-გამოსხივების წყაროდ გამოიყენება კობალტი - $60 (Co^{60})$, ენერგიით $1,25 M_{3\beta}$ ნახევარდაშლის დროით 5,27 წელი (ნახევარდაშლის დრო ეწოდება დროის შუალედს, რომლის განმავლობაშიც იშლება ატომების თაედაპირველად მქონე რაოდენობის ნახევარი); საშუალო გამა-გამოსხივების წყაროს წარმოადგენს ცეზიუმი - $137 (Cs^{137})$ ენერგიით $0,36 M_{3\beta}$ და ნახევარდაშლის დროით 30 წელი; რბილი გამა-გამოსხივების წყაროს - ევროპიუმი - $155 (Eu^{155})$ ენერგიით $0,087 M_{3\beta}$ და ნახევარდაშლის დროით 1,7 წელი და თულიუმი - $170 (Tm^{170})$ ენერგიით $0,084 M_{3\beta}$ და ნახევარდაშლის დროით 129 დღე და სხვ.

რაც უფრო დიდია ნახევარდაშლის პერიოდი, მით უფრო მოსახერხებელია გამოსხივების წყარო ექსპლუატაციაში და მით უფრო ზუსტია გაზომვის შედეგები.

გამა-გამოსხივების წყაროები თავსდება ლითონის ამპულაებში დიამეტრით 4,5-დან 26 მმ-მდე და სიმაღლით 5-დან 27 მმ-მდე (Co^{60}) ან დიამეტრით 7-დან 40 მმ-მდე და სიმაღლით 14-დან 55 მმ-მდე (Cs^{137}).

დროთა განმავლობაში გამოსხივების შემცირებასთან დაკავშირებით ატომების ნაწილის დაშლის გამო, აუცილებელია შესწორების შეტანა წყაროს აქტიურობის ცვლილებაზე დროის შუალედის შემდეგ, რომელიც ნახევარდაშლის პერიოდის 1/10-ის ტოლია. ასე, მაგალითად, Co^{60} -თვის ნახევარდაშლის პერიოდით 5,27 წელი, შესწორება უნდა იქნეს შეტანილი ყოველი 0,5 წლის შემდეგ.

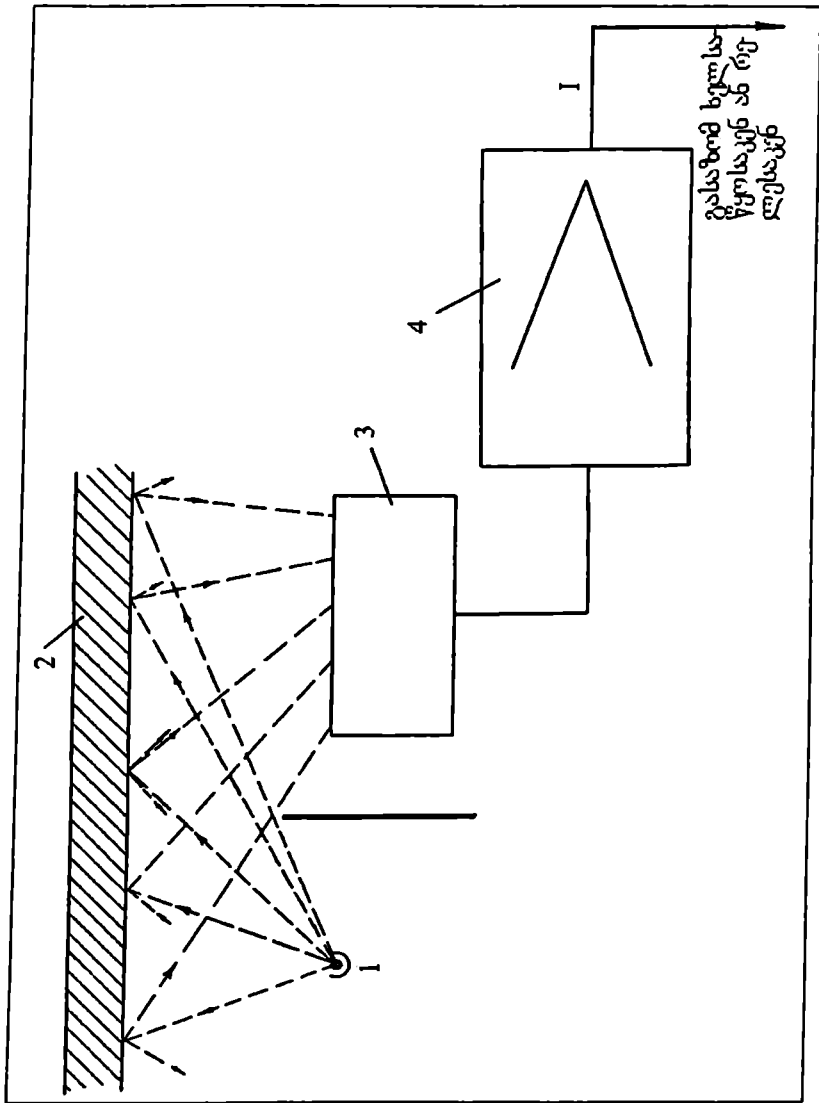
ამიტომ, რადიაქტიური იზოტოპების გამოყენების დროს რადიაქტიური გამოსხივების წყაროებად აუცილებელია ისეთების შერჩევა, რომელთა ნახევარდაშლის პერიოდი 1,5-2-ჯერ აღემატება ხელსაწყოს გამოყენების ვადას.

რადიაქტიური გარდამსახის ღირსებას შეადგენს: სიმართივე, ავტომატიკის სისტემებში გამოყენების მოხერხებულობა, სიზუსტის მაღალი ხარისხი, საკონტროლო გარემოსთან არა უშუალო კონტაქტი, უწყვეტი კონტროლის განხორციელება საკონტროლო ნაკეთობის მთლიანობის დაურღვევლად და მცირე ინერციულობა.

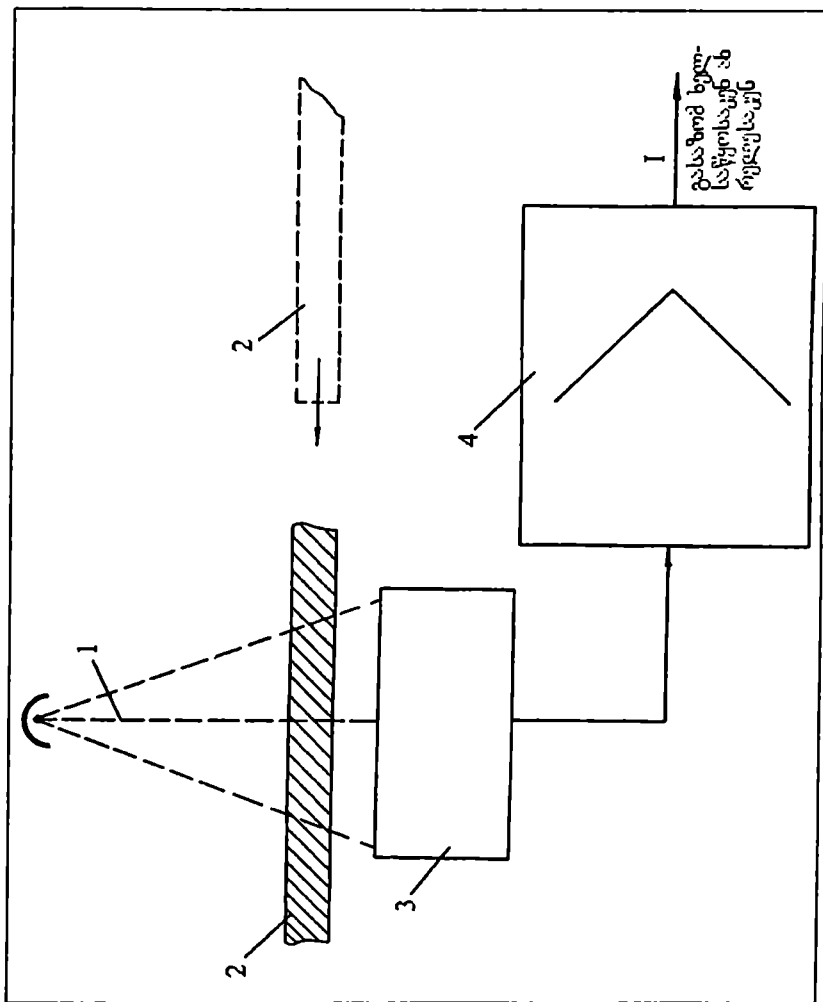
რადიაქტიურ გარდამსახებში, რადიაქტიური გამოსხივების გამოყენება წარმოებს სხვადასხვა პრინციპით. ავტომატურ მოწყობილობათა ერთ ჯგუფს საფუძვლად უდევს გაბნეული გამოსხივების მოვლენის გამოყენება (ნახ.2.41).

ამ შემთხვევაში რადიაქტიური გამოსხივების ნაკადი მიმართულია საკონტროლო ობიექტზე, ხოლო გამოსხივების ინდიკატორი იჭერს გამოსხივების გაბნეულ ნაკადს. გაბნეული გამოსხივების ინტენსივობა განსაზღვრავს ობიექტის თვისებებს. ამ პრინციპით ხორციელდება, მაგალითად, ფურცლოვანი ლითონის სისქის ცალმხრივი კონტროლი. ფურცლის სისქის ზრდა იწვევს გაბნეული გამოსხივების ინტენსივობის მატებას.

გარდამსახების მეორე ჯგუფი დამყარებულია რადიაქტიური გამოსხივების შეღწევადობაზე და ნივთიერების მიერ მისი შთანთქმის ხარისხზე. ასეთი მოწყობილობის სქემა ნაჩვენებია 2.42 ნახაზზე. აღნიშნული სქემით ხორციელდება ნაკეთობის სისქის კონტროლი. ნაკეთობის (2) სისქის მიხედვით იცვლება გამოსხივების ნაკადის (1) ინტენსივობა, რომელსაც იჭერს გამოსხივების ინდიკატორი (3). შესაბამისად იცვლება გამაძლიერებლიდან (4) გამოძვეალი დენის ძალა (I), მიმართული გასაზომი ხელსაწყოს ან რელესაკენ.



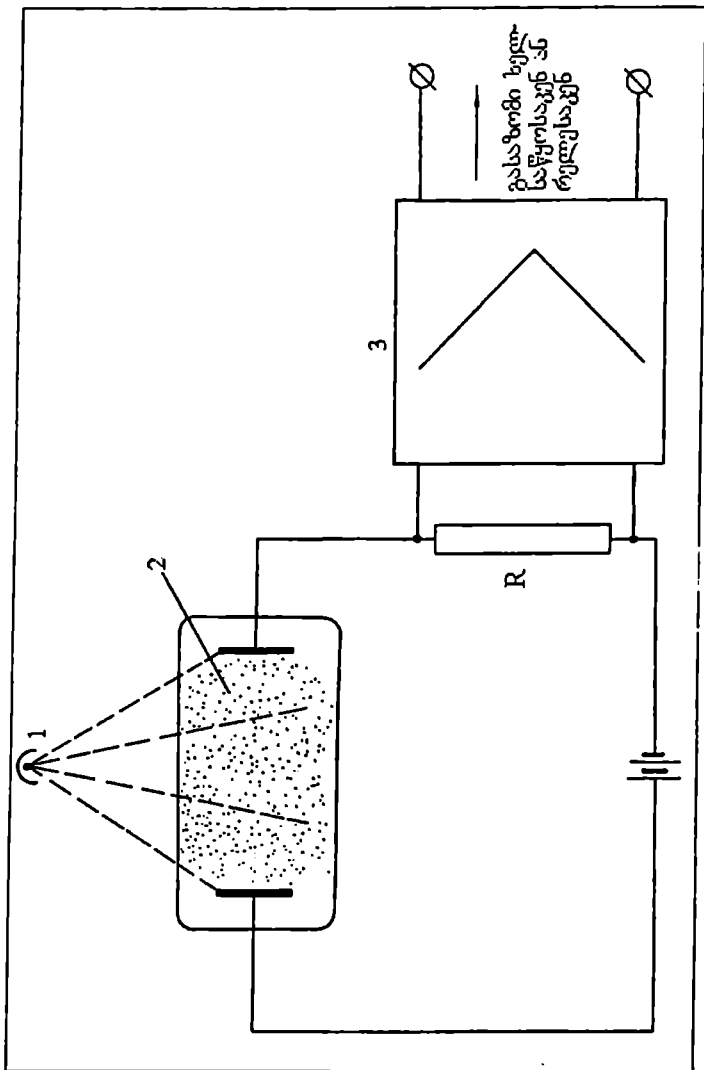
ნახ.2.41. ავტომატური კონტროლის სქემა ტაბნული გამოსხივების მოვლენის გამოყენებით:
 1 - რადიაქტიური გამოსხივების წყარო; 2 - საკონტროლო ობიექტი; 3 - რადიაქტიური გამოსხივების ინდუქტორი; 4 - გამაბლიერებელი



ნახ.2.42. ავტომატური კონტროლის სქემა რადიოაქტიური გამოსხივების შეღწევადობის უნარის გამოყენებით

გარდამსახების მესამე ჯგუფს საფუძვლად უდევს რადიოაქტიური გამოსხივების იონიზაციის უნარის გამოყენება (ნახ.2.43). ჭურჭელი აირით (2) განიცდის გამოსხივების მოქმედებას (გამოსხივების წყარო (1). იკვლევა იონების რაოდენობა და წარმოიშობა დენი. დენის კონტროლი წარმოებს ხელსაწყოთი ან რელეთი, რომელიც ჩართულია

მაძლიერებლის (3) გავლით. ამ პრინციპზე მოქმედებენ აირის წნევის საზომი ხელსაწყოები. აირის წნევის მატებასთან ერთად იზრდება იონიზაციური ძენი. ანალოგიურად მუშაობენ აირის შემადგენლობის ანალიზატორები.



ნახ.2.43. ავტომატური კონტროლის სქემა რადიაქტიური გამოსხივების იონიზაციის უნარის გამოყენებით

რადიაქტიური გარდამსახეების მუშაობის პრინციპი ემყარება ნიუთიერებასთან ურთიერთმოქმედების შედეგად რადიაქტიური გამოსხივების ნაკადის შემცირების გაზომვას. კავშირი გამოსხივების ინტენსივობებს შორის, საკონტროლო მასალაში გავლის წინ და გავლის შემდეგ, გამოიხატება ექსპონენციური კანონით.

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x} = I_0 \cdot e^{-\mu' \cdot \rho \cdot x}, \quad (2.39)$$

სადაც I_0 და I_x გამოსხივების ინტენსივობებია, შესაბამისად მასალაში გავლამდე და გავლის შემდეგ;

x – მასალის შრის სისქე;

μ' – გამა-გამოსხივების შესუსტების მასობრივი კოეფიციენტი;

μ – შესუსტების ხაზოვანი კოეფიციენტი;

ρ – მასალის სიმკვრივე.

სამშენებლო მასალებისათვის გამა-გამოსხივების შესუსტების მასობრივი კოეფიციენტისათვის გვაქვს გამოსახულება:

$$\mu' = \frac{6N}{2} \approx const, \quad (2.40)$$

სადაც N არის კომპტონოვის განბნევის მთლიანი ეფექტური კვეთი ელექტრონზე, რომელიც გამოითვლება კლეინ-ნიშინტამის ფორმულებით;

$N=6,028 \cdot 10^{23}$ – ავოგადროს რიცხვი.

თუ ვიცით I_x და I_0 , შეგვიძლია განვსაზღვროთ მასალის სიმკვრივე.*

$$\rho = \frac{\ln I_0 - \ln I_x}{\mu' \cdot x}. \quad (2.41)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც გამოსაკვლევი მასალა შედგება ორი ფაზისაგან (მყარი და წყალი), გამა-გამოსხივების ნაკადის შესუსტების ექსპონენციური კანონი დებულობს სახეს

$$I_x = I_0 e^{-(\mu'_T \cdot \rho_T + \mu'_B \cdot \rho_B) \cdot x} \quad (2.42)$$

სადაც ρ_T და ρ_B – 1 სმ³ ნარევეში მყარი და თხევადი ფაზის წონაა, გამოსახული გრამებში;

μ'_T და μ'_B შესუსტების მასობრივი კოეფიციენტებია შესაბამისად მყარი და თხევადი ფაზისათვის.

§12. ულტრაბგერითი ბარდამსახეები

ულტრაბგერითი გარდამსახეების საშუალებით ხორციელდება განსაზომ გარემოში დრეკადი რხევების მიღების ან გაულის დროის განსაზღვრა. ისინი ფართოდ გამოიყენება სამშენებლო წარმოებაში სამშენებლო მასალებისა და კონსტრუქციების გამოსაცდელად არამრღვევი მეთოდებით. მასალებში დრეკადი რხევების გავრცელების კანონებით სარგებლობისათვის, მასალების დაურღვევლად მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გამოსაკვლევად საჭიროა მაღალი სიხშირის ვიბრაციით სარგებლობა. ასეთ სიხშირეს წარმოადგენს ულტრაბგერითი სიხშირე. სამშენებლო მასალებში ულტრაბგერითი იმპულსის გავრცელების სინქარისა და რხევის მიღების კოეფიციენტის გაზომვის საშუალებით, შეიძლება ინფორმაციის მიღება გამოსაკვლევვი გარემოს პლასტიკურობის, დრეკადობის, დეფორმაციის შესახებ.

ვიბრაციული მეთოდები იძლევა საშუალებას, მასალის დაურღვევლად გამოვიკვლიოთ მისი თვისებების დროში ცვალებადობა, დავადგინოთ გარკვეული სიხუსტით მასალის სიმტკიცე.

სამშენებლო წარმოებაში ბეტონის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსასაზღვრავად სარგებლობენ შემდეგი მეთოდებით:

1. **რეზონანსული მეთოდი.** ამ მეთოდის გამოყენებისას ბეტონის თვისებების შეფასება წარმოებს რეზონანსის სონაში ამპლიტუდის პიკის სიგანისა და საკუთარ რხევათა რიცხვის მიხედვით;

2. **იმპულსური მეთოდი.** ეს მეთოდი ყველაზე მეტად არის გავრცელებული საგზაო-სამშენებლო მასალების სიმტკიცის კონტროლისა, აგრეთვე, ბეტონის ხარისხის კონტროლისათვის (სიმტკიცის, ერთგვაროვნების ხარისხის) რკინაბეტონის ნაკეთობებში, კონსტრუქციებსა და ნაგებობებში საქარხნო და საველე პირობებში ჰაერის ტემპერატურის დროს -5 -დან $+35^{\circ}\text{C}$ -მდე. ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრა წარმოებს გრძივი ტალღის გავრცელების სინქარისა და მისი მიღების ინტენსივობის მიხედვით;

3. **დარტყმითი მეთოდი.** ამ მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში ბეტონის თვისებები შეისწავლება დრეკადი ტალ-

დის გავრცელების სინქარის მიხედვით, რომელიც აღიძვრება გამოსაცდელ ნიმუშში, მექანიკური დარტყმის მომენტში. ულტრაბგერით იმპულსურ მეთოდთან შედარებით, რიგი უპირატესობების გამო, დარტყმითი მეთოდი საშუალებას იძლევა განსაზღვრული იქნეს საგნად და აეროდრომების ასფალტბეტონის სიმკვრივის ზრდის კინეტიკა გზის საფარის დაგების პროცესში, შეფასდეს რიგი კლიმატური ფაქტორების ზემოქმედების კინეტიკა ასფალტ-ბეტონის საფარის დაძველების პროცესზე ექსპლოატაციის დროს და სხვ.

ულტრაბგერითი რხევები და მათი ძირითადი თვისებები. ბგერითი ტალღები წარმოადგენენ დრეკად ტალღებს, რომლებიც ვრცელდება სხვადასხვა მატერიალურ გარემოში. ბგერით ტალღას გააჩნია ენერგია.

ენერგიის რაოდენობას, რომელიც 1 წმ-ში გადის ბგერითი რხევების გავრცელების მიმართულების პერპენდიკულარულად მოთავსებულ 1 სმ² ფართობში, ბგერის ძალა ეწოდება. ბგერის ძალა დამოკიდებულია მბგერი სხეულის რხევის ამპლიტუდაზე. წონასწორობის მდებარეობიდან უდიდეს გადახრას ეწოდება რხევის ამპლიტუდა. რაც უფრო მეტია მბგერი სხეულის რხევის ამპლიტუდა, მით უფრო ძლიერია მისგან გამოცემული ბგერა. ბგერის ძალის ერთეულია ვატი/სმ².

ბგერა ხასიათდება ერთი წამის განმავლობაში რხევების შესქელებათა და შეთხელებათა სიხშირით. შესქელების და შეთხელების ერთობლიობა ქმნის ერთ მთლიან რხევას. სიხშირის ერთეულად მიღებულია ერთი რხევა ერთ წამში. ამ ერთეულს ეწოდება ჰერცი. სიხშირეს 10³ ჰც ეწოდება კილოჰერცი (კჰც), 10⁶ ჰც-მეგაჰერცი (მჰც). რხევითი მოძრაობის გავრცელების პროცესს გარემოში ტალღა ეწოდება. მანძილს, რომელსაც ბგერითი ტალღა გაივლის ერთი პერიოდის განმავლობაში, ტალღის სიგრძე ჰქვია.

სხვადასხვა სიხშირის რხევები ადამიანის ყურის მიერ შეიგრძნობა, როგორც სხვადასხვა სიმაღლის ბგერები. დაბალ ბგერებს შეესაბამება 100-300 ჰც სიხშირეები, მაღალ ბგერებს - 3000-6000 ჰც. 30 ჰც-ზე დაბადლ და 15000 ჰც მაღალ ბგერებს ადამიანის ყური საერთოდ ვერ შეიგრძნობს.

ბგერები, რომელთა სიხშირე აღემატება 15 კჰც (კილოჰერცი) და აღწევს რამდენიმე მეგაჰერცამდე, ეწოდებათ ულ-

ტრაბგერები. 17 კვ ნაკლები სიხშირის ბგერებს – ინფრაბგერები. ულტრაბგერითი იმპულსური მეთოდით ბეტონის გამოკვლევა წარმოებს 50-200 კვ სიხშირეების დიაპაზონში.

ბგერითი ტალღების გავრცელების სიჩქარე დამოკიდებულია გარემოს თვისებებზე. გარემოს სიმკვრივის სრდასთან ერთად ტალღების გავრცელების სიჩქარე კლებულობს.

ბგერითი ტალღების სიხშირე (f), ტალღის სიგრძე (λ) და ბგერის გავრცელების სიჩქარე დაკავშირებულია ერთმანეთთან

$$C = \lambda \cdot f \quad (2.43)$$

ფორმულიდან ჩანს, რომ მოცემული სიჩქარის შემთხვევაში რხევის სრდასთან ერთად ტალღის სიგრძე მცირდება. მაგალითად, 50 კვ სიხშირის დროს ულტრაბგერითი ტალღის სიგრძე ჰაერში, $t=20^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დროს, შეადგენს 6,9 მმ; ზღვის წყალში (როდესაც $t=17^{\circ}\text{C}$) – 3 სმ, ხოლო ბეტონში მისი სიმტკიცის მიხედვით 5-10 სმ. სიხშირის გაზრდისას $f=100$ კვ-მდე ტალღის სიგრძე ბეტონში მცირდება და შეადგენს $\lambda=2,5-5$ სმ.

ულტრაბგერითი ტალღები ვრცელდება ყველა დრეკად სხეულში – თხევადში, მყარსა და გაზისებრში, მაგრამ არ შეიძლება გავრცელდეს უჰაერო სივრცეში.

ნაწილაკების რხევის მიმართულების, ტალღის გავრცელების მიმართულებასთან დამოკიდებულების მიხედვით, არჩევენ გრძივ, განივ და ზედაპირულ ტალღებს.

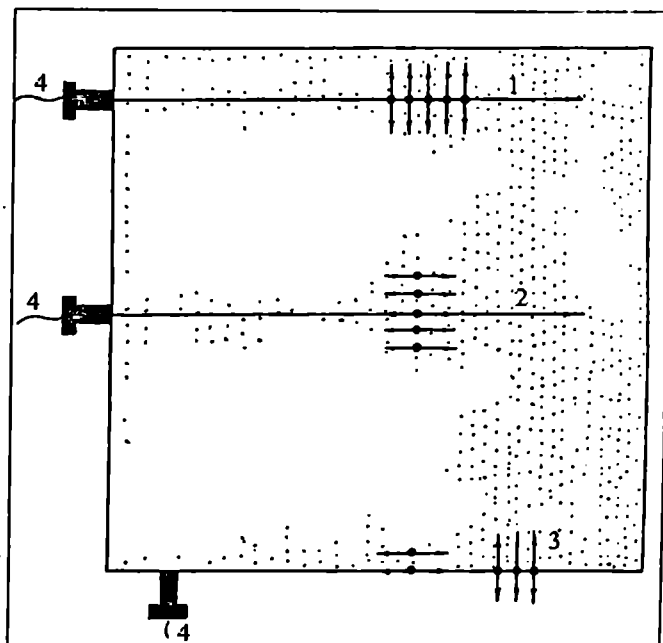
გრძივი ეწოდება ტალღას, რომლის გავრცელების მიმართულება ემთხვევა ნაწილაკების რხევის მიმართულებას. გრძივი ტალღების გავრცელებისას გარემოში წარმოიშობა შესქელებისა და შეთხელების თანმიმდევრობითი არეები.

განივი ეწოდება ისეთ ტალღას, რომლის გავრცელების მიმართულება მართობულია ნაწილაკების რხევის მიმართულებისა.

ტალღებს, რომლებიც არსებობს მხოლოდ სხეულის ზედაპიროზე და არ ვრცელდება მის შიგნით, ეწოდებათ ზედაპირული ტალღები.

მყარ სხეულებში შეიძლება გავრცელდეს, როგორც გრძივი, ასევე განივი ტალღები, თხევად და გაზისებრ გარემოში კი – მხოლოდ გრძივი ტალღები.

2.44 ნახაზზე ნაჩვენებია ტალღის სხვადასხვა სახის შემთხვევაში ნაწილაკების რხევის მიმართულება.



ნახ.2.44. სხვადასხვა სახის ტალღის შემთხვევაში გარემოს ნაწილაკების რხევის მიმართულება: 1 - განივი ტალღის შემთხვევაში; 2 - გრძივი ტალღის შემთხვევაში; 3 - ზედაპირული ტალღის შემთხვევაში; 4 - რხევის წყარო; 5 - ღრეკადი გარემო

გარემოში გავრცელების მაქსიმალური სისწრაფე ახასიათებს გრძივ ტალღებს, მინიმალური - ზედაპირულ ტალღებს

$$C_{გრძ} > C_{განივ} > C_{ზედაპ.}$$

გრძივ, განივ და ზედაპირულ ტალღებს შორის არსებობს შემდეგი დამოკიდებულებანი:

$$\frac{C_{განივ}}{C_{გრძ}} \approx 0.63, \quad \frac{C_{ზედაპ.}}{C_{განივ}} \approx 0.9.$$

ულტრაბგერითი ტალღების გავრცელების გარემო ხასიათდება წინააღმდეგობით, რომელსაც აკუსტიკური წი-

ნააღმდეგობა ეწოდება. იგი დამოკიდებულია გარემოს თვისებებზე.

აკუსტიკური წინააღმდეგობა განისაზღვრება დამოკიდებულებით

$$R_{\rho} = \rho \cdot C, \quad (2.44)$$

სადაც ρ არის გარემოს სიმკვრივე.

გრძივი ბგერითი ტალღის გავრცელების სინქარე ტოლია

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (2.45).$$

სადაც E არის დრეკადობის მოდული (იუნგის მოდული).

(2.45) გამოსახულებიდან ჩანს, რომ რამდენადაც ზისტი და მსუბუქია მასალა, მით მეტია მასში ბგერის გავრცელების სინქარე. (2.45) ფორმულა სამართლიანია სხეულებისათვის, რომელთაც აქვთ ცილინდრული და პრისმიული ღეროს ფორმა, რომლის (l) სიგრძესა და განივკვეთის მაქსიმალურ ზომას (d) შორის არსებობს თანაფარდობა

$$\frac{l}{d} > 5 \text{ და } \lambda > 3d$$

განივი ბგერითი ტალღის გავრცელების სინქარე

$$C = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad (2.46)$$

სადაც G არის ძვრის მოდული.

აკუსტიკური წინააღმდეგობის სიდიდე მყარი სხეულისათვის (2.45)-ის გათვალისწინებით

$$R_{\rho} = \rho \cdot C = \rho \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\rho E} = \frac{E}{C}. \quad (2.47)$$

ულტრაბგერითი გრძივი ტალღების გავრცელებისას ფილაში, როდესაც $d < 2\lambda$, ულტრაბგერის სინქარე

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\mu^2)}}, \quad (2.48)$$

სადაც μ არის პუასონის დინამიკური კოეფიციენტი.

ულტრაბგერითი ტალღების გავრცელებისას გარემოში, რომლისთვისაც $d \gg \lambda$ ტალღის გავრცელების მიმარ-

თულების პერპენდიკულარულ სიბრტყეში, ულტრაბგერის სინქარე

$$C = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}. \quad (2.49)$$

დრეკადობის მოდული წარმოადგენს კოეფიციენტს, რომელიც ახასიათებს მასალის წინააღმდეგობას დრეკადი დეფორმაციისადმი მისი გაჭიმვის ან კუმშვის დროს. დრეკადობის მოდული შედის, როგორც კოეფიციენტი, პუკის ფორმულაში.

$$\Delta l = \frac{Pl}{EF}, \quad (2.50)$$

სადაც Δl არის ღეროს სიგრძის ნაზრდი;

l – ღეროს სიგრძე;

F – განივკვეთის ფართობი;

P – მოქმედი ძალა.

რაც მეტია დრეკადობის მოდული, სხვა თანასწორ პირობებში, მით უფრო ნაკლებად იკუმშება ან იჭიმება ღერო ძალის მოქმედებით. პუასონის კოეფიციენტი (განაი დეფორმაციის კოეფიციენტი) წარმოადგენს ფარდობითი განაი დეფორმაციის შეფარდებას ფარდობით გრძივ დეფორმაციასთან:

$$\mu = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon}, \quad (2.51)$$

$$\text{სადაც } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \text{ და } \varepsilon_1 = \frac{\Delta b}{b} \quad (2.52)$$

Δb არის ღეროს სიგანის ნაზრდი.

2.1 ცხრილში მოყვანილია ულტრაბგერის გავრცელების სინქარე სხვადასხვა გარემოში

ულტრაბგერის გავრცელების სიჩქარე სხვადასხვა გარემოში

გარემო	C, მ/წმ
მკანარი წყალი ($t=17^{\circ}\text{C}$)	1430
ხდუის წყალი ($t=17^{\circ}\text{C}$)	1510
ჰაერი ($t=0^{\circ}\text{C}$) .	331
რკინა	5170
ფოლადი	5050
ბეტონი (სიმტკიცის მიხედვით)	2000-4500

ულტრაბგერითი ტალღის სიგრძე - ძვირე სიდიდისაა. ტალღა ვრცელდება სწორხაზოვნად და არა აქვს უნარი ჩვეულებრივი სომების მქონე წინააღმდეგობათა შექმნისა. გარემოში ასეთი წინააღმდეგობების აღმოჩენა ხდება აღნიშნული წინააღმდეგობების მიერ ულტრაბგერითი ტალღის არეკლით ან ჩრდილის წარმოქმნით.

როგორც ბგერითი ტალღები, ულტრაბგერითი ტალღებიც განიცდიან არეკვლასაც და გარდატეხასაც. თუ ტალღა მოხვდა გარემოთა გამყოფ სედაპირზე, მაშინ ენერგიის ნაწილი გადადის მეორე გარემოში და იქ გავრცელდება, ხოლო დანარჩენი უკანვე აირეკლება. ენერგიის განაწილება არეკლილ და გარდატეხილ ტალღებს შორის დამოკიდებულია გარემოთა აკუსტიკურ წინააღმდეგობებზე. რაც უფრო დიდია განსხვავება ორი გარემოს გარდატეხის მანვერებელთა შორის, მით მეტი ბგერითი ტალღები აირეკლება. თუ ორივე გარემოს გარდატეხის მანვერებელი ერთნაირია, მაშინ ტალღა საერთოდ არ აირეკლება.

ულტრაბგერითი გარდამსახები. მოწყობილობას, რომლის საშუალებითაც ენერგიის რომელიმე სახე (ჩვეულებრივ, ელექტრული ენერგია)* გარდაიქმნება ულტრაბგერით ტალღებად, ეწოდება ულტრაბგერითი გარდამსახი. ულტრაბგერით გარდამსახებს მიეკუთვნება: პიესოელექტრული, მაგნიტოსტრიქციული და ელექტრომაგნიტური გარდამსახები. ბეტონის სიმტკიცის ულტრაბგერითი კონტროლის მოწყო-

* ულტრაბგერა შეიძლება მიღებული იქნეს მექანიკური ხელსაწყოებითაც. ულტრაბგერის მექანიკური მამსხივებელის უმარტივეს ტიპს მიეკუთვნება სასტენი და სირენა.

ბილობებში, სვეულებრივ, გამოიყენება პიესოელექტრული და მაგნიტოსტრიქციული გარდამსახები.

პიესოელექტრული გარდამსახი მსადღებდა კვარცისაგან, სეგნეტის მარილისაგან (ბუნებრივი მასალები), ბარიუმის ტიტანატისაგან, კალციუმის ტიტანატისაგან ან ტურმალინისაგან (ხელოვნური მასალები). პიესოელექტრული გარდამსახის მოქმედების პრინციპი დამყარებულია პირდაპირ და უკუ პიესოელექტრულ ეფექტზე. ცნობილია, რომ ზოგიერთი კრისტალი გაჭიმვის ან კუმშვის შემთხვევაში თავისივე ზედაპირზე წარმოქმნის მოდებული ძაღვის პროპორციულ მუხტებს (პირდაპირი პიესოეფექტი); კრისტალზე ძაღვის მოდების შემთხვევაში კრისტალში წარმოიშეება ძაღვის პროპორციული დეფორმაცია (უკუპიესოეფექტი).

პიესოელექტრული ელემენტის დეფორმაციის სიდიდე

$$\Delta x = \alpha \cdot U, \quad (2.53)$$

სადაც α არის პიესოელექტრული მოდული;

U – მოდებული ძაღვის სიდიდე.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მასალაზე (პიესოეფექტის თვისებით) მოქმედებს ცვლადი ელექტრული ველი, კრისტალში აღძრული დეფორმაციაც ცვლადი იქნება. ცვლადი დეფორმაცია წარმოშობს კრისტალის პერიოდულ რხევას. თუ ელექტრული ველის სიხშირე ულტრაბგერითი ტალღების დიაპაზონშია, მაშინ კრისტალში აღძრული რხევებიც ულტრაბგერითი სიხშირისა იქნება. პიესოელექტრული ეფექტის სიდიდე და ხასიათი დამოკიდებულია მექანიკური დატვირთვის ან კრისტალზე ელექტრული ველის მოდების მიმართულებაზე* მაქსიმალურ ეფექტს ადგილი აქვს რეზონანსის მომენტში, ე.ი. როდესაც ელექტრული ველის ცვალებადობის სიხშირე ემთხვევა პიესოელემენტის დრეკადი რხევების საკუთარ სიხშირეს. პიესოელექტრული კრისტალების რხევის სიხშირემ შეიძლება მიაღწიოს -10^8 კჰმდე.

კრისტალის ფინის საკუთარ სიხშირეს, ფინის სისქესა და მასში ბგერის გავრცელების სიჩქარეს შორის არსებობს შემდეგი დამოკიდებულება

* კრისტალების პიესოეფექტი დამოკიდებულია აგრეთვე ტემპერატურაზე. კვარცის კრისტალებისათვის პიესოეფექტი ეცემა ტემპერატურის აწევისას 200°C -ზე ზევით, ხოლო სეგნეტის მარილის კრისტალებისათვის -50°C -ზე ზევით.

$$f_0 = \frac{C}{2\lambda}, \quad (\lambda = 2l), \quad (2.54)$$

სადაც f_0 არის ფირფიტის რხევის საკუთარი სიხშირე, კმ/წ.

პრაქტიკაში გავრცელებულია ნახევარტალღური მამსხივებელი, რომელიც წარმოადგენს ბარიუმის ტიტანატისაგან დამზადებულ ფირფიტას, ტალღის ნახევარი სიგრძის ტოლი სისქით. ფირფიტა ირხევა ძირითად სიხშირეზე.

ნახევარტალღური მამსხივებელის უსუსტი ანგარიშისათვის სარგებლობენ ფორმულით

$$f = \frac{K}{d}, \quad (2.55)$$

სადაც f არის ფირფიტის რხევის სიხშირე, კმ/წ;

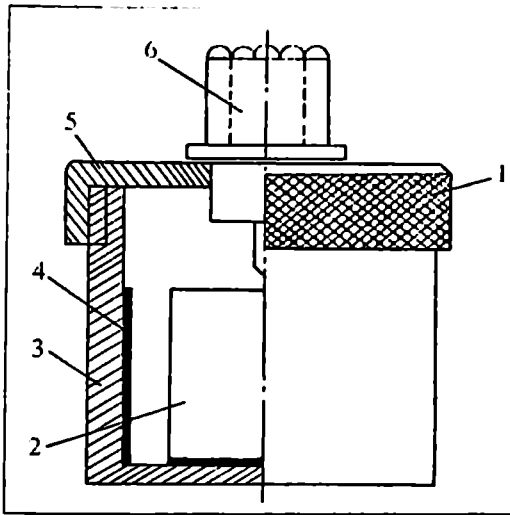
d – ფირფიტის სისქე, მმ.

K – მამსხივებელი მუდმივა, კმ/წ მმ (კვარცისათვის $K=2280$; სეგნეტის მარილისათვის $K=1540$; ბარიუმის ტიტანატისათვის $K=2200$).

2.45 ნახაზზე გამოსახულია პიესოელექტრული გარდამსახის ჭრილი. გარდამსახის 40 მმ დიამეტრის ლითონის კორპუსი (1) წარმოადგენს ჭიქას (3) დასახრახნი სახურავით (5). სახურავზე ეპოქსიდური წებოთი დაწებებულია პაკეტი (2) სეგნეტის მარილის ან ბარიუმის ტიტანატისაგან დამზადებული ფინებით. ჭიქის შიდა კედელი იზოლირებულია სამხილოებელი შუასადებით (4). კორპუსის დასახრახნი სახურავზე მაგრდება მაღალი სიხშირის გასართი (6). ჭიქაში ისხმება სალაფის ზეთი.

მძლავრი ულტრაბგერითი იმპულსების მისაღებად გამოიყენება მაგნიტოსტრიქციული გარდამსახები. გარდამსახის მუშაობას საფუძვლად უდევს მაგნიტოსტრიქციული ეფექტი, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: თუ ფერომაგნიტური მასალისაგან დამზადებულ ფინს მოვათავსებთ მაგნიტურ ველში, მაგნიტური ველის გავლენით ფინის ზომები შეიცვლება. პირიქით, ფერომაგნიტური ფინის ზომების შეცვლა გარეგანი ძალების მოქმედებით იწვევს ფინის მაგნიტური თვისებების შეცვლას.

კარგად გამოხატული მაგნიტოსტრიქციული თვისებები გააჩნიათ სუფთა ნიკელს, რკინისა და კობალტის შენადნობს.



ნახ.2.45. ულტრაბგერითი პიეზოელექტრული გარდამსახის კონსტრუქცია

მაგნიტოსტრიქციული გარდამსახები მუშაობენ მაღალი ტემპერატურების პირობებში (კიურის წერტილამდე), რის გამოც მათი გამოყენება ხელსაყრელია რკინაბეტონის ნაკეთობათა თბო-ტენიანობითი დამუშავების კონტროლისა და მართვის ავტომატურ მოწყობილობებში.

ცნობილია, რომ მაგნიტოსტრიქციული მასალების მაგნიტური თვისებები ტემპერატურის ზრდასთან ერთად სუსტდება. კიურის წერტილში მაგნიტური თვისებები საერთოდ ქრება (ნიკელისათვის, მაგალითად, კიურის წერტილის ტემპერატურა ტოლია 360°C -ისა).

თუ ცვლადი დენის მიერ შექმნილ მაგნიტურ ველში მოვათავსებთ ნიკელის ღეროს, ცვლადი მაგნიტური ველის გავლენით ნიკელის ღეროს სიგრძე პერიოდულად შეიცვლება, ე.ი. ღერო დაიწეებს რხევას. მექანიკური დეფორმაციების გაზრდის მიზნით დამატებით შეყავთ მუდმივი შემაგნიტება.

ამგზნები ველის სიხშირისა და ღეროს დრეკადი რხევის საკუთარი სიხშირის თანმთხვევისას, ე.ი. რეზონანსის შემთხვევაში რხევის ამპლიტუდა იქნება მაქსიმალური და ღეროს ბოლოები დაიწეებენ ბგერითი რხევების გამოსხივებას.

ღეროს რხევის საკუთარი სიხშირე (პ(ვ) გამოითვლება ფორმულით:

$$f_k = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (2.56)$$

სადაც l არის ღეროს სიგრძე, სმ-ობით;

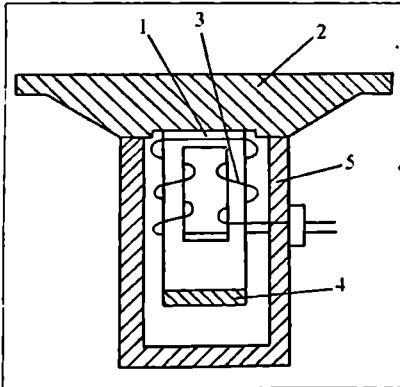
E – დრეკადობის მოდული;

ρ – ღეროს მასალის სიმკვრივე.

მოცემული მასალისათვის დამახასიათებელ მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს ნამრავლი $f_k \cdot l$. მაგალითად, თუ 10 სმ სიგრძის ნიკელის ღეროს შემთხვევაში $f_k \cdot l = 252400$ კ/ც სმ, მისი რხევის საკუთარი სიხშირე შეადგენს 25,24 კ/ც (ნიკელისათვის $\rho = 8.88$ გ/სმ³, $E = 22.63 \cdot 10^{11}$).

მაგნიტოსტრიქციული ვიბრატორების გულარები მზადდება სხვადასხვა კონსტრუქციისა. გავრცელებულია ღეროს ან ჩაკეტილი ფორმის გულარი, რომელიც შედგება 0,1-0,3 მმ სისქის ცალკეული ფინებისაგან (გრიგალურ დენებზე დანაკარგების შემცირების მიზნით). გულარის ღეროებზე დახვეულია გრაგნილი, შესაბამისი სიხშირის ცველადი დენისათვის.

2.46 ნახაზზე წარმოდგენილია მაგნიტოსტრიქციული გარდამსახის სქემატური გამოსახულება. აღნიშნული გარდამსახი გამოიყენება ბეტონის სიმტკიცის გამოსაკვლევე მოწყობილობაში. იგი შედგება ორღეროვანი პაკეტისაგან (1), რომელიც წარმოადგენს მაგნიტოსტრიქციულ ელემენტს; დიაფრაგმისაგან (2), გრაგნილისაგან (3), რეზინის ეკრანისაგან (4) და ცილინდრის კორპუსისაგან (5).



ნახ.2.46. მაგნიტოსტრიქციული გარდამსახის კონსტრუქცია

გამსხივებლის ეფექტური გამოყენება ხორციელდება 70-80 კ/ც სიხშირეების დროს.

§13. ზემოაღალი სიხშირის გარდამსახევი

ზემაღალი სიხშირის რადიოტალღები წარმოადგენენ ელექტრომაგნიტურ რხევებს ტალღის სიგრძით 30 სმ-დან 1 სმ-მდე, სიხშირით 10^9 ჰც-დან $3 \cdot 10^{10}$ ჰც-მდე. ზემოაღალი სიხშირის გარდამსახევის მუშაობა დამყარებულია სანტი-მეტრული დიაპაზონის რადიოტალღებისა და გასაზომი ობიექტის ურთიერთქმედებაზე.

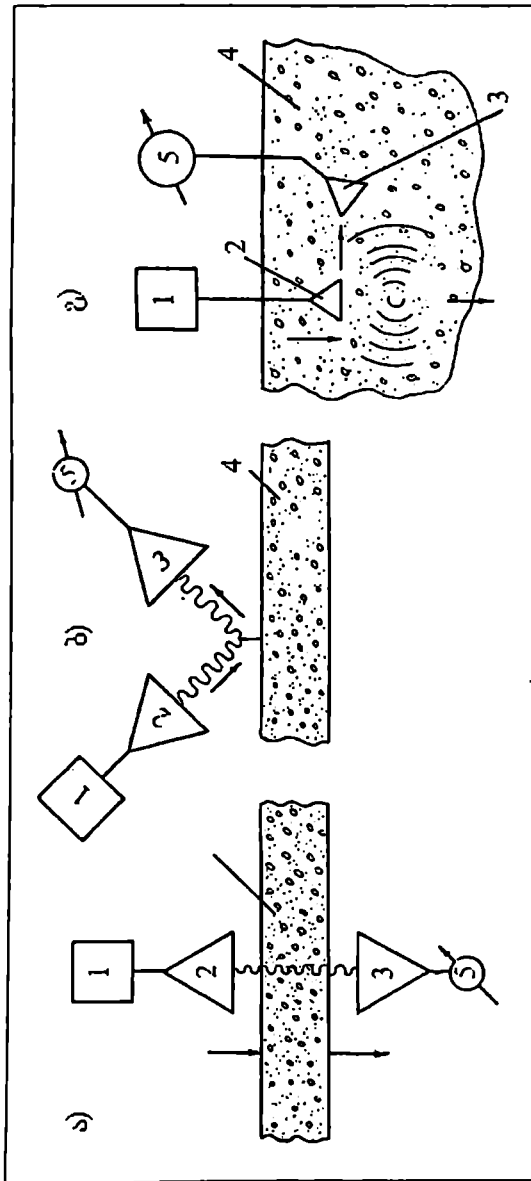
სპეციალური ანტენების საშუალებით რადიოტალღების დაფოკუსება წარმოებს ვიწრო კონებად. რადიოტალღების გენერაცია ხორციელდება რადიონათურებითა და სპეციალური ელექტრონული ხელსაწყოების საშუალებით. ზემოაღალი სიხშირის ენერჯის გადაცემა ხორციელდება ტალღასატარებთ, რომლებიც წარმოადგენენ ტალღის სიგრძის შესაბამისი ზომების მქონე მრგვალი ან სწორკუთხა კვეთის ღრუ გამტარებს.

2.47 ნახაზზე ნაჩვენებია ზემოაღალი სიხშირის გარდამსახის მუშაობის სქემები. გარდამსახი შედგება ზემოაღალი სიხშირის გენერატორისაგან (1), გადამცემი (2) და მიმღები (3) ანტენებისაგან და მარეგისტრირებული მოწყობილობისაგან (5). გადამცემი და მიმღები ანტენებს შორის სივრცეში თავსდება გამოსაკვლევი ნაკეთობა (4).

ზემაღალი სიხშირის რადიოტალღების მიერ დისკრეტული მაკროსტრუქტურის მასალებში (სამშენებლო მასალებში) გავლის შედეგად, წარმოებს ზმს რადიოტალღების ენერჯის შთანთქმა, რომლის ნაწილიც იხარჯება მასალის გახურებაზე. მასალის არაერთგვაროვნება იწვევს რადიოტალღების განხევას. ზმს რადიოტალღების არეკვლისას მასალის ზედაპირიდან არეკლილი ტალღის ამპლიტუდა დამოკიდებულია გამოსაკვლევი ნაკეთობის (მასალის) სტრუქტურულ და გეომეტრიულ მახასიათებლებზე.

თუ გაეზომიანთ ნაკეთობაზე დაცემული, მასში გაეკლილი ან არეკლილი რადიოტალღების ინტენსივობებს, შეიძლება განესაზღვროთ გასაზომი ობიექტის გეომეტრიული, ელექტროფიზიკური და სტრუქტურული თვისებები.

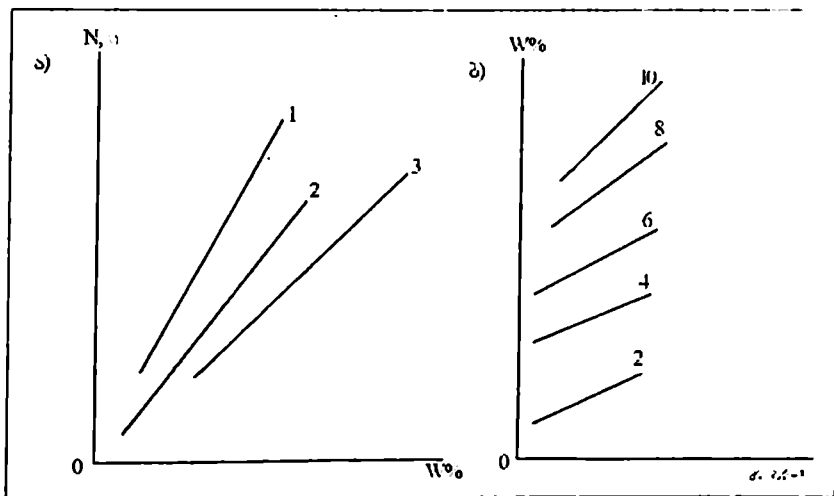
ზმს გარდამსახევის საშუალებით შეიძლება დავადგინოთ სამშენებლო მასალების ტენიანობა.



ნახ.2.47. ზემოაღნიშნული სისტემის (ზმს) გარდამსახების მუშაობის სქემები: ა) მასალაში რადიოტალღების გავლის პრინციპის მიხედვით; ბ) სხვადასხვა გარემოს გამყოფი საზღვრიდან არეკვლის პრინციპის მიხედვით; ვ) გაბნევის პრინციპის მიხედვით

ტენიანობის განსაზღვრისას არეკლილი ტალღის მეთოდით, დგება ტარირებული დამოკიდებულება არეკლილი ტალღის ამპლიტუდასა და მასალის ტენიანობას შორის, რომელიც ხასიათდება მდგრადი კორელაციური კავშირით.

2.48,ა ნახაზზე წარმოდგენილია ზმს ენერჯის შთანთქმის დამოკიდებულება სხვადასხვა საშენი მასალის ტენიანობაზე, ხოლო 2.48ბ ნახაზზე – ბეტონის ნარევის სიმკვრივის დამოკიდებულება სხვადასხვა სიდიდის ტენიანობაზე (ტალღის სიგრძე $\lambda=3$ სმ).



ნახ.2.48. ზმს რადიოტალღების შესუსტების სიდიდის დამოკიდებულება საშენი მასალის ტექნოლოგიური პარამეტრებისაგან: ა) ქვიშის ტენიანობისაგან – 1; ბეტონის ტენიანობისაგან – 2; მერქნის ტენიანობისაგან – 3. ბ) სხვადასხვა ტენიანობის მქონე ბეტონის ნარევის სიმკვრივისაგან [1]

ზმს გარდამსახების საშუალებით შეიძლება განხორციელდეს ბეტონის გამკვრივების პროცესის ავტომატური მართვა, ცემენტის ჰიდრატაციის დროს ტენით შეკავშირების პროცესის კონტროლის საშუალებით.

§14. მანძილის გარდამსახეები (დისტანციური მართვის საშუალებანი)

1. ზოგადი ცნობები

მანძილის გარდამსახეები შეიძლება იყოს წყვეტილი ან უწყვეტი მოქმედების, ახლო მანძილზე და შორ მანძილებზე მოქმედი. როდესაც საქმე გვაქვს ათეულ და ასეულ კილომეტრზე სიგნალების გადაცემის აუცილებლობასთან, მაშინ მანძილის გარდამსახეებად გამოიყენება რადარები.

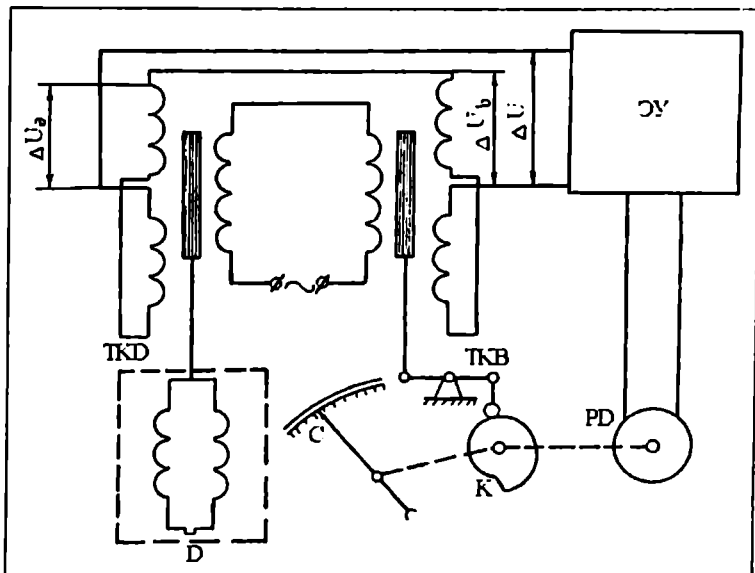
ავტომატიკის ელექტრომექანიკურ მოწყობილობებში ფართოდ გამოიყენება კუთხური გადაადგილების დისტანციური გადაცემის სისტემები და მოთვალთვალე სისტემები.

დისტანციური გადაცემის სისტემის ძირითადი ელემენტებია: პირველადი ხელსაწყო (გარდამსახე) – გადასაცემი კუთხის ამთვისებელი კაეშირგაბმულობის ხაზი და მეორეული ხელსაწყო (მიმღები) – გადასაცემი კუთხის აღმწარმოებელი. თუ საჭიროა გადაცემის დიდი სიხუსტის უსრუნველყოფა ან დასაძლვეი წინაღობის მომენტის სიდიდე მიმღების ღერძზე მნიშვნელოვანია, გამოიყენება კუთხური გადაადგილების დისტანციური გადაცემის სისტემა მაძლიერებელი ელემენტებით, ანუ ე.წ. მოთვალთვალე სისტემა. მაგალითად, ნებისმიერი სახის მანომეტრი წნევის გასომვის ადგილიდან შეიძლება დაყენებულ იქნეს არაუმეტეს 50 მ მანძილზე. დისტანციის შემდგომი გასრდა მაძლიერებელი ელემენტების გამოუყენებლად იწვევს გასომვის სიხუსტის დაქვეითებას ხელსაწყოს წვენების დაგვიანების გამო, რაც დაუშვებელია სწრაფად მიმდინარე პროცესების კონტროლის დროს. ამიტომ, მანომეტრის წვენების გადასაცემად 50 მ-ზე მეტ მანძილზე გამოიყენება მანომეტრები პირველადი ხელსაწყოდან მეორეულ ხელსაწყოზე წვენებების გადამცემი ელექტრული ან პნევმატური სისტემებით. პირველად ხელსაწყოში (გარდამსახე) გასასომი წნევა გარდაიქმნება წნევის პროპორციულ ელექტრულ ძაბვად, ღენის ძაღლად ან კუმშული ჰაერის წნევად, რომელიც იწვევს მეორეული ხელსაწყოს (მიმღები) ისრის გადაადგილებას. მეორეულ ხელსაწყოს გაანხია გარდამსახის სკალის ანალოგიური სკალა.

დისტანციური მართვის აღნიშნული სისტემები გამოიყენება სამშენებლო მანქანებისა და სამშენებლო წარმოების პროცესების ავტომატიზაციისათვის.

2. დისტანციური გადაცემის დიფერენციალურ-ტრანსფორმატორული სისტემა

გადაცემის დიფერენციალურ-ტრანსფორმატორული სისტემა შედგება მიმდევრობით შეერთებული ორი ტრანსფორმატორული კოჭასაგან, რომელთაგან ერთი TKD მოთავსებულია პირველად ხელსაწყოში, მეორე კი TKB მეორეულში (ნახ.2.49).



ნახ.2.49. ჩვენებების გადაცემის დიფერენციალურ-ტრანსფორმატორული სისტემის სქემა

ორივე ტრანსფორმატორული კოჭა მომარაგებულია პირველადი და მეორეული გრაგნილებით. პირველადი გრაგნილი განლაგებულია კოჭას მთელ სიგრძეზე, მეორეული შედგება თანაბარი რაოდენობის ხვეულებიანი ორი სექციისაგან, რომლებიც ჩართულია ურთიერთ შემხვედრად. პირველადი გრაგნილების კვება წარმოებს ცვლადი დენით, ელექტრონული გამაძლიერებლის ბლოკში შემავალი ძალის ტრანსფორმატორიდან. თითოეულ კოჭაში მოთავსებულია რბილი რკინის გულარი (პლუნჟერი), რომლის სიგრძე ნაკლებია კოჭის სიგრძეზე. სისტემაში შედის ელექტრო-

ნული მაძლიერებელი (ЭУ), ორფაზა ასინქრონული (რევერსიული) ელექტროძრავი (PD) მეორეული კოჭას გულარის გადაადგილებლად (K) მუშტას საშუალებით და პირველადი ხელსაწყოს საზომი სისტემა (Π). ელექტროძრავის გამოსავალი ღილვთან დაკავშირებულია მანვენებელი ისარი და თვითნამწერი მოწყობილობა (C). როდესაც კოჭას გულარი იმყოფება ნეიტრალურ (შუალებად) მდგომარეობაში, მეორეული გრაგნილის თითოეულ სექციაში აღძრული ინდუქციური ემ ძალები e_1 და e_2 იქნება თანატოლი და ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მიმართული. ამიტომ მეორეული გრაგნილების სექციების საწყისებს შორის ძაბვა იქნება ნულის ტოლი, ე.ი.

$$e_1 - e_2 = 0.$$

თუ პირველადი კოჭას გულარი გადაადგილდება ნეიტრალური მდებარეობიდან, მეორეული გრაგნილების სექციების გამჭოლი მაგნიტური ნაკადი სხვადასხვა იქნება თითოეული სექციისათვის, რის გამოც სექციებში ინდუქცირებული ემმ იქნებიან განსხვავებულნი და სექციების საწყისებს შორის წარმოიშობა ΔU_{Π} ძაბვა.

$$\Delta U_{\Pi} = e_1 - e_2.$$

ანალოგიურად, მეორეული კოჭას გულარის გადაადგილებისას ნეიტრალური მდებარეობიდან, სექციების საწყისებს შორის წარმოიშობილი ძაბვის სიდიდე

$$\Delta U_{B} = e_3 - e_4,$$

სადაც e_3 და e_4 მეორეული კოჭას სექციებში აღძრული ემმ-ია. თუ ორივე კოჭას გულარები გადაადგილდება ნეიტრალური მდებარეობიდან თანაბარ მანძილებზე, მაშინ სისტემა მშვიდ მდგომარეობაში იქნება.

$$\Delta U_{\Pi} - \Delta U_{B} = \Delta U = 0.$$

ერთ-ერთი გულარის გადაადგილებისას ნეიტრალური მდგომარეობიდან მეორეული გრაგნილის თითოეულ სექციაში ინდუქცირებული ემ ძალები სიდიდით განსხვავებულნი იქნებიან, გამოიწვევება სიგნალი, რომელიც გაუტოლდება ძაბვის სხვაობას Π გარდამსახსა და მეორეულ ხელსაწყოს TKB შორის.

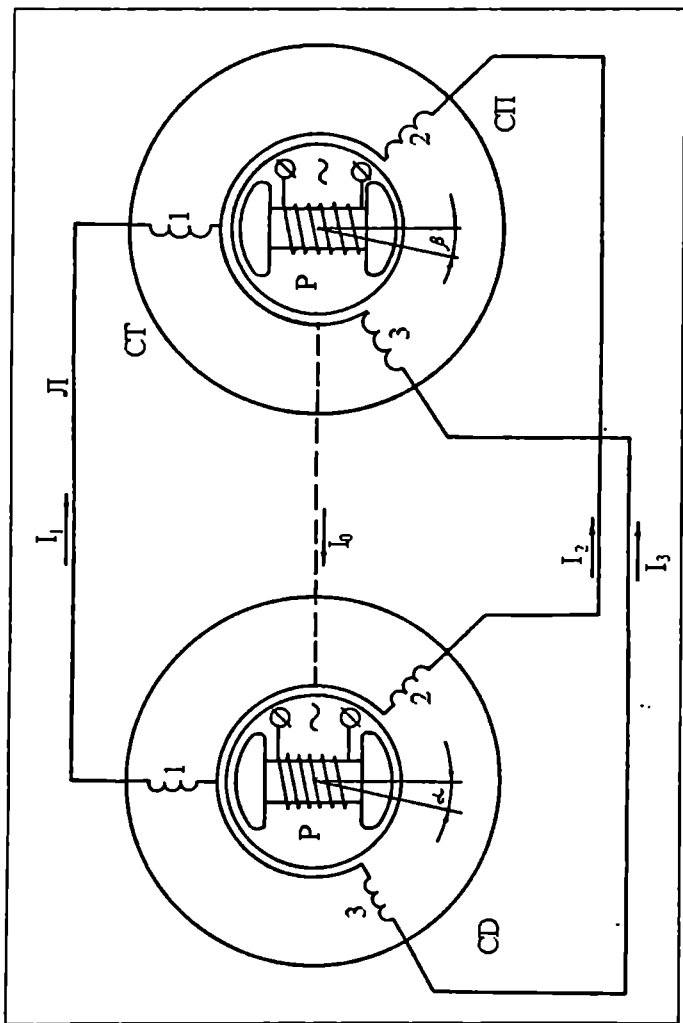
$$\Delta U = \Delta U_{\Pi} - \Delta U_{B}.$$

გამომუშავებულ სიგნალს, გაძლიერებულს ელექტრონული მაძლიერებლით (ЭУ), მოყავს მოქმედებაში რევერსიული ძრავი (PD), რომელიც აბრუნებს პროფილიან მუშტას (K), გადაადგილებს მანქანებულ ისარს (C) და ფრთას (კალამს). პროფილიანი მუშტა ბერკეტის საშუალებით გადაადგილებს მუშა ინდექცირ კოჭას (მეორეული ხელსაწყო) გულარს მანამ, ვიდრე ის არ დაიკავებს გარდამსახის გულარის ანალოგიურ მდებარეობას. ამრიგად, პირველადი ხელსაწყო (გარდამსახის) გულარის ნებისმიერ მდებარეობას, რომელიც განისაზღვრება გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობით, შეესაბამება მეორეული ხელსაწყო გულარის გარკვეული მდებარეობა. გასაზომი სიდიდის ფიქსირება წარმოებს მანქანებელი ისრით, ხოლო მისი ნაწერა – დისკოსმაგვარ დიაგრამაზე ფრთით. დიაგრამას აბრუნებს სინქრონული ძრავი.

3. დისტანციური გადაცემის სელსინური სისტემა

კუთხური გადაადგილების გადაცემის სელსინური სისტემის მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს გარდამსახის სამ გრაგნილში ინდექცირებული ცვლადი ემმ გადანაწილებაში.

სელსინი წარმოადგენს მცირე ზომის ელექტრულ მანქანას, რომელიც შედგება უძრავი (სტატორი (CT) და მოძრავი (როტორი (P) ნაწილებისაგან. სტატორში გვაქვს სამი გრაგნილი, რომელთა ფაზებიც ერთმანეთთან ადგენენ 120° კუთხეს. გრაგნილების შეერთება შეიძლება შესრულდეს ვარსკვლავის ან სამკუთხედის სქემით (2.50 ნახაზზე ნაჩვენებია ფაზების შეერთება ვარსკვლავის სქემით). როტორს გაანინია მხოლოდ ერთი გრაგნილი, რომელიც ქმნის როტორის ღერძის პერპენდიკულარულ მაგნიტურ ველს. ცვლადი დენის მკევაბეი ძაბვა ამ გრაგნილის გამომყვანებთან მიერთებულია ორი რგოლით, რომლებთანაც მჭიდროდ არის მიჭერილი ორი მუსი. შესაძლებელია სელსინური წყვილის მუშაობა ინდიკატორულ და ტრანსფორმატორულ რეჟიმებზე. ინდიკატორული სელსინური გადაცემის სქემა ნაჩვენებია 2.50 ნახაზზე.



ნახ.2.50. კუთხური გადაადგილების დისტანციური გადაცემის სელსინური სისტემის სქემა

სელსინი მუშაობს შემდეგნაირად: როტორის წრედში ჩართული ცალფაზა ცველადი დენი წარმოქმნის მასში ცველად მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც სტატორის გრანულების ფაზების გადაკვეთისას აღძრავს მათში ცველადი დენის ემ ძალებს, რომელთა სიხშირეც ტოლია მკეცებაეი ძაბვის სიხშირისა. სტატორის ფაზაში ინდუქციურებული ემპ

სიდიდე დამოკიდებულია როტორის მდებარეობაზე და მის მაგნიტურ ნაკადზე. ასე მაგალითად, თუ როტორის ღერძი ემთხვევა სტატორის ერთ-ერთი ფაზური გრაგნილის ღერძს, მასში აღძრული ემმ მაქსიმალური იქნება. თუ როტორს შუამოვებრუნებთ 90° -ით, ფაზურ გრაგნილში ემმ არ აღიძვრება. ხოლო თუ როტორს შემოვებრუნებთ იმავე მიმართულებით კიდევ 90° -ით, ემმ კვლავ მაქსიმალური გახდება, მხოლოდ შეიცვლის ნიშანს. შეიძლება დაეუქმეთ, რომ გარდამსახის სტატორის ფაზურ გრაგნილებში აღძრული ემმ პროპორციულია გრაგნილებისა და როტორის ღერძებს შორის შექმნილი კუთხეების კოსინუსებისა, ე.ი.

$$\left. \begin{aligned} E'_{1n} &= E_{\max} \cdot \cos \alpha; \\ E'_{2n} &= E_{\max} \cdot \cos(\alpha + 120^{\circ}); \\ E'_{3n} &= E_{\max} \cdot \cos(\alpha + 240^{\circ}). \end{aligned} \right\} \quad (2.57)$$

ემმ განტოლებათა სისტემა სელსინ მიმღებისათვის:

$$\left. \begin{aligned} E_{1n} &= E_{\max} \cdot \cos \beta; \\ E_{2n} &= E_{\max} \cdot \cos(\beta + 120^{\circ}); \\ E_{3n} &= E_{\max} \cdot \cos(\beta + 240^{\circ}). \end{aligned} \right\} \quad (2.58)$$

სადაც $E'_{1n}, E'_{2n}, E'_{3n}, E_{1n}, E_{2n}, E_{3n}$, არის ემმ სელსინ გარდამსახისა და სელსინ მიმღების სტატორების ფაზურ გრაგნილებში;

E_{\max} - ემმ მაქსიმალური მნიშვნელობა ფაზურ გრაგნილში;

α - სელსინ გარდამსახის ღერძის მობრუნების კუთხე;

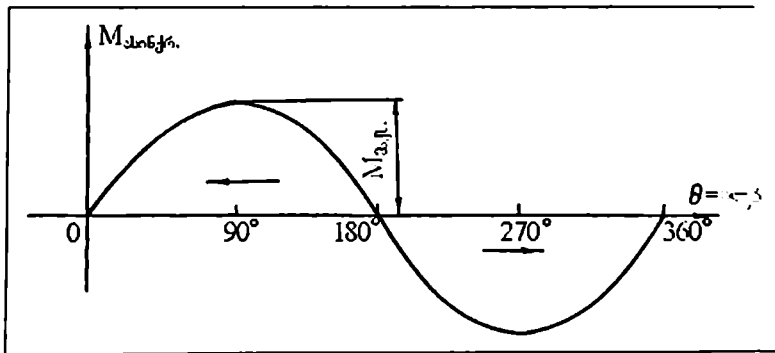
β - სელსინ მიმღების ღერძის მობრუნების კუთხე.

ინდიკატორულ რეჟიმში სელსინ გარდამსახისა და სელსინ მიმღებისათვის ყოველთვის $E'_n = E_n$, ამიტომ, თუ $\alpha = \beta$ (2.57) და (2.58) განტოლებათა სისტემის მიხედვით $\Delta E = E'_{1n} - E_{1n} = 0; E'_{2n} - E_{2n} = 0; E'_{3n} - E_{3n} = 0$. ამრიგად, როდესაც $\alpha = \beta$ მასინქრონებული მომენტები არ არსებობს. თუ გარდამსახის როტორს გადავიყვანთ სხვა მდგომარეობაში (შევცვლით α) და მას ასე დავამაგრებთ (დავამუხრუჭებთ),

მაშინ $\theta = \alpha - \beta \neq 0$ და სამფაზა გრაგნილების ხაზოვან სადენებში გაივლის მათანაბრებელი დენები, რადგან $\Delta E \neq E'_n \neq E_n$. მათანაბრებელი დენებით გამოწვეული ნაკადებისა და როტორის მაგნიტური ნაკადის ურთიერთქმედების შედეგად გარდამსახისა და მიმღების ლილეკებზე წარმოიქმნება მასინქრონებული მომენტები. მასინქრონებული მომენტის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით

$$M_{\text{სინქრ}} = M_{\text{max}} \cdot \sin \theta. \quad (2.59)$$

მასინქრონებული მომენტის დამოკიდებულება θ კუთხესთან წარმოდგენილია 2.51 ნახაზზე. გრაფიკის ანალიზი გვჩვენებს, რომ როდესაც θ იცვლება 0° -დან 260° -მდე, სისტემას გააჩნია წონასწორობის ($M_{\text{სინქრ}} = 0$) ორი მდგომარეობა: როცა $\theta = 0$ და $\theta = 180^\circ$. წონასწორობის მდგომარეობა, როდესაც $\theta = 360^\circ$, შეესაბამება $\theta = 0^\circ$, ვინაიდან ერთი სრული ბრუნვის შემდეგ როტორი უბრუნდება საწყის მდგომარეობას. $\theta = 180^\circ$ შეესაბამება სისტემის არამდგრად მდგომარეობას, რომელშიც სელსინის როტორს შეჩერება არ შეუძლია. როგორც კი კუთხე θ გახდება 180° -ზე ოდნავ მეტი ან ნაკლები, წარმოიქმნება მასინქრონებული მომენტი, რომელიც აიძულებს სელსინის როტორს დაბრუნდეს საწყის მდგომარეობაში. ვინაიდან სელსინ მიმღების როტორი დამუხრუჭებული არ არის, იგი შემობრუნდება და მიიღებს სელსინ გარდამსახის როტორის მდებარეობას, რომლის დროსაც $\theta = \alpha - \beta = 0$.



ნახ.2.51. მასინქრონებული მომენტის სტატიკური მახასიათებელი

(2.57) და (2.58) განტოლებათა სისტემიდან გამომდინარეობს, აგრეთვე, რომ გარდამსახის როტორის ერთი შემობრუნების ფარგლებში α კუთხის ნებისმიერ მნიშვნელობას შეესაბამება სელსინ მიმღების როტორის ერთი გარკვეული მდებარეობა, რომლის დროსაც ადგილი არ ექნება მათანაბრებელი დენებისა და, მაშასადამე, მასინქრონებული მომენტების წარმოქმნას. ამ მოვლენას თვითსინქრონიზაცია ეწოდება. თვითსინქრონიზაციის მოვლენის გარდა, სელსინებისათვის ინდიკატორული სისტემის გამოყენებას ის დადებითი თვისება გააჩნია, რომ მასინქრონებული მომენტის სიდიდე დამოკიდებულია მხოლოდ θ კუთხეზე და არ არის დამოკიდებული სელსინ გარდამსახისა და სელსინ მიმღების როტორების მდებარეობაზე საწყისი მდგომარეობის მიმართ.

სელსინ გარდამსახისა და სელსინ მიმღების გარდა, დისტანციურ გადამცემებში გამოიყენება სელსინ დიფერენციალები. სელსინ დიფერენციალი წარმოადგენს მანქანას სამფაზა სტატორითა და სამფაზა როტორით. მისი ჩართვა ხდება სელსინ გარდამსახისა და სელსინ მიმღებს შორის. დიფერენციალური სელსინ მიმღების საშუალებით შეიძლება გაიზომოს ორი სელსინ გარდამსახის მობრუნების ალგებრული ჯამი.

სამამულო მრეწველობა უშვებს სელსინებს სხვადასხვა სიხშირის მქვებაე ძაბვაზე – 50-დან 500 კერცამდე.

განხილული სახის სელსინებს გარდა, ხშირად გამოიყენება უკონტაქტო სელსინებიც, რომელთა კონსტრუქციებიც დამუშავებულია ცნობილი მეცნიერების – ა.გ. იოსიფიანოვისა და დ.გ. სვერჩარნიკის მიერ. უკონტაქტო სელსინის როტორს არ გააჩნია გრაგნილი და, მაშასადამე, დენმიმყვანი რგოლებიც, რაც ზრდის მათი მუშაობის საიმედოობას. უკონტაქტო სელსინები შექმნილია სპეციალური კონსტრუქციის როტორისა და სტატორის საფუძველზე.

მასინქრონებული მომენტისა და სიმძლავრის თანაბარი მნიშვნელობების დროს უკონტაქტო სელსინის სომები და წონა მეტი გამოდის კონტაქტებიან სელსინთან შედარებით. უკონტაქტო სელსინები გამოიყენება ძირითადად დიდი სიზუსტის გამზომ გადაცემებში.

დისტანციური გადაცემის სელსინური სისტემების გამოყენების შემთხვევაში შეიძლება შესრულდეს შემდეგი ოპერა-

(კოეპი: გადაეცეს ბრუნვის სინქარე (განხორციელდეს სინქრონულობა), მობრუნების კუთხე (განხორციელდეს სინფაზურობა), ბრუნვის სინქარე და მობრუნების კუთხე ერთდროულად.

4. სასიგნალო მოწყობილობანი

სამშენებლო პროცესების ავტომატიზაცია გამოირიცხავს ოპერატორის მუდმივ მეთვალყურეობას საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოების წყნებაზე, რომლებიც კოორდინაციას უწყვენ ცალკეული მანქანებისა და ტექნოლოგიური საამქროების მუშაობას. ძირითადი გასაზომი პარამეტრების რეგულირება და მართვა სრულდება ავტომატურად. ტექნოლოგიური პროცესის ან სამშენებლო მანქანის ავტომატური რეგულირებისა და მართვის პროცესში სოგაერთი დანადგარის ან მოწყობილობის მუშაობის რეჟიმის დამახასიათებელმა სიდიდემ შეიძლება მიადწიოს ავარიულ მნიშვნელობას, რომელიც მოითხოვს ოპერატორის დაუყოვნებლივ რეაგირებას. ამ მიზნით ოპერატორის ყურადღების მისაქცევად გამოიყენება სხვადასხვა სასიგნალო მოწყობილობა. სასიგნალო მოწყობილობანი შეიძლება იყოს: ბგერითი, შუქის, ელექტრომაგნიტური და კომბინირებული. ბგერითი სიგნალისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ელექტრული სირენები და წვეულებრივი სარები, შუქის სიგნალებისათვის – ელექტრული ნათურები, რომლებიც მოთავსებულია ფერადი მინის ვასნებში. სტაბილური მწვანე ფერი წვეულებრივ მიუთითებს აგრეგატის ნორმალურ მუშაობაზე, სტაბილური წითელი ფერი – შესაბამისი აგრეგატის გაჩერებაზე. აგრეგატის მდგომარეობის შეცვლის შემთხვევაში ნათურა იწყებს ციმციმს, მაგრამ სხივის ფერი არ იცვლება. ამ დროს ირთება ბგერითი სიგნალიც და ა.შ. ელექტრომაგნიტური სიგნალებისათვის გამოიყენება ბლინკერები. ბლინკერი წარმოადგენს დისკოს, რომელსაც შეუძლია შემობრუნება ელექტრომაგნიტის საშუალებით. წვეულებრივ, ბლინკერები იღებება სხვადასხვაფრად.

ბაზოზომი სქემები

გარდამსახებიდან მიღებული ინფორმაცია 'მესაბამისად უნდა იქნას გადამუშავებული. ასეთი გადამუშავების ერთ-ერთ ამოცანას წარმოადგენს მიღებული სიგნალის სიდიდის განსაზღვრა – მისი გაზომვა, ე.ი. შედარება ეტალონთან. ასეთი ელემენტების როლს ასრულებენ ბაზოზომი სქემები.

ავტომატურ სისტემებში ყველაზე ფართოდ გამოიყენება მოწყობილობები ბაზოზომი სქემების სამი სახიდან ერთერთით: კომპენსაციური, ხილური, დიფერენციალური. სქემის კონკრეტული სახე განისაზღვრება გამოყენებული გარდამსახით (პირველადი გარდამქმნელით).

სქემების სამივე სახე აგებულია შედარების მეთოდით, რომელიც ხასიათდება თანმიმდევრობითი გარდაქმნების ორი ჯაჭვით, რომელთაგან ერთერთში ჩართულია მუშა გარდამქმნელი, ხოლო მეორეში – სანიმუშო. შედარების რგოლი (საერთო ორივე გარდამქმნელისათვის) გამოიმუშავებს სიგნალს, რომელიც შეესაბამება ეტალონისა და ფაქტიური მნიშვნელობების სხვაობას.

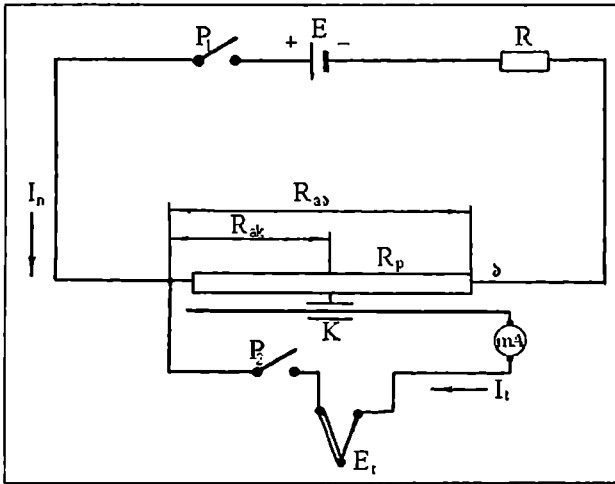
§1. ბაზოზომის კომპენსაციური სქემა

კომპენსაციური სქემები გამოიყენება გარდამსახებიდან ძაბვის შეცვლის სახით მიღებული სიგნალების გასაზომად. კომპენსაციურ სქემებს საფუძვლად უდევთ შედარების მეთოდი. ამ სქემების დამახასიათებელი ნიშანია გაზომვის მაღალი სიზუსტე.

ავტომატურ სისტემებში გამოყენებული საკომპენსაციო მოწყობილობები სრულდება ავტომატური გაწონასწორებით. ამ მოწყობილობებს ეწოდება მუდმივი ან ცვლადი დენის ავტომატური პოტენციომეტრები (კომპენსატორები). ამრიგად, გაზომვის კომპენსაციური ანუ პოტენციომეტრული მეთოდის პრინციპი მდგომარეობს განსასაზღვრავე ემმ გაწონასწორე-

* მესამე თავი დაწერილია რადიონიჟინერ ილია ბიჭიაშვილთან ერთად.

ბაში წინასწარ ცნობილ პოტენციალთა სხვაობით, რომელიც წარმოიქმნება დამხმარე დენის წყაროთი. 3.1 ნახაზზე წარმოდგენილია აღნიშნული მეთოდის გამარტივებული პრინციპული სქემა. სქემაზე აღნიშნულია: E - ემძ წყარო; R - მუდმივი წინაღობა; $R_p = R_{აბ}$ - რეოქორდის საერთო წინაღობა; $R_{აკ}$ - რეოქორდის წინაღობა ak უბანზე; k - ძერია; I_n - მკვებავე დენის ძალა; mA მილიამპერმეტრი; E_1 - გარდამსახის ემძ; I_1 - დენის ძალა გარდამსახიდან; P_1, P_2 - ამომრთველები.



ნახ.3.1. ემძ გაზომვის კომპენსაციური მეთოდის პრინციპული სქემა

რექორდას გააჩნია წინაღობის ხაზოვანი განაწილება. სიტყვა “რეოქორდა” ნიშნავს ხაზოვან წინაღობას. იგი მსადადება ერთნაირი განიეკეთისა და ხვედრითი წინაღობის მქონე ერთგვაროვანი გამტარისაგან. ამიტომ, რექორდას წინაღობა პროპორციულია მისი გამტარის სიგრძისა. თუ მოსრიალე კონტაქტს დაეუკავშირებთ ისარს, შეიძლება გამოვითვალოთ რეოქორდის ერთეულ სიგრძეზე ძაბვის ვარდნის სიდიდე მილივოლტებში, დაეიტანოთ სკალაზე ნიშნები მილივოლტებში ან ცველსიუსის გრადუსებში ($^{\circ}C$) და რეოქორდის ძერიას მდებარეობის მიხედვით განესაზღვროთ გარდამსახის ემძ. აღნიშნული მოსაზრება უდევს საფუძვლად გაზომვის კომპენსაციურ სქემას.

დავეუშვათ წრედში ნართული გარდამსახი წარმოადგენს თერმოწვეილს, რომლის ემპ უნდა განვსაზღვროთ. თუ დენის ძალა (E) ემპ წყაროდან არის (I_n), თერმოწვეილიდან (I_r), მაშინ წინაღობის (ak) უბანზე დენის ძალისათვის (I_{ak}) კირს-პოფის პირველი კანონის თანახმად, გვექნება

$$I_{ak} = I_n + I_r. \quad (3.1)$$

თუ გამოვიყენებთ $E_r = k - a - P_2$ კონტურისათვის კირსპოფის მეორე კანონს, მივიღებთ

$$E_r = I_r R_r + I_{ak} R_{ak}, \quad (3.2)$$

სადაც R_r არის თერმოწვეილის წინაღობა;

R_{ak} - რეოქორდის წინაღობის ნართული უბნის წინაღობა (მილიამპერმეტრისა და მიმყვანი სადენების წინაღობას უგუ-ღვებულევოფთ, რადგან გასომვის აღნიშნული სქემის შემ-თხვევაში ანათვალის აღება ხდება სრული კომპენსაციის დროს, როდესაც გასაზომ წრედში დენის ძალა ნულის ტოლია).

თუ გავითვალისწინებთ (3.2) გამოსახულებაში I_{ak} მნი-შენელობას (3.1) ტოლობიდან და განვსაზღვრავთ I_r -ს, გვექნება:

$$\begin{aligned} E_r &= I_r R_r + I_n R_{ak} + I_r R_{ak} = I_r (R_r + R_{ak}) + I_n R_{ak}; \\ I_r (R_r + R_{ak}) &= E_r - I_n R_{ak}. \\ I_r &= \frac{E_r - I_n \cdot R_{ak}}{R_r + R_{ak}}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

მოსრიადლე K კონტაქტის გადაადგილებით შეიძლება მივალწით მის ისეთ მდებარეობას რეოქორდაზე, რომ თერ-მოწვეილის წრედში გამავალი დენის ძალა იყოს ნულის ტოლი ($I_r = 0$).

(3.3) გამოსახულების თანახმად ეს შესაძლებელია, როდესაც

$$E_r - I_n R_{ak} = 0,$$

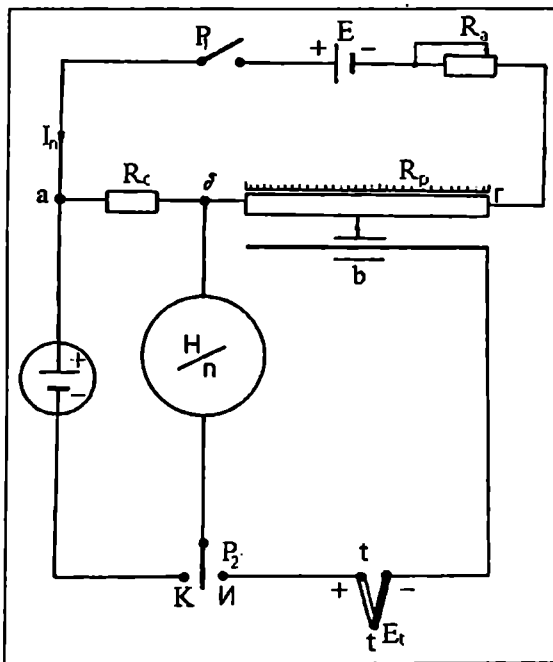
საიდანაც

$$E_r = I_n R_{ak} = U_{ak}. \quad (3.4)$$

მაშასადამე, თერმოწვეილის გასაზომი ემპ ტოლია $a(k)$ რეოქორდის უბანზე ძაბვის ვარდნისა. თუ ძვეებავი დენის ძალის სიდიდეს მუდმივად შევინარსუნებთ, ე.ი. $I_n = \text{const}$, მაშინ რეოქორდიდან მოხსნილი ძაბვის სიდიდე (U_{ak}) დამოკიდებული იქნება მხოლოდ რეოქორდას (ak) უბნის წინაღობაზე (R_{ak}).

ემმ გაზომვის მოყვანილი კომპენსაციური სქემა ვერ უსრუნველყოფს ემმ გაზომვის მაღალ სიზუსტეს, ვინაიდან მკვებავი დენის ძალის სიდიდეზე გავლენას ახდენს დენის წყაროს ემმ ცვალებადობა, რაც გამოწვეულია ელემენტის ძაბვის თანდათანობითი შემცირებით. თუ მკვებავი დენის ძალა (I_n) რეოქორდის ძვრისა ფიქსირებული მდებარეობის დროს არ იქნება მუდმივი, ცხადია, რეოქორდიდან მოხსნილი ძაბვის სიდიდე იქნება ცვალებადი, ხოლო გაზომილი ემმ – არასუსტი.

გასაზომ ტექნიკაში და ავტომატურ მოწყობილობებში ფართოდ არის გამოყენებული გაზომვის კომპენსაციური სქემა საკონტროლო წრედით (ნახ.3.2). საკონტროლო წრედის საშუალებით პერიოდულად ვაწარმოებთ მშრალი ელემენტის ძაბვის შედარებას ნორმალური ელემენტის ($H\Theta$) ძაბვასთან იმ მიზნით, რომ მაკომპენსირებელ რეოქორდაზე უსრუნველდეს მკვებავი დენის მუდმივობა.



ნახ.3.2. კომპენსაციური სქემა საკონტროლო წრედით

ნორმალური ელემენტი წარმოადგენს დენის ქიმიურ წყაროს, მისი ემპ 20°C ტემპერატურის დროს შეადგენს 1.0186კ და ნორმალური ექსპლორატაციის პირობებში დიდი ხნის განმავლობაში არ განიცდის ცვალებადობას. ნორმალური ელემენტის დატვირთვა არ შეიძლება 10 მკა-ზე მეტი სიდიდის დენის ძალით დასიანებისაგან დაკვივის მისნით.

კომპენსაციურ სქემაში საკონტროლო წრედით გათვალისწინებულია ნულოვანი ხელსაწყო (გალვანომეტრი) H/P, რომელიც იძლევა დენის მხოლოდ წარმოშობისა და მისი გაქრობის რეგისტრირების საშუალებას (საკომპენსაციო სქემებში იგი დენის გასახომად არ გამოიყენება. ნულოვანი ხელსაწყოს მგრძობიარობა განსახდვრავს გახომების სისუსტეს).

სქემაზე გადასართი ჩამრახის (P₂) დანიშნულებაა ნულოვანი ხელსაწყოს ჩართვა ნორმალური ელემენტის წრედში ან თერმოწყვილის წრედში. II მდგომარეობა შეეფარდება გახომვას, ხოლო k მდგომარეობა – კონტროლს.

სქემაში ჩართულია სამი წინაღობა: R_a – ცვლადი, რომლითაც წარმოებს მკვებავი დენის ძალის I_n მუდმივობის რეგულირება; R_c – დიდი სიდიდის შესადარებელი მუდმივი წინაღობა, რომელიც გათვალისწინებულია მკვებავი დენის ძალის მოსამართავად (ასაწყობად) ნორმალური ელემენტის მიხედვით; R_p = R_a – რეოქორდის წინაღობა სკალის მიღვოლტებში.

აღვნიშნოთ: R_{HIH} – ნულოვანი ხელსაწყოს წინაღობა; R_g – გარდამსახის (თერმოწყვილის) წინაღობა; I_{HIH} დენის ძალა ნულოვანი ხელსაწყოს წრედში; R_g – რეოქორდის წინაღობა δ უბანზე.

დენის ძალის მნიშვნელობა ნულოვან ხელსაწყოში გამოისახება ელტექნიკის კურსის ცნობილი გამოსახულებით:

$$I_{HIH} = \frac{E_t - U_{\delta}}{\frac{R_{\delta}(R_p - R_{\delta} + R_a)}{R_p + R_a} + R_{HIH} + R_t}, \quad (3.5)$$

სადაც $\frac{R_{\mathcal{B}}(R_p - R_{\mathcal{B}} + R_a)}{R_p + R_a}$ წარმოადგენს ორი პარალელურად

ჩართული შტოების $R_{\mathcal{B}}$ და $R_p - R_{\mathcal{B}} + R_a$ წინააღობათა ჯამს.

როდესაც $U_i = U_{\mathcal{B}}$, დენის ძალა ნულოვან ხელსაწყოში იქნება ნულის ტოლი. დავუშვათ, $U_i = U_{\mathcal{B}} = \Delta U_i$, რომ, მაშინ

$$I_{H/\Pi} = \Delta I_{H/\Pi} = \frac{\Delta U_i}{\frac{R_{\mathcal{B}}(R_p - R_{\mathcal{B}} + R_a)}{R_p + R_a} + R_{H/\Pi} + R_i}. \quad (3.6)$$

კომპენსაციური სქემის მგრძობიარობა გამოისახება განტოლებით

$$S = \frac{\Delta I_{H/\Pi}}{\Delta U_i} = \frac{1}{\frac{R_{\mathcal{B}}(R_p - R_{\mathcal{B}} + R_a)}{R_p + R_a} + R_{H/\Pi} + R_i} \cdot \frac{\Delta}{\mathcal{B}}. \quad (3.7)$$

(3.7) გამოსახულებიდან ჩანს, რომ კომპენსაციური სქემის მგრძობიარობა დამოკიდებულია ძერიას მდებარეობაზე, ანუ $R_{\mathcal{B}}$ წინააღობაზე. უდიდესი მგრძობიარობა გვექნება სკალის დასაწყისში ($R_{\mathcal{B}} = 0$) და ბოლოში ($R_{\mathcal{B}} = R_p + R_a$).

$$S_{\text{max}} = \frac{1}{R_{H/\Pi} + R_i}. \quad (3.8)$$

უმცირესი მგრძობიარობა კომპენსაციურ სქემას გააჩნია იმ შემთხვევაში, როდესაც

$$R_{\mathcal{B}} = \frac{1}{2}(R_p + R_a). \quad (3.9)$$

კომპენსაციური სქემა საკონტროლო წრედით ხასიათდება გაზომვის დიდი სიზუსტით სხვა სქემებთან შედარებით, ვინაიდან გაზომვის მომენტში დენი გასაზომ ხელსაწყოში არ გადის, მაშასადამე, ცდომილებასაც არა აქვს ადგილი.

კომპენსაციური სქემის მიხედვით გაზომვას ვაწარმოებთ შემდეგნაირად: ერთავთ P_1 ჩამრასს და R_a რეოსტატის ძერიას გადაადგილებით ვპოულობთ მის ისეთ მდებარეობას, რომლის დროსაც წრედში $H\mathcal{B}-R_c-H/\Pi$ დენი არ გადის და ნულოვანი ხელსაწყოს (გალვანომეტრი) ისარი ნულზე გაჩერ-

დება. ამას გამოწვევით P_2 ჩამრახვის დაყენებით k მდგომარეობაში. როდესაც დაერწმუნდებით, რომ $E_{H_2} = R_1 I_n$, ანუ მკვეთრად დენის ძალა შერწყულია სწორად, ვიწყებთ თერმოქვილის ემპ გასომეხს. P_2 ჩამრახვი გადაგვეყავს H მდგომარეობაში და რეოქორდის ძერიას გადაადგილებით ვაყენებთ ნულოვანი ხელსაწყოს ისარს ნულოვან მდგომარეობაში. რეოქორდიდან მოხსნილი ძაბვის სიდიდე - $U_{\text{ფ}}$ შეესაბამება თერმოქვილის გასაზომ ემპ, რომლის მნიშვნელობასაც ვღებულობთ სკალაზე, მილივოლტობით, ან უშუალოდ $^{\circ}\text{C}$.

§2. ელექტრული ბაზოზი ხიდევი (ბოზირევი)

ხიდურმა სქემებმა მაღალი მგრძობიარობის გამო დიდი გავრცელება პოვეს გამზომ ხელსაწყოებში. ტექნოლოგიური ინფორმაციის ელექტრული გარდამსახების უმრავლესობა (წინააღმდეგობის, თერმოელექტრული, ტენზო, ტეკადური, ინდუქციური და სხვ.) ფართოდ გამოიყენება ხიდურ სქემებში წინაღობის, ტემპერატურის, დეფორმაციის და სხვა სიდიდეთა გასაზომად, აგრეთვე, როგორც შესაღარებელი ელემენტი, სხვადასხვა პარამეტრის ავტომატური რეგულირების დროს.

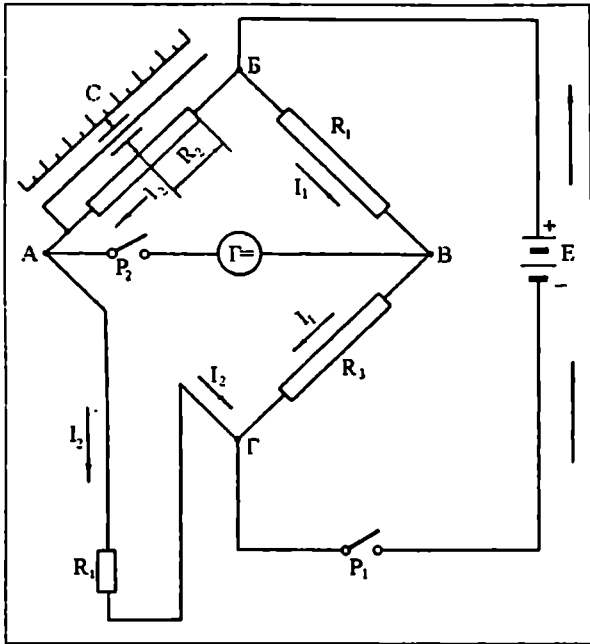
არჩევენ გაწონასწორებულ და გაუწონასწორებულ ელექტრულ გამზომ ხიდებს. წვეულებრივ, ხიდური სქემა შედგება ოთხი წინაღობისაგან, რომელთაც “ხიდის მხრები” ეწოდებათ. ხიდის კება შეიძლება განხორციელდეს, როგორც კვლადი, ასევე მუდმივი დენით. მუდმივი დენის ხიდებში ხიდის მხრები წარმოადგენენ ომურ წინაღობებს - R_1, R_2, R_3, R_4 , კვლადი დენის ხიდებში კი აქტიურ, ინდუქციურ და ტეკადურ წინაღობებს - Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 .

ხიდურ სქემებში გასაზომი სიდიდე გარდამსახის დახმარებით გარდაიქმნება აქტიური ან რეაქტიული წინაღობის კვლილებაში. ხიდური სქემების საფუძველში დევეს უიტსონის ხიდის სქემა (ნახ.3.3) - წინაღობების შეერთების წესი. ხიდის მოქმედების პრინციპი ემყარება იმას, რომ ხიდის მხრებში წინაღობათა შეფარდების მუდმივობის დროს $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$ ხიდის

დიაგონალში დენი არ არის. ამ პრინციპზეა დამყარებული

ხიდური გაზომვები. ამასთან, ხიდის გაწონასწორება არ არის დამოკიდებული კვების წყაროს ძაბვის რყევებზე.

3.3 ნახაზზე წარმოდგენილია გამტარის წინააღობის გაზომვის პრინციპული სქემა, ელექტრული გამწოში ხიდის საშუალებით. ხიდის გამწომ AB დიაგონალში ჩართულია ნულო-



ნახ.3.3. წინააღობის გაზომვის სქემა მუდმივ დენზე მომუშავე გამწოში ხიდით

ვანი ხელსაწყო (გალვანომეტრი), ხოლო მკვებავ BF დიაგონალში - ემ ძალის წყარო E. სქემაში R_1, R_3 და R_4, R_2 წინააღობები ჩართულია ორი პარალელური შტოს სახით, რომელთა შორის წონასწორობის მანევრებული ნულოვანი ხელსაწყო Γ ქმნის "ხიდს". R_1, R_2, R_3 წინააღობები შეიძლება შევარჩიოთ იმგვარად, რომ შეკრული P_1 და P_2 ჩამრასების შემთხვევაში ხიდი აღმოჩნდეს გაწონასწორებული, ე.ი. ნულოვან ხელსაწყოში დენის გავლას არ ჰქონდეს ადგილი. ამ შემთხვევაში A და B წერტილების პოტენციალები იქნება ერთნაირი, ხოლო ძაბვა $U_{AB} = U_{A\Gamma}$ და $U_{\Gamma D} = U_{A\Gamma}$. მაგრამ, ომის კანონის თანახმად,

$$U_{AB} = I_1 R_1;$$

$$U_{AB} = I_2 R_2;$$

$$U_{AB} = I_1 R_3;$$

$$U_{AB} = I_2 R_1.$$

$$\text{ანუ } I_1 R_1 = I_2 R_2, I_1 R_3 = I_2 R_1.$$

$$\frac{I_1 R_1}{I_1 R_3} = \frac{I_2 R_2}{I_2 R_1};$$

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_1},$$

$$\text{საიდანაც } R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_1}.$$

ამავე შედეგს მივიღებთ, თუ დავუშვებთ, რომ გამზომი დიაგონალის A და B წერტილებს შორის პოტენციალთა სხვაობა $\Delta U \neq 0$, ხოლო გამზომი ხელსაწყოთა წინააღობა უსასრულოდ დიდია. მართლაც, ომის კანონის თანახმად,

$$U = I_1 (R_1 + R_3);$$

$$U = I_2 (R_2 + R_1).$$

აქედან

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_3}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2 + R_1}.$$

პოტენციალთა სხვაობა

$$\Delta U = I_2 R_2 - I_1 R_1 = U \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} - \frac{R_1}{R_1 + R_3} \right) =$$

$$= U \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 - R_1 R_2 - R_1 R_1}{(R_2 + R_1)(R_1 + R_3)} = U \frac{R_2 R_3 - R_1 R_1}{(R_2 + R_1)(R_1 + R_3)}.$$

პოტენციალთა სხვაობა იქნება ნულის ტოლი, თუ $R_2 R_3 - R_1 R_1 = 0$, ანუ $R_2 R_3 = R_1 R_1$.

$$\text{აქედან } R_1 = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_1}. \quad (3.10)$$

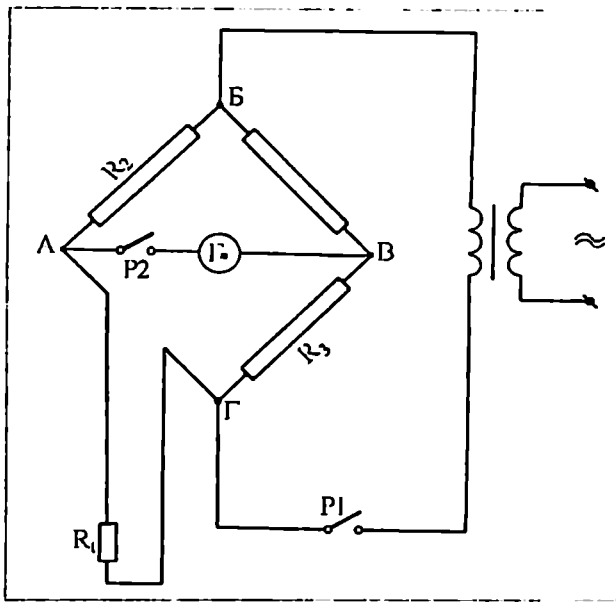
(3.10) გამოსახულებიდან ჩანს, რომ R_1 და R_3 წინააღობების შედარებით მნიშვნელობების დროს საძიებელი R_1 წინააღობა და-

მოკიდებულია R_2 წინაღობის სიდიდეზე. R_1 ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის შეიძლება შევარსოთ R_2 წინაღობის ისეთი მნიშვნელობა, რომლის დროსაც ხიდური სქემის წონასწორობა არ დაირღვევა, ე.ი. დენის ძალა AB დიაგონალში იქნება ნულის ტოლი. R_2 წინაღობა შეიძლება განგსაზღვროთ უძრავი სკალის მიხედვით. ვიცით რა R_1 და მისი დამოკიდებულება ტემპერატურაზე, შესაძლებელია სკალის გრადუირება შევასრულოთ უშუალოდ $^{\circ}C$ -ში.

საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ გაწონასწორებული გამოსომი ხიდი წარმოადგენს მეტად ხუსტ ხელსაწყოს. დენის წყაროს ძაბვა არ ახდენს გავლენას გაზომვის სიზუსტეზე. (3.10) გამოსახულებაში არ შედის არც ძაბვა და არც დენის ძალა. გაწონასწორებულ მდგომარეობაში, სულ ერთია, რომელი დიაგონალი იქნება გამოსომი და რომელი – მკვებავი. გამოსომი ხიდის მგრძობიარობა ძაბვის მიხედვით დამოკიდებულია ხიდის მხრების წინააღობებისა და მკვებავი ძაბვის შეფარდების მნიშვნელობაზე და ცვალებადობს დიდ საზღვრებში.

თუ ემმ E და წინააღობები R_1, R_2, R_3 მუდმივი და წინასწარ ცნობილი სიდიდეებია, მაშინ AB დიაგონალში გამავალი დენის ძალის მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს R_1 წინააღობა. ამ შემთხვევაში წინააღობების მნიშვნელობები დაიტანება ნულოვანი ხელსაწყო სკალაზე. ასეთი გამოსომი ხიდი წარმოადგენს გაუწონასწორებელ ხიდს. გაუწონასწორებელი ხიდის გამოყენებისას საჭიროა პერიოდულად შემოწმდეს დენის წყაროს ძაბვა. გაუწონასწორებელი ელექტრული გამოსომი ხიდი შედარებით ნაკლები სიზუსტის მოწყობილობაა. მიუხედავად ამისა ის ფართოდ გამოიყენება სწრაფად ცვლადი პროცესების გასაზომად.

თუ ხიდური სქემა იკვებება ცვლადი დენით და ხიდის მხრები შედგება კომპლექსური წინააღობებისაგან Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 , მაშინ გაწონასწორება ხიდისა უნდა მოხდეს ძაბვის, როგორც მოდულის, ასევე ფაზის მიხედვით. ეს გამოწვეულია იმით, რომ, ხიდის მხარის წინააღობა წარმოადგენს აქტიურს, ტევადური და ინდუქციური წინააღობების გეომეტრიულ ჯამს. ცვლად დენზე მომუშავე ხიდური სქემა ნანევენებია 3.4 ნახაზზე.



ნახ.3.4. ცვლად დენზე მომუშავე ელექტრული გამზომი ხიდის სქემა

§3. დიფერენციალური გამზომი სქემა

დიფერენციალური სქემა წარმოადგენს ცვლად დენზე მომუშავე ელექტრულ წრედს, რომელიც შედგება ორი მოსაზღვრე კონტურისაგან ერთი საერთო, დიფერენციალური შტოთი. დიფერენციალურ შტოში ჩართულია გასასწოში ხელსაწყო; თითოეულ კონტურში მოქმედებს დამოუკიდებელი ემპ - E , მკეებაეი ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილიდან.

კონტურში აღძრული დენის ძალის სიდიდე (I) განისაზღვრება ემპ (E) და წინააღობის (Z) მნიშვნელობებით. საერთო შტოში დენის ძალა ტოლია კონტურების დენების სხვაობისა, ე.ი. $I_0 = I_1 - I_2$.

როდესაც დიფერენციალური სქემა გარეშე შემოქმედებას არ განიცდის, კონტურების ემ ძალები და წინააღობები თანა-

ტოლია, ტოლია, აგრეთვე, მათში აღძრული დენის ძალები ($I_1=I_2$) და დიფერენციალურ შტოში დენი არ გადის ($I_0=0$).

სქემაზე გარეშე ზემოქმედების შემთხვევაში შეიძლება შეიცვალოს კონტურის ემპ E , ΔE სიდიდით (ნახ.3.5ა), ან კონტურის წინაღობა z , Δz მნიშვნელობით (ნახ.3.5ბ). ორივე შემთხვევაში დიფერენციალურ შტოში გაივლის დენი (I_0). გამზომი ხელსაწყოს (Z_0) ისრის გადახრა იქნება გასასწომი გარეშე ზემოქმედების პროპორციული.

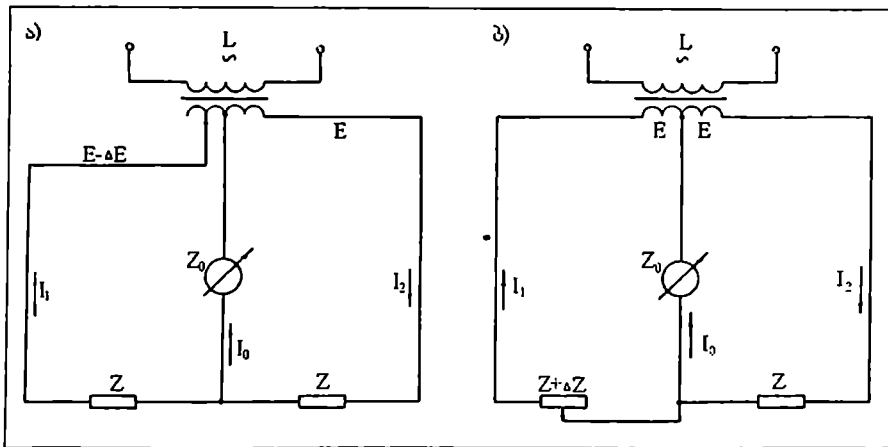
ხიდურ სქემასთან შედარებით დიფერენციალური სქემა მარტივია და გააჩნია მეტი მგრძობიარობა დენის ძალის მიხედვით. თანასწორ პირობებში ორივე სქემის მგრძობიარობა ძაბვის მიხედვით თანაბარია.

მგრძობიარობის სიდიდე დენის ძალის მიხედვით განისაზღვრება ფორმულით

$$S_I = \frac{E}{z + 2z_0} \frac{\text{ამპ}}{\text{ომი}}, \quad (3.11)$$

ხოლო ძაბვის მიხედვით

$$S_U = \frac{E}{4z} \frac{\text{ვ}}{\text{ომი}}. \quad (3.12)$$

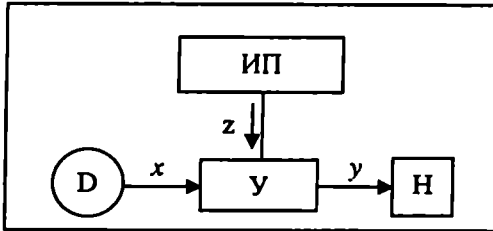


ნახ.3.5. დიფერენციალური გამზომი სქემა: ა) გარეშე ზემოქმედებით იცვლება ე.მ.ძ. ბ) წინაღობა

ბამადლიერებლები

§1. ძირითადი ბანსაზღვრებანი და მახასიათებლები

ბამადლიერებელი ეწოდება მოწყობილობას, რომელშიც წარმოებს გადამწოდის მიერ გამომუშავებული იმპულსის სიმძლავრის გაზრდა. უმეტეს შემთხვევაში, გადამწოდის მიღებული სიგნალის სიმძლავრე არ არის საკმარისი მარეგულირებელი ორგანოს უშუალო გადაადგილებისათვის. გამომაველი სიდიდის ენერგიის გაზრდა შემავალი სიდიდის ენერგიასთან შედარებით ხორციელდება დამატებითი წყაროს ენერგიის ხარჯზე. ბამადლიერებლის პრინციპული სახე მოცემულია 4.1 ნახაზზე, სადაც x და y -ით აღნიშნულია შემავალი და გამომაველი სიგნალები, z ბამადლიერებელში შემავალი დამატებითი ენერგია, D - გადამწოდი, ხოლო H - დატვირთვის წრელი.



ნახ.4.1. გადამწოდთან, დატვირთვისთან და კვების წყაროსთან ბამადლიერებლის კავშირის სქემა

ავტომატიზაციის სქემებში ბამადლიერებლებს შუალედი მდებარეობა უჭირავს გადამწოდებსა და შემსრულებელ ელემენტებს შორის. ავტომატიკის სისტემებში გამოიყენება მუდმივი და ცვლადი დენის ყველა სახის ბამადლიერებლები.

გამოყენებული დამატებითი ენერგიის სახის მიხედვით ანსხვევებენ: პიდრავლიკურ, პნევმატიკურ, ელექტრულ და კომბინირებულ ბამადლიერებლებს (მაგალითად პიდრავ-პნევმატიკურს, ტრანსისტორულ-მაგნიტურ-ელექტრომანქანურს, ფერიტო-ტრანსისტორულს და სხვა).

დენის ხასიათის მიხედვით არჩევენ: ცელადი დენისა და მუდმივი დენის გამაძლიერებლებს.

ელექტრული მოქმედების გამაძლიერებლები იყოფიან: ელექტრონულ, მაგნიტურ და ელექტრომაგნიტურ გამაძლიერებლებად. ელექტრული მოქმედების გამაძლიერებლებს, ხშირად პროპორციულად გამაძლიერებლებსაც უწოდებენ.

ავტომატიკის თანამედროვე სისტემებში გამოყენებულია, აგრეთვე, ნახევრადგამტარიანი, ელექტრომანქანური და მექანიკური გამაძლიერებლები. ელექტრომანქანური გამაძლიერებელი, სვეულებრივად, გათვალისწინებულია დიდი სიმძლავრეების სამართავად.

გამაძლიერებლის ძირითად პარამეტრს წარმოადგენს გაძლიერების კოეფიციენტი. იგი ტოლია გამომავალი (y) და შემავალი (x) სიგნალების სიდიდეების ფარდობისა

$$K = \frac{U_{\text{გამ}}}{U_{\text{შემ}}} = \frac{y}{x}; \quad (4.1)$$

გამაძლიერებლის დანიშნულებისა და მოქმედების პრინციპის მიხედვით ანსხვავებენ გაძლიერების შემდეგ კოეფიციენტებს: ძაბვის მიხედვით

$$K = \frac{U_{\text{გამ}}}{U_{\text{შემ}}}, \quad (4.2)$$

დენის ძალის მიხედვით

$$K_i = \frac{I_{\text{გამ}}}{I_{\text{შემ}}}, \quad (4.3)$$

სიმძლავრის მიხედვით

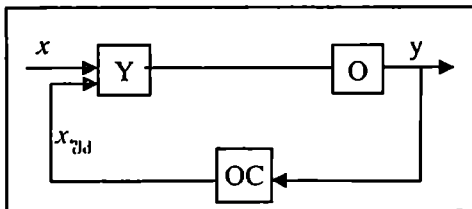
$$K_p = \frac{P_{\text{გამ}}}{P_{\text{შემ}}}. \quad (4.4)$$

გამაძლიერებლის ძირითადი მახასიათებლებია სტატიკური და დინამიკური მახასიათებლები. სტატიკური მახასიათებელი $U_{\text{გამ}} = f(U_{\text{შემ}})$ ეწოდება გამომავალი სიგნალის სიდიდის დამოკიდებულებას შემავალი სიგნალის სიდიდესთან დამყარებული რეჟიმის დროს. დინამიკური მახასიათებელი ეწოდება გამომავალი სიგნალის სიდიდის დამოკიდებულებას შემავალი სიგნალის სიდიდესთან, გარდამავალი რეჟიმის დროს.

გაძლიერების კოეფიციენტის სტაბილიზაციის ან მისი გაზრდის მიზნით, გამაძლიერებელ მოწყობილობებში გამოყენებულია უკუკავშირი. გამაძლიერებლის სტრუქტურა უკუკავშირით ნაწვენებია 4.2 ნახაზზე. უკუკავშირი ეწოდება გამაძლიერებლის შემავალ და გამომავალ სიგნალებს შორის უშუალო, პროპორციულ, ურთიერთდამოკიდებულებას. უკუკავშირი ხორციელდება უკუკავშირის (OC) დამატებითი ელემენტის საშუალებით, რომლიდანაც გამომავალი სიგნალის სიდიდეა

$$x_{\text{ში}} = \beta y, \quad (4.5)$$

სადაც β უკუკავშირის კოეფიციენტია.



ნახ.4.2. ავტომატური მართვის სისტემა უკუკავშირით: O-სამართავი ობიექტი; y-მართვის მოწყობილობა; OC - უკუკავშირის მოწყობილობა

უკუკავშირის კოეფიციენტის ნიშნის მიხედვით, უკუკავშირი შეიძლება იყოს დადებითი ან უარყოფითი. დადებითი უკუკავშირის შემთხვევაში გამაძლიერებელში შემავალი სიგნალის სიდიდე იქნება

$$x + x_{\text{ში}} = x + \beta y. \quad (4.6)$$

გაძლიერების კოეფიციენტისათვის გვექნება

$$y = k(x + \beta y). \quad (4.7)$$

აქედან $y = kx + k\beta y$; $y(1 - k\beta) = kx$;

$$y = x \frac{k}{1 - k\beta}. \quad (4.8)$$

თუ აღვნიშნავთ გაძლიერების კოეფიციენტს, უკუკავშირის შემთხვევაში $K_{\text{ში}}$, მივიღებთ

$$K_{\text{ში}} = \frac{y}{x} = \frac{k}{1 - k\beta}. \quad (4.9)$$

უკანასკნელი გამოსახელებიდან გამომდინარეობს, რომ დადებითი უკუკავშირის გამოყენება სრდის გაძლიერების კოეფიციენტს.

უარყოფითი უკუკავშირის შემთხვევაში გამაძლიერებელში შემავალი სიგნალის სიდიდე იქნება

$$x - x_{\text{მ}} = x - \beta y; \quad (4.10)$$

$$y = k(x - \beta y); \quad (4.11)$$

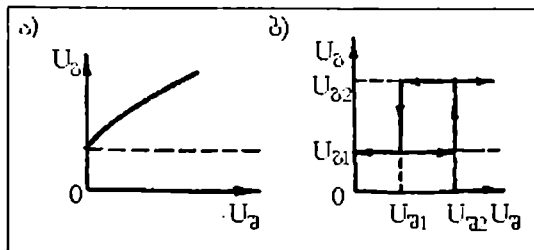
$$y = x \frac{k}{1 + k\beta}; \quad (4.12)$$

$$K_{\text{მ}} = \frac{k}{1 + k\beta}. \quad (4.13)$$

უარყოფითი უკუკავშირის გამოყენება ამცირებს გაძლიერების კოეფიციენტს.

გამაძლიერებლის მახასიათებლების მიხედვით გაძლიერება შეიძლება იყოს ორი ძირითადი ტიპის: ნარნარი და რელეური მოქმედების. ნარნარი მოქმედების გამაძლიერებლებში გაძლიერების კოეფიციენტი იცვლება უმნიშვნელოდ; რელეური მოქმედების გამაძლიერებლებში ნარნარი მოქმედების გამაძლიერებლებთან შედარებით, შემავალი და გამომავალი სიგნალების სიდიდეებს შორის გარკვეული ფუნქციონალური დამოკიდებულება არ არსებობს. გამომავალი სიგნალი წარმოიქმნება შემავალი სიგნალის სიდიდის გარკვეულ მნიშვნელობამდე მიღწევის შემდეგ; ამიტომ, როდესაც არ არსებობს გამომავალი სიგნალი, გაძლიერების კოეფიციენტი ნულის ტოლია, ხოლო მისი წარმოქმნის შემდეგ, გაძლიერების კოეფიციენტი ინარჩუნებს მუდმივ მნიშვნელობას.

ნარნარი მოქმედების გამაძლიერებლებიდან მეტად გავრცელებულია ელექტრონული, მაგნიტური, ელექტრომანქანური, ჰიდრავლიკური და პნევმატიკური გამაძლიერებლები. რელეური მოქმედების გამაძლიერებლებს მიეკუთვნება რელე. ნარნარი და რელეური მოქმედების გამაძლიერებლების მახასიათებლები ნაწვენებია 4.3 ნახაზზე.

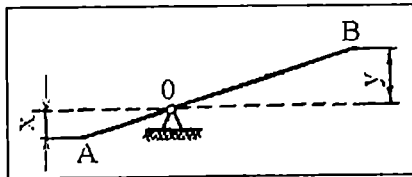


ნახ.4.3. გამაძლიერებლების მახასიათებლები: ა) ნარნარი მოქმედების; ბ) რელეური მოქმედების

§2. მემანნიკური გამაძლიერებლები

მექანიკური გამაძლიერებლის უმარტივეს სახეს წარმოადგენს ბერკეტი. ბერკეტის მოკლე და გრძელი ბოლოების ვერტიკალური გადაადგილებები შეესაბამება მექანიკური გამაძლიერებლის შემავალ (x) და გამომავალ (y) სიდიდეებს. გაძლიერების კოეფიციენტი შეიძლება იყოს ერთზე მეტი ან ნაკლები ბერკეტის მხრების სიგრძეების ფარდობისაგან დამოკიდებულებით. 4.4 ნახაზზე წარმოდგენილია ბერკეტი, როგორც გამაძლიერებელი. ნახაზიდან ჩანს, რომ

$$K = \frac{y}{x}; \quad (4.14)$$

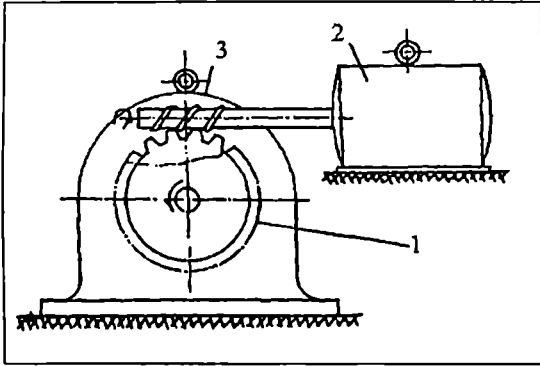


ნახ.4.4. ბერკეტული გამაძლიერებელი

მექანიკურ გამაძლიერებლებს მიეკუთვნებიან, აგრეთვე, მექანიკური რელუქტორები და სიმძლავრის მექანიკური გამაძლიერებლები.

სიმძლავრის მექანიკური გამაძლიერებლის მუშაობის სქემა ნაჩვენებია 4.5 ნახაზზე. გამაძლიერებელი შედგება: თვითმუხრუჭებადი ჭიაგადაცემისაგან - 1, სერვო (დამხმარე) ძრავასაგან - 2, ენერჯის წყაროსაგან - 3. სერვოდრავას ლილვის უძრავ მდგომარეობაში ყოფნის დროს ჭიათვალის

ლიდვი, რომელიც გადასცემს სიგნალს სისტემის გამოსავალზე, თვითმუხრუჭებადობის გამო, რნება უძრავი მბრუნავი მომენტის სიდიდისაგან დამოუკიდებლად. თუ სერვოდრავას როტორი ბრუნავს, მაშინ ჭიახრახნი ათავისუფლებს ჭიათვალს, რომელიც გადასცემს მოძრაობას ენერჯის წყაროდან გამაძლიერებლის გამოსავალზე.



ნახ.45. სიმძლავრის მექანიკური გამაძლიერებლის სქემა

სიმძლავრის მექანიკური გამაძლიერებლის სქემიდან ჩანს, რომ გამაძლიერებლის შემავალ და გამოშვალ რგოლებს შორის არსებობს მუდმივი კინემატიკური კავშირი, რომელიც უზრუნველყოფს კუთხური გადაადგილებების სინქრონიზაციას, სერვოდრავას როტორის ბრუნვისაგან დამოკიდებულებით. ეს გარემოება საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ შეცდომები რეგულირების დროს. ცხადია, რომ სერვოდრავის როტორის (ჭიახრახნის) ბრუნვით მოძრაობაში მოსაყვანად საჭიროა უმნიშვნელო სიმძლავრე, ხოლო ენერჯის წყაროდან გამოთავისუფლებული ენერჯის ნაკადი შეიძლება მნიშვნელოვანი იყოს. ეს პრინციპი საფუძვლად უდევს სიმძლავრის მექანიკური გამაძლიერებლის მუშაობას.

ელექტრონულ, ელექტრულ, ჰიდრაულიკურ და სხვა გამაძლიერებლებისაგან განსხვავებით, სიმძლავრის მექანიკური გამაძლიერებელი არ საჭიროებს ენერჯის ორჯერად გარდაქმნას სისტემის შესავალ და გამოსავალ რგოლებში, რაც მექანიკური გამაძლიერებლის დადებით მხარეს მიეკუთვნება.

§3. ელექტრონული გამაქლიერებლები

1. ელექტრონული ნათურა და მისი მახასიათებლები

ელექტრონული ხელსაწყოები ეწოდებათ ვაკუუმში, გაიშვიათებულ გასებში ან ელექტრონულ ნახევრადგამტარებში ელექტრონული დენის გავლის მოვლენასე დაქარებულ ხელსაწყოებს.

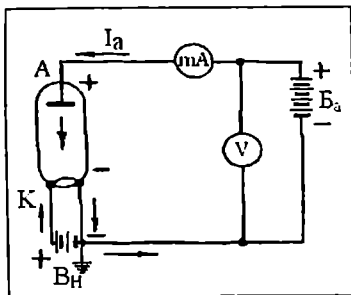
ელექტრონული ხელსაწყის ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტია ელექტრონული ნათურა. იგი წარმოადგენს მინის, კერამიკის ან ლითონის ბალონს, რომლის შიგნით განლაგებულია ლითონის ელექტროდები. ბალონში შექმნილია ვაკუუმი $133,322 (10^{-7}-10^{-8}) \text{ ნ/მ}^2$ ანუ $(10^{-7}-10^{-8}) \text{ მმ ვერცხ. წყ. სვეტისა}$.

ელექტრონული ნათურის უმარტივეს კონსტრუქციას წარმოადგენს ორელექტროდიანი ნათურა-დიოდი. დიოდში ანოდს A წარმოადგენს ლითონის ცილინდრი, რომლის ღერძის მიმართულებით თავსდება ვარვარების ძაფი – კათოდი K. კათოდი ელექტრონულ ნათურაში ქმნის თერმოელექტრონულ ემისიას, რომელიც წარმოადგენს სითბოს მოქმედებით ნივთიერების სუბაირიდან თავისუფალი ელექტრონების ამოფრქვევის მოვლენას. ელექტრონული ნათურას მუშაობა დამყარებულია ნათურის ბალონის ვაკუუმში თერმოელექტრონული ემისიის გამოყენებაზე. ვაკუუმში ელექტრონები მოძრაობენ უფრო თავისუფლად, ხოლო გაგარვარებული კათოდი არ იწვის. კათოდის გაგარვარება წარმოებს მუდმივი დენით, რომელიც მიიღება ვარვარის ბატარეიდან E_{H} , ან ცვლადი დენით ჩვეულებრივ დაქვეითებული ძაბვის ტრანსფორმატორიდან.

ნათურის ანოდი განკუთვნილია კათოდიდან ამოფრქვეული ელექტრონების მისახიდად. თუ ძაბვა ანოდსა და კათოდს შორის ნულის ტოლია, მაშინ კათოდიდან ამოფრქვეული ელექტრონები არ მიემართებიან ანოდისაკენ და კათოდის გარშემო ქმნიან ელექტრონულ ღრუბელს. კათოდი ელექტრონების დაკარგვის გამო იმუხტება დაღებითად და არა მხოლოდ აწერებს მისგან ამოფრქვეულ ელექტრონებს, არამედ კიდევაც მიიხიდავს მათ უკანვე.

თუ ანოდის წრედში ჩავრთავთ ანოდის ბატარეას E_{A} , მაშინ ნათურაში შეექმნით ელექტრულ ველს, რომლის გავლენითაც ელექტრონული ღრუბლიდან ელექტრონები გაემართებიან ანოდისაკენ და ნათურის ანოდურ წრედში გაივლის დენი,

4.6 ნახაზზე ნაჩვენებია ორელექტროდიანი ნათურის ჩართვის სქემა. სქემაზე კათოდის ერთი ბოლო მიერთებულია ანოდური ბატარეის - E_a და ვარვარის ბატარეის E_H უარყოფით კონტაქტებთან. ამ წერტილს საერთო მინუსი ეწოდება. იგი ჩვეულებრივად შეერთებულია ხელსაწყოს ლითონის კორპუსთან და მიწასთან. მას უწოდებენ, აგრეთვე, ნულოვანი პოტენციალის წერტილს.



ნახ.4.6. ორელექტროდიანი ნათურა (დიოდი)

დიოდის მნიშვნელოვან თვისებას წარმოადგენს მისი ცალმხრივი გამტარობა. მასში ელექტრონები მოძრაობენ კათოდიდან ანოდისაკენ, რაც შეესაბამება დენის მიმართულებას ანოდიდან კათოდისაკენ. დიოდები გამოიყენება ცველადი დენის გამართვისათვის, ე.ი. ცველადი დენის მუდმივ დენად გარდაქმნისათვის.

ანოდური დენი ცვალებადობს რამდენიმე მილიამპერიდან რამდენიმე ათეულ მილიამპერამდე. ვარვარის დენი შეადგენს რამდენიმე ათეულ ან ასეულ მილიამპერს. ვარვარის ძაბვა შეადგენს რამდენიმე ვოლტს, ანოდური ძაბვა - რამდენიმე ასეულ ვოლტს.

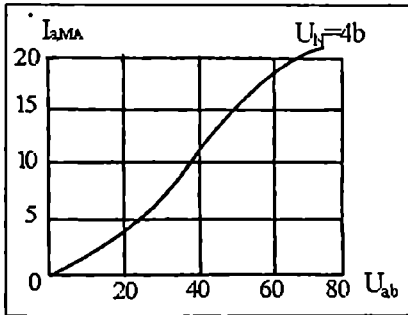
ელექტრონული ნათურების შერწყვისას დიდი მნიშვნელობა აქვს ანოდურ დენსა I_a და ანოდურ ძაბვას J_a შორის დამოკიდებულების ცოდნას. ეს დამოკიდებულება გამოისახება სამი მეორედის ხარისხის კანონით:

$$I_a = C U_a^{3/2}, \quad (4.15)$$

სადაც C კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ნათურის ელექტროდების სომებზე და ფორმაზე.

მრუდს, რომელიც გამოხატავს ნათურის ანოდური დენის ძალის დამოკიდებულებას ანოდური ძაბვისაგან, ეწოდება ნათურის ვოლტამპერული მახასიათებელი.

დიოდის ვოლტამპერული მახასიათებელი, როდესაც ვარ-
ვარის დაბვა $U_{II}=4\text{ვ}$ ნახვენებია 4.7 ნახა'სხე.



ნახ.4.7. დიოდის
ვოლტამპერული
მახასიათებელი

თუ კათოდის მოცემული ვარვარების დროს ძაფსა და ანოდს შორის დაბვას გაკადიდებთ, მაშინ უფრო მეტი რაოდენობის ელექტრონები იმოძრაებენ ანოდისაკენ, ე.ი. დენი ანოდურ წრედში მოიმატებს. კათოდსა და ანოდს შორის დაბვის ცვალებადობის მიხნით მათ შორის ათავსებენ მესამე ელექტროდს, რომელსაც ბადე C ეწოდება. ასეთ ელექტრონულ ნათურას სამეელექტროდიან ნათურას ანუ ტრიოდს უწოდებენ. ტრიოდში ბადე ასრულებს ანოდური დენის მართვის გრძნობიერი ორგანოს როლს. ბადეები სრულდება სპირალის სახით ღლითონის ტრავერსთან მიღუ-
ღებული ხვეულებით.

ბადის მმართველი მოქმედება მდგომარეობს, ბადე'სე მოღებული დაბვის ცვალებადობით ანოდური დენის რეგუ-
ლირებაში. კერძოდ, უარყოფითი დაბვა ბადე'სე ამცირებს ანოდურ დენს, ხოლო დადებითი დაბვა კი 'სრდის. ბადე'სე უარყოფითი დაბვის გა'სრდით შეიძლება მივაღწიოთ ელექტრონების მოძრაობის სრულ შეწვევტას. ბადურ დაბვას, რომლის შემთხვევაშიაც ნათურაში ანოდური დენი მცირდება ნულამდე, უწოდებენ ჩაკეტვის (წაკვეთის) დაბვას. ჩაკეტვის დაბვა მით უფრო მეტია, რაც მეტია U_a .

რაოდენობითი კავშირი U_a ანოდურ და U_c ბადურ დაბ-
ვებსა და ანოდურ I_a დენს შორის ანალიზურად გამოსახება
განტოლებით:

$$I_a = C(U_c + DU_a)^{3/2}, \quad (4.16)$$

სადაც I_a არის ანოდური დენი;

U_r - ძაბვა ბადესა და კათოდს შორის;

U_a - ძაბვა ანოდსა და კათოდს შორის;

D - ბადის შეღწევადობის განმსაზღვრელი რიცხვითი კოეფიციენტი;

C - კოეფიციენტის მნიშვნელობა განმარტებულია ზევით.

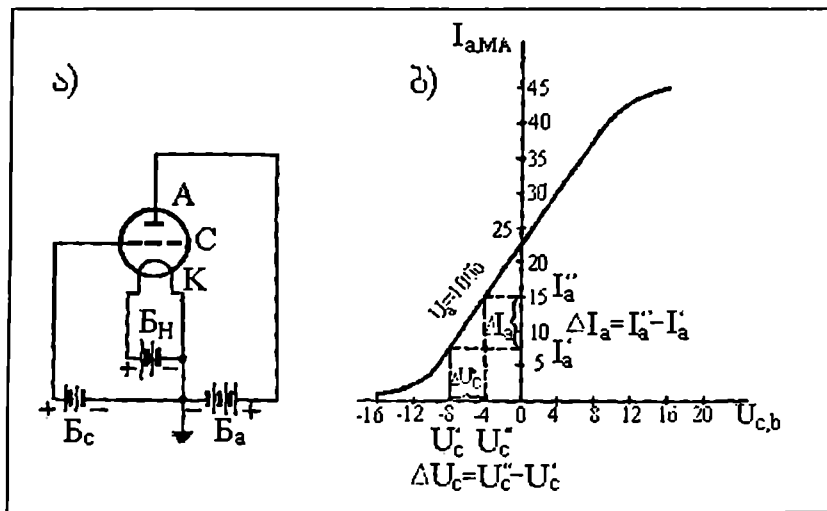
ტრიოდი ხასიათდება ორი ძირითადი სტატიკური მახასიათებლით: 1) ანოდური, 2) ანოდურ-ბადური მახასიათებელი.

ანოდური მახასიათებელი გამოსახავს ტრიოდის ანოდური დენის დამოკიდებულებას ანოდური ძაბვისაგან, მუდმივი ბადური ძაბვის დროს.

ანოდურ-ბადური მახასიათებელი წარმოადგენს ანოდური დენის დამოკიდებულებას ბადეზე ძაბვისაგან, მუდმივი ანოდური ძაბვის დროს.

იგულისხმება, რომ ორივე სტატიკური მახასიათებლის გადაღებისას კათოდის ვარვარის ძაბვა მუდმივია.

ნახ.4.8,ა - ნაჩვენებია ტრიოდის წრედების სქემა, ხოლო ნახ. 4.8,ბ - ტრიოდის ანოდურ-ბადური მახასიათებელი.



ნახ.4.8. სამელექტროდიანი ნათურა (ტრიოდი): ა) ტრიოდის წრედების სქემა. A - ანოდი; C - ბადე; K - კათოდი; BII - ვარვარას ბატარეა; Ba - ანოდის ბატარეა. ბ) ტრიოდის ანოდურ-ბადური მახასიათებელი

ტრიოდის, როგორც გამაძლიერებლის თვისებები ხასიათდება შემდეგი პარამეტრებით: მახასიათებლის დახრილობა, ნათურის შიგა წინაღობა და გაძლიერების კოეფიციენტი. (მუდმივ სიდიდეებს, რომლებიც განსაზღვრავენ ელექტრონული ნათურის თვისებებს, ეწოდებათ ნათურის პარამეტრები).

მახასიათებლის დახრილობა წარმოადგენს ანოდური დენის ნაზრდის შეფარდებას ბადური ძაბვის შესაბამის ნაზრდთან, ანოდური ძაბვის მუდმივი მნიშვნელობის დროს. დიფერენციალურ ფორმაში

$$S = \left(\frac{\partial I_a}{\partial U_c} \right)_{U_a} = \text{const.} \quad (4.17)$$

ამრიგად, მახასიათებლის დახრილობა განსაზღვრავს ბადური ძაბვის გავლენას ანოდურ დენზე.

დახრილობის ერთეულია ერთი მილიამპერი გაყოფილი ერთ ვოლტზე (მა/ვ). რაც მეტია მახასიათებლის დახრილობა, მით უკეთესად იმუშავენს ნათურა, როგორც გამაძლიერებელი.

ცვლადი დენისადმი ნათურის შინაგანი წინააღმდეგობა განისაზღვრება ანოდური ძაბვის ნაზრდის შეფარდებით შესაბამისი ანოდური დენის ნაზრდთან, მუდმივი ბადური ძაბვის დროს. დიფერენციალურ ფორმაში გამოიხატება წარმოებულთ:

$$R_l = \left(\frac{\partial U_a}{\partial I_a} \right)_{U_c} = \text{const.} \quad (4.18)$$

შიგა წინაღობა ახასიათებს ანოდური ძაბვის გავლენას ანოდურ დენზე, ბადური ძაბვის მუდმივი მნიშვნელობის დროს.

ცნობილია, რომ ანოდურ დენზე დიდ გავლენას ახდენს ბადური ძაბვის ცვალებადობა, რადგან ბადე კათოდთან უფრო ახლოს არის განლაგებული, ვიდრე ანოდთან.

თუ გავზრდით ბადურ ძაბვას ΔU_c სიდიდით, შესაბამისად გაიზრდება, აგრეთვე, ანოდური დენიც ΔI_a მნიშვნელობით; იმისათვის, რომ ანოდური დენი გაიზარდოს იმავე ΔI_a სიდიდით, მხოლოდ ანოდური ძაბვის ΔU_a გაზრდის ხარჯზე, ΔU_a მნიშვნელობა უნდა იყოს გაცილებით მეტი, ვიდრე ΔU_c .

ნათურის გაძლიერების სტატიკური კოეფიციენტი μ განისაზღვრება ანოდური და ბადური ძაბვის (ველიღებათა ფარდობით, რომელთა შემთხვევაში მიიღწევა ანოდური დენის ერთი და იგივე ველიღება. დიფერენციალურ ფორმაში იგი უდრის:

$$\mu = -\left(\frac{\partial U_a}{\partial U_r}\right)_m = const. \quad (4.19)$$

ამრიგად, ნათურის გაძლიერების კოეფიციენტი გვინყენებს, თუ რამდენჯერ იზრდება (ველადი ძაბვა, ელექტრონული ნათურის მოქმედების შედეგად. წარმოებულის წინ ნიშანი მინუსი გაპირობებულია იმით, რომ ბადური და ანოდური ძაბვების ნაზრდები, ანოდური დენის მუდმივი მნიშვნელობის დროს, ურთიერთსაწინააღმდეგო ნიშნების უნდა იყოს.

გაძლიერების სტატიკურ კოეფიციენტს μ , მახასიათებლის დახრილობასა S და ნათურის შიგა წინააღმდეგობას R_i შორის არსებობს დამოკიდებულება, რომელსაც ნათურის შიგა განტოლებას უწოდებენ.

$$\mu = R_i S. \quad (4.20)$$

(4.20) გამოსახულება გამომდინარეობს (4.19)-დან, თუ ვილაღის მრიცხველსა და მნიშვნელს გავამრავლებთ ∂I_a , ე.ი.

$$\mu = \frac{\partial U_a \partial I_a}{\partial U_r \partial I_a} = \frac{\partial U_a \partial I_a}{\partial I_a \partial U_r} = R_i S,$$

სადაც $R_i = \frac{\partial U_a}{\partial I_a}$, ხოლო $S = \frac{\partial I_a}{\partial U_r}$ შესაბამისად (4.18) და

(4.17) გამოსახულებების მიხედვით.

მე-4.1 ცხრილში მოყვანილია ავტომატიკის გავრცელებულ სქემებში გამოყენებული სტატიკური ტრიოდის ძირითადი ნომინალური პარამეტრები.

ზოგიერთი ტრიოდის ძირითადი ნომინალური პარამეტრები

ნათურის აღნიშვნა	ვარეარების კოეფიციენტი	ანოდის ძაბვა, ვ	ბადადგილების ძაბვა ბადადგილზე, ვ	ანოდური დენი, მა	ბადადგილი მახასიათებლის დახრილობა, მა/ვ	ტაბლირების კოეფიციენტი	შინაგანი წინააღმდეგობა, კომ	ანოდის მიერ ზღვრული დასაშვები განბნევის სიმძლავრე, ვტ
6C5C	0.3	250	-8	8	2.2	20	9	2.75 ტრიოდი
6H7C	0.81	300	-6	7	3.2	35	11.3	6.0 ორმაგი ტრიოდი
6H9C	0.3	250	-2	2.3	1.6	70	44	1.1 ორმაგი ტრიოდი
6H2П	0.345	250	-1.5	2.3	2	97.5	49	1 ორმაგი ტრიოდი

თანამედროვე მიმღები - გამაძლიერებელი ნათურა პირობითად აღინიშნება ოთხი ელემენტით:

პირველი ელემენტი არის რიცხვი (დამრგვალებული), რომელიც გამოსახავს ვარეარის ძაბვას ეოლტებში;

მეორე ელემენტი - ასო გვისვენებს ნათურის ელექტროდების სისტემას. ცალმაგ ტრიოდებს აქვს ასო C, ხოლო ორმაგებს - ასო H;

მესამე ელემენტი - ციფრი, რომელიც აღნიშნავს ნათურის შესრულების საწარმოო (რიგით) ნომერს;

მეოთხე ელემენტი - ასო უჩვენებს კონსტრუქციულ შესრულებას და მის მიკუთვნებას განსაზღვრული სერიისადმი. მაგალითად, მინის გარსიანი ნათურა - C, მკირეგაბარტიანი თითისებრი ნათურა П, ზემინიატურული ნათურა დიამეტრით 10 მმ ნ; ლითონის გარსიანი ნათურების შესრულებისას ბოლო ასო არ იწერება.

წარმოება უშვებს, აგრეთვე, კომბინირებულ ნათურებს. კომბინირებული ნათურის შემთხვევაში ერთ ბალონში მოთავსებულია ელექტროდების ორი სისტემა. ასეთ ნათურებს მიეკუთვნება: ორმაგი ტრიოდები, დიოდ-ტრიოდები, დიოდ-პენტოდები და ტრიოდ-პენტოდები (პენტოდი ეწოდება ნათურას, რომელშიც მოთავსებულია სამი ბადადგილი - მმართველი,

მაეკრანებელი და დინატრონსაწინააღმდეგო. მაეკრანებელი ბადავ მოთავსებულია ანოდიდან მმართველ ბადავზე ახლოს. მასზე მიეწოდება დადებითი ძაბვა, რომელიც სიდიდით ანოდიურ ძაბვაზე ნაკლებია. ამ შემთხვევაში ანოდიური ძაბვის (კვალუ-ბადობა ნაკლებ გავლენას მოახდენს ანოდიურ დენზე, რადგან კათოდსა და ანოდს შორის მოთავსებულია დამატებითი დადებითად დამუხტული ელექტროდი, ანოდის მაეკრანებელი კათოდისაგან. მაეკრანებელ ბადავსა და ანოდს შორის დინატრონული ეფექტისაგან – კათოდიდან ამოფრქვეული ელექტრონების მიერ ანოდიდან და მაეკრანებელი ბადავიდან ამოტყორცნილი მეორადი ელექტრონების ამოგდება-დაცვის მიზნით, ათავსებენ მესამე დამცველ ანუ დინატრონსაწინააღმდეგო ბადავს და უერთებენ კათოდს. ამ შემთხვევაში ანოდიდან ამოფრქვეული ელექტრონები უბრუნდებიან უკანვე ანოდს. პენტოდებში გაძლიერების კოეფიციენტი აღწევს 1500-მდე).

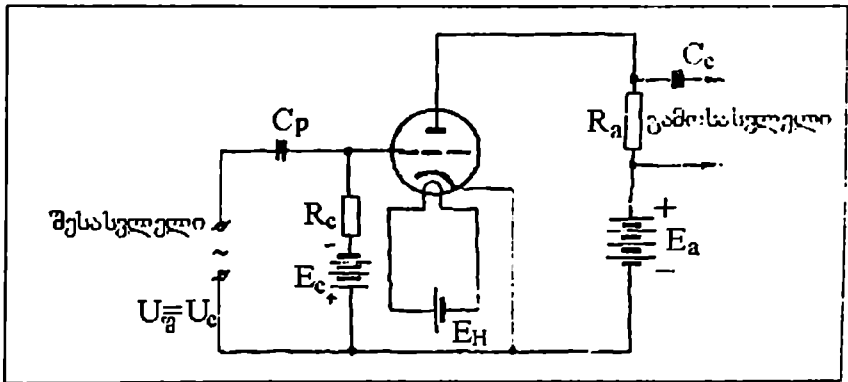
2. ელექტრონული გამაძლიერებლები

ელექტრონული გამაძლიერებლები ფართოდაა გამოყენებული ავტომატიკის სქემებში. ელექტრონული გამაძლიერებელი არის აპარატი, რომელიც გაძლიერებას აწარმოებს ელექტრონული ნათურის მეშვეობით. გაძლიერებისათვის გამოყენებულია ანოდიური წრედის მკვებავე ენერჯის წყარო.

სამელექტროდიანი ნათურის ძირითადი დანიშნულებაა ცველადი ძაბვის გაძლიერება. გასაძლიერებელი ცველადი ძაბვა მიეწოდება ბადავზე და ნათურის კათოდზე, ხოლო გაძლიერებული ძაბვა მოიხსნება ანოდიურ წრედში.

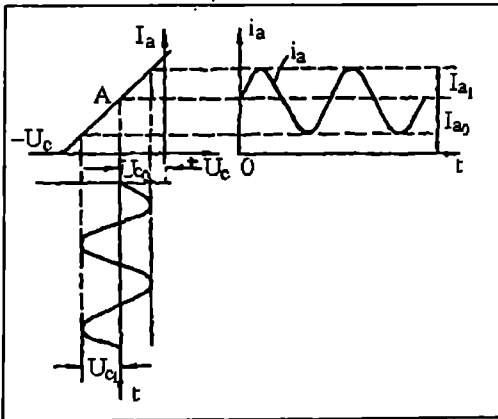
4.9 ნახაზზე მოცემულია გაძლიერების საფეხურის ანუ კასკადის სქემა. იგი შედგება ნათურის, კვების წყაროებისა და ანოდის წრედში ჩართული დამტვირთავი წინააღმდეგობის R_a ცველადი ძაბვა U_r მცირე აქტიური წინააღმდეგობის ტრანსფორმატორის გრაგნილიდან ნათურის ბადავზე მიიყვანება გამყოფი კონდენსატორით C_p გამყოფი კონდენსატორი C_p იცავს E_r წყაროს ტრანსფორმატორის გრაგნილთან მოკლე ჩართვისაგან. ერთდროულად ბადავზე მიიყვანება მეუბნევი ძაბვა (გადაადგილების ძაბვა) E_r წყაროდან.

მცირე სიმძლავრის ელექტრონული სიგნალი მიწოდებული ნათურის ბადავზე იწვევს ანალოგიურ, მაგრამ გაცილებით მძლავრ სიგნალს R_a წინააღმდეგობაზე.



ნახ.4.9. გაძლიერების სქემა საშუალოფრეკვანთიანი ხათურის გამოყენებით

გამაძლიერებელი კასკადის მუშაობის თეალსახინოების მიზნით განვიხილოთ საშუალოფრეკვანთიანი ხათურის ანოდურ-ბადური მახასიათებელი დენისა და ძაბვის მრუდების სახით (ნახ.4.10)



ნახ.4.10. ნათურულ-ტრიოდის გამაძლიერებლის ანოდურ-ბადური დიაგრამა

როდესაც ბადეზე არ არის (ველადი ძაბვა, ანოდური დენი იწოდება სიმშვიდის დენად I_{a0} , ხოლო მისი შესაბამისი A წერტილი მახასიათებელზე (ნახ.4.10) – მუშა წერტილად.

ბადური დენით შექმნილი გამძლეობის მისაღებად, დამახინჯებების გარეშე, აუცილებელია, რომ მახასიათებლის მუშა წერტილი იმყოფებოდეს ბადესე უარყოფითი ძაბვების სწორხაზოვანი უბნის არეში. ამისათვის გამამძლეობლებში ბადესე მიწოდება მუდმივი უარყოფითი ძაბვა, რომელიც გადაადგილებს მუშა წერტილს მარცხნივ. ამ ძაბვას ეწოდება გადაადგილების ძაბვა. მახასიათებლის უბანს, რომლის ფარგლებშიც იცვლებიან ბადური ძაბვა და ანოდური დენი, ეწოდება მუშა უბანი.

მუშა წერტილის მდებარეობა განისაზღვრება გადაადგილების ძაბვით, ხოლო ნათურის ანოდური დენი გადაადგილების ძაბვის და ცვლადი ძაბვის U_c მყისი მნიშვნელობის ჯამით.

თუ ბადურ წრედში არ არსებობს გასამძლეობელი ძაბვა $U_{\text{გამ}}=0$, ნათურის ანოდურ წრედში გადის მუდმივი $I_{\text{ა}}$ დენი, რომლის სიდიდეც განისაზღვრება ანოდური ძაბვითა და მუდმივი ბადური გადაადგილების ძაბვით $U_{\text{გა}}$.

ბადურ წრედში გასამძლეობელი ძაბვის $U_{\text{გამ}}=U_c$ წარმოქმნა იწვევს ანოდური დენის შეცვლას, რომელშიც ჩნდება ცვლადი მდგენელი $I_{\text{ა}}$ ამპლიტუდით. მაშასადამე, ანოდურ წრედში გაივლის დენი, რომელიც შეიცავს მუდმივ მდგენელს $I_{\text{ა}}$ და ცვლად მდგენელს $I_{\text{ა}}$. ამის გამო R_n წინაღობის მომჭერებზე იქმნება ძაბვა, რომელიც შეიცავს მუდმივ მდგენელს $I_{\text{ა}}R_n$ და ცვლად მდგენელს $I_{\text{ა}}R_n$.

კონდენსატორის ჩართვით, რომელიც ატარებს ცვლად დენს, მაგრამ არ ატარებს მუდმივ დენს, შეიძლება გამოვეყოთ ცვლადი ძაბვა ამპლიტუდით $U_{\text{გამ}}=I_{\text{ა}}R_n$, რომელიც წარმოადგენს გამძლეობებულ ძაბვას გამამძლეობელის გამოსასვლელზე.

გამძლეობებული ცვლადი ძაბვის ამპლიტუდა აღემატება ბადესე მიწოდებულ ცვლად ძაბვას, დამტვირთავი ანოდური წინაღობის R_n საკმაოდ დიდი მნიშვნელობის შემთხვევაში.

განხილული სახის გამამძლეობებელს ხშირად უწოდებენ გამამძლეობელს წინაღობებზე ან რეოსტატულ გამამძლეობებელს.

ნათურული გამამძლეობელის ანოდური წრედი შედგება თანმიმდევრულად შეერთებული ტრიოდის შიგა წინაღობისა

R_i და ანოლური დატვირთვისაგან R_a ამიტომ ანოლური დენის შეცვლა

$$\Delta I_a = \frac{\Delta U_a}{R_i + R_a}. \quad (4.21)$$

(4.19) ფორმულის თანახმად $\Delta U_a = \mu \Delta U_c$.

თუ ჩავსვამთ ΔU_a -ს მნიშვნელობას (4.21) მივიღებთ

$$\Delta I_a = \frac{\mu \Delta U_c}{R_i + R_a}; \quad (4.22)$$

გამომავალი ძაბვის შეცვლა

$$\Delta U_{\text{გაბ}} = \Delta I_a R_a; \quad (4.23)$$

გავითვალისწინოთ (4.22) ΔI_a -ს მნიშვნელობა (4.23), მივიღებთ

$$\Delta U_{\text{გაბ}} = \mu \Delta U_c \frac{R_a}{R_i + R_a}; \quad (4.24)$$

გამაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი ნაკლებია ნათურის გაძლიერების კოეფიციენტსე.

გამაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი

$$K = \frac{\Delta U_{\text{გაბ}}}{\Delta U_{\text{ნური}}}; \quad (4.25)$$

თუ ჩავსვამთ (4.25) $\Delta U_{\text{ნური}}$ -ის ნაკვლად მის ტოლ მნიშვნელობას ΔU_c , ხოლო $\Delta U_{\text{გაბ}}$ ნაკვლად მის მნიშვნელობას (4.24), მივიღებთ:

$$K = \frac{\mu \Delta U_c \frac{R_a}{R_i + R_a}}{\Delta U_c} = \mu \frac{R_a}{R_i + R_a};$$

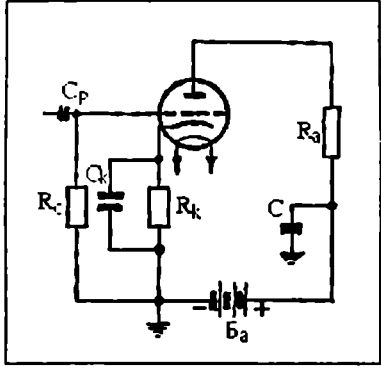
აბ

$$K = \mu \frac{1}{\frac{R_i}{R_a} + 1}. \quad (4.26)$$

(4.26) ფორმულიდან ჩანს, რომ $K < \mu$.

თანამედროვე გამაძლიერებლებში გადაადგილების ძაბვის შესაქმნელად დამოუკიდებელი დენის წყაროს ნაცვლად გამოიყენება ანოდური წყაროს ძაბვის ნაწილი (გადაადგილების ავტომატური ძაბვა).

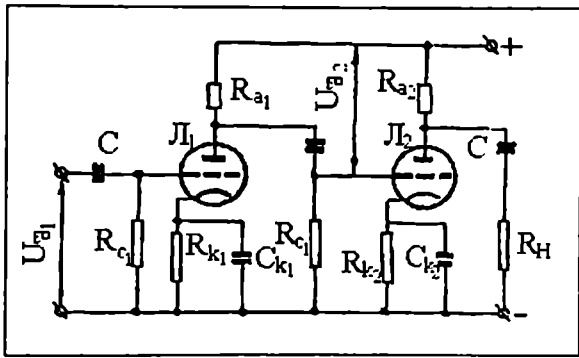
გადაადგილების ავტომატური ძაბვის მისაღები სქემა შესათბობი კათოდიანი ნათურისათვის წარმოდგენილია 4.11 ნახაზზე.



ნახ.4.11. გადაადგილების ავტომატური ძაბვის მისაღები სქემა

ანოდურ წრედში მიმდევრობით კათოდსა და ანოდური წყაროს უარყოფით პოლუსს შორის ჩართულია R_k წინაღობა, რომელსაც გადაადგილების წინაღობა ან კათოდური წინაღობა ეწოდება. ანოდური დენის მუდმივი მდგენელი R_k წინაღობაში გაეღისას ქმნის მასზე ძაბვის ვარდნას. ასეთივე სიდიდის ძაბვის ვარდნას აქვს ადგილი, აგრეთვე, ბადეზე. ანოდურ წრედში ჩართულია, აგრეთვე, დიდი ტევადობის კონდენსატორი C_k , რომლის წინაღობა რამდენჯერმე ნაკლებია კათოდურ R_k წინაღობაზე.

ორკასკადიანი გამაძლიერებლის სქემა მოცემულია 4.12 ნახაზზე. ცველადი ძაბვა $U_{\text{ჩველადი}}$ გასაძლიერებლად მიეწოდება პირველი კასკადის ბადეზე. ამის გამო ანოდური დენი ხდება მპულსავი. ანოდური დენის (ცველადი მდგენელი I_{a1}) დამტკიცრთავ წინაღობაზე R_{a1} ქმნის გაძლიერებულ ცველად ძაბვას $U_{\text{აა1}} = I_{\text{აა1}} \cdot R_{a1}$, რომელიც გადის C_c კონდენსატორის გავლით; ეს ძაბვა წარმოადგენს შემავალ სიგნალს მეორე Π_2 ნათურისათვის, ე.ი. $U_{\text{აა1}} = U_{\text{ჩველადი}}$.



ნახ.4.12. ორკას-
კადიანი გამაძლიერებლის სქემა

ცვლადი ძაბვა $U_{უკმ2}$ მიეწოდება შემდეგ საფეხურს ბადური C_c კონდენსატორის გავლით; ბადური კონდენსატორი J_2 ნათურის ბადეს ამხოლოებს ანოდური კვების მაღალი მუდმივი ძაბვისაგან, მაგრამ თავისუფლად ატარებს ცვლად ძაბვას.

ბადური წინაღობა R_{c2} ხელს უწყობს ბადიდან ელექტრონების გადინებას, რის გამოც მეორე ნათურის J_2 ბადეზე არ წარმოიქმნება ნათურის მუშაობაში ხელის შეშლელი უარყოფითი პოტენციალი. გამაძლიერებლის გამოსასვლელს შეადგენს მეორე კასკადის R_H წინააღობიდან მოხსნილი ძაბვა.

მრავალსაფეხურიან გამაძლიერებელში საწყისი საფეხურები, დაწყებული შესასვლელიდან, შეადგენენ ძაბვის გამაძლიერებელს ან წინასწარ გამაძლიერებელს, ხოლო გამაძლიერებლის უკანასკნელი საფეხური კი წარმოადგენს სიმძლავრის გამაძლიერებელს.

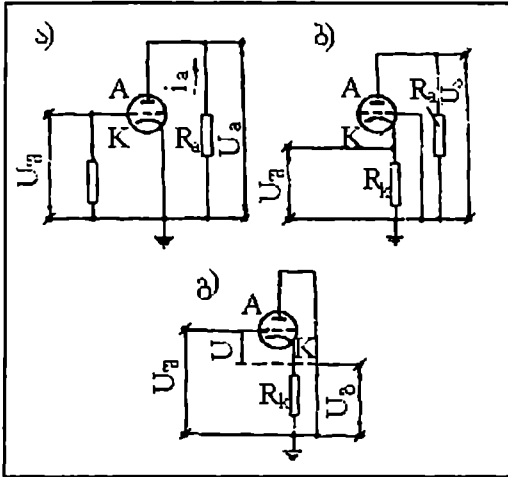
ნათურულ გამაძლიერებლებში გამოიყენება ელექტრონული ნათურის ჩართვის სამი ძირითადი სქემა (ნახ.4.13): 1) დამიწებული კათოდით; 2) დამიწებული ბადითა და 3) დამიწებული ანოდით.

ნათურის ჩართვის სქემამ, დამიწებული კათოდით, დიდი გავრცელება ჰპოვა ძაბვისა და სიმძლავრის გამაძლიერებლებში. კასკადის გაძლიერების კოეფიციენტი აღნიშნული სქემისათვის გამოისახება ფორმულით (4.26).

სქემა დამიწებული ბადით გამოიყენება უკმაღალი სიხშირის სიგნალებისა და მუდმივი დენის გასაძლიერებლად.

ასეთი კასკადის გაძლიერების კოეფიციენტი საშუალო ხიხშირეებზე ტოლია

$$K = \frac{(\mu + 1)R_a}{R_i + R_a} \quad (4.27)$$



ნახ.4.13. ნათურის ჩართვის სქემა:

- ა) დამიწებული კათოდით;
- ბ) დამიწებული ბადით;
- გ) დამიწებული ანოდით.

სქემა დამიწებული ანოდით ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე გამაძლიერებლებში.

ასეთი კასკადის გაძლიერების კოეფიციენტი ყოველთვის ერთზე ნაკლებია, რადგან

$$U_{აწმ} = U_{აგ} + U_{ააწმ}$$

და

$$K = \frac{U_{ააწმ}}{U_{აწმ}} < 1. \quad (4.28)$$

ავტომატიკაში გამოყენებული ელექტრონული გამაძლიერებლები წარმოადგენენ უნიფიცირებულ კვანძებს, რომლებსაც ქარხნები უშეუბუნ აწყობილი სახით. განსაკუთრებით გავრცელებულია Y3 და Y3M ტიპის გამაძლიერებლები.

§4. ნახევარგამტარული ბამაკლიერებლები

1. ნახევარგამტარები და მათი თვისებები

ნახევარგამტარები ეწოდებათ ნივთიერებებს, რომლებიც ჩვეულებრივი ტემპერატურის პირობებში შეიცავენ თავისუფალი ელექტრონების ძალიან მცირე რაოდენობას, რაც განაპირობებს ნახევარგამტარების მეტად დიდ კუთრ წინააღობას.

ელექტრული წინააღობის თვალსაზრისით ნახევარგამტარებს უჭირავთ შუალედი მდგომარეობა გამტარებსა და იზოლატორებს შორის. მართლაც, გამტარების კუთრი წინააღობა შეადგენს $1,6 \cdot 10^{-2} + 1$ ომი-მმ²/მ, იზოლატორების კუთრი წინააღობა $10^{15} + 10^{23}$ ომი-მმ²/მ, ხოლო ნახევარგამტარების კი $10 + 10^{14}$ ომი-მმ²/მ.

ლითონებისაგან განსხვავებით ნახევარგამტარებს წინააღობის უარყოფითი ტემპერატურული კოეფიციენტი აქვთ. ეს ნიშნავს, რომ თუ ნახევარგამტარს, რომელშიც დენი გადის, გაეათობთ, მასში დენი მნიშვნელოვნად გაიზრდება, ხოლო თუ გავათობთ გამტარს, რომელშიც დენი გადის, მასში დენი შემცირდება. მაშასადამე, ნახევარგამტარის გაათობისას თავისუფალი ელექტრონების რიცხვი მკვეთრად იზრდება.

ცნობილია ნახევარგამტარული გამტარობის ორი სახე: ელექტრონული გამტარობა და ხერყელური გამტარობა.

ნახევარგამტარებს ელექტრონული გამტარობით გააჩნიათ ე.წ. თავისუფალი ელექტრონები, რომლებიც სუსტად არიან დაკავშირებული ატომების ბირთვებთან. თუ ასეთ ნახევარგამტარს მოვდებთ პოტენციალთა სხვაობას, თავისუფალი ელექტრონები დაიწყებენ გადატანით მოძრაობას გარკვეული მიმართულებით, ე.ი. ნახევარგამტარში გაივლის ელექტრული დენი. ვინაიდან აღნიშნული ტიპის ნახევარგამტარებში ელექტრული დენი წარმოადგენს უარყოფითად დაძუხტული ნაწილაკების გადაადგილებას, ამიტომ მათ უწოდებენ n ტიპის ნახევარგამტარებს (სიტყვისაგან negative – უარყოფითი).

ნახევარგამტარებს ხერყელური გამტარობით არ გააჩნიათ თავისუფალი ელექტრონები. მათში ელექტრული დენის გავლა განიხილება, როგორც დადებითი მუხტების გადაადგილება. ნახევარგამტარებს ხერყელური გამტარობით ეწოდებათ p ტიპის ნახევარგამტარები (სიტყვისაგან positive – დადებითი).

ნახევარგამტარში სრული დენი წარმოადგენს ელექტრო-
ნული გამტარობით (I_s) და ხერეღური გამტარობით (I_p) გა-
მოწვეული დენის ჯამს

$$I = I_s + I_p.$$

ხერეღური გამტარობა მდგომარეობს შემდეგში: თუ
ნახევარგამტარს მოვდებთ ძაბვას, მასში პოტენციალთა
სხვაობის გავლენით დაიწყებენ გადაადგილებას ხერეღები,
რაც ტოლფასია დადებითი მუხტების გადაადგილებისა.
ხერეღების გადაადგილების მიმართულება ელექტრონების
მოძრაობის საწინააღმდეგოა. თეორია და ცდა გვიჩვენებს,
რომ ხერეღები იქცევიან ისე, როგორც ელემენტარული
დადებითი მუხტები.

თუ ატომს გარე ორბიტაზე აკლია ერთი ელექტრონი,
მას გააჩნია ერთი ხერეღი. პოტენციალთა სხვაობის გავ-
ლენით, მეზობელი ნეიტრალური ატომიდან, რომლის ყველა
ელექტრონი თავის ადგილზეა, ერთი ელექტრონი გადა-
ადგილდება ხერეღიანი ატომისაკენ, რის შედეგადაც ხერე-
ღიანი ატომი გადაიქცევა ნეიტრალურ ატომად, ხოლო
ხერეღი გაჩნდება ატომში, რომელმაც ერთი ელექტრონი და-
კარგა. ასეთ პროცესს ელექტრონებისა და ხერეღების რე-
კომბინაცია ეწოდება.

აბსოლუტურად სუფთა ნახევარგამტარების გამტარობას,
რომლებიც მინარევებს არ შეიცავენ, საკუთარი გამტარობა
ეწოდება. აბსოლუტურად სუფთა ნახევარგამტარებში სინათ-
ლის ან სითბოს მოქმედებით, ელექტრონები და ხერეღები
წარმოიშობიან წყვილწყვილად. ამიტომ საკუთარ ნახევარ-
გამტარებში ელექტრონებისა და ხერეღების რიცხვი თანა-
ბარია.

დიდი გამტარობა ახასიათებთ მინარევიან ნახევარგამ-
ტარებს. მინარევის სახეობის მიხედვით მათში ჭარბობს
ელექტრონული ან ხერეღური გამტარობა. მინარევები შეი-
ძლება იყოს დონორული, რომლებიც სრულიან თავისუფალი
ელექტრონების მარაგს და აქცეპტორული, რომლებიც
სრულიან ხერეღების რიცხვს. მაშასადამე, დონორული მინა-
რევიანი ნახევარგამტარის გამტარობა ძირითადად ელექტრო-
ნულია ანუ ხასიათდება n-გამტარობით. ამ ნახევარგამტარ-
ებში მუხტების ძირითად მატარებლებს წარმოადგენენ
ელექტრონები, ხოლო არა ძირითად მატარებლებს — ხერე-

ლები. აქცეპტორული მინარევიანი ნახევარგამტარის გაძტარობა კი პირიქით ხერხეულურია, ანუ ხასიათდება p-გამტარობით. აქ მუხტების ძირითად მატარებლებს წარმოადგენენ ხერხეულები, არა ძირითად მატარებლებს – ელექტრონები. აღსანიშნავია, რომ ძირითადი და არა ძირითადი მატარებლების კონცენტრაციათა ნამრავლი უცვლელი სიდიდეა, ნებისმიერი ტიპის ნახევარგამტარისათვის, ე.ი.

$$pn = p_i n_i \quad (4.29)$$

სადაც p და p_i არის ხერხეულების კონცენტრაციები შესაბამისად მინარევიან და არამინარევიან ნახევარგამტარებში.

n და n_i ელექტრონების კონცენტრაცია მინარევიან და არამინარევიან ნახევარგამტარებში.

ნახევარგამტარიანი დიოდებისა და ტრიოდების დასამზადებლად ძირითადად გამოიყენება გერმანიუმი და კაუბადი. მათთან შეფარდებით დონორებს წარმოადგენენ სტიბიუმი, ფოსფორი, დარიშხანი; აქცეპტორებს – ინდიუმი, გალიუმი, ალუმინი, ბორი.

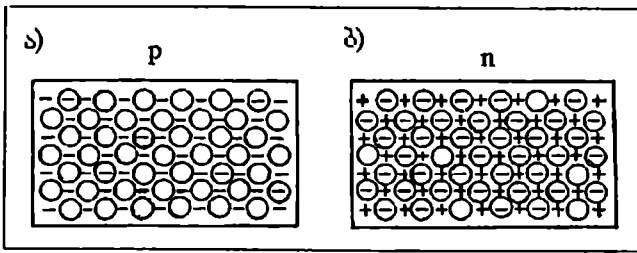
n გამტარობის მინარევიან ნახევარგამტარში გვაქვს შემდეგი სახის ელექტრული მუხტები:

- 1) მოძრავი უარყოფითი მუხტები (ელექტრონები). რომლებიც წარმოადგენენ ძირითად მატარებლებს;
- 2) მოძრავი დადებითი მუხტები (ხერხეულები) – წარმოადგენენ არა ძირითად მატარებლებს;
- 3) უძრავი დადებითი მუხტები – დონორული მინარევის იონები.

p-გამტარობის მინარევიან ნახევარგამტარში გვაქვს შემდეგი სახის ელექტრული მუხტები:

- 1) მოძრავი დადებითი მუხტები (ხერხეულები) – ძირითადი მატარებლები;
- 2) მოძრავი უარყოფითი მუხტები (ელექტრონები) – არაძირითადი მატარებლები;
- 3) უძრავი უარყოფითი მუხტები – აქცეპტორული მინარევის იონები.

4.14 ნახაზზე ნაჩვენებია p-გერმანიუმის (ა) და n-გერმანიუმის (ბ) ფირფიტები ელექტრული მუხტების განლაგებით.



ნახ.4.14. ნახევარგამტარში ელექტროლი მუხტების განლაგება: ა) p-გერმანიუმის ფირფიტა; ბ) n-გერმანიუმის ფირფიტა; \ominus - ელექტრონები; \bigcirc - ხერელები; "-" - უძრავი უარყოფითი მუხტები; "+" - უძრავი დადებითი მუხტები

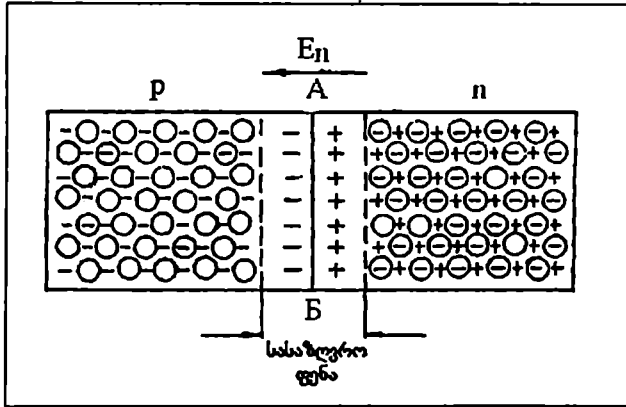
2. ნახევარგამტარული დიოდები

განვიხილოთ სხვადასხვა ტიპის გამტარობის ორი ნახევარგამტარის კონტაქტი. ნახევარგამტარების სასაზღვრო არეს ამ შემთხვევაში ეწოდება p-n გადასვლა.

კონტაქტი ორ ფირფიტას შორის p-n გადასვლით მიიღება არა მექანიკური გზით, არამედ გამოსაყვალ ფირფიტაში საჭირო მინარევის შედნობით და დიფუზიით. გადასვლას, რომელიც მიიღება შენარევის შედნობით, ეწოდება შენადნობი, ხოლო დიფუზიით მიღებულს კი დიფუზიური გადასვლა. დამზადების ტექნოლოგიისაგან დამოკიდებულებით დიოდებსა და ტრიოდებს (ტრანზისტორებს) შესაბამისად ეწოდებათ შენადნობი ან დიფუზიური.

ორი ნახევარგამტარის კონტაქტის წინააღობა დამოკიდებულია დენის მიმართულებაზე, ე.ი. პრაქტიკულად კონტაქტი ხასიათდება ცალმხრივი გამტარობით. განვიხილოთ ნახევარგამტარიანი დიოდის ცალმხრივი გამტარობის ფიზიკური პროცესი. ავიღოთ დიოდი წარმოქმნილი n და p გამტარობის ორი ნახევარგამტარიდან, რომელთა შორის კონტაქტი ხორციელდება A-B ხაზით (ნახ.4.15). ელექტრონები (n-გამტარობის ნახევარგამტარიდან) და ხერელები (p-გამტარობის ნახევარგამტარიდან) ერთი ნახევარგამტარიდან მეორეში p-n გადასვლის გავლით დიფუნდირებას დაიწყებენ. კერძოდ n ნახევარგამტარიდან p ნახევარგამტარში შეაღწევენ ელექტრონები, ხოლო p ნახევარგამტარიდან n ნახევარგამტარში - ხერელები. სასაზღვრო ფენაში მოხდება ელექტრონების ხერელებთან რეკომბინაცია, რის შედეგადაც p-n გადა-

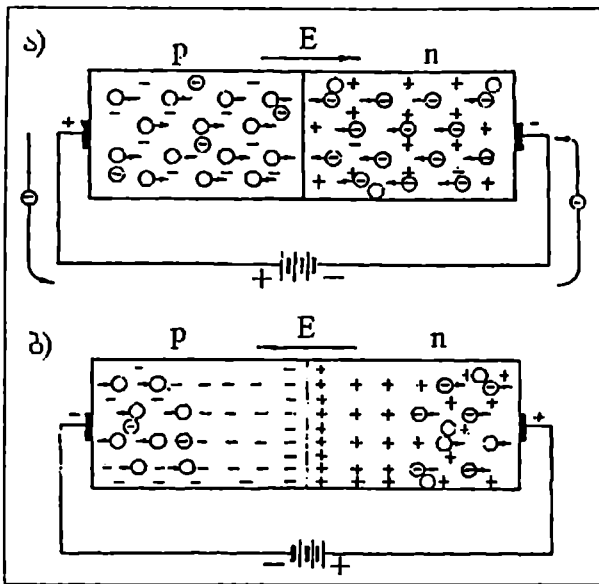
სველის ზონაში დარწმუნებულად მხოლოდ უძრავი მუხტები: დადებითი n - არის სახდვარსე და უარყოფითი p - არის სახდვარსე. აღნიშნული მუხტების გავლენით ნახევარგამტარებს შორის აღიძვრება კონტაქტური პოტენციალთა სხვაობა, რაც შეაფერხებს ელექტრონებისა და ხერელების შემდგომ დიფუზიას. ამის შედეგად ნახევარგამტარის სახა'ხდვრო არეები მუხტის ძირითადი მატარებლებით გადარიბდება, რის გამოც p - n გადასვლის ელექტრული წინაღობა ძალიან გაიზრდება. p - n გადასვლას ამასთან დაკავშირებით ეწოდება ჩამკეტი ფენა ან პოტენციალური ბარიერი. ჩამკეტი ფენის E_0 ელექტრულ ველს - კონტაქტური ველი. კონტაქტური ველი ხელს უწყობს ორივე ნახევარგამტარში მცირე რაოდენობით არსებული მუხტის არაძირითადი მატარებლების მოძრაობას და აფერხებს ძირითადი მატარებლების მოძრაობას.



ნახ.4.15. ელექტრული მუხტების განაწილება p და n გამტარობის ორი ნახევარგამტარის კონტაქტის დროს

მოვდომ დიოდსე ძაბვა (ნახ.4.16.ა). p - არე შევეერთოთ ბატარეის დადებით პოლუსს, ხოლო n - არე - უარყოფით პოლუსს. მოდებული პოტენციალთა სხვაობის გავლენით მუხტების ძირითადი მატარებლები დაიწყებენ მოძრაობას p - n გადასვლისაკენ: ხერელები p -არეში, ხოლო ელექტრონები n -არეში. p - n გადასვლაში ელექტრონები და ხერელები ერთმანეთს ეჯახებიან და ხდება მათი რეკომბინაცია. ამის გამო

ნამკეტი ფენა მუხტის ძირითადი მატარებლებით გამდიდრდება, ხოლო p-n გადასვლის წინააღობა ძალიან შემცირდება. n ნახევარგამტარში ელექტრონების შემცირების კომპენსაცია ე.მ.მ. წყაროს უარყოფით პოლუსთან შემავრთუბელი გამტარიდან გადმოსული ელექტრონებით ხდება, ხერელების ნაკლებობის კომპენსაცია კი p ნახევარგამტარიდან ბატარიის დადებით პოლუსსე გადასული ელექტრონებით.



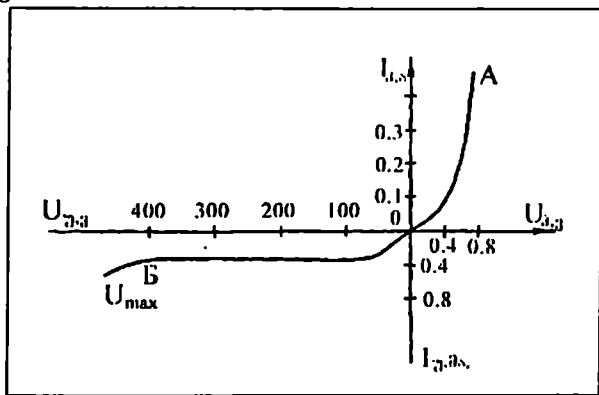
ნახ.4.16. დიოდის ჩართვა ელექტრულ წრედში მუდმივი ძაბვის წყაროსთან: ა) დენის წყაროს გამტარი მიმართულებით; ბ) დენის წყაროს "ჩამკეტი" მიმართულებით

ნაკეტილი წრედის შემთხვევაში აღწერილი პროცესი განუწყვეტლივ მიმდინარეობს და ამიტომ წრედში დენიც განუწყვეტლივ არსებობს, ამასთან დენის სიდიდე მნიშვნელოვანია. ამ დენს პირდაპირი დენი ეწოდება, ხოლო ძაბვას, რომლის დროსაც იგი აღიძვრება - პირდაპირი ძაბვა.

ამრიგად, ორი ნახევარგამტარის ერთობლიობა p-n გადასვლით ატარებს დენს მხოლოდ ერთი მიმართულებით და ამიტომ შეიძლება გამოიყენოს (კვლადი დენის გასამართავად.

თუ შეეცვლით ნახევარგამტარებზე მოდებული ძაბვის პოლარობას, სასაზღვრო ფენაში გამავალი დენის სიდიდე მკვეთრად შეიცვლება (ნახ.4.16,ბ), რადგან ხერელები p-არეში გადაადგილდებიან უარყოფითი ელექტროდისაკენ, ხოლო ელექტრონები n-არეში დადებითი ელექტროდისაკენ, ე.ი. მუხტის ძირითადი მატარებლები მოკიდდებიან p-ი გადასვლას. ამის გამო სასაზღვრო ფენის წინააღობა ძალიან გაიზრდება. ნახევარგამტარებში სითბური პროცესების გავლენით წარმოიშობა უმნიშვნელო რიცხვი თავისუფალი ელექტრონებისა და ხერელებისა, რომლებიც მათში მუხტის ძირითად მატარებლებს არ წარმოადგენენ; ეს ელექტრონები და ხერელები ქმნიან სუსტ არაპირდაპირ დენს, რომელსაც დიოდის უკუდენი ეწოდება. ძაბვას, რომლის დროსაც აღიძვრება უკუდენი უკუძაბვა ეწოდება.

ნახ.4.17 წარმოადგენილია გერმანიუმის დიოდის ვოლტამპერული მახასიათებელი. კოორდინატთა სისტემის პირველ კვადრანტში მოთავსებულია დიოდში პირდაპირი მიმართულების შესაბამისი შტო (OA უბანი), ხოლო მესამე კვადრანტში – დიოდში უკუმიმართულების შესაბამისი შტო (OB უბანი).



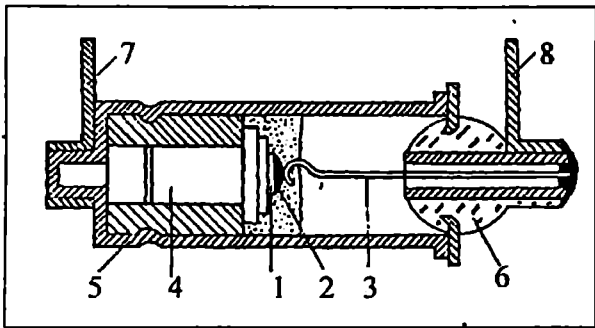
ნახ.4.17. გერმანიუმის დიოდის ვოლტამპერული მახასიათებელი

პირდაპირი და უკუდენისათვის, აგრეთვე, ძაბვისათვის ვოლტამპერულ მახასიათებელზე აღებულია სხვადასხვა მასშტაბი, რადგან პირდაპირი და უკუდენების მნიშვნელობები ერთმანეთისაგან განსხვავდება ასჯერ და მეტჯერ. როგორც ვოლტამპერული მახასიათებელიდან ჩანს, 0,6 ვ ძაბვა

ქმნის 0,1 აპპ. სიდიდის პირდაპირ დენს, მაშინ, როდესაც 0,0001 აპპ (0,1 მეგა აპპ.) უკუდენის შესაქმნელად საჭიროა 400ვ მეტი ძაბვა.

წარმოება უშვებს გერმანიუმის, კაუბადის, სელენის და სპილენძქვეყანგური ტიპის ნახევარგამტარულ დიოდებს. დატვირთვის ყველაზე დიდი უნარიანობა ახასიათებს გერმანიუმისა და კაუბადის დიოდებს, მაგრამ მათი ღირებულებაც მეტია.

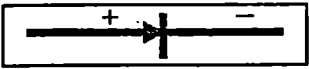
ნახ.4.18 ნახვენებია Mn-Cl ტიპის გერმანიუმის ფირფიტოვანი დიოდის მოწყობილობა. აღნიშვნის პირველი ასო შეესაბამება დიოდს - M ; მეორე ასო Cl - გერმანიუმს, მესამე Cl - გამმართველს.



ნახ.4.18. გერმანიუმის დიოდის მოწყობილობა (ელექტროდი შეერთებული ინდიუმის კრისტალთან წარმოადგენს ანოდს, ხოლო ელექტროდი შეერთებული გერმანიუმთან - კათოდს)

დიოდი შედგება ერთმანეთთან მიდნობილი გერმანიუმისა (1) და ინდიუმის (2) კრისტალისაგან, რომლებიც შეერთებულია (3) და (4) დენსართმევთან. დენსართმევი (4) ლითონის კორპუსით (5) უერთდება კონტაქტურ გამომყვანს (7). დენსართმევი 3 მინის იზოლატორით (6) იზოლირებულია კორპუსისაგან და შეერთებულია კონტაქტურ გამომყვანთან (8). პერმეტული კორპუსი ნახევარგამტარს სინესტისაგან იცავს.

ნახევარგამტარული დიოდის გამოსახვა სქემაზე ნახვენებია 4.19 ნახაზზე.



ნახ.4.19. ნახევარგამტარული დიოდის გამოსახვა სქემაზე

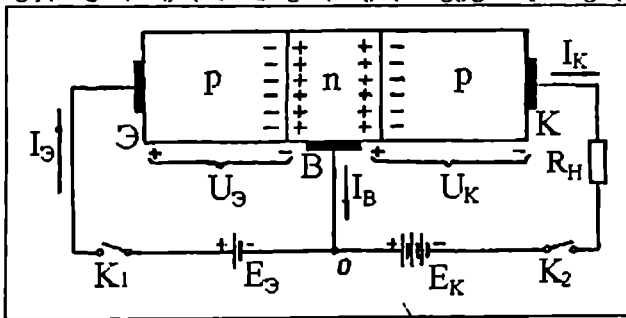
3. ნახევარგამტარული ტრიოდები

ნახევარგამტარული ტრიოდი (ტრანზისტორი) წარმოადგენს გერმანიუმისა და კაუბადისაგან შესრულებულ მონოკრისტალს, რომელიც შეიცავს შენაცვლებადი p და n გამტარობის სამ ფენას. განაპირა ფენებს გააჩნიათ ერთგვარი გამტარობა, ხოლო შუალედ ფენას მათგან განსხვავებული (სხვაგვარი გამტარობა).

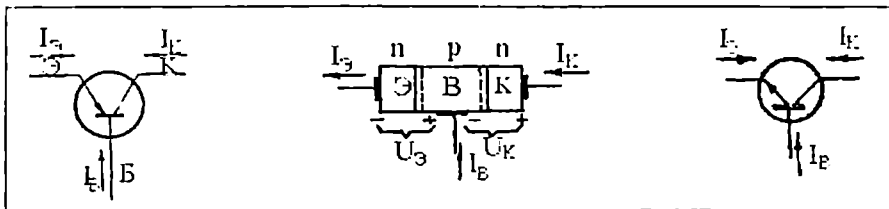
არჩევენ $p-n-p$ ტიპისა (პირდაპირი გამტარობის) და $n-p-n$ ტიპის (უკუგამტარობის) ტრიოდებს. $p-n-p$ ტიპის ტრიოდებში გარე ფენებს აქვს p გამტარობა, ხოლო შიგას - n -გამტარობა (ნახ.4.20). ასეთი ტრიოდის პირობითი აღნიშვნა სქემებში ნახვენებია ნახ.4.21. $n-p-n$ ტიპის ტრიოდების გარე ფენებს აქვს n -გამტარობა, ხოლო შიგას - p გამტარობა (ნახ.4.22). მათი პირობითი აღნიშვნა სქემებში ნახვენებია ნახ.4.23.

ემიტერი \mathfrak{E} და კოლექტორი K წარმოადგენენ ტრანზისტორის ელექტროდებს. შუალედ ფენას, რომელიც ატარებს მუხტებს ემიტერიდან კოლექტორისაკენ, ეწოდება ბაზა - B .

ნახ.4.20 ნახვენებია ტრიოდის ჩართვა წრედში ელექტრული სიგნალის გასაძლიერებლად. სქემაზე წარმოდგენილია ორი წრედი - შემავალი ანუ მართვის წრედი და გამომავალი ანუ სამართავი წრედი. მკვებავი ძაბვების პოლარობა შერჩეულია ისეთნაირად, რომ ემიტერული გადასვლა ($p-n$ გადასვლა) მუშაობს პირდაპირი მიმართულებით, ხოლო კოლექტორული გადასვლა ($n-p$ გადასვლა) უკუმიმართულებით.



ნახ.4.20. $p-n-p$ ტიპის ტრიოდის ჩართვა წრედში ელექტრული სიგნალის გასაძლიერებლად



ნახ.4.21. p-n-p ტრანზისტორის პირობითი აღნიშვნა სქემებში

ნახ.4.22. n-p-n ტიპის ტრიოდის სტრუქტურული სქემა

ნახ.4.23. n-p-n ტიპის ტრიოდის პირობითი აღნიშვნა სქემებში

ემიტერული გადასვლის წინააღობა მცირეა. ამიტომ ემიტერის წრედში ნორმალური დენის მისაღებად საკმარისია ემიტერის ე.მ.ძ. წყაროს ძაბვა იყოს ვოლტის მეთათედი ნაწილი. რაც შეეხება კოლექტორულ გადასვლას, მისი წინააღობა მეტად მნიშვნელოვანია, ამიტომ კოლექტორის ე.მ.ძ. წყაროს ძაბვა E_k აღემატება ემიტერის ე.მ.ძ. წყაროს ძაბვას E_e და შეადგენს რამდენიმე ერთეულ ან ათეულ ვოლტს.

ელექტრული სიგნალების გაძლიერება ნახევარგამტარიანი ტრიოდის საშუალებით ემყარება კოლექტორის დენის მართვას, ემიტერის დენის დახმარებით.

თუ K_1 და K_2 ნამრასები გათიშულია ელექტრონებისა და ხვრელების დიფუზიის გამო, p-n და n-p გადასვლებზე წარმოიქმნება უძრავი მუხტები, რომელთა პოლარობა ნახევანებია 4.20 ნახაზზე.

თუ K_1 ნამრასს შევეკრავთ, მაშინ ტრიოდის $E_e-K_1-B-O-E$ შემავალ წრედში ემიტერის ბატარეის p-n გადასვლაზე, პირდაპირი მიმართულებით ჩართვის გამო, წრედში გაივლის დიდი სიდიდის ემიტერის დენი I_e .

თუ K_1 ნამრასს გავთიშავთ, ხოლო K_2 შევეკრავთ, მაშინ წარმოიქმნება ტრანზისტორის გამოძვეალი წრედი, რომელშიც პრაქტიკულად დენი არ გაივლის, რადგან კოლექტორის ბატარეა კოლექტორის n-p გადასვლასთან ჩართულია უკუმიმართულებით.

K_1 და K_2 ნამრასების ერთდროულად შეკერის შემთხვევაში p-n გადასვლაზე ემიტერი - ბაზა გაივლის E_e ძაბვის პროპორციული ხვრელური დენი. დენის ხვრელების ძირითადი ნაკადი კოლექტორის ბატარეის E_k ძაბვის მო-

ქმედებით გაემართება ემიტერ-ბაზა გადასვლისაკენ და ხერელები გადავლენ K კოლექტორში, საიდანაც R_H დამტვირთავი წინაღობის გავლით გაედინებიან E_k ბატარეის უარყოფითი პოლუსისაკენ. რაც უფრო მცირეა ბაზის სისქე (შეადგენს 15-50 მიკრონს), მით უფრო რაოდენობა მიაღწევს ემიტერიდან გადმოსული ხერელებისა კოლექტორს. ჩვეულებრივად 92-99% ხერელებისა ხვდება კოლექტორში და წარმოქმნის კოლექტორის დენს I_k . ხერელების ნაწილი, რომელიც ეერ მიაღწევს ბაზა-კოლექტორის გადასვლას, შეივსება ემიტერის ბატარეიდან E_1 $N-O$ სადენით მოსული ელექტრონებით. ხერელების მცირე ნაწილი მოხვედება რა n -გამტარობის არეში (p გამტარობის არედან გადმოსვლის შემდეგ) რეკომბინირებს თავისუფალ ელექტრონებთან და ნეიტრალდება.

ამრიგად, ბაზის დენის ძალა I_δ ძალიან მცირე სიდიდეა, უახლოვდება ნულს, მაშინ, როდესაც კოლექტორის დენის ძალა უტოლდება ემიტერის დენის ძალას

$$I_k = \alpha I_\delta, \quad (4.30)$$

სადაც α არის ტრიოდის გამდიერების კოეფიციენტი დენის ძალის მიხედვით

$$\alpha = \left(\frac{\partial I_k}{\partial I_\delta} \right)_{U_k = const} = 0.92 - 0.99. \quad (4.31)$$

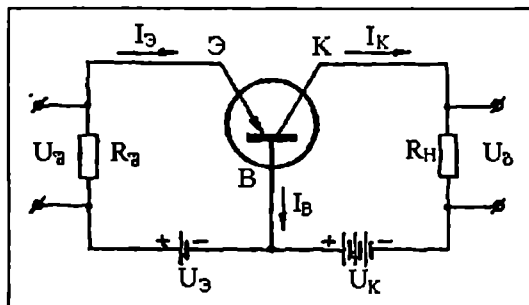
ბაზური დენი, რომელიც წარმოადგენს კოლექტორულს და ემიტერული დენის სხვაობას, უდრის

$$I_\delta = (1 - \alpha) I_k. \quad (4.32)$$

კოლექტორის დენის ძალა არ არის დამოკიდებული კოლექტორის ბატარეის E_k ძაბვაზე და R_H დამტვირთავი წინაღობაზე. იგი დამოკიდებულია მხოლოდ ემიტერის დენის ძალაზე I_k , რომელიც თავის მხრივ განისაზღვრება ემიტერის ბატარეის E_1 ძაბვის სიდიდით. მაშასადამე, ემიტერსა და ბაზას შორის ძაბვის $U_{\delta,6}$ ცვალებადობით შეიძლება განვახორციელოთ კოლექტორული დენის ძალის რეგულირება.

ნახ.4.24 ნაჩვენებია გამამდიერებელ კასკადში ტრიოდის ჩართვის სქემა. როგორც სქემიდან ჩანს, ემიტერ-ბაზის წრედში შესასვლელ წინაღობაზე R_H მიეწოდება შესასვლელი სიგნალის ძაბვა U_H , ხოლო დამტვირთავი წინაღობაზე

მივიღებთ შესასვლელ ძაბვაზე გაცილებით დიდ გამოსასვლელ ძაბვას $U_{\text{კ}}$, რომელიც წარმოადგენს სიგნალის გაძლიერებულ ძაბვას. სქემებში საერთო ბაზითა და საერთო ემიტერით გაძლიერების კოეფიციენტმა ძაბვის მიხედვით შეიძლება მიაღწიოს მნიშვნელობებს $1000 + 5000$. ეს აიხსნება იმ გარემოებით, რომ ბაზა-კოლექტორის წინააღობა ათასჯერ მეტია, ემიტერი-ბაზის წინააღობაზე, მაშინ როდესაც ემიტერის დენის ძალა უმნიშვნელოდ აღემატება კოლექტორისას.



ნახ.4.24. გამაძლიერებელ კასკადში ტრიოდის ჩართვის სქემა

თუ შევადარებთ ნახევარგამტარულ ტრიოდის მუშაობას სამელექტროდიან ვაკუუმის ნათურის მუშაობას, შეიძლება შევეამნით შემდეგი გარეგანი მსგავსება (ფიზიკური არსი სხვადასხვაა): ემიტერი ასრულებს ელექტრონული ნათურის კათოდის ფუნქციებს, კოლექტორი - ანოდის ფუნქციებს, ხოლო ბაზა - ბადის როლს. მაშასადამე, შესასვლელი წრედი მსგავსია ბადური წრედისა, გამოსასვლელი წრედი კი ელექტრონული ნათურის ანოდური წრედისა.

ნახევარგამტარული ტრიოდებიანი სქემის პარამეტრების განსასაზღვრავად სარგებლობენ ემიტერული და კოლექტორული ეოლტამპერული მახასიათებლით.

ემიტერული მახასიათებელი წარმოადგენს ემიტერის დენის I_e დამოკიდებულებას ბაზასა და ემიტერს შორის ძაბვაზე $U_{\text{ბე}}$, ბაზასა და კოლექტორს შორის ძაბვის $U_{\text{კბ}}$ მუდმივი მნიშვნელობის დროს, ე.ი.

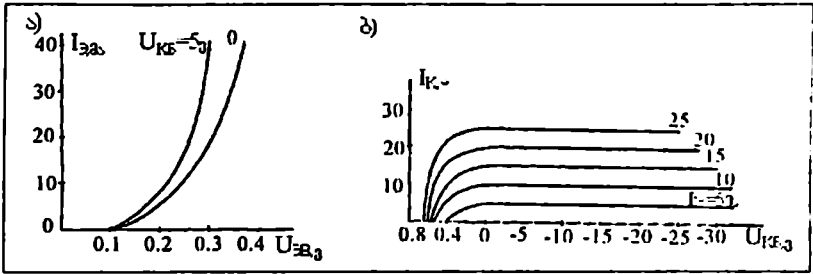
$$I_e = f(U_{\text{ბე}})_{U_{\text{კბ}} = \text{const}}$$

კოლექტორული მახასიათებელი წარმოადგენს კოლექტორის დენის I_k დამოკიდებულებას კოლექტორის ძაბვისა-

გან U_{K6} , ემიტერის დენის I_e , რაიმე მუდმივი მნიშვნელობის დროს, ე.ი.

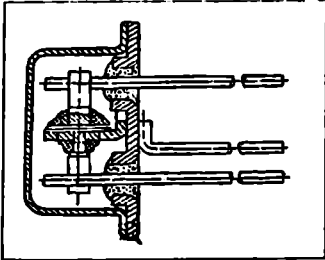
$$I_K = f(U_{K6})_{I_e, \text{const}}$$

ემიტერულ მახასიათებლებს სქემაში საერთო ბაზით, ეწოდებათ შესასვლელი, ხოლო კოლექტორულ მახასიათებლებს – გამოსასვლელი (ნახ.4.25 ა,ბ)



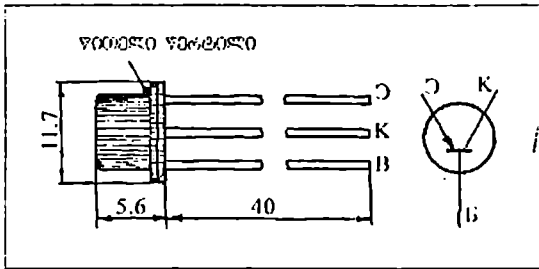
ნახ.4.25. П13-П15А ტიპის ტრანზისტორის ტიპური მახასიათებლები სქემაში საერთო ბაზით: ა) შესასვლელი; ბ) გამოსასვლელი

(ნახ.4.26) ნაჩვენებია ბრტყელი, შენადნობი გერმანიუმის ტრიოდის კონსტრუქციული სქემა. ტრიოდის გერმანიუმის საწყის მონოკრისტალს აქვს n -გამტარობა, ხოლო გარე ფენებში p -გამტარობა მიიღწევა მის კრისტალურ გისოსში სამვალენტიანი ინდიუმის პატარა ნაჭრების შედნობით, რომლის ნარჩენი მოცულობები ასრულებენ p -ფენებთან ორგანულად დაკავშირებული ლითონური ელექტროდების როლს, რომელთა გამოყენება მსადადება ნიკელის ან მონიკელელებული სპილენძისაგან და ინდიუმს მიერნიღება კალით. П-14 ტიპის დაბალსიხშირული ტრიოდი გამოიყენება დენის წინასწარი გაძლიერების კასკადებში, ხოლო П-207 ტიპის ტრიოდი – სიმძლავრის გაძლიერების კასკადებში.



ნახ.4.26 ბრტყელი შენადნობი გერმანიუმის ტრიოდის კონსტრუქციული სქემა

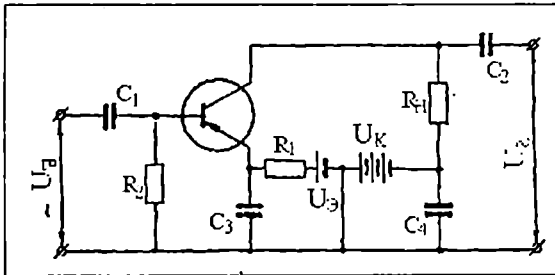
ნახ.4.27 წარმოადგენილია П401- П403А ტიპის გერმანიუმის ტრიოდის ზომები და ელექტროდების განლაგება. ასე П ტრიოდის აღნიშვნაში მიღებულია ბრტყელი ტრიოდებისათვის.



ნახ.4.27. П401- П403А ტიპის გერმანიუმის ტრიოდის საერთო ხედი ზომებითა და ელექტროდების განლაგებით

4. ნახევარგამტარული გამაძლიერებლები

სამრეწველო ხელსაწყოების გამაძლიერებლებში დიდი პრაქტიკული გავრცელება ჰპოვა საერთო ემიტერით ჩართვის სქემამ (ნახ.4.28). ნათურულ ტექნიკაში ანალოგს წარმოადგენს სქემა საერთო კათოდით.



ნახ.4.28. ელექტრული სიგნალების გაძლიერება საერთო ემიტერით ტრიოდის ჩართვის დროს

სქემა საერთო ემიტერით იძლევა, როგორც ძაბვის, ისე დენისა და სიმძლავრის მნიშვნელოვნად გაძლიერების შესაძლებლობას (საერთო ბაზის სქემის დროს დენის გაძლიერება შეუძლებელია, რის გამოც სიმძლავრის გაძლიერების კოეფიციენტი მცირეა, ნათურულ ტექნიკაში საერთო ბაზით გამაძლიერებლის ანალოგს წარმოადგენს სქემა დამიწვებული ბადით).

ცნობილია აგრეთვე სქემა საერთო კოლექტორით. ამ შემთხვევაში ძაბვის გაძლიერების კოეფიციენტი ყოველთვის

ერთზე ნაკლებია. ნათურულ ტექნიკაში ანალოგს წარმოადგენს სქემა დამწვებელი ანოდით.

ნახევარგამტარული გამაძლიერებლის სქემაზე, ხაერთო ემიტერით ტრანსისტორის ხართვის დროს, ნახევრებია: U_H - ცველადი ძაბვა გამაძლიერებლის შესასვლელზე; C_1 - კონდენსატორი, რომელიც არ ატარებს, ტრიოდზე U_H ძაბვის მუდმივ მდგენელს; C_2 - კონდენსატორი, რომელიც არ ატარებს გამაძლიერებლის გამოსასვლელზე ძაბვის მუდმივ მდგენელს R_H გამოსასვლელი წინააღობიდან; C_1 და C_2 კონდენსატორებს ეწოდებათ გამყოფი. C_3 და C_4 - კონდენსატორებს, რომლებიც მუხტავენ მუდმივი ძაბვის წყაროებს U , და U_K , ეწოდებათ მაბლოკირებელი.

ძაბვა ემიტერსა და ბაზას შორის განისაზღვრება U , წყაროს მუდმივი ძაბვისა და შესასვლელი დენის R_2 წინააღობაზე ძაბვის ცველადი ვარდნის აღგებრელი ჯამით.

აღნიშნული ნახევარგამტარული გამაძლიერებელი კასკადის სქემის შემთხვევაში დენის ძალის გაძლიერების კოეფიციენტი აღწევს სიდიდეებს - (10-100), როცა α იცვლება 0,91-დან 0,99-მდე. მართლაც, გაძლიერების კოეფიციენტი

$$\beta = \left(\frac{\partial I_K}{\partial I_G} \right)_{U_K = const} = \frac{I_K}{I_G}; \quad (4.33)$$

(4.32)-ის თანახმად $I_G = (1 - \alpha)I_3$ (ბაზური დენი წარმოადგენს კოლექტორული და ემიტერული დენების სხვაობას).

თუ გავითვალისწინებთ I_G -ის მნიშვნელობას (4.33), მივიღებთ

$$\beta = \frac{I_K}{(1 - \alpha)I_3}. \quad (4.34)$$

მაგრამ (4.30)-ის თანახმად $\frac{I_K}{I_3} = \alpha$ წარმოადგენს დენის

გაძლიერების კოეფიციენტს, ვინაიდან $I_K = I_{\beta}$ და $I_K = I_{\gamma}$.

$$\text{მაშასადამე, } \beta = \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}. \quad (4.35)$$

თუ მაგალითად, $\alpha = 0,98$, მაშინ

$$\beta = \frac{0.98}{1 - 0.98} = \frac{0.98}{0.02} = 49.$$

ძაბვის გაძლიერების კოეფიციენტი საერთო ემიტერით ს.ე. სქემის შემთხვევაში აღწევს რამდენიმე ათასს, ხოლო სიმძლავრის გაძლიერების კოეფიციენტი ათი ათასს.

ნახევარგამტარული გამაძლიერებლები გამოიყენება როგორც გამმართველები, გენერატორები და სხვ. მათ გაანინათ დიდი მქანნიკური გამძლეობა, მკირე ზომები და წონა, ვიდრე ელექტროვაკუუმურ და ელექტროიონურ ხელსაწყოებს, რაც მეტ უპირატესობასე მეტყველებს.

§5. მაგნიტური ბამაძლიერებლები

1. ფერომაგნიტური მასალების თვისებები

მაგნიტური გამაძლიერებლების მოქმედება დამყარებულია ფერომაგნიტური მასალების თვისებების გამოყენებაზე. კერძოდ, ფერომაგნიტური მასალების მაგნიტური შეღწევალობა, მათი მუდმივი მაგნიტით შემაგნიტების დროს მკვეთრად იცვლება.

მაგნიტური ინდუქცია, როგორც ცნობილია, გამოისახება არახაზოვანი დამოკიდებულებით

$$B = \mu H ,$$

სადაც B არის მაგნიტური ინდუქცია, ტლ (1 ტესლა = $1 \frac{ვბ}{მ^2} = 10^4$ გაუსი);

H – მაგნიტური ველის დაძაბულობა, $\frac{ამპერი}{მ}$ ($1 \frac{ამპერი}{მ} = 4\pi \cdot 10^3$ ერსტედი);

$$\mu \text{ მაგნიტური შეღწევალობა, } \frac{ჰენრი}{მ} \left(\frac{ჰნ}{მ} \right).$$

გულარის მაგნიტურ ინდუქციასა B, გულარის განივი კვეთის ფართოსა (S) და მაგნიტურ ნაკადს Φ შორის დამოკიდებულება გამოისახება ცნობილი ფორმულით

$$\Phi = B \cdot S$$

მაგნიტური ველის დაძაბულობა თავის მხრივ განისაზღვრება დენის ძალით – I, მაგნიტური გამტარის სიგრძით

ℓ (მ) და გრაგნილის ხვეულების რიცხვით - ω შემდეგი გამოსახულებით

$$H = \frac{l\omega}{\ell} \text{ (ამპ/მ)}.$$

როგორც ცნობილია, დენის ძალის ცვალებადობა გრაგნილში იწვევს მასში თვითინდუქციის ე.მ.ძ. - e აღძვრას, რომელიც დამოკიდებულია გრაგნილის ხვეულების რიცხვზე ω და მაგნიტური ნაკადის ცვლილების სინქარესე

$$e = -\omega \frac{d\phi}{dt};$$

აქ e აღებულია ვოლტებში;

ϕ ვებერებში (1 ვებერი = 10^8 მაქსველს).

ამრიგად, მაგნიტური ინდუქციისათვის გვაქვს შემდეგი დამოკიდებულება

$$B = \mu \frac{l\omega}{\ell} \cdot I \text{ (ტლ)} \quad (4.36)$$

რადგან (4.36) გამოსახულება არახასოვანია, ამიტომ μ -კოეფიციენტი ცვალებადია. μ - განისაზღვრება ორი თანამამრავლის ნამრავლით

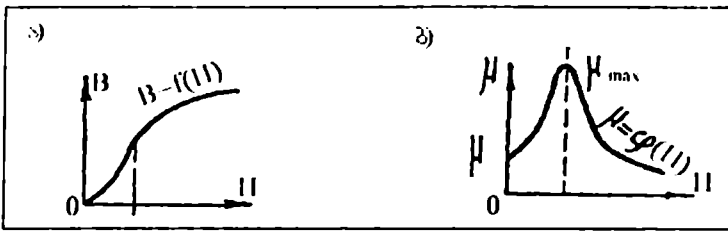
$$\mu = \mu_r \mu_0 \quad (4.37)$$

სადაც μ_0 არის ვაკუუმის მაგნიტური შეღწევადობა და მას მაგნიტური მუდმივა ეწოდება.

μ_r - ფარდობითი მაგნიტური შეღწევადობა (განყენებული რიცხვი).

მაგნიტური ველის დაძაბულობის გაზრდა გარკვეული მნიშვნელობის შემდეგ იწვევს მაგნიტური შეღწევადობის მკვეთრად შემცირებას. მაშასადამე, $\mu = \phi(H)$ ფუნქციას გააჩნია მაქსიმუმი, ე.ი. იგი საწყისი μ_{max} მნიშვნელობიდან იხრდება მაქსიმუმამდე და კვლავ მკვირდება. $\mu = \phi(H)$ ფუნქციის გრაფიკული გამოსახულება ნაჩვენებია ნახ.4.29,ბ.

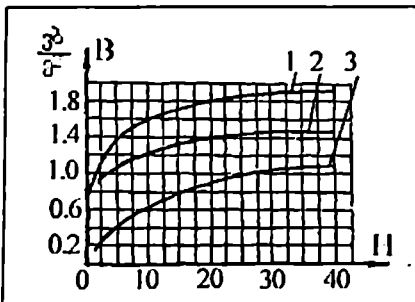
მაგნიტური გამაძლიერებლის მუშაობის დროს გამოიყენება $\mu = \phi(H)$ დამოკიდებულების მარჯვენა ნაწილი, რომელიც შეესაბამება მაგნიტური ველის დაძაბულობის გაზრდისას, მაგნიტური შეღწევადობის შემცირებას.



ნახ.4.29. ფერომაგნიტური მასალების თვისებები: ა) $B=f(H)$ ფუნქციის გრაფიკი; ბ) $\mu = \varphi(H)$ ფუნქციის გრაფიკი

ფერომაგნიტური მასალის მოქმედი მაგნიტური შეღწევალობის სიდიდე (ველადი დენის შემთხვევაში შეიძლება განისაზღვროს ნახ.4.29,ა აგებული მრუდის საშუალებით, რომელიც გამოსახავს $B=f(H)$ დამოკიდებულებას. გრაფიკიდან ჩანს, რომ $B=f(H)$ მრუდი მაგნიტური ველის დაძაბულობის საშუალო მნიშვნელობების დროს იზრდება სწრაფად, ვიდრე მცირე და დიდი მნიშვნელობის შემთხვევაში. სწორედ ამ შუალედში აღწევს რკინის მაგნიტური შეღწევალობა თავის მაქსიმალურ სიდიდეს, რომელიც ტოლია ჰაერის მაგნიტური შეღწევალობისა. გრაფიკულ დამოკიდებულებას მაგნიტური ინდუქციისას მაგნიტური ველის დაძაბულობისაგან ეწოდება დამაგნიტების მრუდი. აღნიშნული მრუდის არახასოვანი ხასიათი ფერომაგნიტური მასალებისათვის აღმოაჩინა პროფ. ა.გ. სტოლეტოვმა. ფერომაგნიტური მასალის თვისებების გამოკვლევაში დიდი წვლილი შეიტანეს, აგრეთვე, მეცნიერებმა - ვ.კ. არკადიევა, ნ.ს. აკულოვა, ი.ტ. დორფმანმა, ს.ვ. კონსოვსკიმ და სხვებმა.

ნახ.4.30 მოცემულია სხვადასხვა ფერომაგნიტური ნივთიერების დამაგნიტების მრუდები



ნახ.4.30. სხვადასხვა ფერომაგნიტური ნივთიერების დამაგნიტების მრუდები

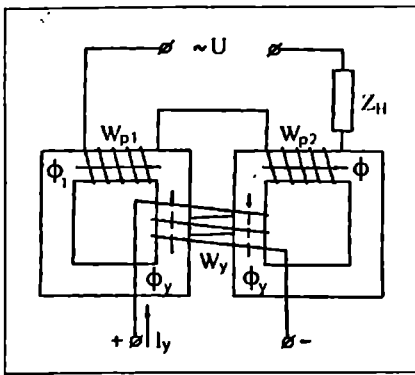
2. მაგნიტური გამაძლიერებლები

მაგნიტური გამაძლიერებელი MY წარმოადგენს ცველადი დენის ფერომაგნიტურ მოწყობილობას, რომლის ინდექციურობა იცვლება ფართო სახდურებში დროსთვის მუდმივი დენით შემაგნიტების დროს. ამრიგად, შესასვლელი არის მუდმივი დენის ძაბვა, გამოსასვლელი – ცველადი დენის ძაბვა, თუ გამოსასვლელზე გათვალისწინებული არ არის გამძარტველები. მაგნიტური გამაძლიერებლები გამოიხატებიან მოწყობილობის სიმარტივით, გაძლიერების მნიშვნელოვანი კოეფიციენტით (ერთ კასკადში სიმძლავრის გაძლიერება აღწევს 1000-10000 და მეტს), მოძრავი ნაწილების უქონლობით, არამგრძობიარობით დიდი გადატვირთვებისადმი. დარტყმუბისადმი, რყევისადმი და მაღალი საექსპლლატაციო საიმქსობით. ელექტრონული გამაძლიერებლებისაგან განსხვავებით, მაგნიტური გამაძლიერებლები არ საჭიროებენ წინასწარ გახურებას და მზად არიან სამოქმედოდ, კვების წყაროს წართვისთანავე. მათ გააჩნიათ სტაბილური მახასიათებლები. მაგნიტური გამაძლიერებელი ერთნაირ რეაგირებას ახდენს შემაგნიტების დენის მიმართულებისაგან დამოუკიდებლად.

სამოთვლილი უპირატესობების გამო მაგნიტური გამაძლიერებლები ფართოდ გამოიყენება ავტომატური რეგულირების, მართვისა და კონტროლის მოწყობილობებში.

მაგნიტური გამაძლიერებლების არსებით ნაკლს წარმოადგენს დიდი ინერციულობა, განპირობებული მართვის გრაგნილების ინდუქციურობით.

უმარტივესი მაგნიტური გამაძლიერებელი შედგება ორი ფერომაგნიტური გულარისაგან, რომელზეც დახვეულია მუდმივი დენის მართვის გრაგნილი W_1 . ორი მუშა, ცველადი დენის გრაგნილი W_2 დახვეულია თითოეული თავის გულარზე და შეერთებულია ერთმანეთთან თანმიმდევრობით ისე, რომ მათ მიერ შექმნილი Φ_1 და Φ_2 ნაკადიდან ერთ-ერთი ემთხვევა მართვის გრაგნილის ნაკადს Φ_0 , ხოლო მეორე მის საწინააღმდეგოდ არის მიმართული. ცველადი დენის გრაგნილს ეწოდება მართვადი გრაგნილი. მართვის გრაგნილზე ორი ცველადი მაგნიტური ველის მოქმედება ერთმანეთს აკომპენსირებს. არარევერსიული მაგნიტური გამაძლიერებლის სქემა ნაჩვენებია 4.31 ნახაზზე.



ნახ.431. უმარტივესი მაგნიტური გამაძლიერებლის სქემა

მაგნიტური გამაძლიერებლის მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: როდესაც მართვის გრაგნილში მუდმივი დენი არ არსებობს, ე.ი. $I_r=0$, ნულის ტოლი იქნება, აგრეთვე, მუდმივი მაგნიტური ველის დაძაბულობაც $H_r=0$. მაშასადამე, გულარის შემაგნიტებას ადგილი არა აქვს. როდესაც $H_r \neq 0$ (მკირდება მაგნიტური შეღწევადობა - μ_+ , ეს კი იწვევს ინდუქციურობისა L და ინდუქციური წინააღობის X_L შემცირებას, რაც გამომდინარეობს დამოკიდებულებიდან

$$L = \frac{0.4\pi\omega^2 S \cdot 10^{-8}}{\ell} \mu_+ = C_L \mu_+, \quad (4.38)$$

სადაც

- ω არის მუშა გრაგნილის ხვეულების რიცხვი;
- S - გულარის განივკვეთის ფართი, სმ²;
- ℓ - მაგნიტური სადენის საშუალო სიგრძე, სმ;
- L - დროსელის ინდუქციურობა (W_p გრაგნილის);

$$C_L = \frac{0.4\pi\omega^2 S \cdot 10^{-8}}{\ell} = const \quad (\text{მოკუმული დროსელისათვის}).$$

ინდუქციურობის შემცირება იწვევს ცველადი დენის გაზრდას, რაც გამომდინარეობს შემდეგი გამოსახულებიდან

$$I_- = \frac{U_-}{Z_H} = \frac{U_-}{\sqrt{R_0^2 + (\omega_f L + r)^2}}, \quad (4.39)$$

სადაც U_- არის ძაბვა წრედში;

$R_0 - W_p$ გრაგნილისა და Z_H დატვირთვის აქტიური წინააღობა;

r-Z_H დატვირთვის რეაქტიული წინაღობა;

$\omega_r = 2\pi f$ - წრედის წრიული სიხშირე; f - ტექნიკური სიხშირე.

ამრიგად, შემაგნიტების დენის შეცვლა $I_2=I_1$, იწვევს μ_2 შეცვლას. μ_2 შეცვლას, როგორც ეს გამომდინარეობს (4.38) და (4.39) ფორმულებიდან მიეყავართ დატვირთვის წრედის დენის I_2 შეცვლამდე. მაგნიტური შედწევადობა μ_2 იცვლება მნიშვნელოვნად შემაგნიტების დენის უმნიშვნელოდ ცვლილებისას. ამიტომ დენის მიხედვით შეგვიძლია მცირე შესასვლელი სიგნალებით ემართოთ მნიშვნელოვანი სიმძლავრეები დატვირთვის წრედში. მაშასადამე, აღნიშნული მოწყობილობა წარმოადგენს გამაძლიერებელს, რომელიც ხასიათდება გაძლიერების ორი კოეფიციენტით - სიმძლავრის მიხედვით K_p და ძაბვის მიხედვით K_u :

$$K_p = \frac{P_H - P_0}{P_y}; \quad (4.40)$$

$$K_u = \frac{U_H - U_0}{U_y}, \quad (4.41)$$

სადაც

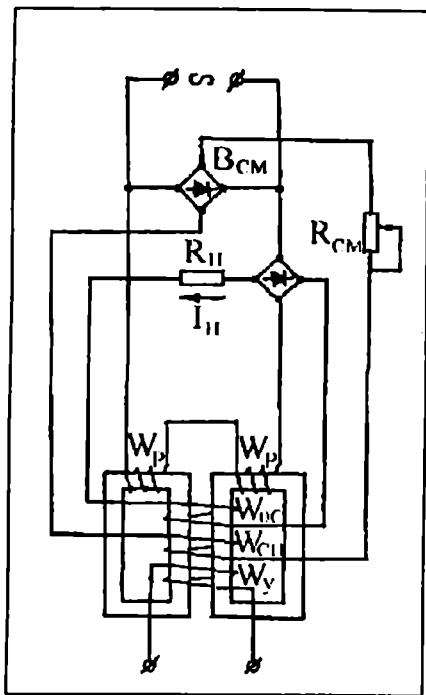
P_y და U_y არის შესაბამისად სიმძლავრე და ძაბვა შესასვლელი სიგნალისა;

P_H და U_H - სიმძლავრე და ძაბვა დატვირთვაზე;

P_0 და U_0 - სიმძლავრე და ძაბვა, როდესაც აღგილი არა აქვს შემაგნიტებას $I_2=0$.

გაძლიერების კოეფიციენტის გაზრდის მიზნით გამოიყენება სპეციალური მაგნიტური შენადნობები (პერმალთი რკინა-ნიკელის შენადნობი), მაღალი სიხშირის (400-2000 კ(ც) ცვლადი დენი და უკუკავშირი. პერმალთისაგან დამზადებულ გულარს გააჩნია გაცილებით დიდი მაგნიტური შედწევადობა, ვიდრე სატრანსფორმატორო ფოლადს. კეკების მაღალი სიხშირეები იწვევენ გაძლიერების კოეფიციენტის პროპორციულ ზრდას და ინერციულობის შემცირებას. მაგნიტური გამაძლიერებლების სქემებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს უკუკავშირს. ცვლადი დენის მნიშვნელობის ზრდა იწვევს უკუკავშირს გრაგნილის მიერ შექმნილი დამამაგნიტებელი

ძალის გაზრდას. მაშასადამე, მკირდება დამაგნიტების ძალა (ამპერ-სვეულები) და მუდმივი დენის მართვის გრაგნილების სომები. ნახ.4.32 წარმოდგენილია მაგნიტური გამაძლიერებლის სქემა დადებითი უკუკავშირით, რომლის განხორციელება(ც ადვილია, თუ დატვირთვის დენს I_{II} მივაწოდებთ უკუკავშირის დადებით გრაგნილში W_{α} , რომელიც ისევეა შეერთებული, როგორც მართვის გრაგნილი W_y .

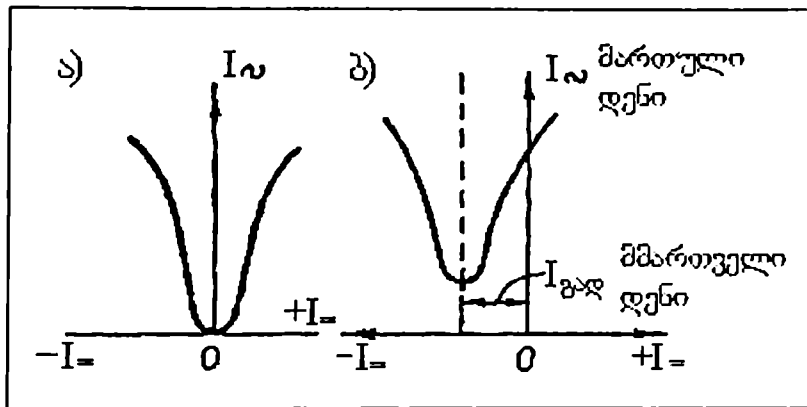


ნახ.4.32. მაგნიტური გამაძლიერებლის სქემა, უკუკავშირის და მუშა წერტილის გადასაადგილებელი გრაგნილებით

საწყისი შემაგნიტების ან გადაადგილებისათვის, რომელიც საშუალებას იძლევა გამაძლიერებლის მახასიათებელზე გადავაადგილოთ მუშა წერტილი, როდესაც $I_y=0$, სქემაში გათვალისწინებულია მყარი გამმართველი B_{CM} (კუპროქსის ან სელენის), რომლისგანაც (ველადი რეზისტორის R_{CM} გავლით) იკვებება გადაადგილების გრაგნილი W_{CM} , რომელიც ხშირად გამოიყენება საწყისი მუშა წერტილის გადასაადგილებლად ხასოვანი უბნის შუაში.

მაგნიტური გამაძლიერებლის ძირითადი მახასიათებელია მართვად გრაფილში დენის I_{\sim} დამოკიდებულება დენისაგან I_{\sim} მართვის გრაფილში.

ნახ.4.33 ნაჩვენებია მაგნიტური გამაძლიერებლის მახასიათებელი.



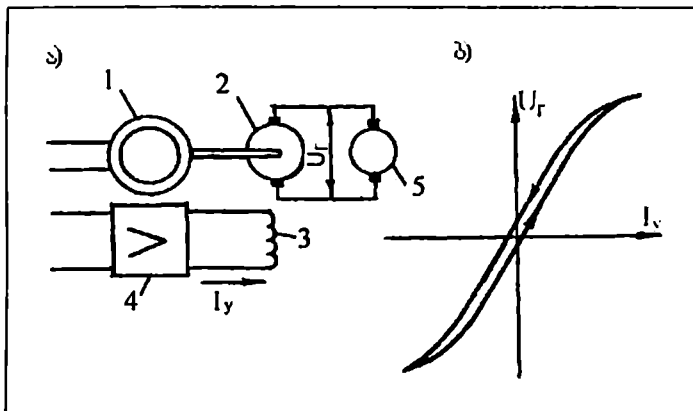
ნახ.4.33. მაგნიტური გამაძლიერებლის მახასიათებელი: ა) გადაადგილების დენის გარეშე; ბ) გადაადგილების დენის შემთხვევაში

§6. ელექტრომანქანური გამაძლიერებლები

ელექტრონული და მაგნიტური გამაძლიერებლებისაგან განსხვავებით ელექტრომანქანურ გამაძლიერებლებს $\Sigma\text{M}\Upsilon$ გააჩნიათ მბრუნავი ან მოძრავი ნაწილები. ელექტრომანქანური გამაძლიერებელი უმარტივესი სახით წარმოადგენს მუდმივი დენის გენერატორს, რომელიც ბრუნავს მუდმივი სიჩქარით დამხმარე ძრავას საშუალებით (ამ მიზნით წვეულებრივად გამოიყენება ასინქრონული მოკლედ ხართული ძრავა). ნახაზზე 4.34,ა წარმოდგენილია უმარტივესი ელექტრომანქანური გამაძლიერებლის სქემა, ხოლო 4.34,ბ-სე გამოსახულები ძაბვის დამოკიდებულება მართვის დენისაგან. სქემა-ზე 1 - არის მექანიკური ენერჯის დამხმარე წყარო; 2 - გენერატორის ღუზა; 3 - გენერატორის მართვის გრაფილი; 4 - გამაძლიერებელი, რომელიც კვებას მართვის გრაფილს;

5 - ელექტრომანქანური გამაძლიერებლის დატვირთვა დამოუკიდებელი აგზნებით (შემსრულებელი ძრავას ღუშა).

რადგანაც გენერატორის გამოსასვლელი ძაბვა პროპორციულია აგზნების ნაკადისა, ამიტომ აგზნების გრაგნილში (მართვის გრაგნილში - 3) დენის სიდიდისა და მიმართულების (კვლილებით შესაძლებელია გენერატორის გამოსასვლელი ძაბვის მართვა. გაძლიერების კოეფიციენტი სიმძლავრის მიხედვით შეადგენს 10-100.

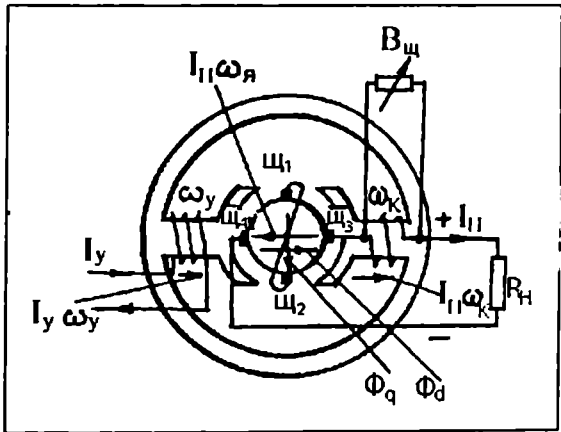


ნახ.4.34. უმარტივესი ელექტრომანქანური გამაძლიერებელი: ა) სქემა; ბ) მახასიათებელი

აღწერილი უმარტივესი ელექტრომანქანური გამაძლიერებლის გარდა, თანამედროვე ტექნიკაში გამოიყენება უფრო სრულყოფილი აგრეგატები, რომლებიც აგზნების სისტემის მიხედვით იყოფიან გრძივი და განივი ველის ელექტრომანქანურ გამაძლიერებლებად (ЭМΥ). გრძივი ველის ЭМΥ, აგზნების ძირითადი მუშა ნაკადი მოქმედებს მანქანის გრძივი ღერძის მიმართულებით პოლუსების გასწვრივ, ხოლო განივი ველის ЭМΥ - განივი ღერძის მიმართულებით. პრაქტიკაში ფართო გამოყენება ჰპოვა ელექტრომაგნიტურმა გამაძლიერებლებმა განივი ველით, რომელთაც ამპილდინი ეწოდებათ. ამპილდინის აგზნების წრედის მიერ გამოყენებული სიმძლავრე შეადგენს მცირე სიდიდეს, გენერატორის გამოსასვლელზე განვითარებულ სიმძლავრესთან შედარებით. მაგალითად, ელექტრომანქანურ გამაძლიერებელს ЭМΥ-25, რომელსაც უშვებს წარმოება, გააჩნია გამოსასვლელი სიმ-

ძღავერე 2,5კეტ., ხოლო შესასვლელი სიმძღავერე ორი გრაგნილის შემთხვევაში 0,5ვტ.; ЭMY-110 მართვის ორი გრაგნილის შემთხვევაში ავითარებს 11კეტ გამოსასვლელ სიმძღავერეს, 0,5ვტ შესასვლელი სიმძღავერის დროს. გაძღიერების კოეფიციენტი სიღიდე კვალებაღობს 1000-100000-ის სა'ხღვრებში.

4.35 ნახახ'სე ნაჩვენებია განივეღიანი ეღეკტრომანქანური გამაძღიერებღის სრული სქემა. ნახახ'სე ω_y - წარმოაღვენს მართვის გრაგნიღს; ω_z - საკომპენსაციო გრაგნიღს; $R_{\text{მ}}$ - რეგულირებაღ წინაღობას, ნართულს საკომპენსაციო გრაგნიღის პარალელურაღ, კომპენსაციის ხარისხის შესარჩევაღ; α_1 და α_2 - განიე მუსეებს; α_3 და α_4 - გრძიე მუსეებს; I_y - მართვის დენს; E_q - განიეი წრედის ე.მ.ძ.; E_d - გრძიეი წრედის ე.მ.ძ.

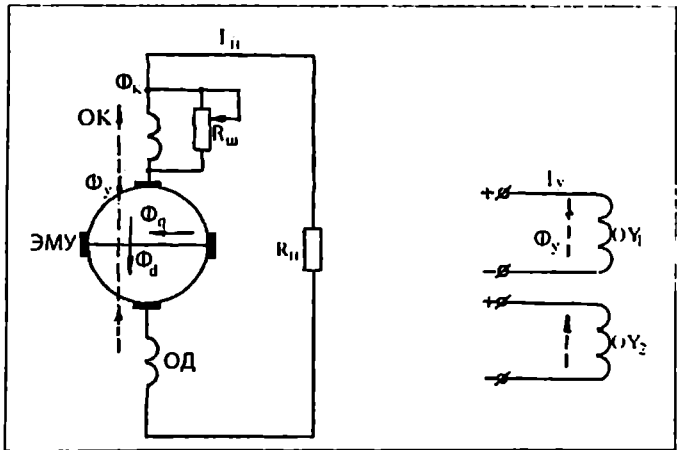


ნახ.4.35. ეღეკტრომანქანური გამაძღიერებღი განიეი ეღიით (აბშიღღინი)

$I_y \omega_y$ მაგნიტური მამოძრავებღი ძაღის მოქმედების შედეგაღ მანქანის გრძიეი დერძის მიმართულეებით წარმოიქმნება ნაკაღი. ღუზის განიე წრედში ამ ნაკაღის მოქმედებით წარმოიშობა განიეი წრედის ე.მ.ძ. E_q . მუსეების განიეი წყვიღი α_1 და α_2 შეკრულია მოკლეღ, რის გამოც E_q -ის გავღენიო მანქანის განიე წრედში წარმოიქმნება ღიღი დენი I_q , რომელიც ღუზის საღენებში გაღინებისას აღძრავს განიე მაგნიტურ ნაკაღს Φ_q . ღუზის გრძიე წრედში აღიძვრება გრძიეი

წრედის ე.მ.მ. E_a , რომელიც მოიხსნება გრძივი წრედის მუსე-
ბიდან α_3 და α_4 დატვირთვაზე. გაძლიერების ეფექტი მდგო-
მარეობს მასში, რომ განივი ნაკადი Φ_g გაცილებით დიდია,
ვიდრე მისი გამომწვევი საწყისი გრძივი ნაკადი Φ_a . სქემიდან
ნანს, რომ ღუსის მაგნიტური მამოძრავებელი ძალა გრძივ
წრედში, რომელიც იქმნება დატვირთვის დენით, მოქმედებს
მართვის მაგნიტური მ.ძ. I_y , საწინააღმდეგოდ და იწვევს
მანქანის განმაგნიტებას. ამიტომ განივევლიან ელექტრომან-
ქანურ გამაძლიერებლებში, ძირითად პოლუსებზე, მართვის
გრაგნილების გარდა, გათვალისწინებულია საკომპენსაციო
გრაგნილი მსხვილი მავთულისაგან, რომელიც ხართულია
დატვირთვის წრედში მიმდევრობით, ისეთნაირად, რომ კომ-
პენსაცია გაუწიოს დატვირთვის დენის განმაგნიტებელ მო-
ქმედებას.

ნახ.4.36 წარმოდგენილია ამპილდინის პრინციპული სქემა.
სქემაზე OY_1 , OY_2 , OK , OD აღნიშნულია შესაბამისად მართ-
ვის, საკომპენსაციო და დამატებითი პოლუსების გრაგ-
ნილები. დამატებითი პოლუსები განლაგებულია გრძივ
ღერძზე და განკუთვნილია გრძივი მუსების (რომელთა გა-
ვლითაც მიედინება დატვირთვის დენი) კომუტაციის პირობე-
ბის გასაუმჯობესებლად. დამატებითი პოლუსების გრაგნილი
ხართულია საკომპენსაციო გრაგნილთან მიმდევრობით.



ნახ.4.36. ამპილდინის პრინციპული სქემა

ამპილდინი წარმოადგენს ორსაფეხურიან გამაძლიერებელს. გაძლიერების პირველი საფეხური არის მართვის წრედი - ღუსის მოკლედ ჩართული წრედი. გაძლიერების მეორე საფეხური - ღუსის მოკლედ ჩართული წრედი - დატვირთვის წრედი.

დენის გაძლიერების პირველი საფეხურის კოეფიციენტი

$$K_1 = \frac{I_d}{I_y} = 20 + 50; \quad (4.42)$$

გაძლიერების მეორე საფეხურის კოეფიციენტი

$$K_2 = \frac{I_d}{I_q} = 20 + 50; \quad (4.43)$$

დენის მიხედვით გაძლიერების საერთო კოეფიციენტი

$$K = K_1 \cdot K_2 = \frac{I_q}{I_y} \cdot \frac{I_d}{I_q} = \frac{I_d}{I_y} = 400 + 2500. \quad (4.44)$$

გაძლიერების კოეფიციენტი იხრდება აგსნების დენის I_y სიდიდის შემცირებით, ღუსის I_d დენთან შედარებით.

სიმძლავრის გაძლიერების საერთო კოეფიციენტი

$$K_p = K_{p1} \cdot K_{p2} = \frac{P_q}{P_y} \cdot \frac{P_d}{P_q} = \frac{P_d}{P_y}, \quad (4.45)$$

სადაც $P_y = I_y \cdot U$ არის სიმძლავრე მართვის წრედში;

$P_q = I_q \cdot E_q$ - სიმძლავრე განივი მუსების წრედში;

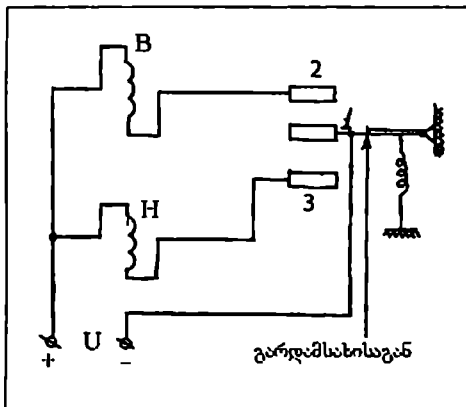
$P_d = I_d \cdot E_d$ - სიმძლავრე გრძივი მუსების წრედში.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ მაგნიტური და ნახევარგამტარული გამაძლიერებლები, დიდი საიმედობის გამო, ბოლო დროს, სდურდავენ ელექტრომანქანური გამაძლიერებლების გამოყენებას ავტომატიზებული ელექტროამძრავების სისტემებში. მაგრამ, ავტომატიზებული ელექტროამძრავის მძლავრ სისტემებში და იქ, სადაც საჭიროა რევერსირება და გადატვირთვის დიდი უნარიანობა, ელექტრომანქანური გამაძლიერებლების უპირატესობა უდავოა.

წარმოება უშვებს ელექტრომანქანურ გამაძლიერებლებს 100 კვტ-მდე სიმძლავრით.

§7. ელემენტრული კონტაქტები და რელე, როგორც გამაძლიერებელი

ელექტრული კონტაქტები შეიძლება განვიხილოთ, როგორც გამაძლიერებელი (ნახ.4.37). მოძრავი კონტაქტის გადასადგილებლად საჭიროა მცირე ძალვა. კონტაქტები ჩართავენ ელექტროძრავს, რომელსაც შეუძლია განავითაროს მნიშვნელოვანი ძალვა.



ნახ.4.37. ელექტრული კონტაქტები, როგორც გამაძლიერებელი

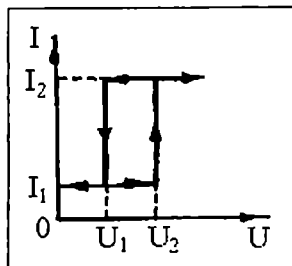
როდესაც მოძრავი კონტაქტი იმოყვება ნეიტრალურ მდგომარეობაში, B და H კონტაქტორების კოჭები გაუდუნურებულია და ძრავა გამორთულია. თუ მოძრავი კონტაქტი - 1, გადამწოდისაგან მიღებული იმპულსის მოქმედებით შეუერთდება კონტაქტს - 2, კოჭა B (წინ) მიიღებს კვებას და თავისი კონტაქტებით ჩართავს ელექტროძრავს, რომელიც გადაადგილებს მარეგულირებელ ორგანოს. 1-3 კონტაქტების შეკერის შემთხვევაში ჩაერთვება H (უკან) კონტაქტორის კოჭას წრედი; ელექტროძრავა ჩაერთვება უკუსვლაზე და მარეგულირებელი ორგანო გადაადგილდება საწინააღმდეგო მიმართულებით.

ელექტრომაგნიტური რელე წარმოადგენს უმარტივეს გამაძლიერებელს. რელეს ამოქმედებისათვის საჭიროა მცირე სიდიდის დენი (ან ძაბვა), ხოლო რელეს კონტაქტები ჩართავენ გაცილებით დიდი სიდიდის დენს. მაგალითად, რელე MKY-48 კოჭათი 220 ვ (ველად დენზე საჭიროებს ამოქმედებისათვის მუშა დენს სიდიდით 0,012 ამპ. იმავე ძაბვაზე კონ-

ტაქტების მიერ შეკრული დენის სიდიდე აღწევს 5 ამპ. მაშასადამე, გაძლიერების კოეფიციენტი

$$K = \frac{5}{0.012} \approx 416.$$

ნახაზზე 4.38 ნანვენებია ელექტრომაგნიტური რელეს მახასიათებელი. რელეს განმასხვავებელ თავისებურებას წარმოადგენს მისი მახასიათებლის წვეკეტადობა. მართლაც, თუ ძაბვა რელეს კოჭაზე იზრდება ნულიდან გარკვეულ სიდიდემდე წრედში, რომელშიც რელეს კონტაქტებია წართული, დენის სიდიდე არ შეიცვლება. როდესაც ძაბვა კოჭაზე მიაღწევს რელეს ამოქმედებისათვის საჭირო სიდიდეს, რელეს გულარი შეიზიდება და შეკრავს კონტაქტებს. ამ დროს კონტაქტების წრედში დენი მკვეთრად გაიზრდება. მაშასადამე, როდესაც $U=U_2$ შესრულდება ნახტომი და გამოსასვლელი სიდიდე შეიცვლება I_1 -დან I_2 -მდე. შესასვლელი U სიდიდის შემდგომი ზრდა, გამოსასვლელი I სიდიდის ცვლილებას არ გამოიწვევს. შესასვლელი სემოქმედების შემცირებისას U_1 მნიშვნელობამდე, გამოსასვლელი სიდიდე რჩება შეუცვლელი. როდესაც U გაუტოლდება U_1 , კვლავ სრულდება ნახტომი – გამოსასვლელი სიდიდე კვლავ ეცემა I_1 -მდე და შემდეგში U -ს შემცირების მიუხედავად არ შეიცვლება.



ნახ.4.38. რელეს, როგორც გამაძლიერებლის მახასიათებელი

§8. არაელექტრული მოქმედების ბაზაპლიერებლები

აეკომატური რეგულირების არაელექტრულ სისტემებში გამოყენებულია მექანიკური, ჰიდრაულიკური და პნევმატური გამაძლიერებლები. სამშენებლო წარმოებაში კი ძირითადად პნევმატური და ჰიდრაულიკური გამაძლიერებლები გამოიყენება, შესაბამისად პნევმო და ჰიდროამძრავებთან.

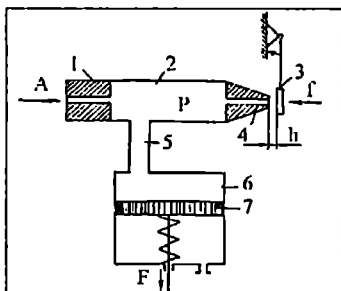
1. პნევმატური გამაძლიერებლები

პნევმატური გამაძლიერებელი წარმოადგენს მექანიზმს, რომელშიაც ენერჯის საკმაოდ მძლავრი ნაკადის (გათვალისწინებული მარეგულირებელი ორგანოს მოქმედებაში მოსაყვანად) მართვა წარმოებს მართვის ელემენტში მიწოდებული ენერჯის მცირე ნაკადით.

ენერჯის წყაროდ, რეგულატორების მოქმედებაში მოსაყვანად გამოიყენება კუმშული ჰაერი, წნევით $0,2-1$ კგ/სმ² ($1,96 \cdot 10^4 - 9,8 \cdot 10^4$ ნ/მ²).

პნევმატური გამაძლიერებლების ძირითად ელემენტს წარმოადგენს “საქშენ-საფარი” მოწყობილობა, რომლის მუშაობის სქემა ნაჩვენებია 4.39 ნახაზზე. სქემაზე 1 - არის მუდმივი კვეთის დროსელი (დროსელი ანუ ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა ეწოდება მოწყობილობას, რომელიც მიღსადენის სისტემაში ჩართვის შემთხვევაში ცვლის მიღსადენის ჰაერის გამტარ კვეთს და შესაბამისად, - ხარჯსა და წნევას. ხვეულებრივად დროსელი წარმოადგენს მცირე სიგრძის მილაკს მცირე დიამეტრით - $0,2$ მმ-მდე); 2 - კამერა, რომელშიც მიეწოდება კუმშული ჰაერი P_1 წნევით. კუმშული ჰაერის წნევა კამერაში P არის საკომანდო; 5 - მილაკის საშუალებით საკომანდო წნევა მიეწოდება შემსრულებელი მექანიზმის კამერაში - 6. კამერას - 2 აქვს კიდევ ერთი ხერეტი - საქშენი 4, საიდანაც შეკუმშული ჰაერი გაედინება ატმოსფეროში; 3 - არის საფარი (სწორკუთხა ფორმის ფოლადის ფირფიტა), რომელსაც შეუძლია მიუახლოვდეს ან დაშორდეს საქშენს - 4. საქშენის გამტარი კვეთი რაბდენიმეჯერ აღემატება დროსელის კვეთს. მაგალითად, თუ დროსელის დიამეტრი ტოლია $0,2$ მმ-ის, მაშინ საქშენის დიამეტრი მიიღება $0,5$ მმ. ცხადია, რომ საქშენი - 4 მუდმივი კვეთის შემთხვევაში ჰაერის ხარჯის სიდიდე დამოკიდებულია საფარი -

3 მდებარეობას. რაც უფრო ახლოსა განლაგებული საფარი საქშენთან, მით უფრო ნაკლები იქნება ჰაერის ხარჯი “საქშენ-საფარის” გავლით. ამრიგად, საქშენისა და საფარის ერთობლიობა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ცვლადი კეუტის დროსელი. მაშასადამე, ცვლადი დროსელის საქშენ-აღლებით შეიძლება ვარგულიროთ წნევის სიდიდე 2 - კამერაში. თუ საფარი მთლიანად დაფარავს საქშენს, მაშინ საკომანდო წნევა P გაუტოლდება მკვებავი წნევის P_1 სიდიდეს. რაც მეტად მოციფდება საფარი საქშენს, მით უფრო ნაკლები იქნება საკომანდო წნევა P და ბოლოს, შესაძლებელია იგი ატმოსფერულ წნევას გაუტოლდეს.



ნახ.439. დროსელის გარდამქმნელი

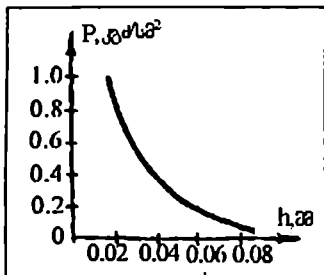
რადგან საფარის გადასაადგილებლად საჭირო ძალვის სიდიდე f , მნიშვნელოვნად ნაკლებია დგუშის ჭოკსე (7) განვითარებულ F ძალვის სიდიდესე, განხილული მოწყობილობა წარმოადგენს გამაძლიერებელს.

ნახასზე 4.40 წარმოდგენილია გრაფიკული დამოკიდებულება საკომანდო P წნევასა და საფარის h მდებარეობას შორის. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, საფარის გადაადგილება 0,05 მმ იწვევს საკომანდო წნევის შეცვლას 80%-ით. მაშასადამე, პარამეტრის უმნიშვნელო ცვლილება იწვევს საფარის ისეთ გადაადგილებებს, რომელთა დროსაც საქშენი ან დახურულია, ან ღიაა, ე.ი. ჰაერის წნევა შემსრულებელ მექანიზმზე უტოლდება მკვებავ P_1 წნევას, ან ეცემა ატმოსფერულ წნევამდე. შუალედი მნიშვნელობების მიუღებლად, ცხადია, რომ ასეთი რეგულატორი თავისი მოქმედებით წარმოადგენს ორბოლიციურს.

“საქშენ-საფარი” გარდამქმნელის მახასიათებლის გასაუმჯობესებლად გამოიყენება გარდამქმნელი ძალთკანი უკუ-

კავშირით, რომლის მოქმედება აკებულია გასომების კომპენ-
საციურ პრინციპზე.

საფარის კონსტრუქციად გამოიყენება, აგრეთვე, მადრო-
სელირებული ბურთულა, ნემსი ან მკვეთარა.



ნახ.4.40. გრაფიკული
დამოკიდებულება საკო-
მანდო წნევისა და საფა-
რის მდებარეობას შორის

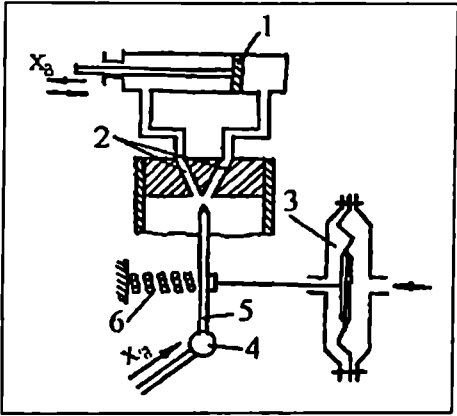
2. ჰიდრაულიკური გამაძლიერებლები

ჰიდრაულიკური გამაძლიერებელი წარმოადგენს მოწყო-
ბილობას, მართვის ჰიდრაულიკურ წრედში სიმძლავრის
გასაძლიერებლად, მუშა სითხის დახმარებით, რომელიც მიე-
წოდება გარეშე წყაროდან, წნევის ქვეშ. მუშა სითხის (ტრან-
სფორმატორული სითი) წნევა $P_0 = 6 + 8 \text{ კგ/სმ}^2 (5.9 + 7.8 \text{ ბარი})$.

ჰიდრაულიკური გამაძლიერებლები იყოფიან ჭავლურ,
მკვეთარა და დროსელურად.

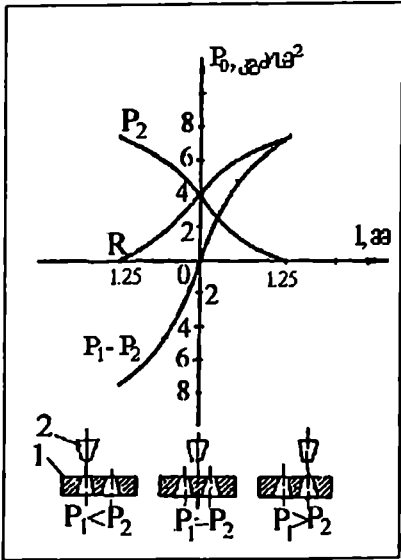
ჭავლური გამაძლიერებლის მოქმედების პრინციპი მდგო-
მარეობს შემდეგში (ნახ.4.41): ჭავლური მილაკის (5) სატუნე-
დან (სატუნეს დიამეტრი უდრის $1,8 + 2 \text{ მმ-ს}$) გამოდენილი
სითხის ჭავლის სინქართი დაწნევა ჭავლის საშუალო
მდგომარეობიდან გადახრის შედეგად იწვევს წნევის ცვალე-
ბადობას გამაძლიერებლის საქშენებში (2), რის შედეგადაც
ძალოვან ცილინდრში იქმნება წნევათა სხვაობა $P_1 - P_2$ და
დგუში იწვევს გადაადგილებას. როდესაც ჭავლური მილაკი
განლაგებულია საშუალო მდგომარეობაში, მიმღები საქშენე-
ბის ღერძებიდან თანაბარ მანძილზე ($1,25 \text{ მმ-ზე}$), მაშინ ცილი-
ნდრში დგუშის ორივე მხარეს სითხის წნევა თანაბარია,
 $P_1 = P_2$. ამ შემთხვევაში $P_1 - P_2 = 0$ და დგუში (1) იქნება განერე-
ბული. დგუშის გადაადგილების მიმართულება დამოკიდებუ-
ლია ჭავლური მილაკის საქშენის გადახრის მიმართულებაზე.
ამასთან, სითხე მეორე საქშენიდან ბრუნდება უკანვე გა-
მაძლიერებლის კორპუსში. ამრიგად, ჭავლური გამაძლიერ-

რებლის მუშაობა ემყარება სითხის ჭაელის კინეტიკური ენერჯის წნევის პოტენციალურ ენერჯიად გარდაქმნას.



ნახ.4.41. ჭაელური ჰიდრაგლიკური გამაძლიერებლის მოქმედების სქემა. 1 - აღმასრულებელი მექანიზმის დგუში; 2 - მიმღები საქშენები; 3 - მგრძნობიარე ელემენტი, რომელიც გადასცემს ძალვას ჭაელურ მილაკს; 4 - პოჭოჭიკი; 5 - ჭაელური მილაკი; 6 - ზამბარა, რომელიც აგრეთვე გადასცემს ძალვას ჭაელურ მილაკს

ნახ.4.42 ნახვენება თითოეულ საქშენში P_1 და P_2 წნეეების სიდიდეების ცვალებადობის გრაფიკი, ჭაელური მილაკის გადაადგილებისას ერთი განაპირა მდებარეობიდან მეორეში; გარდა ამისა, წნევათა სხვაობის P_1-P_2 დამოკიდებულება ჭაელური მილაკის მდებარეობა'სუ.

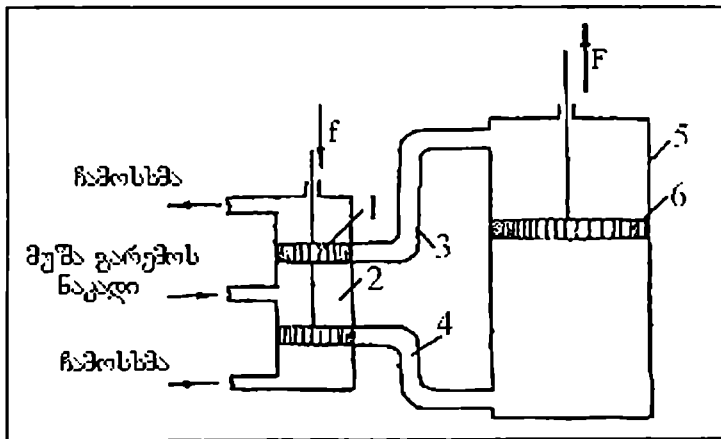


ნახ.4.42. წნევის ცვალებადობის გრაფიკი ჭაელური მილაკის გადაადგილებისას

ჭავჭავიური გამაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი აღწევს რამდენიმე ათეულ ათასს. ეს აიხსნება იმ გარემოებით, რომ ჭავჭავიური მილაკის საქშენის გადაადგილებას, ერთი განაპირა მდებარეობიდან მეორეში სჭირდება ძალკათა სხვაობა - რამდენიმე ათეული გრამი; აღმასრულებელი მექანიზმის დგუშზე განვითარებული ძალკა კი იცვლება ასეული კილოგრამებით.

წარმოება სერიულად უშვებს ერთკასკადიან და ორკასკადიან ჭავჭავიურ გამაძლიერებლებს.

მკვეთარიან გამაძლიერებელში (ნახ.4.43) ამოვისებელი ელემენტის სუსტი იმპულსები გადაადგილებენ დგუშს (1) და დიდი წნევის ქვეშ (2+6 კგ/სმ²) (3 და 4) მიღსადენებით მიმართავენ მინერალურ ზეთს აღმასრულებელი ძრავას ცილინდრში (5), რომლის დგუშიც (6) შესაბამისად გადაადგილდება. ვინაიდან აღმასრულებელი ძრავას დგუშის ჭოკსე განვითარებული F ძალკა მნიშვნელოვნად აღემატება მკვეთარას გადაადგილებისათვის აუცილებელ f ძალკას, განხილული მოწყობილობა წარმოადგენს გამაძლიერებელს.



ნახ.4.43. მკვეთარიანი ჰიდრავლიკური გამაძლიერებლის მოქმედების სქემა

დროსეულური ჰიდრავლიკური გამაძლიერებლის სქემა ანალოგიურია სემოთ აღწერილი "საქშენი-საფარი" გარდამქმნელისა.

აღმასრულებელი მმართველობა

§1. აღმასრულებელი მმართველობის კლასიფიკაცია და მოქმედების პრინციპი

მართვისა და რეგულირების აღმასრულებელი მექანიზმების დანიშნულებაა მოახდინონ შემოქმედება მუშა მანქანებისა და ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობაზე. ისინი წარმოადგენენ მარეგულირებელი სისტემის ბოლო ელემენტებს, რომლებიც უშუალოდ ობიექტზე ახდენენ მარეგულირებელ შემოქმედებას. აღმასრულებელი მექანიზმების მოქმედებაში მოსაყვანად გამოიყენება მექანიკური, ჰიდრაულიკური, პნევმატური ან ელექტრული ენერჯიების გარეშე წყაროები. ამიტომ, აღმასრულებელი მექანიზმები პირობითად იყოფა სამ ჯგუფად – ელექტრულ, პნევმატურ და ჰიდრაულიკურად. ორი უკანასკნელი ტიპი ხშირად გამოიყენება მშენებლობაში. ისინი ხასიათდებიან კონსტრუქციის სიმარტივით, მნიშვნელოვანი გამოსასვლელი მომენტებით, საიმედოობით და მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილების სინქარის ცვალებადობის შესაძლებლობით. ავტომატური რეგულირების სისტემებში გამოიყენებული აღმასრულებელი მექანიზმები ხშირად იწოდებიან სერვომექანიზმებად (ინგლისური სიტყვიდან serve — სამსახურის გაწევა, აღსრულება).

აღმასრულებელ მექანიზმში, ისე, როგორც ავტომატიკის სხვა მექანიზმებში არჩევენ შესასვლელ და გამოსასვლელ სიდიდეებს. შესასვლელი, ე.ი. ავტომატური წრედის წინამდებარე ელემენტებიდან მიღებული შემოქმედება, შეიძლება იყოს მექანიკური, პნევმატური, ჰიდრაულიკური ან ელექტრული.

აღმასრულებელი მექანიზმის გამოსასვლელი, ე.ი. შემოქმედება, რომელსაც აღმასრულებელი მექანიზმი ახდენს მარეგულირებელ ობიექტზე ან წრედზე, აგრეთვე, შეიძლება იყოს მექანიკური, პნევმატური ან ჰიდრაულიკური.

მოძრაობის სინქარის მიხედვით აღმასრულებელი მექანიზმები იყოფიან: მოძრაობის მუდმივი სინქარითა და გადაამწოდინად მიღებული სიგნალის სიდიდის პროპორციული

ცვლადი სინქარით. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნებიან ელექტრონული აღმასრულებელი მექანიზმები, ხოლო მეორე ჯგუფს – პიდრავლიკური და პნევმატური სერვომრავები.

ელექტრული მოქმედების აღმასრულებელი მექანიზმები გეხვდება ორი ძირითადი ტიპის: ელექტრომაგნიტური სოლენოიდური ამძრავით (სოლენოიდური სერვომრავები) და ელექტრომრავიანი ამძრავით (ელექტრომანქანური სერვომრავები). სერვომრავები არიან ნარნარი და რელეური მოქმედების. მართვის, რეგულირებისა და კონტროლის სქემებში ფართოდ გამოიყენება ელექტრული აღმასრულებელი მოწყობილობები ელექტრომრავიანი ამძრავით, რომლებიც თავის მხრივ იყოფიან აღმასრულებელ მოწყობილობებად, ელექტრომრავების კონტაქტური და უკონტაქტო მართვით.

ელექტრული კონტაქტური აღმასრულებელი მოწყობილობების მრავების წართვა წარმოებს რელესა და კონტაქტორების კონტაქტების დახმარებით.

ელექტრული კონტაქტური აღმასრულებელი მოწყობილობები იყოფიან ერთბრუნიან, მრავალბრუნიან და მუდმივად მბრუნვად. ერთბრუნიან აღმასრულებელ მექანიზმებში გამოსასვლელი ღილვის მობრუნების მუშა კუთხე არ აღემატება 360° . ეს მექანიზმები გამოიყენება საფარის, ონკანისა და სხვა მარეგულირებელი ორგანოების მოძრაობაში მოსაყვანად. მრავალბრუნიან ელექტრულ აღმასრულებელ მექანიზმებში გამოსასვლელი ღილვის ბრუნვათა რიცხვი შეადგენს 10-160. ეს მოწყობილობები გამოიყენება კვნიტლების, საკვალთების და სხვა ნამკეტი მარეგულირებელი ორგანოების სამართავად. მუდმივად მბრუნავი ელექტრული კონტაქტური აღმასრულებელი მექანიზმები კი – იმ შემთხვევაში, როდესაც აღმასრულებელი ორგანოს მოძრაობა განუსაზღვრავია.

ელექტრული უკონტაქტო აღმასრულებელი მოწყობილობების მართვა წარმოებს ხელსაწყოებით ელექტრული კონტაქტების შერთვის გარეშე. აღმასრულებელი მექანიზმების ძირითადი კვანძები და ელექტრომრავები იგივეა, რაც კონტაქტურ აღმასრულებელ მოწყობილობებში.

აღმასრულებელი მოწყობილობის შერწყვა წარმოებს შემდეგი გარემოებების გათვალისწინებით: გამოსაყენებელი დამხმარე ენერჯის სახე; საჭირო გამოსასვლელი სიგნალის ხასიათი და სიდიდე; დასაშვები ინერციულობა; სასურველი

გაბარიტები და წონა; მუშა მახასიათებლების დამოკიდებულება გარეშე გავლენისაგან; სიმძლავრის გაძლიერების კოეფიციენტი; საიმედოობა.

აღმასრულებელი მექანიზმის სიმძლავრე ცვალებადობს რამდენიმე ვატიდან ათეულ კილოვატამდე.

§2. ელემენტური აღმასრულებელი მექანიზმები

1. ავტომატურ მოწყობილობათა ელექტრული ძრავები

ავტომატურ მოწყობილობათა ელექტრული ძრავები მსადადება 0,01-0,1 ვტ-დან 500-600 ვატამდე სიმძლავრით. ბრუნვის სიჩქარით წუთში, ბრუნვის ნაწილიდან 100000 ბრ/წთ-ში და სიხშირით 50-დან 2000 ჰერცამდე.

ავტომატიკის სისტემებში ელექტროძრავები მეშაბენს, როგორც აღმასრულებელ, ასევე დამხმარე ორგანოებად.

ავტომატურ მოწყობილობათა ელექტროძრავები მოქმედების პრინციპის მიხედვით იყოფიან სამ ჯგუფად: 1) ასინქრონული, 2) სინქრონული და 3) კოლექტორული.

ასინქრონული და სინქრონული ძრავები წარმოადგენენ ცვლადი დენის ძრავებს; კოლექტორული ძრავები – მუდმივი დენის, ცვლადი დენის და უნივერსალურ ძრავებს (მუშაობა მუშაობა როგორც მუდმივ, ასევე ცვლად დენზე).

ასინქრონული ძრავები გამოიყენება ამძრავებში, სადაც საჭიროა სიჩქარის რეგულირება და, აგრეთვე, დასაშვებია სიჩქარის რხევაც.

სინქრონული ძრავები გამოიყენება იქ, სადაც აუცილებელია ბრუნვის სიჩქარის მუდმივად შენარჩუნება.

მუდმივი დენის კოლექტორული ძრავები შეიძლება გამოიყენოთ იმ შემთხვევებში, როდესაც საჭიროა სიჩქარის რეგულირება და, აგრეთვე, იმ დროსაც, როცა აუცილებელია სიჩქარის მუდმივობა. ცვლადი დენის კოლექტორული ძრავების გამოყენება კი შესაძლებელია; როდესაც ქსელის სიხშირე $f=50$ ჰერცია და საჭიროა განვავითაროთ 3000 ბრ/წთ მეტი ბრუნვის სიჩქარე. როგორც ცნობილია, ცვლადი დენის ასინქრონული და სინქრონული ძრავები $f=50$ სიხშირის დროს 3000 ბრ/წთ მეტ ბრუნვის სიჩქარეს ვერ ავითარებენ.

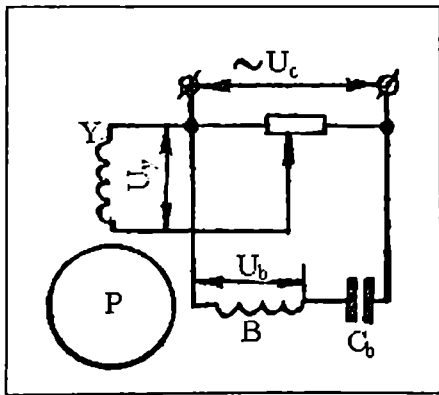
ავტომატურ მოწყობილობათა ასინქრონული ძრავები. ასინქრონული ძრავები მოკლედ ჩართული როტორით, გამოსყენებელი როგორც აღმასრულებელი მექანიზმები, გვხვდება ოთხი სახის:

- 1) ჩვეულებრივი მოკლედ ჩართული როტორით;
- 2) დრუ არამაგნიტური როტორით;
- 3) დრუ ფერომაგნიტური როტორით;
- 4) მასიური ფერომაგნიტური როტორით.

ასინქრონული აღმასრულებელი ძრავები ჩვეულებრივად ორფაზიანია და სტატორზე გააჩნიათ ორი გრაგნილი – აგზნებისა და მართვის, რომლებიც გადაადგილებული არიან ფაზის მიხედვით 90 ელექტრული გრადუსით. აგზნების გრაგნილი იკვებება ცვლადი დენის ქსელიდან, ხოლო მართვის გრაგნილი – ძაბვის გამაძლიერებლიდან.

აღმასრულებელი ძრავას მართვა შეიძლება განხორციელდეს სამი წესით: 1) ამპლიტუდური მართვით, როდესაც იცვლება მართვის ძაბვის სიდიდე; 2) ფაზური მართვით, როდესაც ძაბვის მუდმივი მნიშვნელობის დროს იცვლება მართვის ძაბვის ფაზა; 3) ამპლიტუდურ-ფაზური მართვით, როდესაც ერთდროულად იცვლება მართვის ძაბვის ფაზა და სიდიდე აგზნების ძაბვასთან შეფარდებით.

ნახაზზე 5.1 ნაჩვენებია დრუ როტორიანი ორფაზა ასინქრონული ინდუქციური ძრავას წრედში ჩართვის სქემა.



ნახ.5.1. დრუ როტორიანი ორფაზა ასინქრონული ძრავას წრედში ჩართვის სქემა. $\sim U_c$ - ქსელის მუდმივ ამპლიტუდიანი ძაბვა; U_v - სამართი ძაბვა; U_b - აგზნების ძაბვა; P - როტორი; Y - სამართი გრაგნილი; B - აგზნების გრაგნილი; C_b - აგზნების გრაგნილთან მიმდევრობით ჩართული კონდენსატორი, რომელიც უზრუნველყოფს ფაზის 90 ელექტრული გრადუსით გადაადგილებას აგზნებისა და მართვის გრაგნილების ძაბვებს შორის

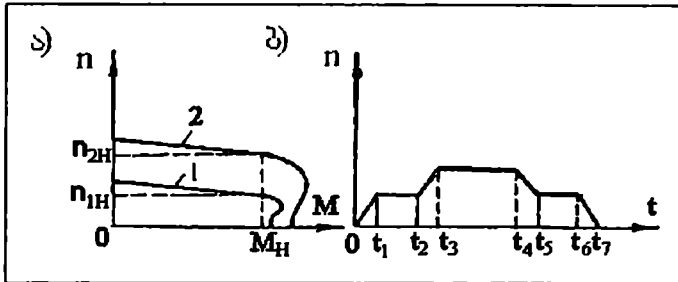
ასინქრონული ძრავას სინქრონული სინქარე ანუ ველის ბრუნვის სინქარე გამოითვლება ფორმულით:

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ ბრ/წთ}, \quad (5.1)$$

სადაც f არის მკვებავი დენის სიხშირე;

p - გრაგნილის პოლუსების წყვილთა რიცხვი.

ნახ.5.2 მოცემულია ასინქრონული ძრავას მექანიკური მახასიათებელი და სინქარის ცვლილების დიაგრამა. მრუდი - 1 შეესაბამება მცირე სინქარეს, ხოლო მრუდი - 2 დიდ სინქარეს.



ნახ.5.2. ორსინქარიანი ასინქრონული ელექტროძრავის მუშაობის მახასიათებელი: ა) მექანიკური; ბ) სინქარის ცვლილების დიაგრამა

დიაგრამაზე t_1-t_2 და t_5-t_6 უბნებზე ძრავას ბრუნვათა რიცხვი მცირეა, ხოლო t_3-t_4 უბანზე - დიდი. აღნიშნული უბნები შეესაბამება ძრავას დამყარებულ რეჟიმზე მუშაობას. $0-t_1$; t_2-t_3 ; t_4-t_5 და t_6-t_7 უბნებზე სინქარე იცვლება და ეს ძრავას გარდამავალ რეჟიმებზე მუშაობაა.

ინდუქციური ძრავები გამოიყენებიან 50-დან 1000 კერცამდე (50, 330, 400, 500, 800, 1000.ი) სიხშირის ცვლადი დენის სისტემებში. ამასთან დაკავშირებით აღნიშნული ძრავების ბრუნვის სინქრონული სინქარე (ცვალებადობს 1500-დან 3000 ბრ/წთ.

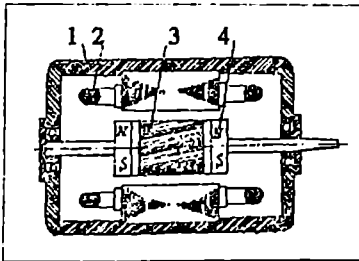
ავტომატურ მოწყობილობათა სინქრონული ძრავები. ნორმალური კონსტრუქციის სინქრონული ძრავა ჩვეულებრივ შედგება სტატორისაგან, რომელშიც მოთავსებულია სამფაზა ან ერთფაზა ცვლადი დენის გრაგნილი და როტორისაგან, მუდმივი დენით მკვებავი აგზნების გრაგნილით. სინქრონუ-

ლი ძრავას გასაშვებად აუცილებელია როტორისათვის სტატორის მაგნიტური ნაკადის სინქარის ტოლი ბრუნვის სინქარის მინიჭება. ამ მიზნით გამოიყენება ასინქრონული ძრავა, რომლის პოლუსების წყვილის რიცხვი ერთით ნაკლებია, ვიდრე სინქრონული ძრავასი. სრული სინქარის მიღწევისას სინქრონული ძრავა აღიგნება, სინქრონიზირდება და ჩაერთვება ქსელში, რის შემდეგაც დამხმარე ძრავა გამოირთვება.

სინქრონული ძრავას გაშვება შესაძლებელია, აგრეთვე განხორციელდეს ასინქრონულად. სინქრონული ძრავას ძირითად თვისებას წარმოადგენს ბრუნვის სინქარის მუდმივი სიდიდე.

ავტომატიკის სისტემებში ფართოდაა გამოყენებული სინქრონული ძრავები მუდმივი მაგნიტებით, სინქრონული რეაქტიული ძრავები და სინქრონული ჰისტერეზისული ძრავები.

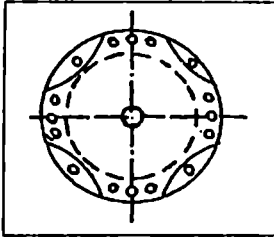
ნახაზზე 5.3 წარმოდგენილია სინქრონული ძრავა მუდმივი მაგნიტებით. სტატორი შედგება კორპუსისაგან - 1 და გრაგნილისაგან 2. როტორი - 3 აღჭურვილია მუდმივი მაგნიტებით - 4 და მოკლედ ჩართული გრაგნილით, რომლის დანიშნულებაა ძრავას გაშვება. როდესაც როტორის სინქარე მიაღწევს სინქრონულ სინქარეს, ძრავაში ასინქრონული მომენტის ნაცვლად მოქმედებს მასინქრონიზებული მომენტი, ე.ი. წარმოიშობა ურთიერთქმედება მბრუნავ მაგნიტურ ველსა და როტორის მუდმივი მაგნიტების პოლუსებს შორის. სინქრონულ ძრავას მუდმივი მაგნიტებით არ გააჩნია მცოცავი კონტაქტები და მუშაობისათვის არ საჭიროებს კვების ორ წყაროს, მუდმივ და ცვლად დენს. აღნიშნული ძრავების გამოშვება ხდება როგორც სამფაზა, ასევე ერთფაზა ანუ კონდენსატორული შესრულებით.



ნახ.53. სინქრონული ძრავა მუდმივი მაგნიტებით (ჭრილი)

სინქრონული რეაქტიული ძრავას სტატორი ანალოგიურია ასინქრონული ძრავას სტატორისა, ხოლო როტორი

მოკლედ წართული ასინქრონული ძრავას როტორისაგან განსხვავდება როტორის ცილინდრულ სვედაპირსე ამონაბ-ერების (დრმულუების) არსებობით, რომელთა დანიშნულებაა როტორში მკვეთრად გამოსახული პოლუსების წარმოქმნა (ნახ.5.4).



ნახ.5.4. სინქრონული რეაქტიული ძრავის როტორის კონსტრუქციული სქემა

სინქრონული რეაქტიული ძრავები მსაღდება სამფაზა და კონდენსატორული შესრულებით.

ჰისტერეზისული ძრავები თავისი მოწყობილობით არ განსხვავდებიან მასიური როტორიანი ასინქრონული ძრავებისაგან. მხოლოდ როტორი ჰისტერეზისული ძრავისა მსაღდება მასალისაგან, რომელიც ხასიათდება მნიშვნელოვანი წარჩენი მაგნიტიზმით. მბრუნავი მომენტი აღნიშნულ ძრავებში იქმნება, როგორც მბრუნავი მაგნიტური ველის მოქმედებით როტორის გრიგალურ ღუნებთან, ასევე როტორის ფოლადის გადამაგნიტებით აღძრული მომენტით.

2. ელექტრომაგნიტური აღმასრულებელი მექანიზმები

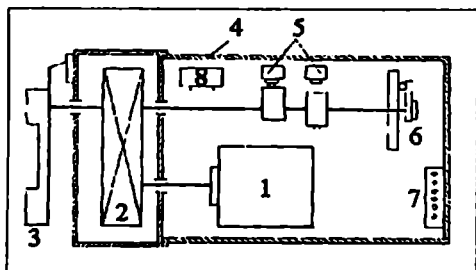
ელექტრული აღმასრულებელი მექანიზმები გამოიყენება სხვადასხვა მარეგულირებელი ორგანოს – მკვეთარა, სარქველი, დროსელური საფარი, საკვალთი, ონკანი, რეოსტატი და სხვ. – გადასაადგილებლად. ისინი მუშაობენ კომპლექტში ელექტრულ და ელექტრონულ რეგულატორებთან.

განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი.

აღმასრულებელი მექანიზმი ИМ-2/120 გამოიყენება მარეგულირებელი ორგანოების გადასაადგილებლად ავტომატური რეგულირების სისტემებში და, აგრეთვე, ხელით დისტანციური მართვის სქემებში.

აღმასრულებელი მექანიზმი ИМ-2/120 (ნახ.5.5) შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან: ორფაზიანი რევერსიული ელექტროძრავასაგან (1), რომელიც დაკავშირებულია მცირე

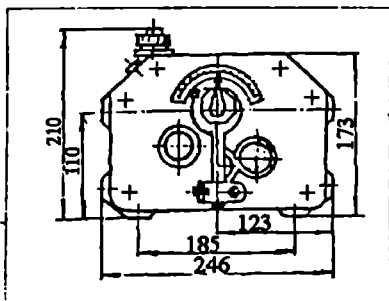
და დიდ რეაქტორებთან (2), რომელთა გადაცემის ფარდობა შეადგენს 1:5429. გამოსასვლელ ლიდვზე დამაგრებულია მრუდმხარა (3), აღმასრულებელ ორგანოსთან შესაერთებლად. კორპუსის (4) შიგნით განლაგებულია ბოლო გამომრთველები (5), უკუკავშირის რეაქორდა (6), საკლემე ხუნდი (7) და კონდენსატორი (8). სხვადასხვა გრაგნილის წრედში კონდენსატორის გადართვით იცვლება ელექტროძრავას ბრუნვის მიმართულება. გამოსასვლელი ლიდვის მობრუნების მეშვეობით შეიძლება დაეაყენოთ ნებისმიერი 120⁰-ის ფარგლებში. ნომინალური მომენტი გამოსასვლელ ლიდვზე შეადგენს 2 კგძმ (19,6 ნ.მ.). 120⁰-ზე მრუდმხარას მოძრაობის დრო – 40 წამს; სიმძლავრე 26 ვატს, წონა 22 კგ-ს.



ნახ.5.5. ИМ-2/120 ტიპის ერთბრუნიანი აღმასრულებელი მექანიზმის სქემა

ნახ.5.6 ნაჩვენებია აღნიშნული მექანიზმის საერთო ხედი.

წარმოება უშვებს, აგრეთვე, აღმასრულებელ მექანიზმებს ორფაზა რევერსიული ასინქრონული ძრავებით – ИМТ-6/120, 12/120 და 25/120. მექანიზმების აღნიშვნაში ИМ (მუხრუჭის გარეშე) და ИМТ (მუხრუჭით) პირველი (ვიფრი აღნიშნავს ლიდვზე მგრეხი მომენტის სიდიდეს კგძმ., მეორე – სელის ხანგრძლივობას ერთი სღვრული მდებარეობიდან მეორეში, წამებში.



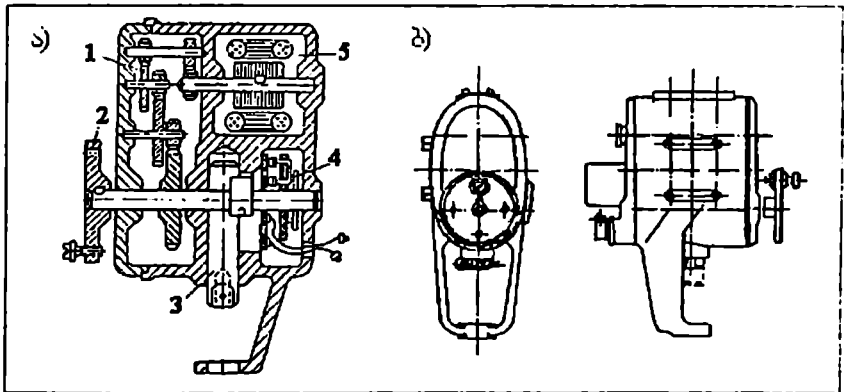
ნახ.5.6. ИМ-2/120 ტიპის აღმასრულებელი მექანიზმის საერთო ხედი გაბართული ზომებით

მექანიზმი ИМ-2/2,5 გათვალისწინებულია ორპოზიციანი რეგულირებისათვის ღილევის მობრუნებით 180°-ზე.

ავტომატიკის მოწყობილობებში ფართო გამოყენებას პოულობენ ДР და ПР ტიპის აღმასრულებელი მექანიზმები.

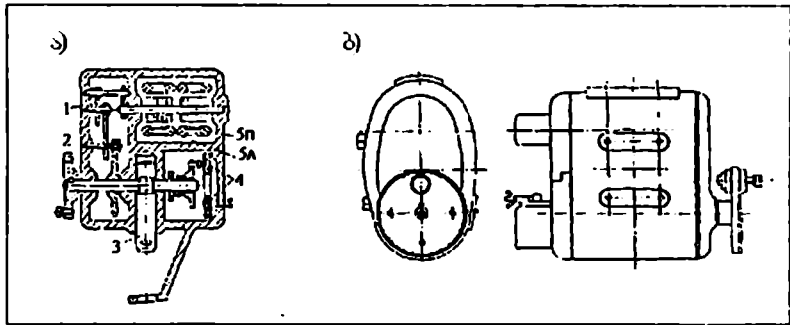
ელექტრული აღმასრულებელი მექანიზმები ДР-М და ДР-ИМ გათვალისწინებულია მარეგულირებელი ორგანოს გადასაადგილებლად ორპოზიციანი რეგულირების სისტემაში და, აგრეთვე, ხელით დისტანციური მართვისათვის.

ДР ტიპის აღმასრულებელი მექანიზმის კონსტრუქცია და საერთო ხედი ნაჩვენებია ნახაზზე 5.7.ა.ბ. მექანიზმი შედგება ერთფაზა ასინქრონული ელექტროძრავასაგან (5) და კბილანარედეუქტორისაგან (1). რედეუქტორის გამოსასვლელ ღილეუს შეუძლია უზრუნველყოს მარეგულირებელი ორგანოს მობრუნება 180°-ით, ხოლო ჭოკის (3) საშუალებით ერთდროულად განახორციელოს მეორე მარეგულირებელი ორგანოს უკუმიქცევა-გადატანითი მოძრაობა. ამომრთველის (4) საშუალებით შეიძლება განხორციელდეს ორპოზიციანი რეგულირება. ძრავა ბრუნავს ყოველთვის ერთი მიმართულებით, ხოლო მარეგულირებელი ორგანოს მდებარეობის ცვლადობა ხორციელდება მისი ბერკეტების შეწვევებით აღმასრულებელი მექანიზმის დისკოსთან.



ნახ.5.7. ორპოზიციანი აღმასრულებელი მექანიზმი ДР: ა) კონსტრუქცია ჭრილში; ბ) საერთო ხედი. 1-რედეუქტორი; 2-გამოსასვლელი ღილევი საყელურით; 3-ჭოკი; 4-გამომრთველი; 5-ელექტროძრავა

აღმასრულებელი მექანიზმი ძრავით ΠP (პროპორციული რეგულირება) კონსტრუქციულად უახლოვდება ΔP ტიპის მექანიზმს (ნახ.5.8). პროპორციული რეგულირების მიღწევა ხდება ერთ ლილვსე ორი ელექტროძრავას დაყენებით, რომელთაგან ერთი აბრუნებს ლილვს ერთი მიმართულებით, ხოლო მეორე საწინააღმდეგო მიმართულებით. ნახაზზე 4 არის რეოსტატი, რომელიც გამოყენებულია უკუკავშირისათვის; 5ა - მარცხენა ძრავა; 5ბ - მარჯვენა ძრავა; 1 - რელუქტორი; 2 - საყელური, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება რელუქტორის გამოსასვლელი ლილვით მარეგულირებელი ორგანოს მობრუნება; 3 - არის ჭკიცი.



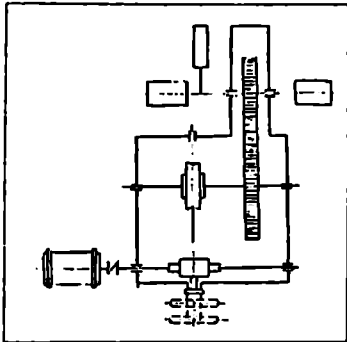
ნახ.5.8. პროპორციული აღმასრულებელი მექანიზმი ΠP : ა) კონსტრუქცია ჭრილში; ბ) საერთო ხედი

ელექტრული აღმასრულებელი მექანიზმი $M\Delta K-25K$, აგრეთვე, გათვალისწინებულია მარეგულირებელი ორგანოს გადასადგილებლად. მექანიზმში გამოყენებულია ორფაზა ასინქრონული ელექტროძრავა ღრუ როტორით. ელექტროძრავა აქვს ორი გრაგნილი: აგზნების და მართვის. ელექტროძრავადან ბრუნვა შემაერთებული ქუროს საშუალებით გადაეცემა ხუთსაფეხურიან რელუქტორს.

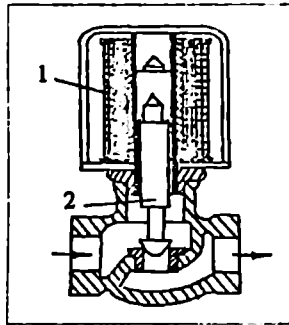
რელუქტორის გამოსასვლელ ლილვს შეუძლია შემობრუნდეს 360° -ით.

წარმოება უშვებს, აგრეთვე, ელექტრომექანიკურ სერვოდრავებს ავტომატური, დისტანციური და ხელით მართვისათვის. ისინი შედგებიან სამფაზა ასინქრონული ძრავასა და ერთი ან ორი რელუქტორისაგან. რელუქტორის ლილვი ბერკეტის საშუალებით შეერთებულია მარეგულირებელ ორ-

განოსთან. აღნიშნული სერვომოძრავეების სამართავად გამოიყენება დისტანციური მართვის სვეტები (KДУ), რომლებშიც დამონტაჟებულია საგზაო და ბოლო გამომრთველები და, აგრეთვე, რეოსტატული გადამწოდი, რომელიც აწვევებს მარეგულირებელი ორგანოს გაღების ხარისხს. დისტანციური მართვის სვეტის კინემატიკური სქემა ნახაზზე 5.9.



ნახ.5.9. დისტანციური მართვის სვეტის (KДУ) კინემატიკური სქემა



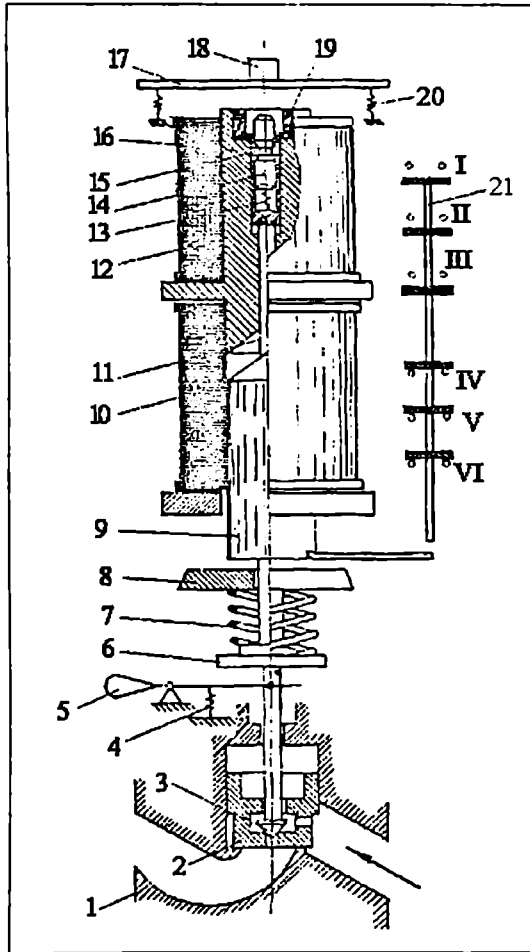
ნახ.5.10. ელექტრომაგნიტური ვენტილი

არსებობს ელექტრომაგნიტური აღმასრულებელი მექანიზმების დიდი მრავალსახეობა. ნახაზზე 5.10 წარმოდგენილია უმარტივესი ელექტრომაგნიტური ვენტილი. კოჭას (1) აგზნების შემთხვევაში, ღუზა (2) შეიხიდება კოჭაში და გაიხსნება სითხის ან აირის მისასვლელი. დენის გამართვის შემთხვევაში ვენტილი იხურება. აღნიშნული ტიპის ვენტის კოჭას მიერ მოხმარებული სიმძლავრე შეადგენს 15-25 ვატს.

წარმოება უშვებს უფრო რთული მოწყობილობის ელექტრომაგნიტურ ვენტისებზე. სამშენებლო ინდუსტრიის საწარმოებში თბოტექნიკური დამუშავების პროცესების ავტომატიზაციის სისტემებში ფართოდ არის გავრცელებული CBB და CBMII ტიპის ელექტრომაგნიტური ვენტისები. ვენტისები გათვალისწინებულია 150° ტემპერატურისა და 16 კგ/სმ² წნევის ორთქლჭაერისა და წყლის გარემოს პირობებში სამუშაოდ.

CBB ტიპის ვენტისის სქემა ნახაზზე 5.11 ნახაზზე. ვენტისის ელექტრომაგნიტური ამპრავე მუშაობს მუდმივ

დენსე ძაბვით 220 ვ. საწვევი ელექტრომაგნიტის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე შეადგენს დაახლოებით 600 ვატს, ხოლო სასხლეტის ელექტრომაგნიტისა - 300 ვატს. ცვლადი დენით კეების შემთხვევაში ვენტილი მუშაობს სელენურ გამმართველთან ერთად. წვევის კოჭას წინაღობა უდრის 94,4 ომს, ხოლო სასხლეტის კოჭასი - 189 ომს.



ნახ.5.11. CBB ტიპის ვენტილის კინემატიკური სქემა

ელექტრომაგნიტური ვენტილი შედგება თვით ვენტილისა და ელექტრომაგნიტური ამძრავისაგან. ვენტილს ეკუთვნის შემდეგი ნაწილები: კორპუსი ბუდით – 1, ძირითადი მკვეთარა – 2, განმტვირთავი მკვეთარა – 3 ვენტილის ჭოკით, უკუმოქცევის სამბარა – 4 ხელით მართვისათვის, სახელური – 5, ფუძე – 8, რომელზეც ემაგრება ელექტრომაგნიტი.

ელექტრომაგნიტური ამძრავი შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან: თეფში – 6 უკუმოქცევის სამბარის – 7 მისაბრჯენად, ღუზა – 9, წვეის კოჭა – 10, ღუზაზე დამაგრებული ჭოკი – 11, სასხლეტის ელექტრომაგნიტის გულარი – 16, სამბარა – 13, თითი – 14, ბურთულები – 15, საყრდენი რგოლი – 19, ხელით დახურვის დილაკი – 18, სასხლეტის ელექტრომაგნიტის ღუზა – 17, სასხლეტის უკუმოქცევის სამბარები – 20, სასხლეტის კოჭა – 12, ბლოკ-კონტაქტების სისტემა – 21, სელის ბოლოს კოჭებში დენის გამოსართავად.

სარეგულირებელი გარემო, მაგალითად ორთქლი, ვენტილში მიემართება ისრით ნახევნები მიმართულებით. ვენტილის ძირითადი ნახერეტი (მისი დახურულ მდგომარეობაში ყოფნის დროს) იხურება ძირითადი მკვეთარით (2). დახურულ მდგომარეობაში მკვეთარაში (2) არსებული პატარა ნახერეტი იხურება განმტვირთავი მკვეთარით (3). განმტვირთავი მკვეთარა ხელს უწყობს ვენტილის გასადებად საჭირო ძალვის შემცირებას და, მაშასადამე, იძლევა წვეის ელექტრომაგნიტის სიმძლავრის შემცირების საშუალებას (ელექტრომაგნიტის საწყისი წვეის ძალეაა 10 კგ, ანუ 98 ნ). დახურულ მდგომარეობაში ვენტილზე მოქმედებს თვით სარეგულირებელი გარემოს წნევა და უკუმოქცევის სამბარა (7).

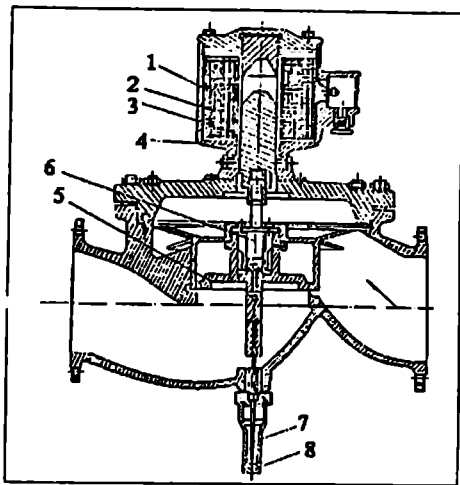
ვენტილი მუშაობს შემდეგნაირად. ვენტილის გასადებად საჭიროა შეერთოდ გამწევი ელექტრომაგნიტის (10) კოჭას წრედი. გამწევი კოჭას წრედის შეერთვისას, ძირითადი ელექტრომაგნიტის ღუზა (9) იწყებს ზევით მოძრაობას. ერთდროულად ღუზასთან ზევით გადაადგილდებიან ჭოკი (11) და მასთან დაკავშირებული სამბარა (13), თითი (14) და ბურთულები (15). სამბარის (13) მოქმედებით თითი ცდილობს ბურთულების გვერდზე გამოგდებას. როდესაც ბურთულები მივლენ საყრდენი რგოლის (19) გაფართოებულ ნაწილამდე, ისინი ნახევრად გამოვლენ თავიანთი ბუდიდან და მექანიზმი დაიკავებს ღია ვენტილის მდგომარეობას, ვინაიდან ღუზა,

ჭოკი და მკვეთარა იმყოფებიან 'უედა მდგომარეობა'ში, გვერდ-
'ზე გამოსაღებელი ბურთულების საშუალებით. ამ დროს
ამომრთველის IV, V და VI კონტაქტები განირთვებიან, ხო-
ლო I, II და III კონტაქტები კი შეერთდებიან. კონტაქტის -
IV განრთვის შემდეგ გამწვევი ელექტრომაგნიტის კოჭას
წრედი გაწყდება. ვენტილის გაღებისას, ღუზასთან ერთად
'უეით გადაადგილდება განმტვირთავი მკვეთარა (3), რის გა-
მოც იღება ნახვრეტი ძირითად მკვეთარაში (2). განმტვირთავი
მკვეთარას გაღებისას ძირითადი მკვეთარას თავზე წარმოიქმნება
გაიშვიათება, რის გამოც მცირდება სარეგულირებელი გარემოს
(ორთქლის) წნევა ძირითად მკვეთარაზე. მაქსიმალურად, ვენტილის
გაღება წარმოებს მკვეთარას თავზე გაიშვიათებისა და გამწვევი
ელექტრომაგნიტის ერთდროული მოქმედებით.

ვენტილის დასახურავად საჭიროა შეერთოდ სასხლეტის
კოჭას (12) წრედი. ამ დროს სასხლეტის ელექტრომაგნიტის
ღუზა (17) მიიხილება გულართან (16), დააწვევა თითს (14) და
დასწევს მას დაბლა. როდესაც თითის ყელი მიუახლოვდება
ბურთულების განლაგების დონეს, ბურთულები სიმძიმის
ძალის მოქმედებით შეგორდებიან თითის ყელში. ჭოკი (11),
ღუზა და მკვეთარა დაეშვებიან დაბლა. ჭოკი განმტვირთავი
მკვეთარას მოქმედებით აიძულებს ძირითად მკვეთარას დაეშ-
ვას დაბლა და დაიკავოს ქვედა 'უდვრული მდგომარეობა,
ითიშება გადამრთველის კონტაქტი, რომლის გავლითაც სასხ-
ლეტის ელექტრომაგნიტის კოჭას მიეწოდება მკვეთავი დენი.

CBMII ტიპის (ნახ.5.12) უნობალო ელექტრომაგნიტური
ვენტილი შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან: ძირი-
თადი მკვეთარა (5), რომელიც ჩამოკიდებულია რეზინის მემ-
ბრანაზე; ელექტრომაგნიტი (1), რომლის მიერ მოხმარებული
სიმძლავრე შეადგენს დაახლოებით 150 ვატს; განმტვირთავი
მკვეთარა (6); კოჭა (2); ღუზა (4); თითბერის ვაზნა (3); საა-
ვარიო ხრახნი (7) და ხუფი (8).

გაუდენურებული ელექტრომაგნიტის (1) შემთხვევაში
განმტვირთავი მკვეთარა (6) გადახურავს განმტვირთავი უნა-
გირას ნახვრეტს, ხოლო ძირითადი მკვეთარა ხურავს მთავარ
გასასვლელს. მკვეთარებზე მოქმედი ჭარბი წნევა მათ მი-
აბრჯენს უნაგირებზე და უზრუნველყოფს საკეტის ჰერმე-
ტიულობას.



ნახ.5.12. CBMII ტიპის ვენტილის კინემატიკური სქემა

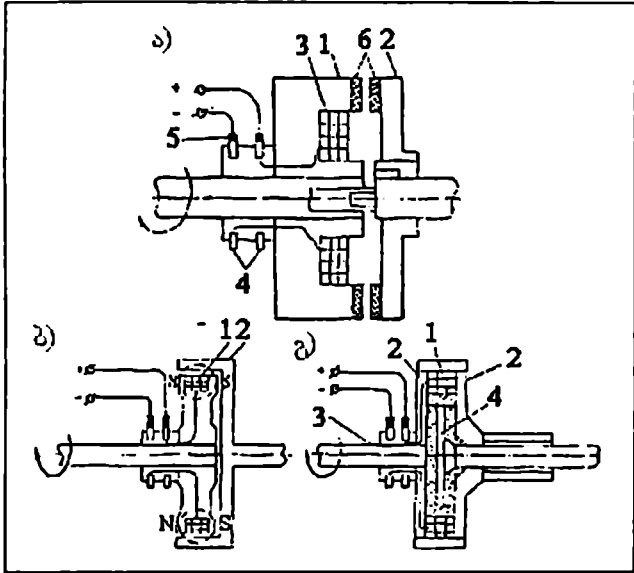
კოჭაზე (2) ძაბვის მიწოდების შემდეგ, ღუსა (4) შეიხიდება ელექტრომაგნიტის შიგნით და სვეით გადააადგილებს მასთან დაკავშირებულ განმტვირთავ მკვეთარას. განმტვირთავ უნაგირში ნახერეტი იხსნება და მკვეთარას ქვეშა სონაში წნევა უტოლდება მკვეთარას სვედა სონის წნევას. ელექტრომაგნიტის გამორთვის შემთხვევაში ორივე მკვეთარა დაეშვება დაბლა და გადახურავენ გასასვლელს. ელექტროენერგიის მიწოდების შეწყვეტის შემთხვევაში ვენტილის მართვა წარმოებს ხელით საავარიო ხრახნის (7) დახმარებით, რომელიც დაფარულია ხუფით (8).

3. ელექტრომაგნიტური ქუროები

ელექტრომაგნიტური ქუროები, როგორც აღმასრულებელი მექანიზმები, გათვალისწინებულია მგრეხი მომენტის ავტომატურად გადასაცემად ერთი ლილვიდან (წამყვანი, შესასვლელი) მეორე ლილვზე (ამყოლი, გამოსასვლელი). ისინი იყოფიან ფრიქციულ, სრიალის და ბლანტი შემავსებლიან (ფეროფხენილიან) ქუროებად.

ფრიქციულ ქუროებში მგრეხი მომენტის გადაცემა წარმოებს ხახუნის ძალებით, სრიალის ქუროებში – მაგნიტური და ელექტრული ველების საშუალებით, ხოლო ფეროფხენილიან ქუროებში – მექანიკური ხახუნითა და ნაწილობრივ მაგნიტური კავშირით.

ფრიქციული ელექტრომაგნიტური ქურო (ნახ.5.13,ა) შედგება წამყვანი (1) და ამყოლი (2) ნახევარქუროებისაგან. წამყვან ნახევარქუროსე განლაგებულია აგ'სნების გრაგნილი (3), რომელთანაც მკვებავი ძაბვის მიწოდება წარმოებს კონტაქტური რგოლებისა (4) და მუსების (5) საშუალებით. აგ'სნების გრაგნილი იკვებება მუდმივი დენით.



ნახ.5.13. ელექტრომაგნიტური ქუროების სქემები: ა) ფრიქციული; ბ) სრიალის; გ) ფეროფხვნილიანი

სიმძლავის გადაკვემა წამყვანი ღილვიდან ამყოლ ღილვისე ხორციელდება ფრიქციული დისკოებით (6), რომლებიც მუშა მდგომარეობაში მჭიდროდ ებჯინებიან ერთმანეთს. ფრიქციული დისკოებისათვის გამოიყენება დიდი ხახუნის კოეფიციენტის მქონე ცვეთამედეგი მასალები: ფოლადი, თუჯი და სპეციალური მასალები.

ფრიქციული ელექტრომაგნიტური ქურო მზადდება რევერსიული და არარევერსიული. რევერსიული ქურო შეიცავს ორ ელექტრომაგნიტს საერთო ღუსით. ერთი ელექტრომაგნიტის ჩართვის შემთხვევაში ამყოლი ღილვი ბრუნავს ერთი

მიმართულებით, მეორე ელექტრომაგნიტის ჩართვისას - მეორე მიმართულებით.

აღნიშნული ქუროების ნაკლია მუხებისა და ფრიკციული დასკობების ცვეთა, დინამიური დატვირთვები ქუროების ამოქმედების დროს და, აგრეთვე, ამჟამად ლილვის ბრუნვის სინქარის რეგულირების სიძნელე წამყვანი ლილვის მუდმივი სინქარით ბრუნვისას.

ეს ნაკლოვანებები ნაწილობრივ გამოსწორებულია სრიალის ელექტრომაგნიტურ ქუროებში (ნახ.5.13ბ). ქურო შედგება წამყვან ლილვზე ხისტად დამაგრებული ნახევარქუროსაგან აგუნების გრაგნილით (1). ამ ნახევარ ქუროს უწოდებენ ინდუქტორს. კვების მიწოდებისას აგუნების გრაგნილში (აგუნებისათვის გამოიყენება მუდმივი დენი), და წამყვანი ნახევარქუროს (მას ხშირად ღუხას უწოდებენ) ბრუნვის შემთხვევაში წარმოიქმნება მბრუნავი მაგნიტური ველი. რომელიც აინდუქციებს ამჟამად ნახევარქუროში (2) გრიგალურ დენებს. ეს დენები ურთიერთქმედებენ მბრუნავ მაგნიტურ ველთან და წარმოშობენ ელექტრომაგნიტურ ძალას, რომელიც თავის მხრივ წარმოქმნის მბრუნავ მომენტს და ამჟამად ნახევარქურო (ღუხა) იწყებს ბრუნვას ასინქრონული სინქარით. ამჟამად ნახევარქუროზე მოდებული მბრუნავი მომენტისა და ნახევარქუროს სინქარის მდგრად რეგულირება შესაძლებელია აგუნების გრაგნილში დენის ძალისა და ქუროს ღუხის წრეებში ჩართული წინააღმდეგობის რეგულირების გზით (როგორც საკონტაქტო რგოლებიანი ასინქრონული ძრავას როტორის წრედისა). ვინაიდან ამჟამად ლილვი სრიალებს წამყვან ლილვთან შეფარდებით, ამიტომ ქუროს უწოდებენ სრიალის ელექტრომაგნიტურ ქუროს ან ასინქრონულ ქუროს.

ასინქრონულ ძრავაში მბრუნავი მაგნიტური ველი წარმოიქმნება ქსელიდან მიწოდებული ცველადი სამუყაზა დენით; სრიალის ელექტრომაგნიტურ ქუროში, მაგნიტური ნაკლის აგუნება ხდება მუდმივი დენით, როგორც ასინქრონულ ძრავაში. ამასთან ქუროს მბრუნავი ელექტრომაგნიტური მომენტი დამოკიდებულია ქუროს წამყვანი და ამჟამად ნაწილების სინქარეთა სხვაობაზე, ე.ი. სრიალზე, როგორც ასინქრონულ ძრავაში.

ამრიგად, სრიალის ელექტრომაგნიტურ ქუროში, როგორც აღმასრულებელ ელექტრულ მანქანაში შეხამებულია, როგორც ასინქრონული, ასევე სინქრონული ძრავების თვისებები.

სრიალის ელექტრომაგნიტურ ქუროს გაანინია მთელი რიგი უპირატესობანი ხისტ (მაგალითად რედუქტორით) შეერთებასთან შედარებით. გრუნტის სიმაგრის მკვეთრად შეცვლის შემთხვევაში (ნამშიანი ექსკავატორით გრუნტის დამუშავების დროს) ადგილი აქვს რედუქტორის კბილანების ურთიერთდარტყმას, რაც იწვევს კბილანების დასიანებას. ძრავასა და მექანიზმის სრიალის ელექტრომაგნიტური ქუროთი შეერთებისას კი ქუროს წამყვანი ღილევი ასრიალდება ამყოლ ღილეთან შედარებით ისე, რომ მექანიკურ დარტყმებს ადგილი არ ექნება.

ელექტრომაგნიტური ქურო ბლანტი შემავსებლით (ნახ.5.13გ) შედგება აგზნების გრაგნილისა (1), მაგნიტგამტარის (2), წამყვანი ღილევისა (3) და ამყოლი ღილევისაგან დისკოთი (4).

ამყოლი ღილევის დისკოსა და წამყვანი ღილევის მაგნიტგამტარის კორპუსს შორის არსებობს მუდმივი ღრეწო, რომელიც შევსებულია მშრალი ან სეთში ან სხვა საიზოლაციო შესასეთ ნივთიერებაში შეტივტივებული ფერომაგნიტური ფხენილით დაახლოებით 5:1 წონით თანაფარდობაში. ფერომაგნიტურ ფხენილად გამოიყენება კარბოლინის ან ელექტროლიტური რკინა.

როდესაც აგზნების გრაგნილში დენი არ გადის, წამყვანი ღილევიდან ამყოლ ღილეუსე გადაცემული მომენტის სიდიდე უმნიშვნელოა, რადგან იგი განისასწდერება მხოლოდ ფხენილის ნაწილაკებს შორის არსებული მექანიკური სიბლანტით. ელექტრომაგნიტის აგზნებისას რკინის ნაწილაკები დამაგნიტდებიან და წარმოიშეებიან ნაწილაკებსა და ელექტრომაგნიტის შედაპირებს შორის ურთიერთშეჭიდულობის ძალები. დენის სრდასთან ერთად ფერომაგნიტური მასა თანდათანობით მყარდება, ისრდება ხახუნის ძალა და ქუროს მიერ გადაცემული მომენტის სიდიდე.

ამრიგად, ფხენილის ნაწილაკები მაგნიტურ ველში წარმოქმნიან მოქნილ კაეშირს წამყვან და ამყოლ ღილეებს შორის. აგზნების გრაგნილში დენის სიდიდის რეგულირებით შესაძლებელია გადასაცეში სიმძლავრის რეგულირება.

§3. პნევმატური ამძრავი. პნევმატური აღმასრულებელი მექანიზმები

პნევმატურ ამძრავებში ენერჯის წყაროს წარმოადგენს შეკუმშული ჰაერი, რომლის წნევა სვეულბერძივად ტოლია 6-7 კგ/სმ² (5,9-6,85 ბარი).

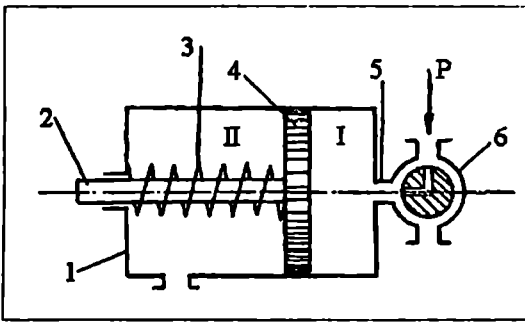
პნევმატური სქემები მნიშვნელოვნად მარტივია ელექტრულზე. ისინი გამოიყენება ფუტქებადსაფრთხო და ხანძარსაფრთხო სათავსოებში. პნევმოსქემები არ საჭიროებენ უკუ მილსადენებს, რაც წარმოადგენს მათ უპირატესობას პიდრავლიკურ სქემებთან შედარებით. პნევმომძრავების საშუალებით კომანდების გადაცემა შეიძლება განხორციელდეს 500 მეტრამდე მანძილზე.

პნევმატური სქემების უარყოფით მხარეს წარმოადგენს მაღალი წნევის კუმშული ჰაერის გამოყენების შეუძლებლობა. ეს აისინება ორი გარემოებით: 1) დიდი წნევის დროს დიდად იზრდება ჰაერის გაპარვა და 2) ჰაერის მკვეთრი გაფართოების შედეგად მნიშვნელოვნად ეცემა მისი ტემპერატურა, რაც იწვევს ჰაერში არსებული ტენის გადაქცევას ყინულად და მექანიზმის მუშაობის აშლილობას.

მოქმედების პრინციპის მიხედვით პნევმომძრავები შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: დგუშიანი და მემბრანული (დიაფრაგმიანი).

დგუშიანი პნევმომძრავები შეიძლება იყოს ერთმხრივი და ორმხრივი ქმედების. ერთმხრივი ქმედების ამძრავები გამოიყენება იმ შემთხვევებში, როდესაც დგუშის უკუმშობა სრულდება დაუტვირთადად (უქმი სვლით). დგუშიანი პნევმომძრავის კონსტრუქციაში შედის ცილინდრი, ჭოკი დგუშით და სამჭიდრობეული მოწყობილობების სისტემა. პნევმომძრავს გააჩნია მართვის აპარატები: გამანაწილებელი და სარედუქციო სარქველები, ჰაერის ხარჯის რეგულატორები და სხვ.

ნახაზზე 5.14 წარმოდგენილია ერთმხრივი ქმედების პნევმატური დგუშიანი ამძრავის სქემა უკუმშვევი ზამბარით. ამძრავი შედგება ცილინდრის (1), ჭოკის (2) დგუშით (4), უკუმშვევი ზამბარის (3), სამჭიდრობეული მოწყობილობების, სახურავისა და მილყელისაგან (5). ჭოკის გარე ბოლო (2) უერთდება აღმასრულებელ რგოლს, რომელიც ნახაზზე ნაჩვენებია არ არის.



ნახ.5.14. უკუმოქცვევი ზამბარიანი ერთმხრივი კმედევის პნევმატური დგუშოანი ამძრავის სქემა

პნევმოამძრავი მუშაობს შემდეგნაირად: მიღყეულის (5) ნახერეთით შეკუმშული ჰაერი მიეწოდება ცილინდრის (I) სიდრუეში; ჰაერი აწეება დგუშს (4), რომელიც მარცხნივ გადაადგილების დროს ასრულებს საჭირო მუშაობას და ერთდროულად კუმშავს ზამბარას (3). ცილინდრის (II) სიდრუე უნდა იყოს თავისუფალი მიმოსვლით დაკავშირებული ატმოსფეროსთან; წინააღმდეგ შემთხვევაში დგუშის მარცხნივ მოძრაობის დროს აქ შეიძლება წარმოიშვას ჰაერის უკუწნევა, ხოლო მარჯვნივ მოძრაობის დროს – ვაკუუმი. უკუმოძრაობის განსახორციელებლად საჭიროა გამანაწილებელი ონკანის (6) საშუალებით შეწედეს შეკუმშული ჰაერის შეღწევა ცილინდრის (I) სიდრუეში და ეს სიდრუე დაუკავშირდეს ატმოსფეროს. საწყის მდგომარეობაში დგუში და მასთან დაკავშირებული აღმასრულებელი მექანიზმის ელემენტები ბრუნდებიან შეკუმშული ზამბარის მოქმედებით.

როდესაც წნევა არ არსებობს, ჰოკსე მოქმედი ამძრავის ძალა გამოითვლება გამოსახულებით

$$F = (P_{აა} - P_{აბ})S - F_{წ} - F_{ბ}, \quad (5.2)$$

სადაც

$P_{აა}$ – არის აბსოლუტური წნევა ცილინდრის (I) სიდრუეში;

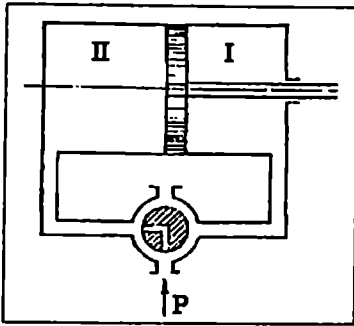
$P_{აბ}$ – ატმოსფერული წნევა;

$F_{წ}$ – უკუმოქცვევი ზამბარის ძალევა;

$F_{ბ}$ – ხახუნის ძალა სამჭიდროებელ მოწყობილობებში და წინააღმდეგობის სხვა სახეები;

S – დგუშის ფართი.

ნახაზზე 5.15 მოყვანილია ორმხრივი ქმედების პნევმატური ამძრავის სქემა. ჰაერის მიწოდება შეიძლება ცილინდრის ორივე სიდრუეში.



ნახ.5.15. ორმხრივი ქმედების პნევმატური დგუშიანი ამძრავის სქემა

სქემა მუშაობს შემდეგნაირად. შეკუმშული ჰაერი გამანაწილებელი სარქველის ნახაზზე ნაჩვენებ მდგომარეობაში ყოფნის შემთხვევაში მიეწოდება II სიდრუეში, რის შედეგადაც დგუში გადაადგილდება მარჯვნივ. ჰაერი I სიდრუედან გამანაწილებელი სარქველის გავლით გაედინება ატმოსფეროში. თუ გამანაწილებელ სარქველს მოვაბრუნებთ 90°, მაშინ შეკუმშული ჰაერი მოხვდება ცილინდრის I სიდრუეში და დგუში შეასრულებს უკუმოქცევ მობრახას. ჰაერი II სიდრუიდან სარქველის გავლით გაედინება ატმოსფეროში.

ცილინდრის II სიდრუის შეკუმშული ჰაერით ავსების შემთხვევაში ამძრავის ჭოკსე მოქმედი ძალა ჭოკის უძრავად ყოფნის დროს

$$F = (P_{აბ.II} - P_{აბ.I})S + (P_{აბ.I} - P_{აბ.II})S_3 - F_3, \quad (5.3)$$

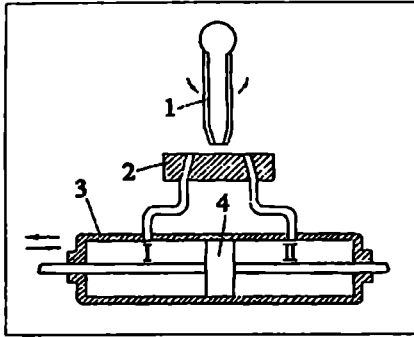
სადაც

$P_{აბ.I}$ და $P_{აბ.II}$ - აბსოლუტური წნევაა შესაბამისად I და II სიდრუეებში;

S_3 - ჭოკის კვეთის ფართი.

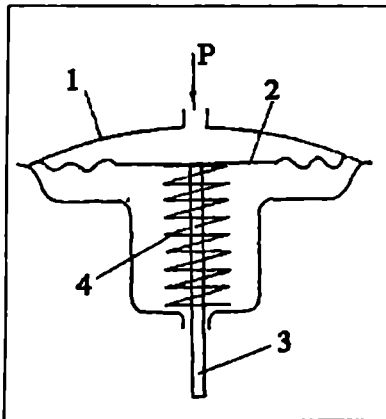
ნახ.5.16 წარმოადგენილია პნევმოამძრავის სქემა ჭავლეური გამანაწილებელი მოწყობილობით, რომელიც შედგება ჭავლეური მილაკისაგან (1), რომლიდანაც წნევის ქვეშ განუწყვეტილვ გამოედინება ჰაერი, მიმღები ბლოკისაგან (2) და მუშა ცილინდრისაგან (3) მობრავი დგუშით (4). როდესაც ჭავლეური მილაკი (1) განლაგებულია სიმეტრიულად მიმღები

ბლოკის არხების მიმართ, წნევა ცილინდრში დგუშის ორივე მხარეს თანაბარია და დგუში უძრავია. თუ ჭავლეურ მილაკს ნულოვანი მდგომარეობიდან გადაეხრით, წნევა ცილინდრის I და II სიდრუებში გახდება სხვადასხვა და დგუში გადაიხრება მცირე წნევის მხარეს. ასე მაგალითად, თუ გადაეხრით მილაკს მარცხნივ, დგუში ცილინდრში გადაადგილდება მარჯვნივ და პირიქით.



ნახ.5.16. ჭავლეური მილაკიანი პნევმომძრავის სქემა

მცირე სვლით მოძრაობების გადასაცემად პნევმატურ სისტემებში იყენებენ მემბრანულ პნევმომძრავებს (ნახ.5.17). ამ პნევმომძრავების დიამეტრი შეადგენს 125-500 მმ-ს, ჭოკის სვლა 6-დან 100 მმ-მდე. როგორც დგუშიანი ასევე დიაფრაგმიანი (მემბრანული) ამძრავები იყოფიან ერთმხრივი ქმედებისა და ორმხრივი ქმედების პნევმომძრავებად.



ნახ.5.17. ერთმხრივი ქმედების მემბრანული პნევმომძრავის სქემა

დგუშიანი პნევმოამძრავებისაგან განსხვავებით დიაფრაგ-
მიან ამძრავებში ჰაერის წნევის მოქმედებით წარმოებს მე-
ბრანის დეფორმაცია. შეკუმშული ჰაერი მიეწოდება სი-
რუეში კორპუსის სახურავსა (5) და მემბრანას (6) შორის,
რომელზედაც მიმაგრებულია ჭოკი (7). მემბრანა გაიწინიქება
წნევისაგან და ჭოკს გადააადგილებს წნევის პროპორციული
სიდიდით. ჭოკი თავის მხრივ დაკავშირებულია სამართაეი
ობიექტის მარეგულირებელ ორგანოსთან. მემბრანის უკუმო-
ქცევა საწყის მდგომარეობაში და უკუწნევის შექმნა ხორ-
ციულდება სამბარით (8).

მემბრანის მიერ ჭოკზე გადაცემული ძალვა განისაზ-
ღერება P წნევით, რომელიც მოქმედებს მემბრანაზე და მისი
აქტიური ფართით $F_{აქტ}$ ($სმ^2$) ეს ძალვა ტოლი იქნება

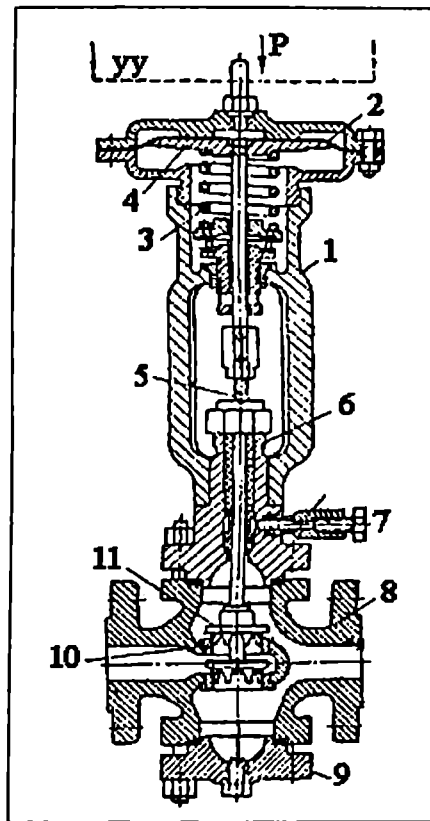
$$P = p \cdot F_{აქტ} \quad (5.4)$$

მემბრანული ამძრავის მაგალითის წარმოადგენს მემ-
ბრანული პნევმოამძრავი МПП-16, რომლის ჭოკის სვლა
შეადგენს 30 მმ, მემბრანის აქტიური ფართი $F_{აქტ} = 105 სმ^2$. მინი-
მალური წნევა, რომელზედაც მემბრანა არ რეაგირებს, წარ-
მოადგენს 0,05 კგ/სმ². დიაფრაგმის მასალად, ჩვეულებრივად,
გამოყენებულია გარეწინული ქსოვილი. გამოიყენება, აგ-
რეთვე, მალალხარისხოვანი სამბარული ფოლადი.

პნევმატური მემბრანული აღმასრულებელი მექანიზმები
მზადდება ორი სახის: პირდაპირსვლიანი და მერხვეი. პირ-
დაპირსვლიანებში გამოსასვლელი რგოლი (ჭოკი) ასრულებს
უკუმოქცევებადატანით მოძრაობას, ხოლო მერხვე მექანიზმებში
გამოსასვლელი რგოლი (ბერკეტი) კი რხევით მოძრაობას.

მემბრანული აღმასრულებელი მექანიზმი ჭოკის უკუმო-
ქცევებადატანითი მოძრაობით გამოიყენება მარეგულირებელი
დროსელური სარქველების მართვისათვის. კონსტრუქციულად
მემბრანული აღმასრულებელი მოწყობილობა და სარქველი
გაერთიანებულია და იწოდება “მარეგულირებელ სარქვე-
ლად”. არსებობს სამი ძირითადი ტიპი: МИМ – ორპოხიციანი
და პროპორციული რეგულირებისათვის; РКУТ – პროპორ-
ციული რეგულირებისათვის; ПРК – მცირე ხარჯებისათვის.

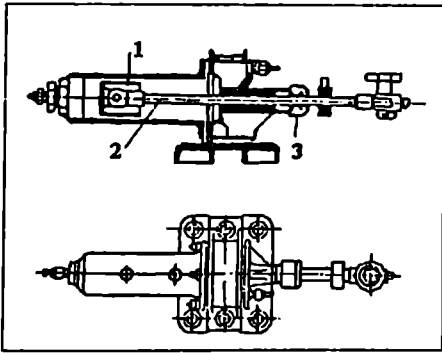
მაგალითის სახით ნახაზზე 5.18 მოყვანილია МИМ ტიპის
აღმასრულებელი მექანიზმი.



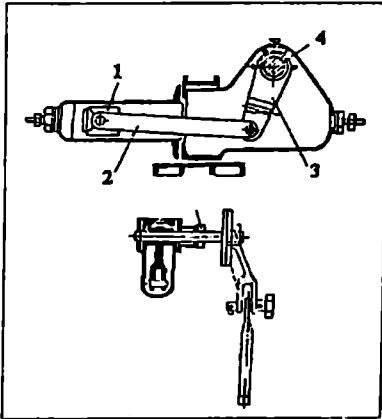
ნახ.5.18. მიმ ტიპის აღმასრულებელი მექანიზმის მარეგულირებელი სარქველის სქემა. 1 - ბუგელი; 2 - მემბრანა; 3 - ზამბარა; 4 - საყრდენი დისკო; 5 - ჭოკი; 6 - ჩობალი; 7 - საზეთი მოწყობილობა; 8 - კორპუსი; 9 - სახურავი; 10 - უნაგირი; 11 - მკვეთარა; YY - სამართავე მოწყობილობა

მემბრანული მერხევი (ბერკეტული) აღმასრულებელი მექანიზმები გათვალისწინებულია ძირითადად საბრუნო საფარების რეგულირებისათვის.

დღუშმიანი აღმასრულებელი მექანიზმები (ნახ.5.19, ნახ.5.20) გამოიყენება მარეგულირებელი დროსელური სარქველებისა და საფარების მართვისათვის.



ნახ.5.19. დგუშიანი აღმასრულებელი მექანიზმი. 1 – დგუში; 2 – ჭოკი; 3 – საჩობალო შემკერივება



ნახ.5.20. დგუშიანი მრუდმხარა აღმასრულებელი მექანიზმი. 1 – დგუში; 2 – ჭოკი; 3 – მრუდმხარა მექანიზმი; 4 – ლილევი; 5 – საჩობალო შემკერივება

§4. ჰიდრაავლიკური ამძრავი

ჰიდრაავლიკური აღმასრულებელი მექანიზმები

ავტომატურ სისტემებში ჰიდრაავლიკური ამძრავის ფართო გამოყენება აიხსნება მისი უპირატესობებით სხვა სახის ამძრავთან შედარებით. ჰიდრაავლიკური ამძრავის უპირატესობებია:

- 1) მექანიზმების მცირე ზომების დროს დიდი ძალებისა და სიმძლავრეების განხორციელების სიადვილე;
- 2) მცირე ხვედრითი წონა განვითარებული სიმძლავრის ერთეულზე;
- 3) სისქარის უსაფეხურო რეგულირების მიღების სიადვილე;

4) მდღერე მოძრაობების მიღების შესაძლებლობა;

5) სწორხაზოვანი მოძრაობების განხორციელების სიადვილე;

6) ჰიდრაულიკური მექანიზმების მუშაობის ავტომატიზაციის სიმარტივე;

7) ჰიდრაულიკური მექანიზმების ავტომატური შესვლა მუშა სითხით;

8) სწრაფმოქმედება;

9) სითხის ნაკადის ენერჯის უკუმოქცევადატანით და ბრუნვითი მოძრაობების მექანიკურ ენერჯიად გარდაქმნის შესაძლებლობა შუალედი, კინემატიკური კავშირის (რედუქტორის) გარეშე.

ჰიდრაულიკური ძრავების ნაკლოვანებებია:

1) სინქარის მომატებისას მილსადენებში მუშა სითხის ხახუნზე კარგეების გაზრდა; ეს განსაზღვრავს მილსადენებში ნაკადის დასაშვები სინქარეების მნიშვნელობებს 8-15 მ/წმ-ში, ხოლო ტუმბოებისა და ჰიდრაულიკური ძრავების ბრუნვათა რიცხვს – 3500 ბრ/წთ-ში;

2) ჰიდროსისტემის მუშაობის დამოკიდებულება მუშა სითხის ტემპერატურისა და სიბლანტის ცვალებადობაზე;

3) სითხის კუმშვადობა, რაც შესამჩნევია ჰიდროსისტემაში მუშა სითხის დიდი მოცულობების დროს;

4) მუშა სითხის შიგა და გარე გაღინება (გაჟონვა);

5) ჰიდროსისტემაში გამოყენებული მინერალური სეთების ცეცხლსაფრთხეობა;

6) ჰიდროგადაცემის წრედების სირთულე და მიღგაყვანილობის ნაკლები მოქნილობა.

ჰიდროამრავი შედგება შემდეგი ძირითადი ელემენტებისაგან: ტუმბოს, ჰიდროძრავას, გადაცემის სისტემის, მართვის მოწყობილობებისა და დამხმარე მოწყობილობებისაგან.

ჰიდროამრავის ტუმბო მოქმედებაში მოდის ნეჟულური ელექტროძრავისაგან. ტუმბო ელექტრულ ენერჯიას გარდაქმნის მუშა სითხის პოტენციალურ და კინეტიკურ ენერჯიებად.

ჰიდროამრავებში მუშა გარემოს წარმოადგენენ სითხეები – მინერალური სეთი, სპირტისა და გლიცერინის ნარევი, წყალი.

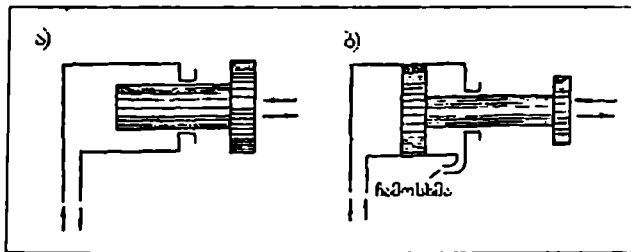
ჰიდრაულიკური ტუმბო მუშა სითხეს ჭირხნის ჰიდროძრავაში; იგი სითხის პოტენციალურ და კინეტიკურ ენერჯიას გარდაქმნის მექანიკურ ენერჯიად, რომელსაც მოქმედებაში მოჰყავს მუშა მექანიზმები.

ჰიდროამპრავეები იყოფიან კინეტიკურ ანუ ტურბინის და სტატიკურ ანუ მოცულობით ამპრავეებად. უფრო მეტად გაერ-
ცვლებულია სტატიკური ჰიდროამპრავეები, რომლებშიც გამოიყ-
ნებულია ტუმბოს მიერ დაჯირხნული სითხის წნევის ენერგია.

გადაცემის სისტემა წარმოადგენს მოწყობილობას (მილ-
სადენების) მუშა სითხის ტრანსპორტირებისათვის და მოწყო-
ბილობას ჰიდროსისტემის მეშაობის მართვისათვის (სარქვე-
ლები, მეკუთარები, ორკანები, აკუმულატორები, საფარები). ისინი
გათვალისწინებულია ზეთის ნაკადის მისაწოდებლად ჰიდრო-
სისტემის სხვადასხვა მექანიზმებში, მათი მოქმედების მიმდევ-
რობის მართვისათვის და ზეთის სარინებად რეზერვუარში.

დამხმარე მოწყობილობა შედგება რეზერვუარისა და
ფილტრებისაგან. რეზერვუარი განკუთვნილია ჰიდროსისტემის
კვებისათვის მუშა სითხით.

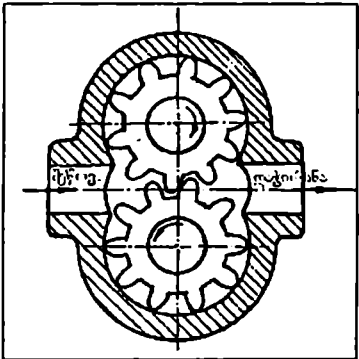
სწორხაზოვანი გადატანითი მოძრაობების მისაღებად
ფართოდ გამოიყენება არაროტაციული დგუშები და ყვინთე-
ბი. ყვინთას (ნახ.5.21,ა) სიგრძე ადამატება მისი სვლის ხიდი-
დეს. დგუშს (ნახ.5.21,ბ) აქვს მცირე სიგრძე. იგი მოძრაობს
ცილინდრში, რომლის მუშა ზედაპირი დამუშავებულია. დგუ-
შები იყოფიან მარტივი ქმედებისა და ორმაგი ქმედების დგუ-
შებად. თუ დგუში განიცდის სითხის წნევის მოქმედებას ერ-
თი მხრიდან, იწოდება მარტივი ქმედების დგუშად, ხოლო თუ
მუშა სითხის წნევის მოქმედებით დგუში გადაადგილდება
შენაცვლებით ორივე მიმართულებით - ორმაგი ქმედების
დგუშად. ყვინთა და მარტივი ქმედების დგუშები სითხის წნე-
ვის მოქმედებით მოძრაობენ ერთი მიმართულებით, ხოლო
საწყის მდგომარეობაში ბრუნდებიან საკუთარი წონის, სამ-
ბარის ან ელექტრომაგნიტის წვეის ძალების გაყვლინით.



ნახ.5.21. ჰიდრაულიკური ამპრავეი: ა) ყვინთა; ბ) დგუში

ჰიდრაულიკურ სისტემებში ფართოდ გამოიყენებულ ტუმ-
ბოებს შეუძლიათ იმუშაონ, როგორც ჰიდროამპრავებში. კბი-

ლანური ტუმბოები და ჰიდროძრავები შედგებიან ორი კბილანისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან იმყოფებიან გარე მოდებში. კბილანები ბრუნავენ შემჭიდროებულ კორპუსში. დრენოები კბილანების კბილებსა და კორპუსის კედლებს შორის ძალიან მცირეა (ნახ.5.22). კბილანებიდან ერთ-ერთი, რომელიც დამაგრებულია ამძრავ ლილეზე, წარმოადგენს წამყვანს, ხოლო მეორე ამყოლს. კბილანების მოდებაში შესვლის ადგილთან მიერთებულია საჭირხნი მილსადენი, ხოლო მოდებიდან გამოსვლის ადგილთან შემწოვი. კბილების შეერთებები მოდებაში შესვლისას კბილების დრმულებიდან გამოდენიან ზეთს და ქმნიან დაჭირხნის წნევას. კბილების მოდებიდან გამოსვლისას წარმოიქმნება გაიშვიათება და ადგილი აქვს სითხის შეწოვას.



ნახ.5.22. კბილანური ტუმბოს სქემა

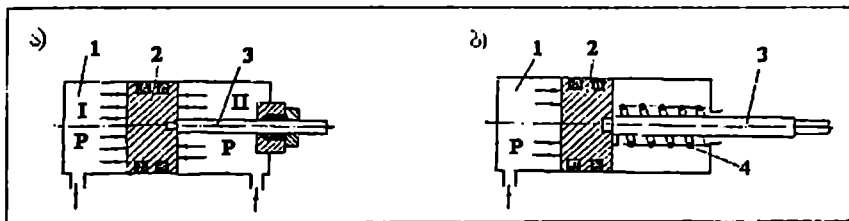
მარეგულირებელი მოწყობილობები ადგენენ საჭირო წნევას, ნაკადის სიჩქარეს, მექანიზმების გადაადგილების სიდიდეს, სიჩქარესა და აჩქარებას. ჰიდროამძრავის მექანიზმების მართვა შესაძლებელია უშუალოდ ან დამხმარე (სერვო) მოწყობილობების საშუალებით.

ჰიდრავლიკური სისტემა შედგება სამი ძირითადი წრედისაგან:

- 1) ძალური, რომელშიაც შედის ტუმბო;
- 2) გამანაწილებელი, რომელიც გათვალისწინებულია ჰიდრავლიკური მექანიზმის მოქმედების სიჩქარისა და მიმართულების განსასაზღვრად;
- 3) მუშა, გათვალისწინებული მუშა სითხის ენერჯიის გარდასაქმნელად მოქმედი აგრეგატების მექანიკურ ენერჯიად (ძალური ცილინდრები).

ძალურ ცილინდრებში ჰიდრავლიკური პოტენციალური ენერგია გარდაიქმნება დგუშის გადაადგილების მექანიკურ ენერგიად. მაშასადამე, ძალური ცილინდრი წარმოადგენს ძრავს სწორხაზოვანი ან კუთხური უკუმოქცევებადგანითი მოძრაობით.

ძალური ცილინდრები, დგუშების ანალოგიურად, იყოფიან, ერთმხრივი, ძალური მოქმედებისა და ორმხრივი ძალური მოქმედების (ცილინდრებად (ნახ.5.23). დგუში (2) ჭოკით (3) ცილინდრში (1) მუშა სითხის წნევის მოქმედებით. შენაკვლებით გადაადგილდება ორივე მიმართულებით. ცილინდრის I და II სიდრუეებში წნევის ქვეშ სითხის მიწოდების რეგულირება წარმოებს მეკეთარა მიწყობილობით.



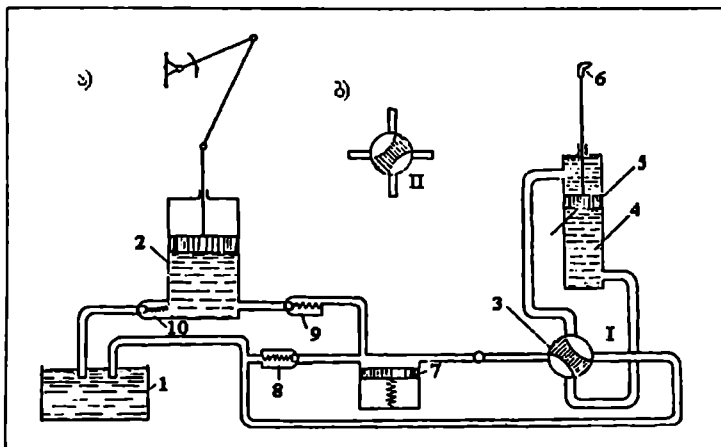
ნახ.5.23. ჰიდრავლიკური ცილინდრები: ა) ორმხრივი ქმედების; ბ) ერთმხრივი ქმედების

ერთმხრივი ქმედების ძალურ ცილინდრებში დგუში (2) და ჭოკი (3) ცილინდრში (1) მუშა სითხის წნევის მოქმედებით გადაადგილდება ერთ მხარეს, ხოლო საწინააღმდეგო მხარეს - ზამბარის (4) ძალეთ.

ნახახ'ს'ე 5.24 მოცემულია ჰიდროსისტემის სქემა უკუმოქცევებადგანითი მოძრაობისათვის. მუშა სითხე ავ'ხიდან (1) ტუმბოთი (2) შემწეები სარქველით (10) რევერსული მეკეთარას (3) საშუალებით მიეწოდება ძალური ცილინდრის (4) ქვედა სიდრუეში ან ზედა სიდრუეში. ამ დროს დგუში (5) და მასთან დაკავშირებული ბერკეტი ასრულებს მოძრაობას. მეკეთარას (3) I მდგომარეობაში ყოფნის დროს სითხე წნევის ქვეშ მიეწოდება ცილინდრის ზედა სიდრუეში, ხოლო ქვედა სიდრუიდან სითხე გამოიდეენება და მეკეთარას გავლით მიემართება ავ'ხში (1). დგუშის გადასაადგილებლად საწინააღმდეგო მხარეს, საჭიროა მეკეთარა (3) გადავიყვანოთ II მდგომარეობაში, ე.ი. მოვაბრუნოთ 90⁰-ით (ნახ.5.24ბ). მუშა

სითხის ნაკადის მიმართულება შეიცვლება. იგი ამ შემთხვევაში მიეწოდება ქვედა სიდრეუში, ხოლო ზედა სიდრეუდან სითხე გამანაწილებლის გავლით დაბრუნდება ავსში.

ნახაზზე სარქველი (8) წარმოადგენს დამკვეცს. თუ ჰიდროსისტემაში წნევა გადააჭარბებს დადგენილ მნიშვნელობას, სარქველი იხსნება და სითხის ნაწილს გაატარებს ავსში დასაბრუნებლად. სარქველი (9) არის შექცევული. სისტემაში წნევის პულსაციის მოგლეუებისათვის გამოყენებულია აკუმულატორი (7).



ნახ.5.24. ჰიდროსისტემის სქემა უკუმოქცევ-გადატანითი მოძრაობისათვის

როგორც ზევით იყო აღნიშნული, ჰიდროსისტემა საშუალებას იძლევა ვარუგულირით ძალური ცილინდრის ღგუშის გადაადგილების სინქარე. ღგუშის გადაადგილების სინქარის რეგულირება გამოისახება ფორმულით:

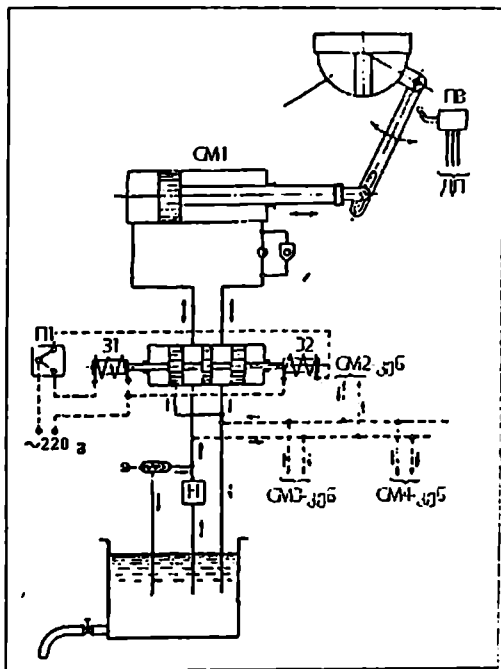
$$V = \frac{Q}{F} \text{ სმ}^3/\text{წთ}, \quad (5.5)$$

სადაც Q არის სითხის ხარჯი, სმ³/წთ;
 F - ღგუშის ეფექტური ფართი, სმ².

ვინაიდან ღგუშის ეფექტური ფართი წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს, ამიტომ ღგუშის მოძრაობის სინქარის რეგულირება ხორციელდება ხარჯის შეცვლით. აქედან გამომდინარეობს სინქარის რეგულირების ორი წესი - მოცულობითი და დროსეული.

ჰიდროამპრაჟში მოცულობითი რეგულირებით მარეგულირებელ მოწყობილობად გამოიყენებულია ცკლადი მწარმოებლურობის მქონე ტუმბო. ამ შემთხვევაში შესასვლელ ხიგნალს წარმოადგენს ტუმბოს მწარმოებლურობა. ჰიდროამპრაჟის მ.კ.კ. ტოლია 0,5-0,7.

დროსელური რეგულირების დროს შესასვლელ ხიგნალს წარმოადგენს დროსელის (ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა) გახსნის სიდიდე ან მკვეთარა წყვილის გადაადგილების სიდიდე (ნახ.5.25), ხოლო გამოსასვლელ ხიგნალს დგუქის გადაადგილება ჰიდროცილინდრში. დროსელური რეგულირება გამოიყენება ტუმბოს მედმივი მწარმოებლურობის დროს. ჰიდროამპრაჟების (დროსელური რეგულირებით) მ.კ.კ. შეადგენს 0,25-0,30.



ნახ.5.25. ჰიდროამპრაჟი ორმხრივი კმედების ძალური ცილინდრით. CM1, CM2, CM3, CM4 - სერვომპრაჟები; 31, 32 - ელექტრომაგნიტები მკვეთარას სამართავად; 31 - გადამრთველი ელექტრომაგნიტების დისტანციურად ჩასართავად; H - ტუმბო; PB - საგზაო ამომრთველი; DП - სადისპეტჩერო პუნქტი.

ჰიდრაულიკური აღმასრულებელი მექანიზმები მსხადდება ორი ტიპის: MFK – ჰიდრაულიკურ მრუდმხარა მექანიზმები (მოსაბრუნებელი ღილეით) და MFP – ჰიდრაულიკური პირდაპირსვლიანი მექანიზმები (ჭოკის გადატანითი მოძრაობით).

დგუშიანი აღმასრულებელი მექანიზმის მოქმედების პრინციპი (ნახ.5.19) ემყარება ჭოკის გადაადგილებას, რომელიც გამოწვეულია მუშა სითხის წნევით დგუშის გადაადგილებით.

ორმხრივი ძალური მოქმედების ჰიდრაულიკურ აღმასრულებელ მექანიზმებში დგუშის მოძრაობა იწყება მაშინ, როდესაც მუშა სითხის დაწნევის ძალა აღმასრულებელი მექანიზმის მუშა სიდრუეში აღემატება ჯამურ ძალას – ჭოკსე მოქმედი საანგარიშო ძალა, ხახუნის ძალა და უკუწნევა სიდრუეში, საიდანაც მუშა სითხე გამოედინება ნამოსასხმელად. ამ დროს

$$P \cdot S > R + F_{\mu} + P_{\mu} \cdot S', \quad (5.6)$$

სადაც P არის მუშა სითხის წნევა აღმასრულებელი მექანიზმის მუშა სიდრუეში;

S და S' – დგუშის ტორსების ეფექტური ფართი;

R – საანგარიშო ძალვა ჭოკსე;

P_μ – მუშა სითხის უკუწნევა ნამოსხმის მხრიდან.

აღმასრულებელ მექანიზმებში, რომლებშიც ჭოკი დგუშის მხოლოდ ცალ მხარესაა S და S' ფართები განსხვავდებიან ჭოკის განიკვეთის ფართის სიდიდით.

ჰიდრაულიკურ მრუდმხარა აღმასრულებელ მექანიზმში დგუშის გადაადგილებით ბარბაცას და მრუდმხარას საშუალებით შეიმობრუნდება გამოსასვლელი ღილეი. მარეგულირებელი ორგანო ღილეთან შეიძლება შეერთებული იყოს უშუალოდ ან წამყვანი ბერკეტის საშუალებით. მუშა სითხე წნევის ქვეშ მიეწოდება რეგულატორიდან მილქელებით (ნახ.5.20).

MFK ტიპის მექანიზმის გამოსასვლელი ღილეის მობრუნების კუთხე შეადგენს 90°; MFP ტიპის მექანიზმის ჭოკის სრული მუშა სვლის სიდიდე L დამოკიდებულია დგუშის დიამეტრსე D და ტოლია:

$$D=60;80 \text{ და } 100 \text{ მმ}$$

$$D=100,160 \text{ და } 250 \text{ მმ};$$

$$D=120 \text{ და } 160 \text{ მმ}$$

$$D=400,630 \text{ და } 1000 \text{ მმ}.$$

ჰიდრაულიკური და პნევმატური წრეების გამანაწილებელი და მარეგულირებელი აპარატურის პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები მოცემულია სათანადო სახელმწიფო სტანდარტში.

ელექტროამძრავების ავტომატური მართვისა და დაცვის აპარატურა მშენებლობაში

§1. ზოგადი ცნობები

ამწე-სატრანსპორტო და სხვა სამშენებლო მანქანების ელექტროამძრავებში ამჟამად ფართოდ გამოიყენება, როგორც მუდმივი, ასევე ცვლადი დენის ძრავები. განსაკუთრებით ფართოდ ინერგება ელექტროამძრავების სისტემები ცვლად დენზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ დიდი ეკონომიკური ეფექტის მიღებას და მისაღებ გამყვებისა და სარეგულირებელ მახასიათებლებს.

სამშენებლო მანქანების აპარატურის დიდი დატვირთვების ქვეშ ხანგრძლივი დროით მუშაობა განაპირობებს გადასვლას მართვის კონტაქტორულ-რელეური აპარატურიდან უკონტაქტო ლოგიკურ ელემენტებზე, რითაც იზრდება მართვის სქემების მუშაობის საიმედოობა, თემცა მთელ რიგ შემთხვევებში რთულდება სქემები.

ამჟამად ტარდება მნიშვნელოვანი კვლევითი სამუშაოები ამწე მექანიზმებისა და უწყვეტი ტრანსპორტის მექანიზმების ასინქრონული ძრავების სამართავად ტირისტორული გარდამქმნელების გამოყენებისათვის. ძრავას მართვა წარმოებს სტატორთან მიყვანილი ძაბვის ცვალებადობის შეხამებით როტორის წრედში დენის რეგულირების იმპულსურ წესთან. ძრავას სინქარის რეგულირება ხდება როტორის წრედში იმპულსების მოქმედების ხანგრძლივობის ცვალებადობით. ძრავას მუშაობის რეჟიმის შერწყვა ხორციელდება ძრავას სტატორისა და როტორის წრედებში ტირისტორების მართვის ლოგიკური სქემით.

სრულდება ცდები ელექტროამძრავების უნიფიცირებული სისტემების შესაქმნელად სტატიკური გარდამქმნელებით.

სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ავტომატიზებული ელექტროამძრავის თანამედროვე სისტემებში გამომთვლელი მოწყობილობები, რომლებიც იძლევიან რთული ტექნოლოგიური პროცესებისა და ცალკეული დანადგარების ავტომატიზაციის საშუალებას. ავტომატიზაციის განვითარება გა-

მომთვლელი ტექნიკის ბაზაზე იძლევა მართვის კიბერნეტიკული მეთოდების გამოყენების საშუალებას.

მნიშვნელოვანი გავრცელება ჰპოვეს პროგრამული მართვის კორდინატულმა სისტემებმა პერფორმენტების, პერფორმენტების ან კომუტატორების გამოყენებით.

სწრაფი ტემპით ვითარდება ტელემექანიკა და რადიომართვა.

ამრიგად, თანამედროვე ავტომატიზებულ ამძრავს გააჩნია ავტომატური მართვა, რომელიც ხორციელდება: კონტაქტორულ-რელეური აპარატურის, ელექტრომანქანური ავტომატიკისა და მაგნიტური გამაძლიერებლების, იონურელექტრონული აპარატურის, ნახევარგამტარებისა და მაგნიტური გამაძლიერებლების საშუალებით განხორციელებული უკონტაქტო სქემების, ტირისტორული და სტატიკური გარდაამქმნელების, პროგრამული მართვის კორდინატული სისტემების, ტელე და რადიო მართვის დახმარებით.

თანამედროვე ამწე-სატრანსპორტო და სამშენებლო მანქანებისათვის ფართოდ გამოიყენება რელეურკონტაქტორული მართვა.

§2. ელექტროამძრავების ავტომატური მართვის აპარატების დანიშნულება და კლასიფიკაცია

მართვისა და დაცვის აპარატები ასრულებენ შემდეგ ფუნქციებს:

- 1) ელექტრული ენერჯის მომხმარებლების ელექტრომიმდებების და ელექტრული წრედების ჩართვა და გამორთვა;
- 2) ელექტრომიმდებების და ელექტრული წრედების ელექტრული დაცვა გადატვირთვისა და მოკლე შერთვისაგან; ელექტროძრავისა და დაცვა ძაბვის დაწვევისა და თვითგაშვებისაგან;
- 3) ელექტროძრავების ბრუნვის სინქარის რეგულირება;
- 4) ელექტროძრავების ელექტრული დამუხრუჭება;
- 5) ელექტროძრავების რევერსირება.

• მართვის აპარატი შეიძლება ახორციელებდეს ზემოთ აღნიშნული ფუნქციებიდან ერთს ან რამდენიმეს. ელექტროძრავების ანალოგიურად მართვის აპარატები მუშაობის რეჟიმის მიხედვით იყოფიან:

- 1) ხანგრძლივი მუშაობის რეჟიმისათვის;

- 2) უწყვეტი მუშაობის რეჟიმისათვის;
- 3) ხანმოკლე მუშაობის რეჟიმისათვის;
- 4) განმეორებითი-ხანმოკლე მუშაობის რეჟიმისათვის.

ხანგრძლივი მუშაობის რეჟიმის დროს აპარატი იმყოფება დატვირთვის ქვეშ 8 საათზე ნაკლები დროის განმავლობაში. უწყვეტი მუშაობის რეჟიმის შემთხვევაში – 8 საათზე მეტი დროის განმავლობაში. ხანმოკლე მუშაობის რეჟიმის აპარატების ჩართვა წარმოებს ხანმოკლე პერიოდით, ხოლო გამორთვის დრო (პაუზა) საკმარისია აპარატის მთლიანად გაცივებისათვის. განმეორებითი – ხანმოკლე მუშაობის რეჟიმის დროს, აპარატების ჩართვის პერიოდების რეგულარულად მონაცვლეობა წარმოებს გამართვის პერიოდებით.

კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით მართვის აპარატები იყოფიან ღია, დახურულ, დაცულ, მტვერშეუღწევე და სხვ.

ავტომატურ რელეურ კონტაქტორული მართვის სქემებში გამოყენებული აპარატები იყოფიან სამ ძირითად ჯგუფად: 1) კონტაქტორები; 2) რელეები; 3) კომანდოაპარატები.

კონტაქტორები განკუთვნილია ელექტრული მანქანების მთავარ ძალურ წრედებში ხშირი ჩართვებისა და გამორთვებისათვის. მათ შეუძლიათ მოქმედება ავტომატურად მართვადი წრედის ელექტრული სიდიდეების (მაგალითად, დენის ან ძაბვის) ცვალებადობისაგან ან სხვა აპარატების ზემოქმედებისაგან დამოკიდებულებით.

რელე არის მოწყობილობა, რომელიც ნახტომისებურად ცვლის გამოსასვლელ სიგნალს შესასვლელი სიგნალის მოქმედებით, ე.ი. ახორციელებს მართვის “კი-არა” ტიპის დისკრეტულ ფუნქციას. რელე თვითონ არ აწარმოებს ჩართვასა და გამორთვას. იგი მოქმედებს პირველი ჯგუფის აპარატების (კონტაქტორების) მართვის წრედზე.

კომანდოაპარატები საშუალებას იძლევიან ზემოქმედება მოვახდინოთ კონტაქტორებისა და რელეების მართვის წრედზე.

მართვის აპარატების აღმასრულებელ ორგანოებს წარმოადგენენ კონტაქტები. კონტაქტების მახასიათებლებს კი კონტაქტის გაშლა და კონტაქტის ჩაქცევა. კონტაქტის გაშლა ეწოდება კონტაქტების მოძრავ და უძრავ ზედაპირებს შორის უმოკლეს მანძილს განრთულ მდგომარეობაში. კონტაქტის

საქცევო ეწოდება მანძილს, რომელსედაც გადაადგილდება უძრავი და მოძრავი კონტაქტების შეხების ადგილი საკონტაქტო სამბარების შეკუმშვის დროს.

§3. საკომანდო აპარატები. მართვის ღილაკები

საკომანდო აპარატები გამოიყენება 500 ვ-მდე ძაბვის მუდმივი და ცვლადი დენის წრედებში. საკომანდო აპარატებს მიეკუთვნებიან: მართვის ღილაკები, უნივერსალური გადამრთველები, კომანდოკონტროლერები (კომანდოაპარატები მოქმედებაში მოაყავთ ხელის ან ფეხის ამძრავით) და საგზაო და ბოლო ამომრთველები (საკომანდო აპარატის ასამოქმედებლად გამოყენებულია მუშა მანქანა). კომანდოკონტროლერისათვის გამოიყენება აგრეთვე ელექტროამძრავი.

კომანდოაპარატები პოულობენ ფართო გამოყენებას ელექტრული მანქანებისა და აპარატების დისტანციური მართვისათვის და ელექტროამძრავის ავტომატიზაციის სქემებში.

სამრთველი და გადამრთველი კონტაქტების მოწყობილობისა და მოქმედებისაგან დამოკიდებულებით კომანდო აპარატები იყოფიან ორ ტიპად:

ა) კომანდოაპარატები ენოპური მართვით (გამოიყენება ხელითა და დისტანციური მართვის დროს);

ბ) მბრუნავი კომანდოაპარატები (გამოიყენება დისტანციური და ავტომატური მართვის დროს).

მართვის ღილაკები განკუთვნილია სხვადასხვა ელექტრომოწყობილობის (კონტაქტორების, მაგნიტური გამშვებების, რელესა და სხვ.) დისტანციური მართვისათვის და გამორთვისათვის. ღილაკები გამოიყენება მუდმივი დენის წრედებში ძაბვით 440 ვ-მდე და ცვლადი დენის წრედებში – 660 ვ-მდე.

მართვის ღილაკები შედგებიან ერთი ან რამდენიმე ენოპური ელემენტისაგან. ენოპურ ელემენტში შედიან საკონტაქტო მოწყობილობა და შტიფტი (ღილაკი), რომელიც მექანიკურად არის დაკავშირებული საკონტაქტო მოწყობილობასთან.

ღილაკებს მოხერხებული სარგებლობის მიზნით უკეთდებათ სხვადასხვაფერად შეღებილი წარწერები “წინ”, “უკან”,

“ამუშავება”, “სდექ” და სხვა (ლილაკი “სდექ” ნეკულებრივად იღებება წითლად, ხოლო “ამუშავება” მწვანედ).

KY ტიპის კნოპური ელემენტი შედგება ერთი შემრთველი და ერთი განმრთველი კონტაქტისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან ელექტრულად არ არიან დაკავშირებული.

შემრთველი ეწოდება ელექტრულ კონტაქტს, რომელიც სამართი კოჭას წრედში ძაბვის ან მექანიკური ზემოქმედების არარსებობისას რჩება გათიშული; განმრთველი ეწოდება ელექტრულ კონტაქტს, რომელიც სამართი კოჭას წრედში ძაბვის ან მექანიკური ზემოქმედების არარსებობის შემთხვევაში იმყოფება შეკრულ მდგომარეობაში.

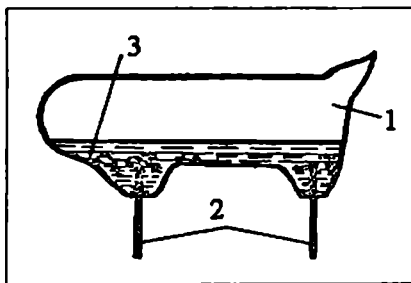
ლილაკზე “სდექ” თითის დაჭერისას ლილაკის მოძრაობა გადაეცემა ღეროს, რომელიც მოძრაეი კონტაქტის საშუალებით თიშავს წრედს. ლილაკის გათავისუფლებისას სამბარა მას აბრუნებს საწეის მდგომარეობაში. ლილაკზე “ამუშავება” დაჭერისას კი, მოძრაეი კონტაქტი შერთავს ელექტრული წრედის კონტაქტებს.

მართვის ლილაკების შერჩევისათვის საჭიროა განისაზღვროს აუცილებელი შესრულება დაცვის წესის მიხედვით (ღია, დაცული, მტვერშეუღწევი, ფეთქებადუსაფრთხო) და შემდეგ შტიფტების რიცხვის მიხედვით (ერთ, ორ, სამ-შტიფტიანი); კონტაქტების შერჩევა საჭიროა განხორციელდეს დატვირთვის ხანგრძლივი დენის დასაშვები სიდიდის მიხედვით (რომელიც არ აღემატება 15 ამპ), დასაშვები დენის სიდიდის მიხედვით (რომელიც არ აღემატება 15 ამპ.), დასაშვები დენის სიდიდის მიხედვით, რომელიც წყდება ინდუქციურ წრედში (20 ამპ-მდე), დასაშვები ჩართვის დენის სიდიდის მიხედვით (არა უმეტესი 60 ამპ.).

§4. ვერცხლისწყლის კონტაქტები

ვერცხლისწყლის კონტაქტები წარმოადგენენ მინის მილაკს, რომელშიც ჩარჩიდულია ორი, ან ოთხი ლითონის კონტაქტი და ჩასხმულია მცირე რაოდენობით ვერცხლისწყალი; მილაკი დარჩიდულია ორივე მხრიდან (ნახ.6.1). ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში ვერცხლისწყალი (3) შერთავს ელექტრულ წრედს, რომელშიც ჩართული არიან ლი-

თონის ელექტროდები - კონტაქტები (2). თუ მილაკს (1) დაეხრით, ვერცხლისწყალი გადაისხმება მილაკის ერთ მხარეს და მისი დონე აღარ შეეხება მეორე ელექტროდს. ამ შემთხვევაში ელექტროწრედი იქნება განრთული. ვერცხლისწყლის კონტაქტები მცირე სიმძლავრის კონტაქტებია. ისინი გამოიყენება მართვის, სიგნალიზაციის წრედებში და, აგრეთვე, აპარატურაში. ვერცხლისწყლის კონტაქტი მიემაგრება ტექნოლოგიური მექანიზმის შესაბამის მუშა ორგანოს ისეთნაირად, რომ ნორმალურ მდგომარეობაში ვერცხლისწყალი ახდენდეს ელექტრული წრედის შერთვას (ან განრთვას). მუშაობის პროცესში მუშა ორგანოს გადახრა საწყისი მდგომარეობიდან იწვევს, აგრეთვე, ვერცხლისწყლიანი მილაკის გადახრას და ვერცხლისწყალი განრთავს მართვის ან სიგნალიზაციის წრედს.



ნახ.6.1. ვერცხლისწყლის კონტაქტი

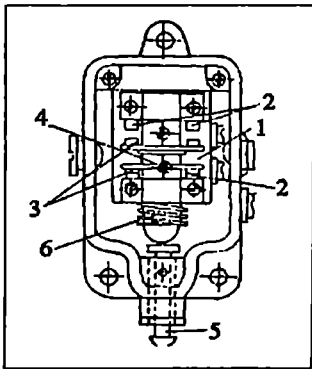
ვერცხლისწყლის კონტაქტები დაყენებულია ავტომატურ სასწორზე, ავტომატურ დოზატორზე, დონის სიგნალიზატორებზე, ტივტივა რელეზე და სხვა მოწყობილობებზე.

§5. საგზაო (ბოლო) ამომრთველები

საგზაო ამომრთველები განკუთვნილია მანქანებისა და მექანიზმების გამოსართავად. მათი ამოქმედება ხდება მანქანებისა და მექანიზმების მოძრაეი ნაწილებით. ამომრთველები გამოიყენებულია, როგორც კომანდოაპარატები მოძრაეი მექანიზმების ავტომატური მართვის დროს და, აგრეთვე, სხვადასხვა მანქანის სვლის ავარიული შეზღუდვის მიზნით.

ნახაზზე 6.2 წარმოდგენილია მყისი მოქმედების ბოლო ამომრთველი, რომლის ღია კონტაქტის შერთვის დრო და დახურული კონტაქტის განრთვის დრო არ აღემატება 0,1 წამს.

ბოლო ამომრთველებს გააჩნიათ საკლემე ხუნდები (1), რომლებზედაც დამაგრებულია უძრავ კონტაქტები (2). მოძრავი კონტაქტები (3), განლაგებულია პლასტმასის სპეციალურ ლილვაკზე (4). ამომრთველის კონტაქტები გადაადგილდება მბიძგავთან (5) დაკავშირებული ლილვაკის მდებარეობის შეცვლასთან ერთად. კონტაქტების უკან დაბრუნება ხაწყის მდგომარეობაში ხორციელდება ზამბარით (6).



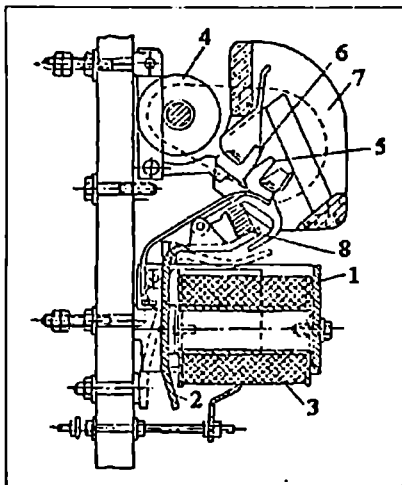
ნახ.6.2. ბოლო ამომრთველი

§6. კონტაქტორები

კონტაქტორი ეწოდება დისტანციური მოქმედების ელექტრომაგნიტურ აპარატს, რომელიც განკუთვნილია ელექტრული ძალური წრედის ხშირი ჩართვისა და გამორთვისათვის, დატვირთვის ქვეშ (ძაბვით 1000 ვ-მდე და დენის ძალით 600ა-მდე). კონტაქტორი შეიძლება იყოს რვეერსიული და არარვეერსიული.

კონტაქტორები ფართოდ გამოიყენება მშენებლობაში სხვადასხვა მანქანისა და მექანიზმის: კონვეიერების, ბეტონ-შემრევი კვანძების, კოშკური ამწეების და სხვ. ამძრავების დისტანციური მართვისათვის, ელექტროძრავების ნულოვანი დაცვის მიზნით (მკვებავე ქსელში ძაბვის გაქრობის შემთხვევაში გამორთავს ძრავს, ხოლო განმეორებით ძაბვის მიწოდებისას თვითონ არ ჩაირთვება).

ნახ.6.3 გამოსახულია მუდმივი დენის კონტაქტორი შემრთველი კონტაქტებით. 1 არის უძრავი კონტაქტი; 2 - მოძრავი კონტაქტი; 3 - კონტაქტის სამბარა; 4 - მოძრავი კონტაქტის სუპორტი; 5 - უღელი; 6 - შემწიდი კოჭა; 7 - ღუზა; 8 - რკალნამკრობი კამერა. კოჭაში დენის გავლის დროს უღელთან მიიხიდება ღუზა. ღუზასთან დაკავშირებული მოძრავი კონტაქტი კი მიეხილება უძრავ კონტაქტს. თუ კოჭაში დენი არ გადის, მაშინ კონტაქტები საკუთარი წონის გავლენით განირთეებიან. სამბარა უსრუნველყოფს კონტაქტების ურთიერთდაწოლის საჭირო სიდიდეს.

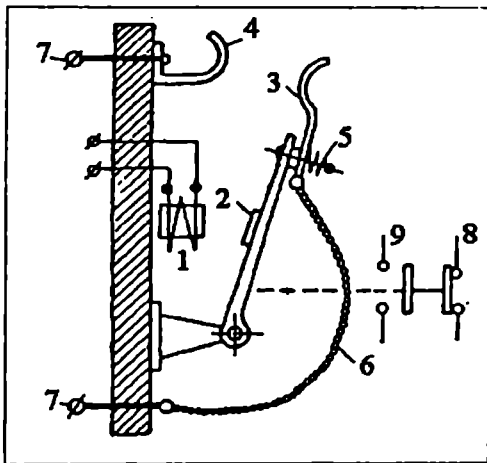


ნახ.6.3. მუდმივი დენის კონტაქტორი

რკალნამკრობი მოწყობილობის დანიშნულებაა მაგნიტური ელვის შექმნა, რომლის გავლენითაც კონტაქტების განრთვისას წარმოქმნილი რკალი გრძელდება, წყდება და სწრაფად ქრება.

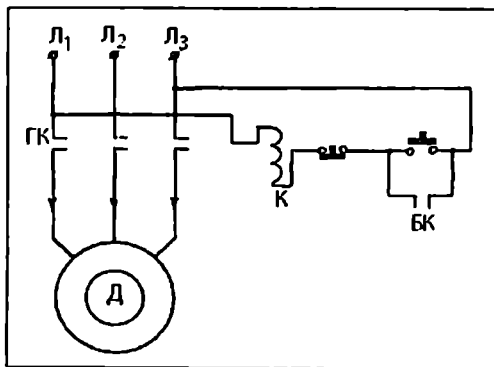
ნახ. 6.4 წარმოდგენილია ცველადი დენის სამპოლუსიანი კონტაქტორი. მართვის იმპულსის მოქმედებით დენი მიეწოდება ელექტრომაგნიტის კოჭაში (1), რომელიც მიიხიდავს ღუზას (2) და მასთან სახსრულად დაკავშირებულ მოძრავ მუშა კონტაქტს (3). ეს უკანასკნელი მიეხილება უძრავ მუშა კონტაქტს (4) ძალით, რომლის სიდიდის რეგულირება ხორციელდება სამბარის (5) საშუალებით. მუშა კონტაქტები შეერთებული არიან მოქნილი სადენით (6) და გამომყვანი

მომჭერებით (7) ელექტროამძრავის ძალურ წრედთან. ნახაზზე აღნიშნულია ნორმალურად დახურული (8) და ნორმალურად ღია (9) დამხმარე კონტაქტები, რომელთა დანიშნულებაა სხვა წრედების (სიგნალიზაციის, ბლოკირების) ჩართვა ან გამორთვა.



ნახ.6.4. ცველდი დენის კონტაქტორის სქემა

ნახაზზე 6.5 ნახეყნებია კონტაქტორის ჩართვის ელექტრული სქემა. ნახაზზე მოძრავი და უძრავი კონტაქტები აღნიშნულია ΓK ; ბლოკკონტაქტი - BK ; შემზიდი კოჭა - K ; ფა'სები - Π_1, Π_2, Π_3 კონტაქტორის ჩართვის შემდეგ შეიძლება დილაკის "ამუშაყება"-მოშყება. წრედი არ გაწყდება, რადგან დენი გადის ჩაკეტილ წრედში: ფა'სა Π_1 - შემზიდი კოჭა K - დილაკი "სდექ" - ბლოკკონტაქტი BK (რომელიც ეხლა შერთულია) და ფა'სა Π_3 . დილაკზე "სდექ" დაჭერის შემთხვევაში ჩართვის წრედი განიროყება და დუხას დილევი საკუთარი წონის გავლენით გაწყვეტს ძალურ წრედს. ძაბვის შემციორებისას გარკეყულ სიდიდეზე მეტად კონტაქტორი ავტომატურად გამოიროთყება, რადგან კონტაქტორის მოძრავი ნაწილების წონა აღემატება შემციორებული ძაბვის დროს, მაგნიტური სისტემის მოძრავ და უძრავ ნაწილებს შორის ურთიერთქმედების ძალას. თუ ძაბვის არსებობის შემთხვევაში დილაკს "ამუშაყება" არ დავაჭერთ, კონტაქტორი არ ამოქმედდება, ვინაიდან შემზიდი კოჭას წრედი განრთულია. ამით ხორციელდება ელექტროძრავას ნულოვანი დაცვის უსრუნველყოფა.



ნახ.6.5. კონტაქტორის ჩართვის ელექტრული სქემა

კონტაქტორები მსადღება მუდმივი დენის წრედებში (KΠ ტიპის) და ცვლადი დენის წრედებში (KT ტიპის) სამუშაოდ.

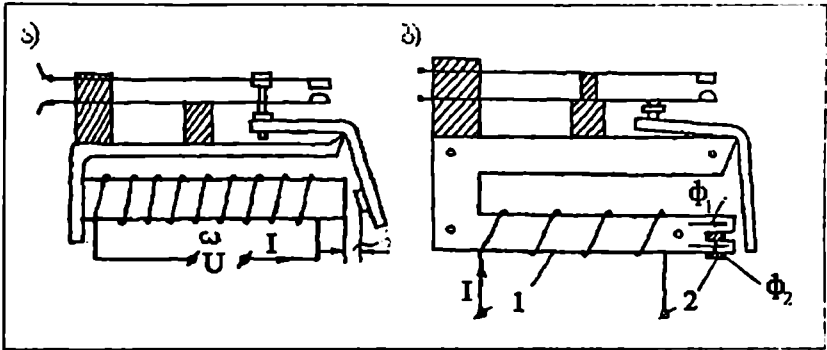
§7. ელექტრომაგნიტური რელე

ელექტრომაგნიტური რელე წარმოადგენს ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ერთ-ერთ ყველაზე მეტად გავრცელებულ ელემენტს. ავტომატური და ტელემექანიკური მართვის დანადგარებში გამოიყენება ათეული და ასეული ელექტრომაგნიტური რელე.

ელექტრომაგნიტურ რელეში წვევის ძალვა იქმნება მაგნიტური ველის ენერგიით, რომელიც წარმოიქმნება ელექტრული დენის გავლით კოჭაში. ცნობილია ელექტრომაგნიტური რელეს სამი სახესხვაობა: მუდმივი დენის ნეიტრალური, ცვლადი დენის ნეიტრალური და პოლარიზებული რელეები.

მუდმივი ან ცვლადი დენის ნეიტრალური რელე (ნახ.6.6) ეწოდება ისეთ რელეს, რომლის ღუსაზე კოჭას მაგნიტური ნაკადის მიერ განვითარებული წვევის ძალვა არ არის დამოკიდებული კოჭაში გამაგალი დენის მიმართულებაზე. ცვლადი დენის ნეიტრალურ რელეში მოქმედებს მყუთქავეი მაგნიტური ნაკადი, რომელიც იწვევს კარგეებს ჰისტერეზისზე და გრიგალურ დენებზე, რაც შესაბამისად ამცირებს ღუსის წვევის ძალვას. გარდა ამისა, დენის ცვლილების ერთი პერიოდის განმავლობაში წვევის ძალვა ორჯერ უტოლდება ნულს, რაც იწვევს ღუსის ვიბრაციას. ვიბრაცია იწვევს ხმაურს, აჩქარებს ცვეთას და ართულებს კონტაქტ-

ბის მუშაობას. ვიბრაციის შემცირების მიზნით იყენებენ მოკლედ შერთულ ხვეულიან რელეს (სპეციალური ტიპის რელე) ან რელეს წრედში რთავენ 6-8 მიკროფარადის ტევადობის კონდენსატორს. ამ შემთხვევებში წვეის ძალა არ მცირდება ნულამდე.



ნახ.6.6. ელექტრომაგნიტური რელე: ა) მუდმივი დენის ნეიტრალური; ბ) ცვლადი დენის ნეიტრალური

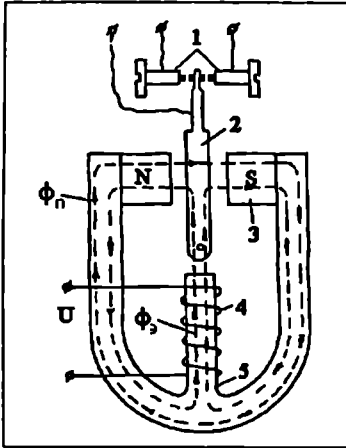
კარგეების შემცირების მიზნით პისტერე'ისისე და გრიგალურ დენებზე რელეს გულარი მზადდება ფურცლოვანი ელექტროტექნიკური ფოლადისაგან სისქით 0,3-0,5 მმ.

ნეიტრალური ელექტრომაგნიტური რელესაგან განსხვავებით პოლარიზებულ რელეს გაანჩია მუდმივი მაგნიტი. პოლარიზებული რელე შედგება ფოლადის გულარისაგან (5) დამამაგნიტებელი კოჭათი (4), ფოლადის მოძრავი ღუსისაგან (2), რომელსაც გაანჩია კონტაქტები მარცხნივ და მარჯვნივ, ორი უძრავი კონტაქტისაგან (1) და მუდმივი მაგნიტისაგან (3) (ნახ.6.7). მუდმივი მაგნიტის მაგნიტური ნაკადი ნახა'სზე აღნიშნულია Φ_n . ხოლო ელექტრომაგნიტური კოჭათი ადარული მუშა ნაკადი Φ_a . ეს უკანასკნელი ფოლადის მოძრავ ღუსაში გაელის შემდეგ იყოფა ორ ნაკადად $\frac{\Phi_a}{2}$, რომელთაგან ერთი

მიმართულებით ემთხვევა, ხოლო მეორე საპირისპიროა მუდმივი მაგნიტის მაგნიტური ნაკადისა.

როდესაც კოჭაში (4) ძაბვა არ არსებობს, ნეიტრალურ (ვერტიკალურ) მდგომარეობაში მყოფ ღუსა'სე (2) მაცხინდან

და მარჯვნიდან მოქმედებს მუდმივი მაგნიტის ორი ერთნაირი მიზიდვის ძალა. ამ შემთხვევაში ცხადია, რომ $\Phi_3 = 0$



ნახ.6.7. პოლარიზებული რელეს კონსტრუქციის პრინციპული სქემა

თუ რელეს გრაგნილში აღვძრავთ ძაბვას, მაშინ ნახა'სზე ნაჩვენებ შემთხვევაში მაგნიტის მარჯვენა ღეროში ნაკადები $\frac{\Phi_3}{2}$ და Φ_{II} დაჯამდებიან, რადგან ისინი მიმართულებით ერთ-

მანეთს თანხედებიან, ე.ი. $\phi' = \frac{\Phi_3}{2} + \Phi_{II}$. მარცხენა ღეროში მაგნიტური ნაკადები ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულების არიან, ამიტომ $\phi' = \frac{\Phi_3}{2} - \Phi_{II}$ საერთო ნაკადი მარჯვენა ღეროში

აღემატება მაგნიტურ ნაკადს მარცხენა ღეროში ($\Phi > \Phi'$), რის გამოც რელეს ღუსა მიიზიდება მარჯვნივ და შეკრავს მარჯვენა კონტაქტს. თუ შევცვლით მართვის სიგნალის პოლარობას, რელეს ღუსა გადაადგილდება მარცხნივ და შეკრავს მარცხენა კონტაქტს.

ნეიტრალურ რელესთან შედარებით პოლარიზებული რელე მეტად მგრძობიარეა. მისი ამოქმედებისათვის საჭირო სიმძლავრე შეადგენს $0,5 \times 10^{-3}$ ვატიდან $0,5$ ვატამდე. ხასიათდება მეტი გადატვირთვის უნარით და ამოქმედების მცირე დროით - 10^{-3} - წმ-დან $1,5 \cdot 10^{-2}$ წმ-მდე. ძირითად ნაკლს წარ-

მოადგენს მართვადი (გამოსასკელები) წრელების მცირე რიცხვი (არა უმეტეს ორისა).

ელექტრომაგნიტური რელეს ძირითადი პარამეტრებია:

1) ამოქმედების დენი $I_{აა}$ – მინიმალური დენი კოჭაში, რომლის დროსაც კონტაქტები საწყის მდგომარეობიდან გადადიან მუშა მდგომარეობაში; 2) მუშა დენი $I_{ა}$ – დენი, რომელიც უზრუნველყოფს რელეს კონტაქტების საიმედო მუშაობას ($I_{ა}$ ყოველთვის აღემატება $I_{აა}$); 3) მოშვების დენი $I_{აშვ}$ – დენი, რომლის დროსაც რელეს კონტაქტები მუშა მდგომარეობიდან გადადიან საწყის მდგომარეობაში; 4) მარაგის კოეფიციენტები ამოქმედებისა $K_{აა} = \frac{I_{ა}}{I_{აა}}$ და მოშვების

მიხედვით $K_{აშვ} = \frac{I_{ა}}{I_{აშვ}}$; 5) გაძლიერების კოეფიციენტი

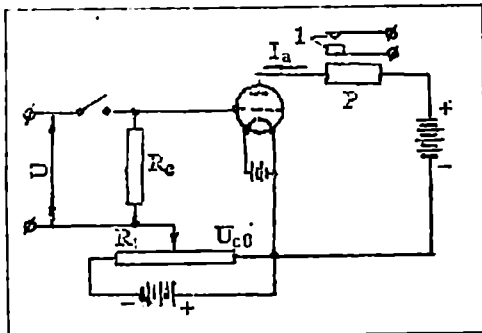
$K_{ა} = \frac{P_{კონტ}}{P_{ა}}$, რომელიც გვინებებს მართვადი სიმძლავრე (კონ-

ტაქტებზე) $P_{კონტ}$ რამდენჯერ აღემატება კოჭას მმართველ სიმძლავრეს $P_{აა}$; 6) ამოქმედების დრო $t_{აა}$ – დრო, რომელიც საჭიროა კონტაქტების შერთვისათვის კოჭაზე კვების მიწოდების შემდეგ; 7) მოშვების დრო $t_{აშვ}$ – დრო, რომელიც საჭიროა კონტაქტების სრული განრთვისათვის კოჭაზე კვების მიწოდების შეწყვეტის შემდეგ.

§8. ელექტრონული რელე

ელექტრონულ-კონტაქტური რელე შედგება გამაძლიერებელი ელექტრონული ნათურისა და ელექტრომაგნიტური რელესაგან (ნახ.8.8). ელექტრომაგნიტური რელეს დამამაგნიტებელი გრაგნილი ჩართულია ნათურის ანოდურ წრედში. გაპარვის მუდმივი წინააღმდეგობის R_c გავლით ნათურის ბადეზე მიეწოდება საწყისი უარყოფითი ძაბვა ბადური წანაცვლება $U_{ცო}$ (წინააღმდეგობით R_1). R_1 წინააღმდეგობა საშუალებას იძლევა შევირჩიოთ $U_{ცო}$ ისეთი მნიშვნელობა, რომლის დროსაც გარეშე უემოქმედების არარსებობის შემთხვევაში ($U_{სიგნ}=0$) რელეს გრაგნილში გამავალი ანოდური დენი I_n იყოს ნაკლები ელექტრომაგნიტური რელეს ამოქმედების

დენსე I_{a0} ამ დროს რელეს ადმასრულებელი წრედის კონტაქტები შეკრულია, როდესაც $U_{სიგნ} = U$ და ბადეზე მიეწოდება დადებითი პოტენციალი, ანოდური დენი გაიზრდება და აღემატება $I_a > I_{a0}$ (წანაცვლების უარყოფითი ბადური ძაბვა აბსოლუტური სიდიდით მცირდება). ამ შემთხვევაში რელე ამოქმედდება, მისი კონტაქტები შეიკვრება. როდესაც სიგნალი შეწყდება, I_a გახდება ნაკლები I_{a0} და ადმასრულებელი წრედის კონტაქტები განითვება. ელექტრონული რელე ძალზე მგრამობიარეა (ამოქმედების სიმძლავრე შეადგენს $10^{-12}-10^{-8}$ ვატს), ხარჯავს უმნიშვნელო ენერგიას და გააჩნია დიდი წინააღმდეგობა. მის ნაკლს შეადგენს მგრამობიარობა რყევისადმი, დარტყმებისადმი, ელექტრონული ნათურის სამსახურის შედარებით მცირე ვადა (რამდენიმე ათასი სავატი). ელექტრონულ რელეს შეუძლია მუშაობა ცვლად დენზეც.



ნახ.6.8. ელექტრონული რელე: 1 - კონტაქტები; P - რელე; R_c - გაპარვის მუდმივი წინააღმდეგობა; U_{c0} - ბადური გადადგილება; R_1 - ბადური გადადგილების წინააღმდეგობა

§9. დროის რელე

ტექნოლოგიური პროცესების დროში ავტომატური რეგულირებისა და მექანიზმების ჩართვისათვის მოცემულ ინტერვალებში გამოიყენება დროის რელე.

დროის რელეში შეიძლება გამოიყოს სამი დამახასიათებელი ნაწილი: მიმღები - რომელიც უსრუნველყოფს რელეს ამოქმედებას მმართველი სიგნალის მიღების შედეგად, შემ-

ნელელებელი - რომელიც უსრუნველყოფს დროის მოცემულ დაყოვნებას, და აღმასრულებელი - უსრუნველყოფს სემოქმედებას აღმასრულებელ მოწყობილობაზე. კონსტრუქციულად ეს ნაწილები ხშირად გაერთიანებულია.

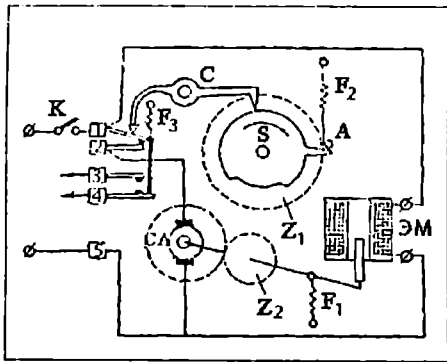
დაყოვნება დროის რელეში შეიძლება განხორციელდეს ელექტრული, მაგნიტური, მექანიკური, ელექტრომექანიკური, პიდრავლიკური და პნევმატიკური წესებით.

პრაქტიკაში ფართოდ არის გაავრცელებული ელექტრომექანიკური (ძრავიანი), პიდრავლიკური, პნევმატიკური და ელექტრონული დროის რელეები.

ნახაზზე 6.9 ნაჩვენებია დროის ძრავიანი რელეს პრინციპული სქემა. K გასაღების შერთვისას სინქრონული ძრავა CD რელექტორით იწყებს ბრუნვას. ერთდროულად აღიგზნება ელექტრომაგნიტი EM და მოდებაში მოჰყავს კბილანა თვლეები Z_1 და Z_2 . ერთ ღერძზე Z_1 კბილანათვალთან დამაგრებულია მუშტები (ერთ-ერთი მათგანი ნაჩვენებია ნახაზზე). ძრავა აბრუნებს მუშტებს ისრით ნაჩვენები მიმართულებით, ჭიმავს რა ერთდროულად F_2 სამზარას. როდესაც S მუშტას ამონაჭყურის საფეხური მიადგება C ბერკეტის საფეხურს, ბერკეტი F_3 სამზარის მოქმედებით შემობრუნდება და CD ძრავას წრედში განრთავს 1-2 კონტაქტებს და შერთავს რელეს გამოსასვლელი წრედის 3-4 კონტაქტებს. Z_1 კბილანათვლის ღერძზე დამაგრებული სხვა მუშტები უნდა იქნან რეგულირებადი დროის დამოუკიდებელ დაყოვნებებზე და ისინი შესაბამისად შერთავენ ან განრთავენ გარე წრედების კონტაქტებს.

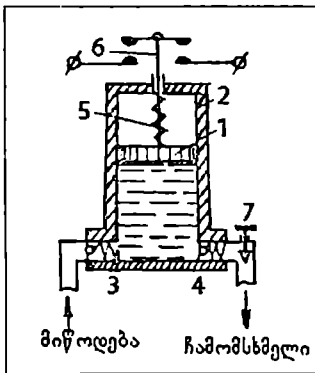
1-2 კონტაქტების განრთვისას CD ძრავა წერდება. K გასაღების განრთვის შემთხვევაში EM ელექტრომაგნიტი ათავისუფლებს ღუსას და F_1 სამზარას ურთიერთმოღებთან გამოჰყავს Z_1 და Z_2 კბილანა თვლეები. მუშტები F_2 სამზარის მოქმედებით უკან შემობრუნდებიან A საბრჯენამდე და კონტაქტები უბრუნდებიან საწყის მდგომარეობას. დროის რელე მზად აღმონინდება ხელმეორედ წართვისათვის.

დროის ძრავიანი რელეები იძლევიან დროის დაყოვნების შესაძლებლობას 24 საათამდე.



ნახ.6.9. დროის ძრავი-
ანი რელეს პრინციპული
სქემა

ნახაზზე 6.10 წარმოდგენილია დროის პიდრავლიკური რელე. რელეს ძირითადი ნაწილებია: დგუში 1, ცილინდრი 2, შესასვლელი სარქველი 3, გამოსასვლელი სარქველი 4, ზამბარა 5, ჭოკი კონტაქტებით 6 და დროსელი 7. მუშა გარემოა სამანქანო ზეთი.



ნახ.6.10. დროის
პიდრავლიკური
რელე

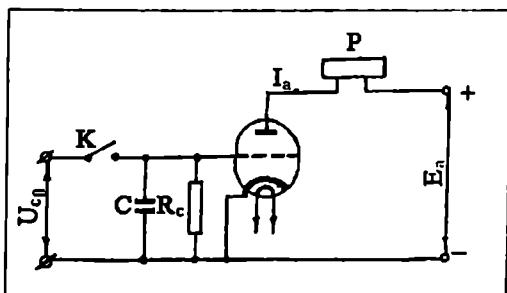
დროის დაყოვნების სიდიდე განისაზღვრება დგუშის მუშა სელის ხანგრძლივობით.

ანალოგიურ პრინციპზეა დამყარებული პნევმატიკური რელეს მუშაობა, რომლის მუშა გარემოს წარმოადგენს ჰაერი.

დროის ელექტრონული რელეს მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ელექტრონული ნათურის ბადის წრედში ირთვება კონდენსატორი, რომლის ტევადობა C და R_c წინააღმდეგობის სიდიდე განსაზღვრავს კონდენსატორის დამუხტვისა და განმუხტვისათვის საჭირო დროის ხანგრძლივო-

ბას (ნახ.6.11). აღნიშნული რელე მუშაობს კონდენსატორის განმუხტვის ხარჯზე. როდესაც K გასაღები შეკრულია, ნათურის ბადეზე მიეწოდება წინაკვლების უარყოფითი ძაბვა U_{cs} და ნათურა ჩაკეტილია. C კონდენსატორი ამ დროს დამუხტულია. თუ K გასაღებს განვრთავთ, კონდენსატორი დაიწყებს განმუხტვას R_c წინააღმდეგობის გავლით. ნათურის ბადის უარყოფითი პოტენციალი შემცირდება, ხოლო ანოდური დენი I_a გაიზრდება, სანამ იგი არ მიაღწევს I_{an} დენის სიდიდეს და რელე ამოქმედდება.

რელეს დაყოვნების დროის რეგულირება წარმოებს R_c წინააღმდეგობის ცვლილების გზით. ელექტრონული რელეს საშუალებით შეიძლება განვხორციელოთ დროის დაყოვნება მილისეკუნდიდან 180 სეკ-მდე.



ნახ.6.11. დროის ელექტრონული რელე

ელექტროამპრავის ავტომატიზაციის დროს ფართოდ გამოიყენება დროის ელექტრომაგნიტური რელე P3-500, დროის დაყოვნებით 5 სეკ-მდე. რელე შედგება კოჭასა, უძრავი მაგნიტგამტარისა, ღუზის, სარეგულირებელი ხრახნის, ბლაკ-კონტაქტებიანი ტრავერსისა და დამჭიმავი საშბარისაგან.

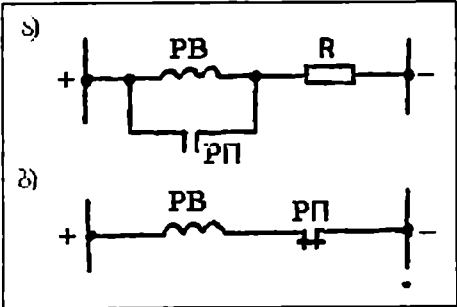
შეენიშნავთ, რომ P3-500 ტიპის რელე გათვალისწინებულია მუდმივი დენისათვის. ცვლადი დენის ძრავების მართვის წრედებში რელეს ჩართვა ხდება გამმართველებთან ერთად.

დროის დაყოვნება P3-511, P3-513 და P3-515 ტიპის დროის რელეებში შეიძლება განხორციელდეს ორი გზით: 1) კოჭას დამოკლებით; 2) რელეს კოჭას გამორთვით.

პირველ შემთხვევაში რელეს PB ჩართვისას ღუზა მიიზიდება ძალიან სწრაფად. გამორთვის შემთხვევაში (რელე შეიძლება გამოირთოს კოჭას წრედის გაწყვეტით ან მისი და-

მოკლებით) იქმნება დროის დაყოფნება. დროის დაყოფნება კოჭას წრედის დამოკლებისას აიხსნება შემდეგნაირად: თუ მოვახდენთ რელეს კოჭას დაშენტვას რომელიმე შუალედი რელეს PI კონტაქტების პარალელურად ხართით (ნახ.6.12,ა), რელეს კოჭათი და PI კონტაქტებით, წარმოქმნილ კონტურში თვითინდუქციის გავლენით წარმოებს დენის შეკავება გარკვეული დროით. დროის ამავ პერიოდში მაგნიტური ნაკადი და ღუსის გულართან მიხიდვის ძალა მიიღევა თანდათანობით. კოჭას წრედში გათვალისწინებული R წინააღმდეგობის დანიშნულებაა მოკლე ხართისაგან დაკვა იმ შემთხვევაში, როდესაც წრედში სხვა მომხმარებელი არ არის ჩართული.

მეორე შემთხვევაში (ნახ.6.12,ბ) რელეს გულარსე ჩამოეცმევა სპილენძის ან ალუმინის ვა'სნა, რომელიც ქმნის მეორად კონტურს. რელეს ხართისა და გამართვის დროს ვა'სნაში წარმოიქმნება ე.მ.ძ. და აღიძვრება დენი, რომელიც ღენცის წესის თანახმად იწვევს ისეთი მიმართულების მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც რეს'ელტატური მაგნიტური ნაკადის ცვლილებას დაყოფნებს.



ნახ.6.12. დროის ელექტრომაგნიტურ რელეებში დროის დაყოფნების მიღების სქემები: ა) კოჭას დამოკლებით; ბ) რელეს კოჭას გამართვით

§10. ფოტოელექტრონული რელე

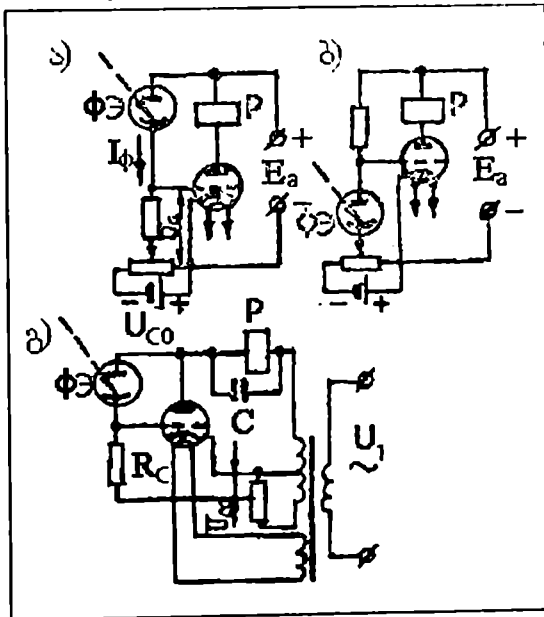
ფოტორელე განკუთვნილია ელექტრონული წრედის ჩასართავად ან გამოსართავად სინათლის მოქმედებით.

ფოტორელე შედგება ელექტრონული ნათურის, მგრძნობიარე გადამწოდისა* (ფოტოელემენტი, ყოტოწინაღობა, ყო-

* გადამწოდებისა და გამზომი სქემების შესახებ იხილეთ მე-2 და მე-3 თავები.
238

ტოდიოდი) და ელექტრომაგნიტური რელესაგან, რომელიც წარმოადგენს აღმასრულებელ ორგანოს*.

ფოტორელე იყოფა პირდაპირი მოქმედებისა და უკუმოქმედების რელეებად. პირდაპირი მოქმედების ფოტორელეში (ნახ.6.13,ა) განათებული ფოტოელემენტის შემთხვევაში, მისი წინააღმდეგობა მცირდება, ელექტრონული ნათურის ბადის პოტენციალი იზრდება, ანოდურ წრედში გადის დენი, რომელიც იწვევს რელეს ამოქმედებას, რის შედეგადაც მისი კონტაქტი შეიკვრება. უკუმოქმედების ფოტორელეში (ნახ.6.13,ბ), პირიქით, დაბნელებული ფოტოელემენტის შემთხვევაში, რელეს კონტაქტი შეეკრულია, ხოლო ფოტოელემენტის განათებისას კი განრთულია.



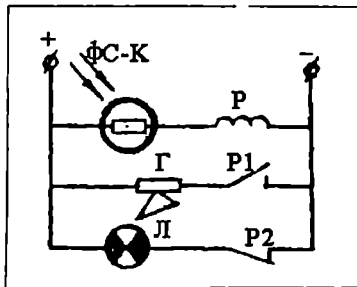
ნახ.6.13. ფოტორელე-
ქტრონული რელეები:
ა) პირდაპირი მოქმედების ფოტორელე;
ბ) უკუმოქმედების ფოტორელე; ვ) ცვლადი დენის ფოტორელე

ფოტორელეს მოყვანილი სქემები მოითხოვენ მუდმივი ძაბვის წყაროებს. ცვლადი ძაბვის წყაროების შემთხვევაში გამოიყენება ცვლადი დენის გამმაროველები.

* ფოტოწინააღმდეგობის გამოყენების შემთხვევაში ფოტორელე ელექტრონულ ნათურას არ საჭიროებს.

არსებობენ ფოტორელეები, რომლებიც მუშაობენ ცვლად დენზე. ცვლადი დენის ფოტორელეს სქემა ნაჩვენებია ნახაზზე 6.13.გ. ანოდი, ბადე, გამაძლიერებელი ნათურის ვარვარი და ფოტორელემენტი იკვებებიან ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილებიდან. ნათურას შეუძლია დენის გატარება მხოლოდ იმ ნახევარპერიოდის განმავლობაში, როდესაც ძაბვა ნათურის ანოდზე დადებითია. ამ დროს საწეის გადაადგილების ძაბვა უარყოფითია, ხოლო ბადის პოტენციალი დამოკიდებულია ფოტორელემენტის განათებულობაზე. მისი საკმარისად განათებულობის შემთხვევაში ელექტრომაგნიტური რელეს გრაგნილის გავლით ანოდურ წრედში გაივლის გამართული დენი. რელე ამოქმედდება და შეკრავს კონტაქტებს. რელეს ვიბრაციის თავიდან აცილების მიზნით წარმოებს დენის ცვლადი შემადგენლის დაშუნტვა კონდენსატორთან. აღსანიშნავია, რომ ცვლადი დენის ფოტორელე ორჯერ და მეტჯერ ნაკლებად მგრძობიარეა მუდმივი დენის ფოტორელესთან შედარებით. მიუხედავად ამისა, პრაქტიკაში ფართოდაა გამოყენებული ცვლადი დენის მოხერხებულობის გამო.

ნახაზზე 6.14 წარმოდგენილია მუდმივი დენზე მომუშავე ფოტორელეს ელექტრული სქემა. ფოტოწინააღობაზე $\Phi C-K$ სინათლის ნაკადის მოქმედებით მისი წინააღმდეგობა მცირდება დაახლოებით 100-ჯერ. ისრდება დენის ძალა იმ სიდიდემდე, რომელიც საკმარისია რელეს ასამოქმედებლად. რელე ჩართავს თავისი კონტაქტებით ავტომატიკის მოწყობილობას. სქემაზე რელეს ამოქმედების შედეგად P_1 კონტაქტით ჩართდება საყვირი Γ და ერთდროულად რელეს მეორე კონტაქტით - P_2 გამოირთვება სასიგნალო ნათურა - J .



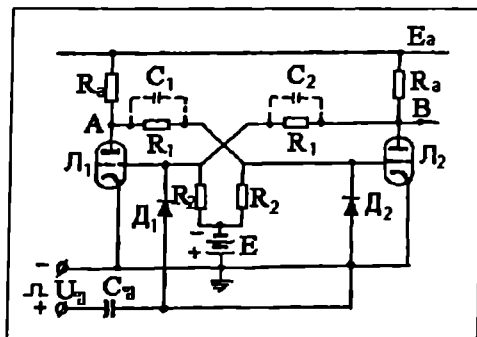
ნახ.6.14. მუდმივი დენზე მომუშავე ფოტორელეს ელექტრული სქემა

§11. ტრიგერი, როგორც უკონტაქტო ელექტრო- ნული რელე

ტრიგერი წარმოადგენს მუდმივი ძაბვის ორკასკადიან გამაძლიერებელს, რომლის გამოსასვლელი დამოკიდებულია შესასვლელზე, ე.ი. განხორციელებულია დადებითი უკუკავშირი. ტრიგერის სქემები სრულდება როგორც ნათურებზე, ასევე ნახევარგამტარულ ტრიოდებზე. ტრიგერები ყვართოდაა გავრცელებული ავტომატურ და ელექტრონულ ციფრულ გამოთვლით მოწყობილობებში.

ტრიგერი ხასიათდება ორი მდგრადი მდგომარეობით. ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა სრულდება ნახტომით, გარედან გამშვები იმპულსის შემოქმედებით. ტრიგერს უწოდებენ, აგრეთვე, სასხლეტ მოწყობილობასაც. ეს სახელწოდება მან მიიღო შესასვლელი იმპულსის მიმართ სწრაფი რეაქციის გამო.

ნახაზზე 6.15 მოცემულია ნათურული ტრიგერის სქემა. როგორც სქემიდან ჩანს, იგი ორი რეოსტატული ნათურული გამაძლიერებლისაგან შედგება, რომელიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია დადებითი უკუკავშირით. ამ კავშირის ძაბვა Π_2 ნათურის ანოდიდან გადაეცემა Π_1 ნათურის ბაძეს R_1 წინაღობის გავლით. ჩვეულებრივად Π_1 და Π_2 ნათურები ერთი ტიპისაა, ხოლო სქემა სიმეტრიული (სქემის ორივე ნახევარი შედგება ერთნაირი ელემენტებისაგან).



ნახ.6.15. ნათურული
ტრიგერის სქემა

R_1 და R_2 წინაღობები აქტიური წინაღობებია. ისინი ქმნიან ძაბვის გამყოფს. R_1 წინაღობათა პარალელურად მიერთებული C_1 და C_2 კონდენსატორების დანიშნულებაა ტრიგერის ერთი

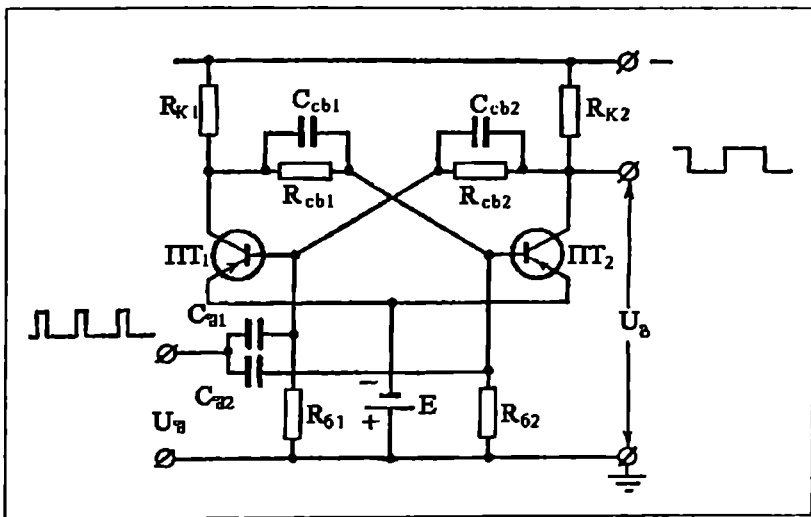
მდგრადი მდგომარეობიდან მეორეში გადართვის სისწრაფის გადიდება, აგრეთვე, გამოსასვლელი ვიწრო იმპულსების მიღება. D_1 და D_2 დიოდები ჩართული ბადეებთან, განშტოების წრედში, განკუთვნილია ნათურების ბადური წრედების ერთ-მანეთთან მოკლედ შერთვისაგან დასაცავად. E არის ძაბვის დამოუკიდებელი წყარო წანაცვლების ძაბვის მისაღებად. ეს უკანასკნელი აუცილებელია ტრიგერის მდგრადი მდგომარეობის შესანარჩუნებლად. უკუკავშირის წრედები უსრუნველყოფენ ტრიგერში დენის მორიგეობით გატარებას, ე.ი. დროის იმ ინტერვალში, როცა ერთი ნათურა ატარებს დენს (ღიაა), მეორე ჩაკეტილია (დენს არ ატარებს). ამრიგად, სქემის მდგრადი მდგომარეობის დროს ერთ-ერთი ტრიოდი ატარებს დენს, ხოლო მეორე ჩაკეტილია. ორივე ტრიოდი რომ ერთდროულად ატარებდეს დენს, მაშინ რაიმე მიზეზით ერთ-ერთი ტრიოდის ანოდური დენის უმნიშვნელოდ გაზრდა გამოიწვევდა მეორე ტრიოდის ბადეზე პოტენციალის შემცირებას. ეს თავის მხრივ შეამცირებდა უკანასკნელის ანოდურ დენს, რაც გამოიწვევდა პოტენციალის გაზრდას პირველი ტრიოდის ბადეზე, და კიდევ უფრო გაზრდიდა ანოდურ დენს. ამრიგად, პირველი ტრიოდის ანოდური დენი გაიზრდებოდა, ხოლო მეორე ტრიოდის ანოდური დენი კი შემცირდებოდა. აღნიშნულის შედეგად პირველი ტრიოდი მთლიანად გაიხსნებოდა, ხოლო მეორე ჩაკეტიბოდა.

ასეთ მდგომარეობაში ტრიგერი რჩება მორიგი გამშვები იმპულსის მოსვლამდე, რომელიც ადებს ჩაკეტილ ნათურას და კეტავს ღია ნათურას, რაც შეესაბამება ტრიგერის საწყისი მდგომარეობის აღდგენას. ამრიგად, ტრიგერის გადასაყვანად ერთი მდგრადი მდგომარეობიდან მეორეში, საჭიროა ჩაკეტილი ტრიოდის ბადის წრედში შევიყვანოთ მცირე დადებითი ძაბვა. ამ დროს სქემა ნახტომისებურად გადადის ახალ მდგრად მდგომარეობაში. სქემის დასაბრუნებლად საწყის მდგომარეობაში კი ღია ნათურის ბადის წრედში ხანმოკლედ უნდა მივაწოდოთ მცირე უარყოფითი ძაბვა.

ტრიგერის დანიშნულების მიხედვით შეიძლება გამოვიყენოთ მისი მართვის სხვადასხვა სქემა. ასე, მაგალითად, ტრიგერის მმართველი იმპულსები შეიძლება შევიყვანოთ თითოეული ნათურის ცალკეულ შესასვლელ წრედებში ან

საერთო წრედში დიოდების მეშვეობით (კალკულულ წრედებად მათი შემდგომი გაყოფით. შესაძლებელია ტრიგერის მართვა განვსორციელოთ ერთ-ერთ ბადეზე სხვადასხვა პოლარობის მმართველი იმპულსების მიწოდებით. იმპულსების პოლარობის შეცვლა გამოიწვევს ტრიგერის მდგომარეობის ცვლილებას.

ნახაზზე 6.16 მოცემულია ორ მდგრად მდგომარეობიანი ნახევრადგამტარული ტრიგერის სქემის ვარიანტი დამოუკიდებელი წანაცვლებითა და მმართველი იმპულსებისათვის საერთო საანგარიშო შესასვლელით. მოქმედების პრინციპის მიხედვით ეს სქემა ზემოთ განხილული სქემის ანალოგიურია.



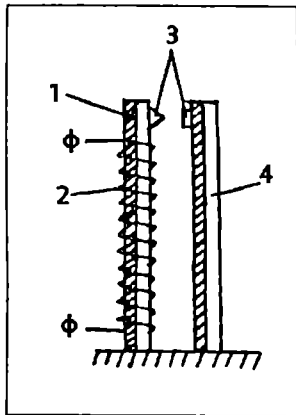
ნახ.6.16. ნახევრადგამტარული ტრიგერის სქემა

§12. არაელექტრული რელეები

არაელექტრულ რელეებს მიეკუთვნება თბური, წნევის, დონის, სინქარის ცენტრიდანული რელე, დროის ქანქარა რელე, ბგერითი დაწნევის აკუსტიკური რელე. აღნიშნული რელეების ზოგიერთი სქემა განხილულია სახელმძღვანელოს შესაბამის განყოფილებაში.

მეტად გავრცელებული რელე, რომელშიც გამოყენებულია სხეულის თბური გაფართოება, იწოდება ბიმეტალურ რელედ.

ელექტროთერმული ბიმეტალური რელეს სქემა მოყვანილია ნახაზზე 6.17. ბიმეტალურ ფირფიტაზე (1) დახვეულია გრაგნილი (2), რომელსაც გაანნია მნიშვნელოვანი ოპური წინააღმდეგობა. გრაგნილში დენის გატარების შედეგად ფირფიტა ხურდება, იღუნება და შერთავს მუშა კონტაქტებს (3).



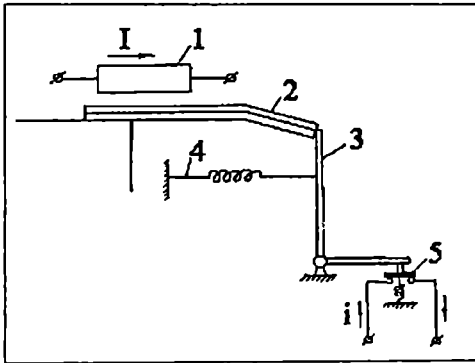
ნახ.6.17. ელექტროთერმული ბიმეტალური რელეს პრინციპული სქემა

რელე მსადღება ორგეარად. სარეგულირებელი ხრახნით (გარემოს ტემპერატურისაგან დამოკიდებულებით კონტაქტებს შორის ღრქოს შესაკვლეღად) და ტემპერატურული კომპენსაციით. კომპენსაცია მიღწეულია მეორე ბიმეტალური ფირფიტის (4) გამოყენებით, რომელიც დაყენებულია ისეთნაირად, რომ იგი იღუნება იმავე მხარეს, საითაც იღუნება მუშა ფირფიტა (1). რელეს ამოქმედების დენის სიდიდის ცვალებადობა შესაძლებელია გრაგნილის ოპური წინააღმდეგობის შეცვლით.

რელეს კონტაქტების მუშაობის პირობების შესამსუბუქებლად ხშირად გამოიყენება კონსტრუქცია, რომელიც უზრუნველყოფს კონტაქტების ნახტომისებურად მუშაობას. აღნიშნული რელეს პრინციპული სქემა მოცემულია ნახაზზე 6.18.

რელე შედგება სახურებელი ელემენტისაგან (1), ბიმეტალური ფირფიტისაგან (2). სახურებელი ელემენტი ძრავას ძალურ წრედში ირთვება მიმდევრობით (სქემაზე დენი 1). როდესაც დენის სიდიდე გადააჭარბებს ნომინალურ მნი-

შენელობას, ბიმეტალური ფირფიტა ხურდება, იღუნება და ფირფიტის ჩაუმაგრებელი ბოლო ათავისუფლებს ბერკეტს (3), რომელიც 'სამბარის' (4) მოქმედებით შემობრუნდება საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით და განრთავს კონტაქტს (5). კონტაქტი (5) ჩართულია კონტაქტორის კოჭას წრედში მიმდევრობით (სქემა'სე დენი i); კონტაქტის განრთვის შედეგად წარმოებს კონტაქტორის გამორთვა, რომელიც თავის მხრივ გამორთავს ძრავს წრედიდან. რელეს ამოქმედების შემდეგ მისი დაბრუნება საწყის მდგომარეობაში ხორციელდება დაბრუნების დილაკის მექანიზმით.



ნახ.6.18. თბური რელეს ჩართვის პრინციპული სქემა

ბიმეტალური რელე ფართოდ გამოიყენება დაცვის შემთხვევებში, კერძოდ, როგორც ავტომატური დაცვის მოწყობილობა ელექტროძრავების მართვის სქემებში. რელე იცავს ძრავას არასიმეტრიული მუშაობისაგან, ერთ-ერთი სადენის გაწყვეტის შემთხვევაში (მკვებავი ხაზის ერთი ფაზის გაწყვეტისას. ამ შემთხვევაში დაუსიანებელ ორ სადენში დენის სიდიდე აღემატება ნომინალურ მნიშვნელობას) და, აგრეთვე, გადატვირთვისაგან (როდესაც დენის სიდიდე აღემატება ნომინალურს 20-30%-ით, რელეს კონტაქტები განირთვებიან და წყდება ელექტროძრავის მართვის წრედი).

§13. მაგნიტური გამწვანები

მაგნიტური გამწვებები ეწოდება ელექტრულ აპარატს, რომელიც განკუთვნილია ელექტროძრავების გაწვებისათვის დენის წრედში ამუშავების წინააღობის შეუყვანლად. ჩვეულებრივად მაგნიტური გამწვებები გამოიყენება მოკლედ ნართული როტორიანი ელექტროძრავების საძართავად და ასამუშავებლად უშუალოდ ელექტროქსელიდან ძაბვით 500 ვოლტამდე. მათი გამოყენება შეიძლება, აგრეთვე, ფაზურ-როტორიანი ელექტროძრავების ჩასართავადაც.

მაგნიტური გამწვები ფართოდ არის გამოყენებული მშენებლობაში სხვადასხვა მანქანისა და მექანიზმის (კონვეიერები, ბეტონსარევი კვანძები, კოშკური ამწეები და სხვ.) ამძრავების (ჩვეულებრივად ძრავას სიმძლავრით 75 კვტ-მდე. მეტი სიმძლავრის ელექტროძრავების შემთხვევაში გამოიყენება კონტაქტორი რელესთან კომბინაციაში) დისტანციური მართვისათვის.

მაგნიტური გამწვები შედგება კონტაქტორისაგან, რომლის მართვაც ხდება დისტანციურად მართვის ღილაკების საშუალებით.

მაგნიტური გამწვები ახორციელებს ელექტროძრავების მინიმალური დაცვის ფუნქციებს ძაბვის შემცირებისას ნომინალური ძაბვის 50-60%-მდე. ელექტროძრავების დაცვა გადატვირთვისაგან სრულდება მაგნიტური გამწვების სქემაში თბური რელეს შეყვანით.

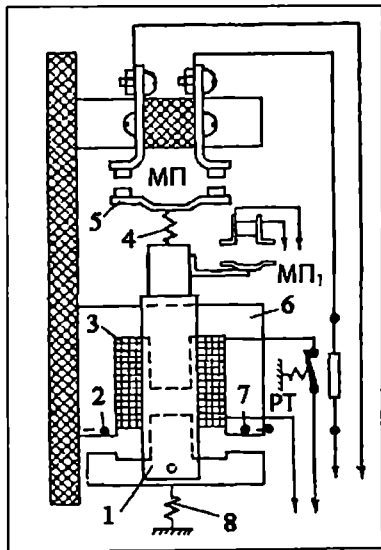
მაგნიტური გამწვებები მსაღდება ორი სახის - რევერსიული და არარევერსიული. რევერსიული გამწვები შედგება ორი სამკოლუსიანი კონტაქტორისაგან დამოუკიდებელი სამართველი კოჭებით. კონტაქტორები ერთმანეთში მექანიკურად ან ელექტრულად არიან ბლოკირებული, ორივე კონტაქტორის ერთდროულად ნართვის თავიდან აცილების მიზნით.

მაგნიტური გამწვებები საიმედოდ მუშაობენ, როდესაც ქსელის ძაბვა შეადგენს ნომინალური მნიშვნელობის 85-105%-ს.

ცვლადი დენის მაგნიტური გამწვების კონსტრუქციული სქემა ნაჩვენებია ნახაზზე 6.19. გამწვების საფუძველს წარმოადგენს ელექტრომაგნიტი და სამი წყვილი მთავარი კონტაქტი (ნახაზზე ნაჩვენებია მთავარი კონტაქტების მხოლოდ

ერთი წყვილი). კონტაქტების მართვა ხორციელდება ელექტრომაგნიტით.

გრაფიკში (3) დენის გავლის შედეგად, ღუზა (1) შეიხილება კოჭას შიგნით და მაგნიტური გამშვების მთავარი კონტაქტების წყვილები შეერთდებიან ლითონის ხიდებით (5). სამზარა (4) ახორციელებს საჭირო დაწოლას კონტაქტებს შორის. ღუზისა და კონტაქტების ძაბვას თავიდან აცილების მიზნით ელექტრომაგნიტის (6) გულარის პოლუსებზე ჩამოცმულია მოკლედ ჩართული ხვეულები 2 და 7. კოჭაში დენის მიწოდების შეწყვეტის შემთხვევაში ღუზა უბრუნდება საწყის მდგომარეობას სამზარას (8) საშუალებით. მაგნიტური გამშვების კონტაქტები განირთვებიან.



ნახ.6.19. მაგნიტური გამშვების კონსტრუქციული სქემა

მაგნიტური გამშვები აღინიშნება ციფრებით. ასოები აღნიშნავენ სერიას, ხოლო სამი ციფრიდან პირველი გვიჩვენებს მაგნიტური გამშვების გაბარიტს; მეორე ციფრი – შესრულებას გარემოს ზემოქმედებისაგან დაცვის გათვალისწინებით (1 – ღია; 2 – დაცული; 3 – მტვერწყალშეუღწევი); მესამე ციფრი – შესრულებას დანიშნულებისა და თბური დაცვის გათვალისწინების მიხედვით (1 – არარევერსიული თბური რელეს გარეშე; 2 – არარევერსიული რელესთან ერთად; 3 –

რევერსიული ურელეოდ; 4 - რევერსიული რელესთან ერთად). მაგალითად, აღნიშნა PA-324 ნიშნავს: PA სერიის მე-3 სიდიდის მაგნიტური გამშვები (17 კვტ. 380 ვ. ძაბვის დროს). შესრულების სახე დაკული, რევერსიული თბური დაკვიით.

§14. ავტომატური დაცვის მოწყობილობა

ავტომატური დაცვის მოწყობილობის დანიშნულებაა ელექტროძრავებისა და მუშა მანქანების გამორთვა, როდესაც წარმოიშობა მათი დაზიანების საფრთხე.

ავარიულ რეჟიმებს მიეკუთვნება:

1. ფაზების მოკლე შერთვა;
2. ფაზის შერთვა კორპუსთან;
3. ტექნოლოგიური მოწყობილობის გადატვირთვით გამოწვეული დენის გაზრდა ქსელში;
4. ძაბვის მნიშვნელოვნად შემცირება.

ყველა ჩამოთვლილ შემთხვევაში დაცვის მოწყობილობამ უნდა უზრუნველყოს ძრავას გრაგნილების იზოლაციის და, აგრეთვე, ამძრავის ან მუშა მანქანის მექანიკური ნაწილის შესაძლო დაზიანებისაგან დაცვა. გარდა ამისა, ავტომატური დაცვის მოწყობილობა უნდა იყოს გაანგარიშებული დატვირთვის მაქსიმალური დენის ხანგრძლივ და პიკური დენის ხანმოკლე მოქმედებაზე, რომელიც წარმოიქმნება ქსელში ცალკეული მძლავრი ელექტროძრავების ჩართვის დროს.

არსევენ მაქსიმალურ დაცვას, დაცვას გადატვირთვებისაგან და მინიმალური ძაბვის დაცვას (ანუ ნულოვან დაცვას).

მაქსიმალური დაცვა გულისხმობს ელექტროამძრავის დაცვას მოკლე შერთვის დენებისა და ხანმოკლე დიდი გადატვირთვებისაგან. ამ მიზნით გამოიყენება ავტომატური საპაერო ამომრთველების ელექტრომაგნიტური გადასახსნელები, დნობადი მცველები, ელექტრომაგნიტური რელე და სხვ.

ნომინალური დენის სიდიდეზე 30-60%-ით მეტი მნიშვნელობის ხანგრძლივი დენების გადატვირთვისაგან ელექტროდანიადგარების დაცვა ხორციელდება თბური რელეს ან მაქსიმალური დენის რელეს საშუალებით.

მინიმალური ძაბვის დაცვის აპარატურა განკუთვნილია ელექტროძრავების გამოსართავად ქსელში ძაბვის შეწყვეტის

ან მნიშვნელოვნად შემცირებისას. ამ შემთხვევებში გამო-
რიცხულია, აგრეთვე, ძრავას თვითგაშვება. აღნიშნულ
აპარატებს მიეკუთვნება: ძაბვის ელექტრომაგნიტური რელე,
მაგნიტური გამშვები და კონტაქტორი.

დაცვის მოწყობილობის სწორად შესარწყევად აუცილებე-
ლია მათი ნომინალური მონაცემებისა და დამცავი მახ-
ასიათებლების ცოდნა.

დამცავი აპარატებისა და მოწყობილობების ნომინალურ
მონაცემებს მიეკუთვნება: დენის სისტემა (მუდმივი, ცვლადი);
უდიდესი ძაბვა; ნორმალური ექსპლოატაციის პირობებში და
მოკლე შერთვების დროს დასაშვები უდიდესი დენი; მუშაო-
ბის რეჟიმი.

დამცავი მახასიათებლები განისაზღვრება დროის ხან-
გრძლივობით, რომლის განმავლობაშიც მოწყობილობა გამო-
რთავს სხვადასხვა სიდიდის გადატვირთვისა და მოკლე
შერთვის დენებს. გრაფიკულად მახასიათებელი წარმოდგენს
მრუდს, რომელიც მიიღება პირისონტალურ ღერძზე გადატ-
ვირთვის ან მოკლე შერთვის დენის დნობადი მცველის ნომი-
ნალურ დენტან შედარებით ჯერადობის სიდიდის, ხოლო
ვერტიკალურ ღერძზე – გამორთვის დროის მნიშვნელობის
გადაზომვით.

ელექტროამძრავების და აღმასრულებელი მოწყობილობების ავტომატური მართვა

§1. ელექტროამძრავების ავტომატური მართვის სახეები

ელექტროამძრავი წარმოადგენს ელექტრომექანიკურ მოწყობილობას, რომელსაც მოძრაობაში მოჰყავს საწარმოო მექანიზმების მუშა ორგანოები. ელექტროამძრავი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: ელექტროძრავას, მართვის აპარატურის, დაცვის აპარატურისა და მექანიკური გადაცემისაგან.

ელექტროძრავა არის მბრუნავი მანქანა, რომელიც ელექტრულ ენერგიას გარდაქმნის მექანიკურ ენერგიად.

მართვისა და დაცვის აპარატურა განკუთვნილია ელექტროძრავასა და მასთან დაკავშირებული საწარმოო მექანიზმის მუშაობის რეჟიმების მართვისათვის და, აგრეთვე, მათი დაცვისათვის სხვადასხვა ავარიებიდან.

მექანიკური გადაცემის დანიშნულებაა მექანიკური ენერგიის გადაცემა ელექტროძრავის ლილვიდან მექანიზმისათვის და, აგრეთვე, ერთდროულად ბრუნვის სინქარის შემცირება 750-3000 ბრ/წთ-დან (ელექტროძრავას სინქარე) 15-200 ბრ/წთ-მდე (საწარმოო მექანიზმის სინქარე).

ელექტროამძრავის მართვის ქვეშ იგულისხმება მისი გაწვევების, დამუხრუჭების, რევერსირების, სინქარის რეგულირებისა და ტექნოლოგიური პროცესისათვის აუცილებელი მუშაობის რეჟიმის დაცვის პროცესი.

ელექტროამძრავების მართვა შეიძლება განხორციელდეს ხელთ და ავტომატურად.

მართვას ხელური ეწოდება, როდესაც ოპერატორი მანქანას მართავს ჩამრასებით, კონტროლერებითა და რეოსტატებით, ე.ი. მართვის უმარტივესი აპარატებით.

მართვას ავტომატური ეწოდება, თუ იგი წარმოებს ადამიანის უშუალო ჩარევის გარეშე. ავტომატური მართვის დროს ოპერატორი თითხ დააჭერს მხოლოდ ღილაკს, ე.ი. ახორციელებს საწყის იმპულსს, ხოლო შემდეგ კონტროლს

უწევს ამძრავის მუშაობის აუცილებელი რეჟიმის ავტომატურ შესრულებას.

თანამედროვე ავტომატი'სებული ამძრავის ავტომატური მართვა შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი აპარატურის საშუალებით:

1) რელე-კონტაქტორული, რომლის დროსაც მართვა წარმოებს რელეთი და კონტაქტორით.

2) ელექტრომანქანური ავტომატიკით და მაგნიტური გამაძლიერებლებით. მართვის ეს სქემა საიმედოა მუშაობაში და ამსუბუქებს ელექტროამძრავის ექსპლუატაციის პირობებს.

3) იონურ-ელექტრონული აპარატურით, რომლის დროსაც სქემებში იყენებენ იონურ და ელექტრონულ ხელსაწყოებს, მათ შორის გამმართველებსა და გამაძლიერებლებს.

4) ნახევარგამტარებზე და მაგნიტურ გამაძლიერებლებზე განხორციელებული უკონტაქტო სქემებით. აღნიშნულ სქემებში არ არის მოძრავი ნაწილები. მაშასადამე, გამორიცხულია ვიბრაცია და ხმაური.

უკანასკნელ ხანებში ავტომატურ მართვაში იყენებენ პროგრამულ მართვას, რომლის დროსაც ოპერატორის წარვეა სამუშაო პროცესში სავსებით გამორიცხულია.

§2. ავტომატური მართვის ელემენტრული სქემები

სამშენებლო პროცესების ავტომატური მართვისათვის გამოიყენება მრავალი სახის მანქანა და მოწყობილობა: საფაზა დენის ასინქრონული ძრავები, მუდმივი დენის ძრავები, კონტაქტორები, რელე, წართვისა და გადართვის აპარატები და სხვ. ცხადია, რომ ყველა მანქანა და მოწყობილობა შედგება ცალკეული ნაწილებისაგან, რომლებიც მონაწილეობენ სქემის მუშაობაში. მაგალითად, კონტაქტორში შედის მაგნიტური სისტემის კოჭა, მთავარი კონტაქტები, საბლოკირებელი კონტაქტები, რკალის ჩამქრობი სისტემა. ნაწილების უმრავლესობას აქვთ პირობითი აღნიშვნები (იხ. ცხრილები 1.3 და 1.4).

ავტომატური მართვის ელექტრომექანიკური სისტემა შედგება მანქანებისა და მოწყობილობებისაგან, რომელთა ნაწილებიც შეერთებულია ერთმანეთთან ელექტროსადენებით და

მექანიკური კავშირებით. მართვის ელექტრომექანიკურ სისტე-
მას აქვს თავისი ელექტრული სქემა, რომელშიც ნაწიეწებია
მანქანების, აპარატების და მათი ნაწილების პირობითი გა-
მოსახულებები და მათ შორის ელექტრული შეერთებანი,
მექანიკური კავშირების გარეშე. ელექტრული სქემა იყოფა
მთავარი დენისა (ძალური) და მართვის წრედებად.

მთავარი დენის წრედებს მიეკუთვნება ძრავების, გენერა-
ტორების, ელექტრომაგნიტებისა და დამატებითი წინაღობე-
ბის წრედები, აგრეთვე, კონტაქტორების მთავარი კონტაქტები
და თბური რელეს სახურებელი ელემენტები.

მართვის წრედებს მიეკუთვნებიან დაცვისა და სიგნალი-
ზაციის წრედები, კონტაქტორებისა და რელეს კოჭები, რე-
ლეს კონტაქტები, მართვის აპარატების კონტაქტები, კონ-
ტაქტორების ბლოკ-კონტაქტები და ა.შ.

ცნობილია ელექტრული სქემების შედგენის (დახაზვის)
ორი წესი - სამონტაჟო და განყენილი (ელემენტური).

დახაზვის სამონტაჟო წესის მიხედვით ელექტრული მან-
ქანები და აპარატები გამოისახება აწყობილ მდგომარეობაში.
ე.ი. ყველა კონტაქტი წარმოდგენილია ერთ ადგილას, ისე
როგორც ეს შეესაბამება მათ განლაგებას სინამდვილეში;
სადენების შეერთებაც ნაწიეწებია ისე, როგორც უნდა შეს-
რულდეს მონტაჟის დროს. სამონტაჟო სქემები გამოიყენება
დანადგარის მონტაჟის სამუშაოების შესრულების დროს.

დახაზვის ელემენტური წესის მიხედვით სქემის შედგენისას
მართვის აპარატებისა და ელექტრული მანქანების ნაწილები
გამოსახება ცალ-ცალკე, სხვადასხვა ადგილას. ამ სქემის
მიხედვით, მაგალითად, კონტაქტორი შეიძლება გამოისახოს
ასე: კონტაქტორის კოჭა განლაგდება მართვის წრედში,
სახაზო კონტაქტები ძალურ წრედში (სხვა ადგილას),
ხოლო ბლოკ-კონტაქტები - სიგნალიზაციის წრედში (მესამე
ადგილას). განყენილი სქემებით სარგებლობენ მართვის სქე-
მების შედგენისას. ისინი აიოლებენ სქემის წაკითხვას და
სამუშაოების თანმიმდევრობის წარმოდგენას.

განვიხილოთ სქემების შედგენის ძირითადი წესები.

განყენილი სქემების შესადგენად არსებობს გარკვეული
წესები:

1. აპარატები აღინიშნება ერთი ან ორი ასოთი. პირველი
ასო შეესაბამება აპარატის დასახელებას, მეორე კი დანი-

შნულებას. თუ აპარატი აღნიშნულია ერთი ასოთი, მაშინ ის მხოლოდ აპარატის დანიშნულებას აღნიშნავს. მაგალითად, KY არის ანიკარების კონტაქტორი; B – კონტაქტორი “წინ”; H – კონტაქტორი “უკან”; П – კვების კონტაქტორი; PB – დროის რელე; PH – ნულოვანი რელე; 1PП, 2PП – პირველი და მეორე შუალედის რელე; PБ – საბლოკირებელი რელე; PT – დენის რელე; ПМ – მაგნიტური გამშვები; KY – მართვის ღილაკი (კნობი); YП – უნივერსალური გადამრთველი; KK – კომანდოკონტროლერი; ПB – საგზაო ამომრთველი; KB ბოლო ამომრთველი.

2. სქემის წაკითხვის მოხერხებულობის მიხედვით, ერთი და იმავე აპარატის ელემენტები იხაზება სქემის სხვადასხვა უბანზე, მაგრამ ერთი აპარატის ყველა ელემენტი აღინიშნება ერთი ასოთი. მაგალითად, სახაზო კონტაქტორის კოჭა, მთავარი კონტაქტები და ბლოკ-კონტაქტები აღინიშნება ერთი ასოთი B “წინ”, H “უკან” ან П (სახაზო).

3. განფენილი სქემის ელემენტები შეიძლებისდაგვარად იხაზება აპარატების თანმიმდევრობითი მოქმედების შესაბამისად.

4. ყველა აპარატის კონტაქტები სქემაზე გამოსახება “ნორმალურ” მდგომარეობაში, ე.ი. როდესაც კოჭაზე არ არის მოდებული ძაბვა და მექანიკური სასხლეტი თავისუფალია; ჩამრახვები და ამომრთველები აღინიშნება განრთული კონტაქტებით, რეოსტატები კი შუა მდგომარეობაში მოთავსებული ცოციათი.

5. გრაგნილები, კოჭები და კონტაქტები, განლაგებულნი მთავარ და აგზნების წრეებში, უნდა გამოიხაზოს უფრო მსხვილი ხაზებით, ვიდრე მათი მართვის წრეებში მოთავსების შემთხვევაში.

6. სამონტაჟო სამუშაოების შესრულების დროს, ელექტრულ აპარატებთან სადენების სწორად მიერთების მიხედვით, სახელმწიფო სტანდარტით დადგენილია ელექტრული წრეების ნიშანდების სისტემა. აღნიშნული სისტემა ვრცელდება მუდმივი და ცვლადი დენის ელექტრული დანადგარების მართვის, კონტროლისა და დაცვის წრეებზე. ელექტრული წრეების ნიშანდება გულისხმობს მათთვის რიცხვთა თანმიმდევრობითი რიგის მიკუთვნებას. მაგალითად, მართვის წრეებისათვის რიცხვების 1-დან 50-მდე, სიგნალიზაციის

წრედებისათვის – 51-დან 80-მდე და ა.შ. ამასთან რიცხვები აღინიშნება არაბული ციფრებით, ხოლო ასოები რუსული ალფაბეტის დიდი ასოებით.

მუდმივი დენის წრედებში, წრედის დადებითი პოლარობის უბნების ნიშანდება სრულდება კენტი რიცხვებით, ხოლო უარყოფითი პოლარობის უბნები – ლუწი რიცხვებით.

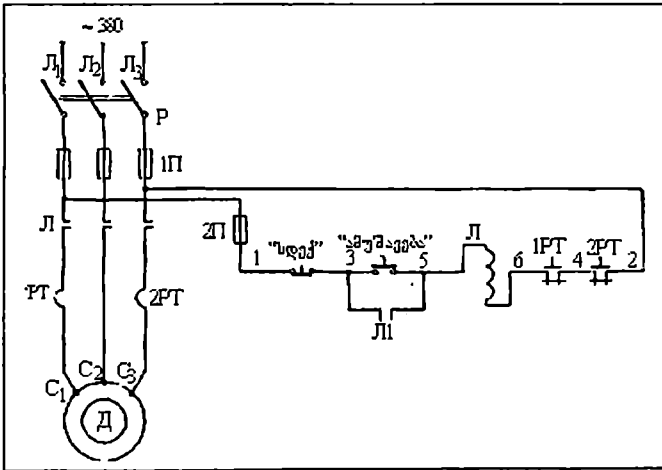
სამფაზა დენის წრედებში, წრედების უბნების ნიშანდება ხორციელდება მიმდევრობითი რიცხვებით.

ერთფაზიანი დენის წრედებში (ფაზა-ნული, ფაზა-ფაზა) უბნების ნიშანდება წარმოებს მუდმივი დენის წრედების ანალოგიურად. ამასთან კენტი (ან ლუწი) რიცხვები შეიძლება მიეკუთვნოს ნებისმიერი ფაზის წრედის უბანს ან ნულს.

§3. ცვლადი დენის ელექტროძრავების მართვა

1. მოკლედნართული როტორიანი ასინქრონული სამფაზა ელექტროძრავას ავტომატური მართვა

განვიხილოთ ნახაზზე 7.1 მოყვანილი მართვის სქემა. იგი შედგება ძალური (მთავარი) და მართვის წრედებისაგან. თავდაპირველად განვიხილოთ ძალური (მთავარი) წრედები, ხოლო შემდეგ მართვის წრედები.



ნახ.7.1. ასინქრონული მოკლედნართული ძრავას მართვის სქემა არარევერსიული მაგნიტური გამშვების საშუალებით

ძალური წრედები. ელექტროძრავას (D) სტატორთან საფაზა დენი მიდის სამპოლუსა ჩამრახის (P) ჩართვით. ჩამრახის საშუალებას იძლევა გამოერთოს ელექტროძრავა მაგნიტური გამწვების შეკეთების ან მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში. ძალურ წრედში დადგმულია, აგრეთვე, დნობადი მცველები II, რომლებიც წრედებს იცავენ მოკლე შერთვისაგან. ელექტროძრავას სტატორის გრაგნილის ჩართვა და გამორთვა წარმოებს სამპოლუსა სახაზო კონტაქტორის (M) მთავარი კონტაქტებით. მძრავი კონტაქტები განლაგებულია ძრავას მხრიდან, ხოლო უძრავი (ყოველთვის ძაბვის ქვეშ მყოფი) – ქსელის მხრიდან. თბური რელეები IPT და 2PT ჩართულია ორ ფაზაში, ვინაიდან მნიშვნელოვანი სიდიდის დენი მოსალოდნელია ორ სადენში მაინც. მაშასადამე, თბური რელეები ძრავს იცავენ ხანგრძლივი გადატვირთვისაგან და ორ ფაზაზე მუშაობისაგან. სქემაში თბურ რელესთან ერთად დნობადი მცველებს გამოყენება აიხსნება იმით, რომ მაგნიტური გამწვებების ძალური კონტაქტები არ არის განკუთვნილი მოკლედ ჩართული დენის გამოსათიშად. ძალურ წრედში ჩართულია რელეს სახურებელი ელემენტები.

მართვის წრედები. მართვის წრედის კვება წარმოებს ჩამრახისა და მთავარი წრედის მცველების საშუალებით. გარდა ამისა, მართვის წრედი დაცულია თავისი ერთი დნობადი მცველით 2II მოკლე შერთვებისაგან. მართვის წრედი იკეუბება იმავე სიდიდის ძაბვით, როგორც ძალური წრედი. მართვის წრედშია დილაკები: “სდექ” და “ამუშავება”. სახაზო კონტაქტორის (M) კოჭა ბლოკ-კონტაქტით (M1) თავისი მთავარი კონტაქტების (M) საშუალებით ძალურ წრედში ახორციელებს ელექტროძრავის (D) ჩართვას და გამორთვას. მართვის წრედში ჩართულია თბური რელეების IPT და 2PT განრთვის კონტაქტები, რომელთა სახურებელი ელემენტებიც ჩართულია მთავარ წრედში.

სქემა მუშაობს შემდეგნაირად: ძრავას ასამუშავებლად, ჩამრახის (P) ჩართვის შემდეგ საჭიროა დილაკის “ამუშავების” დაჭერით ჩართოს (M) კონტაქტორის კოჭას წრედი. დენი მიედინება შემდეგი წრედით: ფაზა M_1 – მცველი 2II – დილაკი “სდექ” – დილაკი “ამუშავება” – კონტაქტორის (M) კოჭა – თბური რელეების IPT და 2PT განრთვის კონტაქტები – ფაზა M_3 . იმის გამო, რომ კონტაქტორის კოჭას გავლით მიედინება დენი, კოჭას გულარი დამაგნიტებულია, ღუსა

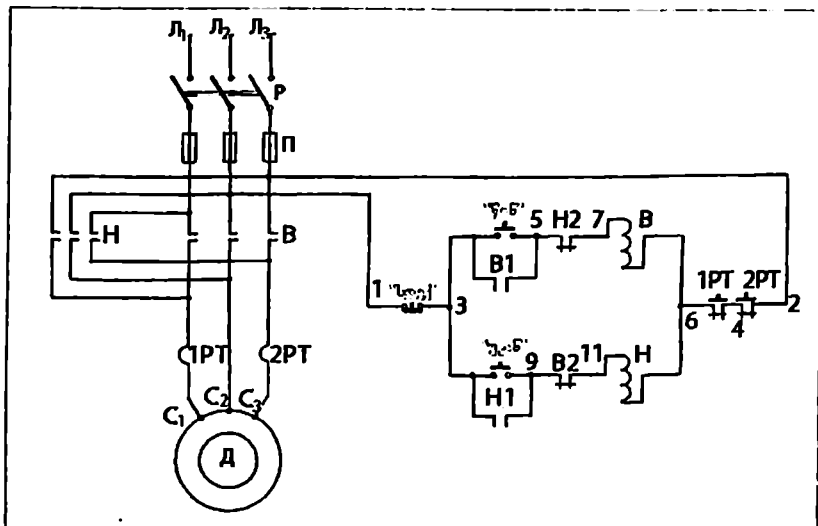
შეიხილება და ჩაირთვება მთავარი კონტაქტები. სტატორის გრაგნილის გამომყვანები C_1 , C_2 , C_3 უერთდებათ მკვებავ ფაზებს M_1 , M_2 , M_3 და ამრიგად, ძრავა ჩაირთვება. ერთდროულად, მთავარ კონტაქტებთან ერთად ჩაირთვებიან ბლოკ-კონტაქტებიც $M1$. ახლა უკვე საჭირო აღარ არის დილაკის "ამუშავება" განერება დაჭყრილ მდგომარეობაში. სამბარის მოქმედების შედეგად დილაკი ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში. ელექტროძრავას გამოსართავად საჭიროა დილაკის "სღექ" დაჭყრა. ამ დროს კონტაქტორის (M) კოჭას კვება წყდება და მთავარი კონტაქტები საკუთარი წონის გავლენით ან სამბარის მოქმედებით განირთვებიან და გამორთავენ სტატორის გრაგნილს ქსელიდან.

განხილული სქემა ახორციელებს ნულოვან დაცვასაც (როდესაც ქსელის ძაბვა დაეცემა ნომინალური სიდიდის 35-40%-მდე, კონტაქტორი გამოირთვება და გამორთავს ელექტროძრავას ქსელიდან. ძაბვის აღდგენის შემდეგ ელექტროძრავას თვითგაშვება გამოირიცხულია, რადგან დილაკი "ამუშავება" აშვებულია, ხოლო ბლოკ-კონტაქტი $M1$ განრთულია. წვეულებრივად, მაგნიტური გამშვებები მსაღდება 75-100 კვტ. სიმძლავრის ელექტროძრავების ასამუშავებლად. ასინქრონული ძრავებისათვის ძაბვით 500 ვ-მდე, წვეულებრივად გამოიყენება KT სერიის ცვლადი დენის სამპოლუსიანი კონტაქტორები ცვლადი დენის კოჭათი.

ელექტროძრავას მუშაობისათვის ორი მიმართულებით – წინ და უკან გამოიყენება რვეერსიული მაგნიტური გამშვები ან ორკონტაქტორიანი სქემა.

ნახ.7.2 წარმოდგენილია ასინქრონული მოკლედ ჩართული ძრავას მართვის სქემა რვეერსირების შესაძლებლობით.

აღნიშნული სქემა დისტანციური მართვის საშუალებას იძლევა, ვინაიდან მართვის დილაკები "წინ", "უკან" და "სღექ" შეიძლება მოთავსდეს გარკვეულ მანძილზე ძრავადან. ეს სქემა საშუალებას იძლევა ავამოძრაოთ ძრავა, შევცვალოთ ბრუნვის მიმართულება, გავანეროთ იგი. გარდა ამისა, სქემა იცავს დანადგარს მოკლედ ჩართვის, გადატვირთვის, ძაბვის ვარდნისა (ნულოვანი დაცვა) და თვითამუშავებისაგან. სქემაში გამოყენებულია ორი კონტაქტორი: კონტაქტორი "წინ" და კონტაქტორი "უკან". კონტაქტორის კოჭა და მისი სამი მთავარი კონტაქტი აღნიშნულია შესაბამისად B და H ასოებით, ხოლო ბლოკ-კონტაქტები კი ასოებით B1, B2 და H1, H2.



ნახ.7.2. ასინქრონული მოკლედ ჩართული ძრავას მართვის სქემა რვეერსირების შესაძლებლობით

კონტაქტორების B და H მთავარ კონტაქტები ძალურ წრედში ჩართული არიან ისეთნაირად, რომ, როდესაც შეიკურება B კონტაქტები (H კონტაქტები ამ დროს გამორთულია) სტატორის გრაგნილზე ხდება ქსელის სამი ფაზის მიწოდება გარკვეული რიგით, ხოლო, როდესაც H კონტაქტები შეიკურება, სამი ფაზიდან ორი იცვლის ადგილს, რის გამოც, ძრავას სტატორის მაგნიტური ველი იწყებს ბრუნვას საწინააღმდეგო მიმართულებით და ძრავაც რვეერსიულად მუშაობს.

მართლაც, B კონტაქტების ჩართვის დროს ქსელის Π_1 ფაზა უერთდება სტატორის გრაგნილს C_1 , ფაზა Π_2 - C_2 , ფაზა Π_3 - C_3 . თუ შეიკურება H კონტაქტები, მაშინ ფაზა Π_1 შეუერთდება C_3 გრაგნილს, ფაზა Π_2 - C_2 (არ იცვლება), ფაზა Π_3 - C_1 . მაშასადამე, ფაზები Π_1 და Π_3 იცვლიან ადგილებს.

ნახ.7.2. მოცემულ სქემაში გამოყენებულია ორი სახის ბლოკირება - მექანიკური და ელექტრული. მექანიკური ბლოკირება მდგომარეობს შემდეგში. დილაკსე "წინ" დაჭერის შემთხვევაში ერთდროულად განირთვება კონტაქტი H კოჭას წრედში და, პირიქით, თუ დავაჭერთ დილაკს "უკან",

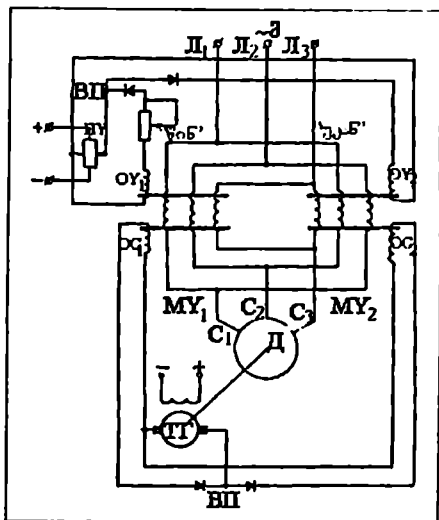
განხრთვება B კოჭას კონტაქტი. გარდა ამისა, ერთი კოჭას ღუხის შეხიდვა გამორიცხავს ერთდროულად ღუხის შეხიდვის შესაძლებლობას მეორე კოჭაში. სქემის ელექტრული ბლოკირების მიხნით კოჭას “წინ” წრედში გათვადისწინებულია კონტაქტორის “უკან” გამომრთველი კონტაქტი და, პირიქით, კოჭას “უკან” წრედში – კონტაქტორის “წინ” გამომრთველი კონტაქტი. მაგალითად, დაეუშვათ დაკაჭირეთ თითი ღილაკს “უკან”. ამ შემთხვევაში დენი გაივლის კონტაქტორის კოჭაში “უკან”; კონტაქტორი შეკრავს თავის შემრთველ კონტაქტებს და განრთავს თავის გამომრთველ კონტაქტს H₂ B კოჭას წრედში. ამრიგად, სანამ წართულია H კონტაქტორის კოჭა, B კონტაქტორის კოჭას წრედი იქნება განრთული და B კოჭას წართვა ერთდროულად H კოჭასთან ერთად შეუძლებელია. მექანიკური და ელექტრული ბლოკირება ძრავას იცავს ორ ფაზაში (ნეენი სქემის შემთხვევაში M₁ და M₂) მოკლე წართვისაგან.

სქემის მიხედვით მუშაობა მიმდინარეობს შემდეგნაირად: ძრავას წასართავად “წინ” მიმართულებით ვაჭერთ თითს ღილაკს “წინ”, რის შედეგად დენი მიდის ფაზიდან - M₂ წრედში: 1-3-5-7-6-4-2 ფაზა M₃; B კოჭა შეკრავს თავის მთავარ კონტაქტებს B და ძრავა იწყებს მუშაობას “წინ” მიმართულებით. ბრუნვის მიმართულების შესაცვლელად წავრთავთ ღილაკს “სდექ”, ხოლო შემდეგ ღილაკს “უკან”. ამ დროს დენი გაივლის წრედში: ფაზა M₂-1-3-9-11-6-4-2-ფაზა M₃. ამ შემთხვევაში უკვე დენი გადის კოჭაში H, რომელიც შეკრავს თავის კონტაქტებს და ძრავა იწყებს ბრუნვას “უკან” მიმართულებით. მაშასადამე, ძრავა რვეერსირდება.

2. სამფაზა დენის ელექტროძრავას უკონტაქტო მართვა

ნახაზზე 7.3 მოცემულია სამფაზა დენის ასინქრონული ძრავას უკონტაქტო მართვის სქემა ორი მაგნიტური გამაძლიერებლის MY₁ და MY₂ საშუალებით. სქემა იძლევა ძრავას გაშვების, ბრუნვის სინქარის რეგულირების, დამუხრუჭებისა და რვეერსირების საშუალებას ძალური წრედის კონტაქტების განრთვის გარეშე. ამასთან, ერთ-ერთი მაგნიტური გამაძლიერებელი განკუთვნილია ელექტროძრავას გაშვებისათვის და მართვისათვის “წინ” მიმართულებით,

ხოლო მეორე - "უკან" მიმართულებით. ამისათვის MY_2 გამაძლიერებელში შემავალი ფაზები - II_1 და II_2 იკვლიან ადგილებს MY_1 გამაძლიერებელთან შედარებით.



ნახ.73. ასინქრონული ელექტროძრავას უკონტაქტო მართვის სქემა მაგნიტური გამაძლიერებლების დახმარებით

თითოეული მაგნიტური გამაძლიერებელი შეიცავს შემავნიტების ორ გრაგნილს OY_1 , OC_1 და OY_2 , OC_2 . მართვის გრაგნილები OY_1 და OY_2 იკეებებიან მუდმივი დენის და მოუკიდებელი წყაროდან მართვის პოტენციომეტრის PI გავლით; გრაგნილები OC_1 და OC_2 კი - ასინქრონული ძრავას ლიდვსუ სამაგრებული ტიხოგენერატორიდან - PI გრაგნილები OC_1 და OC_2 წარმოადგენენ უკუკავშირის გრაგნილებს ძრავას სიჩქარის მიხედვით.

ელექტროძრავას მართვა ხორციელდება მართვის პოტენციომეტრის PI საშუალებით. როდესაც პოტენციომეტრის ძერია იმყოფება ნეიტრალურ მდგომარეობაში (როგორც სქემასზე ნაჩვენები), მართვის გრაგნილების მაგნიტმამოძრავებელი ძალები ნულის ტოლია, ე.ი. წრედში დენი არ არის, ხოლო გამაძლიერებლის მთავარი გრაგნილების ინდუქციური წინაღობები მნიშვნელოვანია, რის გამოც სტატორის მომჭერებზე ძაბვა მცირეა და არ არის საკმარისი ელექტროძრავას ასამუშაველად. თუ პოტენციომეტრის ძერიას გადა-

ვაადგილებთ, მაგალითად ქვევით, მაშინ OY_1 გრაგნილში გაივლის მართვის დენი, რომელიც გამოიწვევს MY_1 გამაძლიერებლის მაგნიტური წრედის გაჯერებას, რაც თავის მხრივ შეამცირებს MY_1 მთავარი გრაგნილების ინდუქციურ წინააღმდეგობას, სტატორის მომჭერებზე დაბვა გაიზრდება და ძრავა დაიწყებს ბრუნვას წინ. ძრავას ბრუნვათა რიცხვის თანდათანობით ზრდასთან ერთად, თანდათან მოიმატებს, აგრეთვე, დაბვა ტახოგენერატორზე TF ; ეს უკანასკნელი გამოიწვევს დენის გაზრდას OC_1 მართვის გრაგნილში. OY_1 და OC_1 გრაგნილების დამამაგნიტებელ ძალებს აქვთ შემხვედრი მიმართულება, რის გამოც ელექტროძრავას სინქარე გაიზრდება, ვიდრე ტახოგენერატორის დენით გაპირობებული მაგნიტმომძრავებელი ძალა არ გააწონასწორებს მართვის OY_1 გრაგნილის მაგნიტმომძრავებელ ძალას. ამ წონასწორობას შეესაბამება ძრავას გარკვეული სინქარე. რაც მეტი იქნება პოტენციომეტრიდან OY_1 და OY_2 მართვის გრაგნილებზე მოწოდებული ძაბვის სიდიდე, მით მეტი იქნება ძრავას დამყარებული სინქარე.

აღენიშნავთ, რომ OC_1 და OC_2 გრაგნილები (იკეებებიან ტახოგენერატორით) ახორციელებენ უარყოფით უკუკავშირს. მათ გარეშე დანადგარის მუშაობა იქნებოდა არამდგრადი, ძრავას მახასიათებელი არახისტი.

განხილული სქემა უზრუნველყოფს დამყარებული სინქარის შენარჩუნებას. მართლაც, დაეუშვათ, რომ როტორის ლილვსე დატვირთვის გაზრდის შედეგად ძრავას სინქარე რამდენადმე შემცირდა (დაეკვა). ეს გამოიწვევს ტახოგენერატორის ძაბვის შემცირებას და, მაშასადამე, დენისასაც, OC_1 ან OC_2 უკუკავშირის გრაგნილში, OY_1 და OC_1 გრაგნილების შემაჯამებელი დამამაგნიტებელი ძალა გაიზრდება; გაიზრდება გამაძლიერებლის შემაგნიტების დენი, რის გამოც შემცირდება მისი წინააღმდეგობა. ძაბვის ვარდნა მაგნიტურ გამაძლიერებელზე შემცირდება. ეს გამოიწვევს ძრავას სტატორზე მოწოდებული ძაბვის გაზრდას და, მაშასადამე, ძრავას სინქარის ამადლებას საწყის მნიშვნელობამდე.

ამრიგად, პოტენციომეტრის ძერძას მდებარეობა, რომელიც შეესაბამება მართვის სიგნალს, განსაზღვრავს ძრავას სინქარეს; სინქარე რჩება თითქმის უცვლელი ლილვსე დატ-

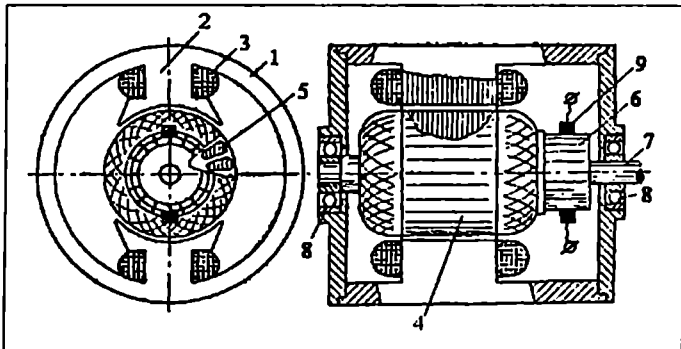
ვირთვის (ვეალებადობისდა მიუხედავად, ე.ი. აღნიშნული სქემა უსრუნველყოფს დამყარებული სინქარის შენარჩუნებას.

ძრავას რევერსირებისა ან დამუხრუჭებისათვის, საჭიროა პოტენციომეტრის ძერია გადავადგილოთ წინამდგომარეობის საწინააღმდეგო მიმართულებით (ნულთან მდგომარეობიდან), მაგალითად, სქემის მიხედვით სვეით. ამ შემთხვევაში პოტენციომეტრიდან მოხსნილი ძაბვა მიეწოდება უკვე მეორე გამაძლიერებლის MY_2 მართვის გრაგნილს OY_2 ; მისი ინდექციური წინააღმდეგობა შემცირდება, ხოლო ძრავას სტატორის მომჭერებზე ძაბვა გაიზრდება.

ძრავა განავითარებს სინქარეს, მხოლოდ უკვე საწინააღმდეგო მიმართულებით. ეს აიხსნება იმით, რომ ძაბვა ძრავას სტატორზე მიეწოდება მაგნიტური გამაძლიერებლით MY_2 , რომელშიც ფაზები Π_1 და Π_2 ურთიერთშენაცვლებულია. სხვა მხრივ MY_2 მაგნიტური გამაძლიერებლით მართვა ხორციელდება MY_1 მაგნიტური გამაძლიერებლის ანალოგიურად.

§4. მუდმივი დენის ელექტროძრავების მართვა

ნახაზზე 7.4 მოცემულია მუდმივი დენის ძრავას კონსტრუქცია. მუდმივი დენის ელექტროძრავა შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან: მაგნიტური სისტემა - 1-2, აგზნების გრაგნილი - 3, ღუსა - 4 კოლექტორით - 6, მუხები - 9 და კორპუსი საკისრებით - 8, რომლებშიც ბრუნავს ღუსას ლილვი - 7.



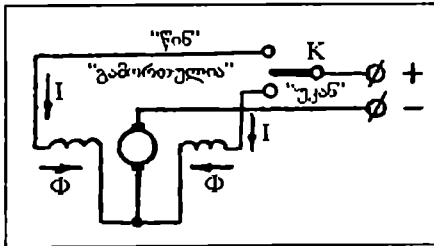
ნახ.7.4. მუდმივი დენის ძრავას კონსტრუქციული სქემა

მუდმივი დენის ძრავა კარგად ბრუნავს ორივე მიმართულებით. ძრავას ბრუნვის მიმართულების შესაცვლელად საკმარისია შეეცვალოს დენის მიმართულება ღუსაში და უცვლელი დაეტოვოს დენის მიმართულება სტატორში.

მუდმივი დენის ძრავების გაშვების ავტომატური მართვის სხვადასხვა სქემიდან (ბრუნვის ე.მ.ძ., დენის ან დროის ფუნქციაში) ქვემოთ განხილულია მუდმივი დენის რევერსიული ელექტროძრავას გაშვების სქემა თანამიმდევრული აგზნებით და მუდმივი დენის ელექტროძრავას გაშვების სქემა პარალელური აგზნებით.

1. რევერსიული ძრავა თანამიმდევრული აგზნებით

ძრავას გაანინა აგზნების ორი გრაგნილი (იხ. ნახაზი 7.5), რომლებიც მუშაობენ გადამრთველის K მდებარეობისაგან დამოკიდებულებით. გადამრთველს გაანინა სამი მდგომარეობა: "წინ", "გამორთულია", "უკან". აგზნების ნაკადის წარმოქმნა ხორციელდება ღუსას დენით, რომელსაც შეიძლება კქონდეს ნახაზზე ისრებით ნაჩვენები ერთი ან მეორე მიმართულება. აღნიშნული სქემის ღირსება მდგომარეობს მის სიმარტივეში და საიმედოებაში, რადგან გაშვების დროს ძრავა ანვითარებს მნიშვნელოვან ამუშავების მომენტს. სქემის ნაკლს წარმოადგენს ძრავას ნარნარი რევერსირების შეუძლებლობა.



ნახ.7.5. რევერსიული ელექტროძრავას ჩართვის სქემა თანამიმდევრული აგზნებით

2. ელექტროძრავა პარალელური აგზნებით

ცნობილია, რომ ამუშავების დენი მუდმივი დენის ძრავაში გაცილებით მეტია, ვიდრე ანალოგიური სიმძლავრის ცვლადი დენის ძრავაში. ამიტომ, მუდმივი დენის ძრავას გაშვებისათვის ღუსას წრედში, უმეტეს შემთხვევაში, აუცილებელია წინააღმდეგობის ჩართვა, რომელიც ამცირებს ამუშავების დენის სიდიდეს. ღუსის სიჩქარის სრდასთან ერთად ისრდება უკუ ე.მ.ძ., რის გამოც დენის მნიშვნელობა კლებულობს და

ამუშავეების მომენტის გარკვეული ფიქსირებული სიდიდის შესანარჩუნებლად საჭიროა ამუშავეების პროცესში ნაწილობრივ გამოერთოთ ამუშავეების წინააღმდეგობა, რადგან, როგორც ცნობილია

$$M = K_M \phi I, \quad (7.1)$$

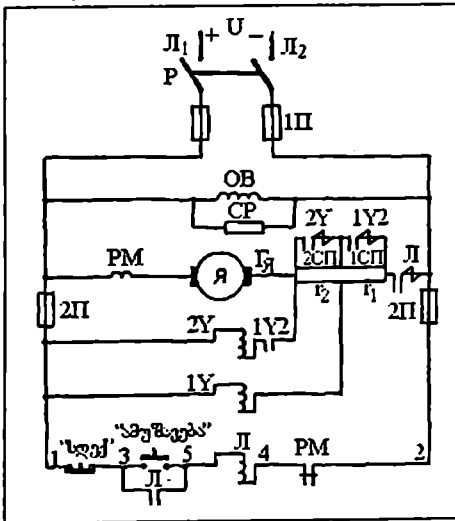
ე.ი. მუდმივი დენის ძრავას მიერ განვითარებული ამუშავეების მომენტი პირდაპირპროპორციულია დენისა და ნაკადის ნამრავლისა. მოყვანილ ფორმულაში K_M არის პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია დენის კონსტრუქციასა და სქემაზე;

Φ - აგზნების ნაკადი;

I - დენის დენი.

ამრიგად, ამუშავეების პერიოდის დამთავრების შემდეგ საჭიროა ამუშავეების წინააღმდეგობა მთლიანად გამოერთოს.

ნახაზზე 7.6 წარმოდგენილია მუდმივი დენის ძრავას გაშვების სქემა, პარალელური აგზნებით. სქემაში გამოსვენებულია სამი კონტაქტორი: სახაზო კონტაქტორი Π , რომელიც განკუთვნილია ძრავას დენისა ჩასართავად ქსელში. ანქარების კონტაქტორები $1Y$ და $2Y$, რომელთა დანიშნულებაა ძრავას გაშვების პროცესში გამოერთონ ასამუშავებელი წინააღობა საფეხურებით, პირველად პირველი საფეხური $1C\Pi$ და შემდეგ მეორე $2C\Pi$.



ნახ.7.6. მუდმივი დენის ელექტროძრავას გაშვების სქემა პარალელური აგზნებით

ძრავას დასაცავად გადატვირთვისაგან გამოყენებულია მაქსიმალური დენის რელე PM. იგი ამოქმედდება, თუ უეცრად მოხდება გადატვირთვა. ამ შემთხვევაში რელეს განმრთველი კონტაქტები, რომლებიც ჩართულია Π კონტაქტორის კოჭაში, გამორთავს ძრავას. $\Pi\Pi$ და 2Π მკველები იცავენ წრედს მოკლედ ჩართებისაგან. OB არის აგსნების გრაგნილი; CP წარმოადგენს განმუხტვის წინააღმდეგობას. სქემის გამორთვისას ქსელიდან თვითინდუქციის შედეგად OB აგსნების გრაგნილის მომჭერებზე წარმოიქმნება გადაამეტაბვა. ამ დროს განვითარებული მაგნიტური ველის ენერჯიის შთანთქმისათვის არის გამიზნული წრედში ჩართული CP განმუხტვის წინააღმდეგობა.

ამუშავების პროცესი მიმდინარეობს შემდეგნაირად. P ჩამრახის ჩართვის შემდეგ დენი გადის მხოლოდ OB აგსნების გრაგნილში, ვინაიდან დანარჩენი წრედი განრთულია. ძრავას ელექტრომაგნიტურ პოლუსებში წარმოიქმნება მაგნიტური ნაკადი. შემდეგ ხდება ღილაკის “ამუშავება” დაჭერა; დენი გადის Π კონტაქტორის კოჭაში, კონტაქტორი ჩართავს თავის მთავარ კონტაქტს ძრავას ღუსას წრედში. ამით ძრავას ღუსას გრაგნილი აღმოჩნდება მიმდევრობით ჩართული ასამუშავებელი წინააღმდეგობების ორივე $IC\Pi$ და $2C\Pi$ საფეხურთან, რის გამოც ასამუშავებელი დენი გადის ყველა ასამუშავებელ წინააღმდეგობაში და დენის სიდიდე მცირდება. კონტაქტის Π ჩართვის შემდეგ დენი გაივლის, აგრეთვე, $1Y$ კონტაქტორის გავლით წრედში: ფაზა Π_1 – კონტაქტორი $1Y$ – წინააღმდეგობა $IC\Pi$ – ფაზა Π_2 .

თუ აღვნიშნავთ ღუსას დენის სიდიდეს ამუშავების დროს I_1 , ძაბვა $1Y$ კონტაქტორის მომჭერებზე იქნება

$$U_{1Y} = U - I_1 r_1, \quad (7.2)$$

სადაც U არის ძაბვა ქსელში;

r_1 – პირველი საფეხურის $IC\Pi$ წინააღმდეგობა.

ვინაიდან კონტაქტორი $1Y$ რეგულირებულია ამოქმედების U_{1Y} ძაბვაზე, რომელიც აღემატება U_{1Y} ამიტომ ძრავას გაშვების მომენტში კონტაქტორი $1Y$ არ ამოქმედდება. დავუშვათ, რომ U_{1Y} ძაბვას შეესაბამება დენი I_2 , რომლის სიდიდეც

ნაკლებია I_1 -ზე, მაშინ IY კონტაქტორის ამოქმედების დაბეჭდვა ტოლია

$$U_{1r}^* = U - I_2 r_1. \quad (7.3)$$

ღუზას სინქარის სრდასთან ერთად გაიზრდება, აგრეთვე უკუ ე.მ.მ. მართლაც

$$E = K_e \phi \omega. \quad (7.4)$$

აქ K_e - არის პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ღუზას სქემის კონსტრუქციასზე;

Φ - აგუნების გრაგნილის მაგნიტური ნაკადი;

ω - ღუზას ბრუნვის კუთხური სინქარე.

უკუ ე.მ.მ. გაზრდა გამოიწვევს ღუზას დენის ძაღის შემცირებას

$$I_{\text{ღ}} = \frac{U - E}{r_{\text{ღ}} + r_1 + r_2}, \quad (7.5)$$

სადაც $r_{\text{ღ}}$ არის ღუზას გრაგნილის წინააღმდეგობა.

თუ გავითვალისწინებთ ღუზას დენის ძაღის მნიშვნელობას (7.1) ფორმულაში, მივიღებთ

$$M = \frac{U - K_e \phi \cdot \omega}{r_{\text{ღ}} + r_1 + r_2} K_m \cdot \phi. \quad (7.6)$$

ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ მოცემული დაბეჭდვის დროს მომენტი მაქსიმალურია, როდესაც $\omega = 0$ ე.ი. ძრავას ამუშავებისას.

ასამუშავებელი მომენტი პროპორციულია ქსელის დაბეჭდვისას.

$$M_{\text{ახა}} = U \frac{K_m \cdot \phi}{r_{\text{ღ}} + r_1 + r_2} \quad (7.7)$$

ძრავას ბრუნვის სინქარის სრდასთან ერთად მომენტის მნიშვნელობა მცირდება და უქმი სეღის დროს $M=0$ უქმი სეღის შესაბამისი კუთხური სინქარე

$$\omega_{\text{უ.ს}} = U \frac{1}{K_e \phi}, \quad (7.8)$$

ე.ი. უქმი სეღის სინქარეც, აგრეთვე, პროპორციულია ქსეღის დაბეჭდვისას.

ამრიგად, ღუზას მომჭერებზე დაბეჭდვის ცვაღებადობით შეიძლება ვმართოთ ძრავას ბრუნვის სინქარე.

როდესაც ღუზას დენი შემცირდება I_2 -მდე, ძაბვა კონტაქტორის კოჭაზე გაუტოლდება U_{1Y}'' ანუ $1Y$ კონტაქტორის ამოქმედების ძაბვის სიდიდეს. კონტაქტორი ამოქმედდება და ჩართავს თავის შემრთველ $1Y2$ კონტაქტს, რომელიც დააშუნტებს ასამუშავებელი წინააღმდეგობის $1C1$ პირველ საფეხურს. ამ დროს ღუზას დენი კვლავ გაიზრდება I_1 სიდიდემდე. ერთდროულად $2Y$ კონტაქტორის კოჭას წრედში შეერთდება $1Y$ კონტაქტორის $1Y1$ ბლოკკონტაქტი, მაგრამ ღუზას მოცემული სინქარის დროს $2Y$ კონტაქტორი ჯერ კიდევ არ ჩაერთვება, რადგან იგი რეგულირებულია ამოქმედების ძაბვაზე, რომელიც აღემატება I_1 დენის ძალის შესაბამის ძაბვას I_2 დენის ძალის შესატყვისი ამოქმედების ძაბვით, ე.ი.

$$U_{2Y}'' = U - I_2 r_2, \quad (7.9)$$

სადაც $U_{2Y}'' - 2Y$ კონტაქტორის ამოქმედების ძაბვა;

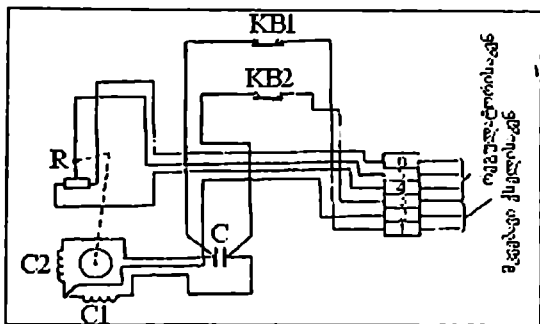
r_2 - მეორე საფეხურის - $2C1$ წინააღმდეგობა.

როდესაც დენი შემცირდება I_2 სიდიდემდე, $2Y$ კონტაქტორი ამოქმედდება და დააშუნტებს ასამუშავებელი წინააღმდეგობის მეორე საფეხურს. ამ შემთხვევაში ყველა ასამუშავებელი წინააღმდეგობა იქნება გამორთული და ძრავა იწყებს მუშაობას ბუნებრივ მახასიათებელზე. ამით ძრავას გაშვების პროცესი მთავრდება.

§5. ელექტრული აღმასრულებელი მექანიზმების მართვა

ნახაზზე 7.7 მოცემულია $ИМ-2/120$ ტიპის აღმასრულებელი მექანიზმის ელექტრული სქემა (აღმასრულებელი მექანიზმის აღწერა და საერთო ხედი იხილეთ გვ. 55). სქემაზე $C1$ და $C2$ ძრავას გრაგნილებია; C არის კონდენსატორი; მართვის მოწყობილობის რელეს კონტაქტების საშუალებით ძრავას ერთერთი $C1$ ან $C2$ გრაგნილი ჩაერთვება (კვლადი დენის ქსელში, ხოლო მეორე გრაგნილი ამ დროს ირთვება C კონდენსატორის მეშვეობით; $KB1$ და $KB2$ ბოლო გამომრთველებია, რომელთა საშუალებითაც შეიძლება შეიზღუდოს აღმასრულებელი მექანიზმის გამოსასვლელი ლილვის სვლა 120° -ის

სასღვრებში. უკუკავშირი მდებარეობის მიხედვით ხორციელდება რეოსტატიით R, რომლის ძეგია დაკავშირებული მექანიზმის გამოსასყელელ ღილეთან.



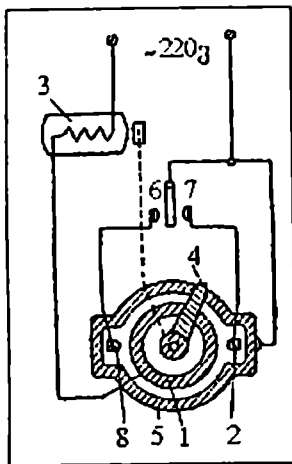
ნახ.7.7. IM-2/120 - ტიპის აღმასრულებელი მექანიზმის ჩართვის სქემა

რეოსტატიდან მოხსნილი ძაბვის სიდიდე დამოკიდებულია მარეგულირებელი ორგანოს მდებარეობაზე. ძრავას ბრუნვის მიმართულება განისაზღვრება მართვის მოწყობილობიდან მიღებული სიგნალის ნიშნით.

შედარებით მნიშვნელოვანი სიმძლავრის მქონე აღმასრულებელ მექანიზმებში გამოყენებულია სამფაზა ასინქრონული ძრავები.

ნახაზზე 7.8 წარმოდგენილია DP ტიპის აღმასრულებელი მექანიზმის ჩართვის სქემა. მექანიზმის კონსტრუქცია და საერთო ხედი ნაჩვენებია ნახაზზე 5.7 ა.ბ. როდესაც რეგულირებადი სიდიდის მნიშვნელობა იმყოფება მოცემულ საზღვრებში, მმართველი ხელსაწყო (მაგალითად, ЭКТ ტიპის ტემპერატურის რელეს) 6 და 7 კონტაქტები განრთულია. როდესაც ძეგია (4) შერთავს შინაგან საკონტაქტო რგოლს (1), რომელთანაც მიერთებულია სტატორის გრაგნილი და გარე საკონტაქტო რგოლი (5), ძრავა და ძეგია ბრუნავენ ერთი მიმართულებით. მიღწევს რა ბოლო გამომრთველს (2), ძეგია (4) ამოვარდება გარე რგოლიდან და განრთავს წრედს. ძრავა (3) წერდება. რეგულირებადი პარამეტრის შეცვლა იწვევს კონტაქტის (7) შერთვას. ძრავა ჩაირთვება, ძეგია მიბრუნდება და კვლავ შედის კონტაქტში გარე რგოლთან, მაგრამ უკვე ქვედა ნახევრიდან. მარეგულირებელი ორგანო გადაადგილდება, ვიდრე ძეგია (4) არ მივა მქორე ბოლო გამომრთველთან (8), ამ შემთხვევაში

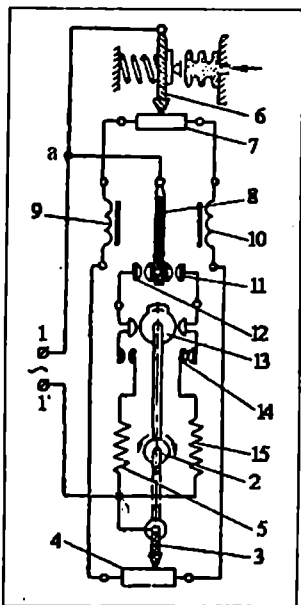
ძრავას ჩართვა მოხდება მხოლოდ კონტაქტის (6) შეერთებისას, ე.ი. როდესაც პარამეტრი მიაღწევს თავის ქვედა ზღვარს. ამრიგად, გამოსასვლელი ღილევი ასრულებს ნახევარ ბრუნს და ჩერდება, ხოლო მარეგულირებელი ორგანო იკავებს განაპირა მდებარეობებს.



ნახ.7.8. DP ტიპის აღმასრულებელი მექანიზმის ჩართვის სქემა

-ხახახ'სუე 7.9 მოყვანილია პროპორციული აღმასრულებელი მექანიზმის PP ჩართვის სქემა. სქემაში PP ძრავას გარდა გამოყენებულია ბაღანსური რელე - BP-2 (კოჭა 9 და 10 და გულარი 8 კონტაქტებით 11 და 12), და მმართველი ხელსაწყო, რომელიც გადაადგილებს რეოქორდა'სუე (7) ძვრისას (6), რეგულირებადი პარამეტრის შეცვლის პროპორციულად.

პროპორციული რეგულირება ხორციელდება შემდეგნაირად. საწყის მდგომარეობაში ვენტილი შუალედ მდებარეობაშია. ძვრის (3) იმყოფება რეოსტატის (4) შუაში, ხოლო მმართველ ხელსაწყის მომართავენ რეგულირებადი პარამეტრის მოცემულ მნიშვნელობა'სუე. ამ დროს ძვრის (6) იმყოფება რეოქორდის (7) შუაში. დენი კლემიდან (1) მიემართება ძვრისასაკენ (6) და ორდება. ვინაიდან მარცხენა წრედის წინააღმდეგობა ტოლია მარჯვენა წრედის წინააღმდეგობისა, დენის ძალა 9 და 10 კოჭებში ერთნაირია. გულარი (8) იმყოფება ნეიტრალურ მდებარეობაში, კონტაქტები 11 და 12 განრთულია, ძრავა (2) გაჩერებულია.



ნახ.79. პროპორციული აღმასრულებელი მექანიზმის ჩართვის სქემა

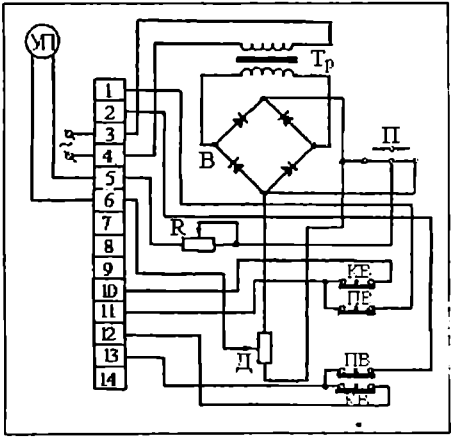
რეგულირებადი პარამეტრის შეცვლისას ძერია (6) გადაადგილდება რეოქორდაზე (7) (დაეუშვათ მარჯვნივ). დენის ძალა კოჭაში 10 გაიზრდება, ხოლო კოჭაში 9 შემცირდება. რელეს გულარი შეერთდება მარჯვენა კონტაქტზე (11) და დენი *a* კვანძიდან კონტაქტის 11 გავლით მიეწოდება სტატორის კოჭას (15) (მარჯვენა ძრავა 5*ი* იხ. ნახაზი 5.8). ძრავას ბრუნვით შეიცვლება მარეგულირებელი ორგანოს მდგომარეობა და ერთდროულად გადაადგილდება უკუკავშირის რეოსტატის ძერია (3) მარცხნივ. როდესაც რეოსტატის (4) მარჯვენა ნაწილის წინაღობა გაიზრდება იმდენად, რომ კომპენსირებას გაუწევს რეოქორდის (7) მარჯვენა ნაწილის წინაღობის შემცირებას, დენი კოჭებში 9 და 10 კვლავ გათანაბრდება, რელეს გულარი (8) გათიშავს კონტაქტს (11) და დაიკაეებს ნეიტრალურ მდებარეობას. ძრავა გაჩერდება, მაგრამ გამოსასვლელი ლილვი უკვე იქნება შემობრუნებული გარკვეული კუთხით და მარეგულირებელი ორგანო დაიკაეებს ახალ მდგომარეობას, რომელიც შეესაბამება რეგულირებადი სიდიდის პროპორციულ შეცვლას. რეგულირებადი სიდიდის გადახრისას მეორე მხარეს (ხვეწ შემთხვევაში,

მარცხნივ) ძერია (6) გადაადგილდება რეოქორდასე (7) მარცხნივ, რელეს კოჭა (9) მიიზიდავს გულარს (8) და შერთავს კონტაქტს (12).

ღენი გაივლის მარცხენა ძრავაში 5ა (იხ. ნახაზი 5.8) და ლილვი დაიწყებს ბრუნვას საწინააღმდეგო მიმართულებით, ვიდრე უქუქავშირის რეოსტატი კვლავ არ აღადგენს წონასწორობას.

ლილვის შემობრუნებისას შუალედი მდგომარეობიდან მოკემული კუთხით (0°-დან 180°-მდე რეგულირებისაგან დამოკიდებულებით) ბოლო გამომრთველი (13) განრთავს მარცხენა ან მარჯვენა კონტაქტს (14) და ძრავა ჩერდება.

ნახაზზე 7.10 ნაჩვენებია КДУ-1/П-К ტიპის დისტანციური მართვის სვეტის ელექტრული სქემა (კინემატიკური სქემა იხ. ნახაზი 5.9).



ნახ.7.10. КДУ-1/П-К ტიპის დისტანციური მართვის სვეტის ელექტრული სქემა

ბოლო გამომრთველები КВ განკუთვნილია გამოსასვლელი ლილვის ზღვრული მდებარეობების შესაზღვდავად დისტანციური მართვის დროს, ხოლო საგზაო გამომრთველები ПБ ასრულებენ იმავე დანიშნულებას ავტომატური რეგულირებისას. მდგომარეობის მაჩვენებელი პოტენციომეტრიული გადამწოდი (Д) განკუთვნილია სერვომძრავას გამოსასვლელი ლილვის მდებარეობის სიგნალიზაციისათვის. სიგნალიზაცია ხორციელდება УП მოწყობილობით, რომელიც მიერთებულია მართვის სვეტის მომჭერებზე (5 და 6). ხელსაწყო წარმო-

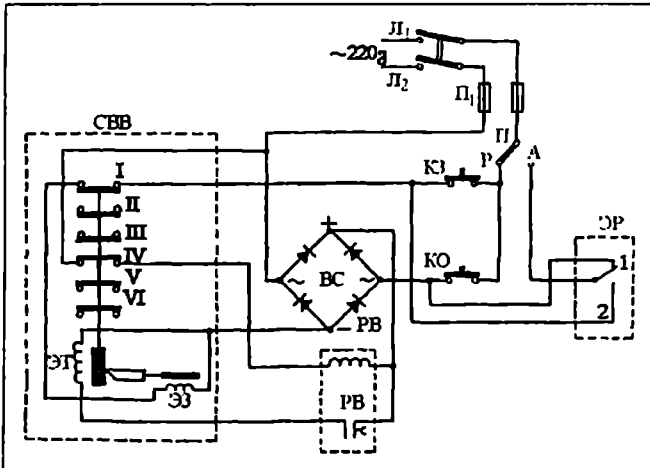
ადგენს ვოლტმეტრს, რომლის სკალაც დაგრაღეზირებულია მობრუნების სრული კუთხის პროცენტებში.

შესაკრავის (II) დანიშნულებაა \sqrt{II} ხელსაწყო მდებარეობის მანევრების კვანძის კვების პოლარობის შეთანხმება პოტენციომეტრის ძვრის (II) გადაადგილების მიმართულებასთან.

ტრანსფორმატორი Tp 220/2 ვ-ზე და სელენური გამმართველი (B) განკუთვნილია პოტენციომეტრული გადამწოდის კვებისათვის 2ვ სიდიდის მუდმივი ძაბვით. ცვლადი წინააღმდეგობა (R) ემსახურება მდებარეობის მანევრების მიმართვას.

§6. ელექტრომაგნიტური ვენტილების ავტომატური მართვა

ნახაზზე 7.11 მოყვანილია სოლენოიდური ვენტის CBB მართვის ელექტრული სქემა, რომელიც იძლევა, როგორც ხელით, ასევე ავტომატურად მართვის შესაძლებლობას. ხელით მართვის დროს Π გადამრთველის კონტაქტის დაკენება ხდება P მომჭერზე, ავტომატური მართვის დროს - A მომჭერზე.



ნახ.7.11. სოლენოიდური ვენტის CBB მართვის ელექტრული სქემა

სქემა მუშაობს შემდეგნაირად. ხელით მართვის დროს ვენტილის გასაღებად საჭიროა დავაჭიროთ ღილაკს KO; ამ დროს წარმოიქმნება წრედი: ფაზა Π_1 -II-KO - გამმართველი BC - დროის რელეს PB კოჭა-განმართველი კონტაქტი IV-ფაზა Π_2 რელე PB შერთავს თავის კონტაქტს (დროის დაყოვნება რელეს გააჩნია მხოლოდ კონტაქტის განრთვისას). ამით ქსელს მიუერთდება გამწვევი ელექტრომაგნიტის ΣT კოჭა. ელექტრომაგნიტის ღუზა აიწვევა სუეით და ვენტილი გაიღება; ერთდროულად შეერთებიან I, II, III კონტაქტები და განირთებიან IV, V, VI კონტაქტები (ამ კონტაქტებიდან სქემაში გამოყენებულია მხოლოდ I და IV კონტაქტები). კონტაქტის IV განრთვისას რელეს PB კოჭას ევება წყდება, მაგრამ ΣT -ს გამწვევი კოჭა ჯერ კიდევ არ არის გამართული, რადგან ის იკვებება რელეს იმ კონტაქტით, რომლის გამორთვაც წარმოებს დროის გარკვეული დაყოვნებით. როდესაც ვენტილი დადგება სასხლეტზე, რელეს კონტაქტი გამოირთება და გამწვევი ელექტრომაგნიტის ΣT კოჭას დენის მიწოდება შეუწყდება.

ვენტილის დასაკეტად საჭიროა დავაჭიროთ ღილაკს K3. ამ დროს წარმოიქმნება წრედი: ფაზა Π_1 -II-K3-I - სასხლეტის ელექტრომაგნიტის კოჭა - $\Sigma 3$ -BC - ფაზა Π_2 . დენის გავლის შედეგად სასხლეტის ელექტრომაგნიტის ღუზა მიიწიდება თავის გულართან; სასხლეტი ათავისუფლებს გამწვევი ელექტრომაგნიტის ღუზას და ვენტილი იკეტება.

ავტომატური მართვის დროს II გადამართველის კონტაქტი უნდა დავაყენოთ A მომჭერზე. ვენტილის გაღება ან დაკეტვა წარმოებს ΣP რელეს (ელექტრონული რეგულატორი) კონტაქტებით. კონტაქტის 1 შერთვისას ვენტილი იღება, კონტაქტის 2 შერთვისას კი იკეტება.

ელექტრონერგიის მიწოდების შეწყვეტის შემთხვევაში ვენტილის მართვა შეიძლება ხელით. ვენტილის გასაღებად გამოიყენება სახელური (5), ხოლო მის დასაკეტად საჭიროა დავაჭიროთ ღილაკს (18) (იხ. ნახაზი 5.11). ხელით მართვის დროს ვენტილის ნაწილების მექანიკური ურთიერთქმედება იგივეა, რაც ელექტრული მართვის დროს.

ავტომატური რეგულირების სისტემები და მათი პირითადი ელემენტები

§1. პირითადი ცნებები და განსაზღვრებები

თანამედროვე ტექნიკაში ავტომატურ რეგულირებას უკავია ერთ-ერთი წამყვანი ადგილი. ძნელია დაუასახელოთ ტექნიკის დარგი, სადაც ამა თუ იმ ფორმით არ იყოს გამოყენებული ავტომატური რეგულირება.

თითოეული სამრეწველო დანადგარის მუშაობის რეჟიმი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეების ერთობლიობით, რომლებიც განსაზღვრავენ დანადგარის მუშაობას. აუცილებელი რეჟიმის უზრუნველსაყოფად საჭიროა, რომ სოციალური სიდიდე ინარჩუნებდეს მუდმივ მნიშვნელობას ან იცვლებოდეს გარკვეული კანონით. მაგალითად, ელექტროძრავას მუშაობის რეჟიმი ხასიათდება მის ლილვზე განვითარებული მბრუნავი მომენტის სიდიდით და როტორის ბრუნვის სიჩქარით; საქვაბე მოწყობილობის მუშაობის რეჟიმი – ორთქლის წნევითა და ტემპერატურით; ელექტროსადგურის – ცვლადი დენის ძაბვითა და სიხშირით; რკინა-ბეტონის ქარხნის გაორთქლის კამერის – კამერაში ტემპერატურით, მოცემულ ტემპერატურაზე ნაკეთობის დაყოვნების დროით და ტენიანობით. საწარმოო პროცესის განსახორციელებლად საჭიროა, რომ საწარმოო პროცესის მახასიათებელი სიდიდეები აკმაყოფილებდნენ გარკვეულ პირობებს.

სიდიდეს, რომელიც ახასიათებს ტექნოლოგიური პროცესის პირობებს, ეწოდება პარამეტრი. მუშა პარამეტრი ეწოდება სიდიდეს, რომელიც მიიღება დანადგარის ან მოწყობილობის კონსტრუირებისა და ტექნოლოგიური გაანგარიშების დროს და რომელიც შენარჩუნებული უნდა იქნეს მუდმივად ან იცვლებოდეს გარკვეული კანონით.

სიდიდეს, რომელიც აუცილებელია შენარჩუნდეს მუდმივად, ან იცვლებოდეს მოცემული პროგრამით, ეწოდება რეგულირებადი სიდიდე.

ტექნოლოგიურ მოწყობილობას, რომელშიაც მიმდინარეობს რეგულირებადი პროცესი, ეწოდება რეგულირებადი ობიექტი.

ორგანოს, რომლის საშუალებითაც ვახდენთ 'ხემოქმედებას რეგულირებად ობიექტ'ზე, ეწოდება მარეგულირებელი ორგანო.

რეგულირებადი სიდიდის და მისი დამყარებული მნიშვნელობის ტოლობის შენარჩუნების ოპერაციას ეწოდება რეგულირება.

რეგულირებას, რომლის დროსაც მარეგულირებელ ორგანოზე 'ხემოქმედება ხორციელდება ადამიანის მიერ, ეწოდება ხელით რეგულირება.

რეგულირებას, რომლის დროსაც მარეგულირებელ ორგანოზე 'ხემოქმედება ხორციელდება ხელსაწყოთი, ადამიანის ჩაურევლად, ეწოდება ავტომატური რეგულირება.

ხელით რეგულირების სქემა წარმოადგენს გახსნილ სისტემას^{*}; ხოლო ავტომატური რეგულირების სქემა კი შეკრულ სისტემას.

პროგრამული რეგულირება ეწოდება ისეთ რეგულირებას, რომლის დროსაც სისტემა ინარჩუნებს მოცემული კანონის მისეღვით ცვალებადი რეგულირებადი სიდიდის მნიშვნელობას.

პროგრამის მიცემა ხორციელდება ხელით ან ავტომატურად საპროგრამო მოწყობილობის (მმართველი, დამკვირვებელი) საშუალებით.

რეგულირების სისტემის "შესასვლელად" ითვლება ის სიდიდე, რომელიც ახორციელებს მარეგულირებელ 'ხემოქმედებას. სისტემის "გამოსასვლელი" ეწოდება სიდიდეს, რომლის რეგულირებაც არის საჭირო.

გახსნილ სისტემაში, სისტემის შესასვლელზე მარეგულირებელი 'ხემოქმედება არ არის დაკავშირებული სისტემის მუშაობის შედეგზე, რომელიც მიიღება ამ სისტემის გამოსასვლელზე.

შეკრულ სისტემაში შესასვლელი 'ხემოქმედება უშუალოდ არის დამოკიდებული გამოსასვლელი სიდიდის მნიშვნელობაზე.

უშუალო კავშირს სისტემის გამოსასვლელიდან მის შესასვლელთან ეწოდება უკუკავშირი. ხელით რეგულირების დროს უკუკავშირს ახორციელებს ადამიანი; ავტომატური რეგულირების დროს კი ხელსაწყო.

ავტომატურ მოწყობილობას, რომელიც განკუთვნილია რეგულირების ამოცანის შესასრულებლად, ადამიანის უშუალო მონაწილეობის გარეშე, ეწოდება ავტომატური რეგულატორი.

* სინამდვილეში ეს სისტემაც შეკრულია. შეკვრას ახორციელებს ადამიანი.

ავტომატური რეგულატორის შემადგენლობაში შედის: გადამწოდი, რომელიც განსაზღვრავს რეგულირებადი სიდიდის მნიშვნელობას; შედარების ელემენტი, რომელიც რეგულირებადი სიდიდის გაზომილ და მოცემულ მნიშვნელობებს ადარებს ერთმანეთს; გამაძლიერებელი; აღმასრულებელი მოწყობილობა და მარეგულირებელი ორგანო, რომელიც ახდენს ზემოქმედებას რეგულირებად ობიექტზე.

ავტომატური რეგულირების სისტემები (CAP) წარმოადგენენ ელემენტების ერთობლიობას, რომლებიც ერთმანეთს შორის დაკავშირებული არიან განსაზღვრული სახით და ასრულებენ განსაზღვრულ ფუნქციას. ამ სისტემის თვისებები, მთლიანობაში, დამოკიდებულია ელემენტების თვისებებზე და მათი შეერთების წესზე.

ავტომატური რეგულირების სისტემა განიხილება, როგორც შეკრული დინამიური სისტემა, რომელიც შედგება რეგულირების ობიექტისაგან და ავტომატური რეგულატორის მოწყობილობათა კომპლექსისაგან.

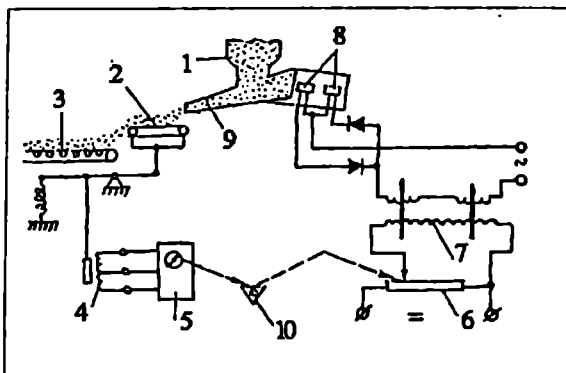
ასხვაგვარ ავტომატური რეგულირების ერთკონტურიან და მრავალკონტურიან სისტემებს.

ავტომატური რეგულირების ერთკონტურიანი სისტემა ეწოდება ისეთ სისტემას, რომელსაც გააჩნია 'ზემოქმედების ერთი შეკრული წრედი. იგი შედგება ერთი რეგულირებადი ობიექტისაგან და ერთი მარტივი ავტომატური რეგულატორისაგან და განკუთვნილია ერთი რეგულირებადი პარამეტრის უკველად შესანარჩუნებლად.

ავტომატური რეგულირების მრავალკონტურიანი სისტემა ეწოდება ისეთ სისტემას, რომელსაც გააჩნია ერთზე მეტი 'ზემოქმედების შეკრული წრედი. სისტემა შედგება ერთი რეგულირებადი ობიექტისაგან და ერთი ან რამდენიმე ავტომატური რეგულატორისაგან.

ავტომატური რეგულირების სისტემებისა, მათი ძირითადი ელემენტების შემთ მოყვანილი ცნებებისა და განსაზღვრებების უკეთ გაგების მიზნით განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითები.

ნახ.8.1 ნაჩვენებია ფხვიერი მასალის დოზატორი ხელით მართვით. ნახაზზე 1 არის ბუნკერი; 2 - წონითი ტრანსპორტი; 3 - შემკრები ტრანსპორტი; 4 - ინდუქციური გადამწოდი; 5 - გამზომი ხელსაწყო; 6 - მართვის რეოსტატი; 7 - დროსელი შემაგნიტებით; 8- ვიბრატორის ელექტრომაგნიტები; 9 - ღარი; 10 - ოპერატორი.



ნახ.8.1. ფხვიერი მასალის დოზატორის სქემა ხელით მართვით

მასალის ხარჯი (G) განისაზღვრება პარამეტრებით: ნაწილაკების სიმსხვილით (ν), მასალის ტენიანობით (μ), ბუნკერში მასალის შრის სიმაღლით (H), მკვებავის ღარის ვიბრაციის ამპლიტუდით (A) და ა.შ. ე.ი.

$$G = f(\nu, \mu, H, A).$$

აღნიშნული პარამეტრების გადახრისას ნომინალური მნიშვნელობებიდან $\Delta\nu, \Delta\mu, \Delta H$ სიდიდეებით, მასალის ხარჯი შეიცვლება ΔG სიდიდით, წონითი ტრანსპორტული გადახრება საწყისი მდგომარეობიდან, ხოლო ინდუქციური გადამწოდის ევინთა გადაადგილება Δh სიდიდით. ამ დროს გამწოში ხელსაწყოს ისარი განეუდება ახალ მდგომარეობაში a , რომელიც განსხვავდება a_H მდგომარეობიდან, რომელიც შეესაბამება მასალის მოცემულ ხარჯს G_H .

ოპერატორი გადაადგილებს რეოსტატის ძერიას ΔS სიდიდით. ამით იგი შეცვლის დროსელის შემაგნიტების გრანგილ'სე ძაბვას. ოპერატორი ცდილობს ისე შეარჩიოს ΔS სიდიდე, რომ ღარის რხევის ამპლიტუდის შეცვლით ΔA სიდიდით, მოახდინოს ν, μ ან H სიდიდეების შეცვლის შედეგად გამოწვეული ნივთიერების ხარჯის ცვლილების ΔG კომპენსირება. თუ ასეთი კომპენსაცია იქნება მიღწეული, მაშინ ნივთიერების ხარჯი გახდება ტოლი მოცემული სიდიდისა და ხელსაწყოს ისარი განეუდება a_H დანაყოფ'სე.

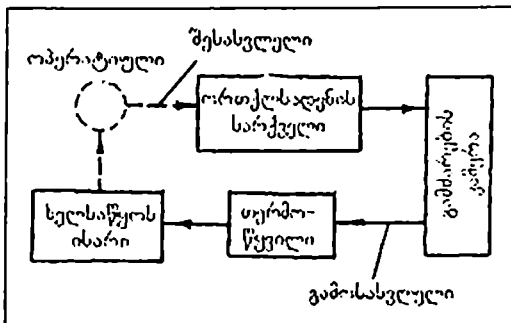
განხილულ მაგალითში მკვებავი, რომლის მწარმოებლურობასაც არეგულირებს ოპერატორი, წარმოადგენს რეგულირების ობიექტს, ხოლო მკვებავის მწარმოებლურობა (ფხვიერი მასალის

ხარჯი G), რომლის მედმივად შენარჩუნებას (კვდილობს ოპერატორი - რეგულირებად სიდიდეს. მკეებავის დარი ასრულებს მარეგულირებელი ორგანოს როდს, ვიბრატორი - აღმასრულებელი მექანიზმის დანიშნულებას, ხოლო ორივე ერთად წარმოადგენენ აღმასრულებელ ელემენტს, რომელიც უშუალოდ ახდენს შემოქმედებას მართვად საწარმოო პროცესზე.

რეგულირების განხილული სისტემა წარმოადგენს ხელით რეგულირების სისტემას.

რეგულირების სისტემის "შესასვლელია" მარეგულირებელი ორგანო (მკეებავის დარი), "გამოსასვლელია" საკონტროლო-გამსომი ხელსაწყო, ხოლო ადამიანი ამყარებს სისტემის გამოსასვლელსა და შესასვლელს შორის კავშირს.

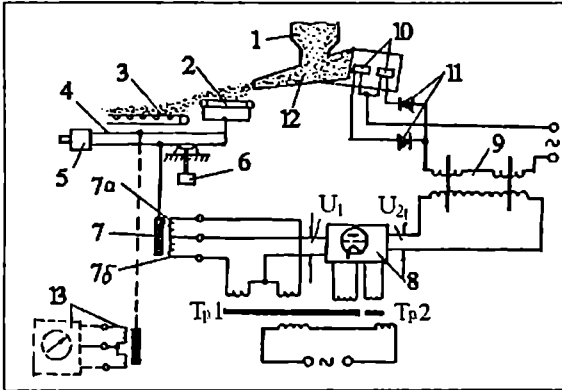
ნახ.8.2 წარმოდგენილია გასაორთქლ კამერაში ტემპერატურის ხელით რეგულირების ფუნქციონალური სქემა. დაეუშვათ ტემპერატურის გასასომად კამერაში დაყენებულია თერმომწყვილი. სქემაში ნართულია მილიელტმეტრი, რომლის სკალაც გრადუირებულია უშუალოდ გრადუსებში. ნაკეთობის თბოტენიანობითი დამუშაგების გრადუსის თანახმად, ტემპერატურა კამერაში შენარჩუნებული უნდა იყოს მედმივად, ხუთი საათის განმავლობაში. ოპერატორი, რომელიც თვალყურს ადევნებს მილიელტმეტრის ისარს, არეგულირებს კამერაში ცხელი ორთქლის მიწოდებას. კამერაში ტემპერატურის შემცირებისას ნომინალურთან შედარებით, ოპერატორი ადებს ორთქლსაშეგებ სარქველს, კამერაში შედის ცხელი ორთქლი და მასში ტემპერატურა იზრდება. თუ კამერაში ტემპერატურა გადააჭარბებს დადგენილ სიდიდეს, ოპერატორი გადააკეტავს ორთქლსადენის სარქველს; კამერაში ორთქლის მიწოდება შეწყდება და ტემპერატურა დაიწვეს.



ნახ.8.2. გასაორთქლ კამერაში ტემპერატურის ხელით რეგულირების ფუნქციონალური სქემა

განხილულ მაგალითში მარეგულირებელ ორგანოზე სემოქმედებას ახდენს ოპერატორი (აღამიანი) და, მაშასადამე, საქმე გვაქვს ხელით რეგულირებასთან.

ნახ.8.3 მოცემულია ფხვიერი მასალის ავტომატური დოზატორის პრინციპული სქემა. სქემაზე 1 არის ბუნკერი; 2,3 - წონითი და შემკრები ტრანსპორტერები; 4 - მხრეული; 5 - საწონი; 6 - კვადრანტული ტვირთი; 7 - ინდუქციური გადამწიდი 7a და 7b კოჭათი; 8 - ელექტრონული გამაძლიერებელი; 9 - დროსელი შემაგნიტებით; 10 - ელექტრომაგნიტები; 11 - გამმართველი; 12 - ღარი; 13 - საკონტროლო-საზომი ხელსაწყო.



ნახ.8.3. ფხვიერი მასალის ავტომატური დოზატორის პრინციპული სქემა

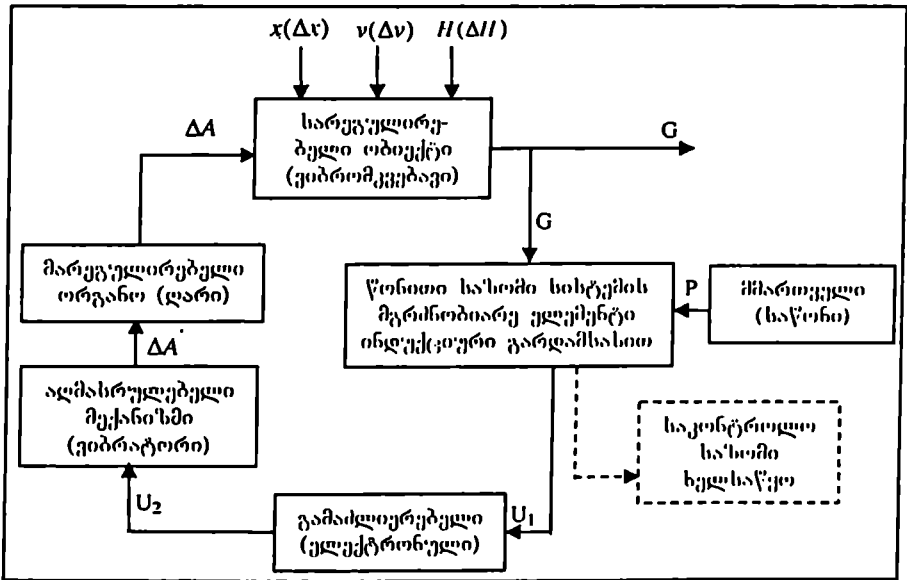
აღვნიშნავთ, რომ გამაძლიერებელი არ წარმოადგენს ავტომატური რეგულირების სისტემის აუცილებელ ელემენტს. პრინციპულად აუცილებელ ელემენტს არ წარმოადგენს, აგრეთვე, საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოც. ხელით რეგულირების სისტემაში საკონტროლო-საზომი ხელსაწყო აწარმოებს სარეგულირებელი პარამეტრის მნიშვნელობის რეგისტრირებას მოცემულ მომენტში, ხოლო სხვაობა სიდიდის ამ მნიშვნელობასა და მოცემულ მნიშვნელობას შორის (სარეგულირებელი სიდიდის გადახრას მოცემულობიდან) გამოითვლება ოპერატორის მიერ. ავტომატური რეგულირების სისტემაში ამ სხვაობის მიღება ხორციელდება მმართველი მოწყობილობის საშუალებით. ნახ. 8.3 წარმოდგენილი სქემის შემთხვევაში მმართველი მოწყობილობის როლს ასრულებს საწონი (5). მხრეულაზე საწონის მდებარეობისა და მიხედვით წონითი სისტემა წონასწორობაში იქნება ტრანსპორტერის

წონის (G) სხვადასხვა მნიშვნელობების დროს. ძაბვა U_1 , ტოლი იქნება ნულის მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ინდუქციური გადამწოდის ყვინთას უჭირავს 7a და 7b კოტებს შორის შუალედი მდებარეობა, ე.ი. როდესაც წონითი სისტემა იმყოფება წონასწორობაში. წონითი სისტემის გადახრისას წონასწორობის მდგომარეობიდან აღიძვრება სარეგულირებელი სიდიდის მოცემული მნიშვნელობიდან გადახრის პროპორციული ძაბვა (U_1).

ძაბვა U_1 საკმარისი არ არის დროსელის მეშა გრაგნილების ინდუქციური წინააღმდეგობის შესაცვლელად, ამიტომ ავტომატური რეგულირების სისტემაში გათვალისწინებულია გამაძლიერებელი (8) U_1 ძაბვის გარდასაქმნელად U_2 ძაბვად.

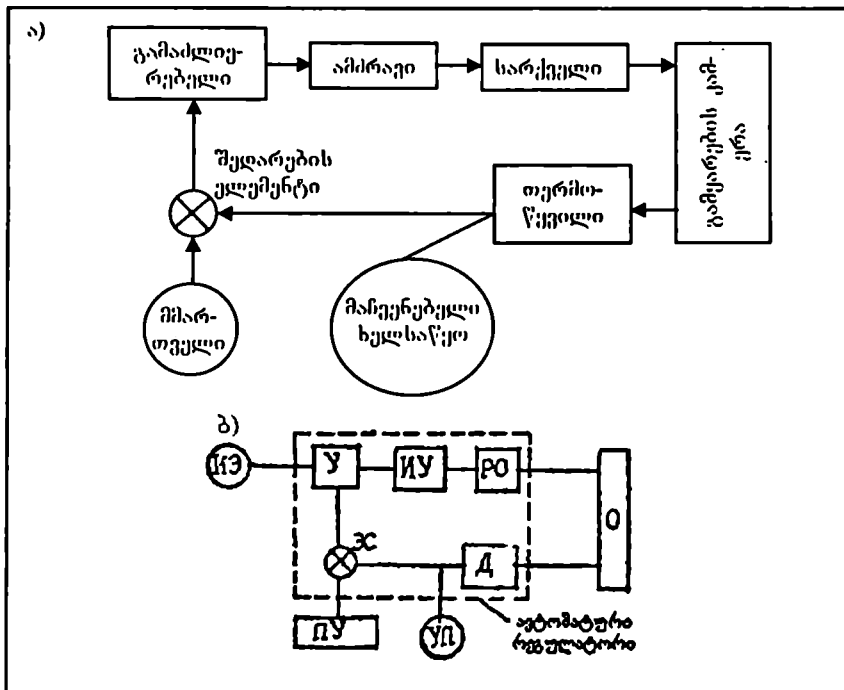
გამაძლიერებლისა და მმართველი მოწყობილობის როლის ხელით რეგულირების სისტემაში ასრულებს ოპერატორი, რომელიც გადააადგილებს რეოსტატის ძვრას (ნახ.8.1) ხელსაწყოს ჩვენებების მოცემული სიდიდიდან გადახრისაგან დამოკიდებულებით.

ნახ.8.4 მოცემულია ავტომატური დოზატორის ფუნქციონალური სქემა.



ნახ.8.4. ავტომატური დოზატორის ფუნქციონალური სქემა

ნახ.8.5 ნახევრები გასაორთქლ კამერაში ტემპერატურის ავტომატური რეგულირების სქემა. ხელით რეგულირების სქემისაგან (ნახ.8.2) განსხვავებით ავტომატური რეგულირების სქემა შეიცავს დამატებით სამ რგოლს - გამაძლიერებელს, პროგრამის მომწოდებელს (მმართველი, დამკვირვებელი) და შედარების ელემენტს. ავტომატური რეგულირების სისტემა იმუშავებს ტემპერატურის არასასურველი გადახრის ლიკვიდაციისათვის. მამოძრავებელ სიგნალს წარმოადგენს სარეგულირებელი სიდიდის მოცემულ მნიშვნელობასა და მის ფაქტიურ მნიშვნელობას შორის წარმოქმნილი შეუთავსებლობა.



ნახ.8.5. გასაორთქლ კამერაში ტემპერატურის ავტომატური რეგულირების სქემა: ა) ავტომატური რეგულირების სქემა გამაძლიერებელით, შედარების ელემენტითა და მმართველით; ბ) ფუნქციონალური სქემა

ნახაზზე 8.5,ბ აღნიშნულია: NY - აღმასრულებელი მო-
წეობილობა (ამძრავი); $ИЭ$ - ენერჯის წყარო; $У$ - გამა-
ძლიერებელი; PO - მარეგულირებელი ორგანო; O - სარე-
გულირებელი ობიექტი; $Д$ - მგრძობიარე ელემენტი-გადა-
მწოდო; $УП$ - მაჩვენებელი ხელსაწყო; $ПУ$ - საპროგრამო
მოწყობილობა (მმართველი); $ЭС$ - შედარების ელემენტი.

§2. ავტომატური რეგულირების სისტემების კლასიფიკაცია სიზიკაციის

ავტომატური რეგულირების სისტემების კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს სხვადასხვა ნიშან-თვისება.

რეგულირების მიზნისაგან და მმართველი ზემოქმედების ხასიათისაგან დამოკიდებულებით ავტომატური რეგულირების სისტემები იყოფიან ოთხ ჯგუფად: 1) ავტომატური მასტაბილიზებელი სისტემები; 2) პროგრამული ავტომატური რეგულირების სისტემები; 3) მოთვალთვალე სისტემები; 4) ექსტრემალური (ოპტიმალური) რეგულირების სისტემები.

ავტომატური მასტაბილიზებელი სისტემა წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელიც განკუთვნილია სარეგულირებელი სიდიდის მნიშვნელობის შესანარჩუნებლად, ექსპლუატაციისათვის დასაშვებ საკმაოდ ვიწრო საზღვრებში. მაგალითად: ბეტონის ქარხნის მკეებაე ბუნკერებში შემავსებლისა და ცემენტის დონის შენარჩუნება მუდმივად; მინის ქარხნების სააბაზანო ღუმელებში მინის მასის დონის შენარჩუნება მოცემულ მნიშვნელობაზე მინის სახარშავი ღუმელის მუშაობის რეჟიმის ნებისმიერად შეცვლის მიუხედავად; წყლის ავზიდან ხარჯის ცვალებადობის მიუხედავად წყლის დონის მოცემულ დონეზე შენარჩუნება გარკვეული სიზუსტით და სხე.

პროგრამული ავტომატური რეგულირების სისტემა ეწოდება მოწყობილობას, რომელიც გათვალისწინებულია სარეგულირებელი სიდიდის მოცემული სიზუსტით ავტომატურად შესაცვლელად დროში ან სხვა პარამეტრისაგან დამოკიდებულებით წინასწარ დადგენილი პროგრამით. უმეტეს შემთხვევაში შემავალი სიგნელი X , ანუ პროგრამა დროის ფუნქციაა - $X=f(t)$. კერძო შემთხვევაში, როდესაც პროგრამა მუდმივია $X=const$, ავტომატური რეგულირების სისტემა

მასტაბილიზირებელი გახდება. პროგრამული რეგულირების სისტემის მაგალითს წარმოადგენს რკინა-ბეტონის ნაკეთობათა თბოტენიანობითი დამუშავების რეჟიმში გასაორთქლ კამერაში. ცნობილია, რომ ტემპერატურა კამერაში იზრდება თანდათანობით განსაზღვრული გრაფიკით; შემდეგ წარმოებს მისი მუდმივად შენარჩუნება რამდენიმე საათის განმავლობაში, და, დასასრულ, გაორთქლის რეჟიმის დამთავრებისათვის ხდება ტემპერატურის თანდათანობითი შემცირება. განხილულ შემთხვევაში რეგულირების ობიექტს წარმოადგენს გამკერების კამერა, ხოლო მართვის სისტემის ამოცანას სარეგულირებელი სიდიდის (ტემპერატურის) შეკვლა ტექნოლოგიის შესაბამისად (წინასწარ დადგენილი პროგრამით).

მთავალთვალე სისტემა ეწოდება მოწყობილობას, რომლის მოქმედების პროგრამა წინასწარ ცნობილი არ არის და იგი ფუნქციონალურ დამოკიდებულებაშია რომელიმე სხვა პარამეტრთან, რომელიც შესაძლებელია ნებისმიერი იყოს.

მთავალთვალე სისტემის მაგალითია ავტომატური პოტენციომეტრი. სარეგულირებელ სიდიდეს წარმოადგენს მანევრებული ისრის მდებარეობა სკალაზე (შეესაბამება გაზომილი ტემპერატურის სიდიდეს), ხოლო მმართველ სემოქმედებას – ტემპერატურა გაზომილი თერმოწყვილისა და პოტენციომეტრის კომპლექტით. ცხადია, რომ ტემპერატურა გაზომილი პირობებში კომპლექტით წინასწარ არ არის ცნობილი და განისაზღვრება სარეგულირებელ ობიექტში პროცესის მსვლელობით.

მთავალთვალე სისტემის მაგალითს წარმოადგენს, აგრეთვე, პიდრომონიტორის საშუალებით ქანის დამუშავება და მისი ტრანსპორტირება. მემონიტორე კონკრეტული სამუშაო ადგილის ხასიათისაგან დამოკიდებულებით მიმართავს წყლის ჭავლს, რომლის მოქმედების პროგრამა წინასწარ ცნობილი არ არის. ამ შემთხვევაში სარეგულირებელ ობიექტს წარმოადგენს მონიტორი, ხოლო მმართველ სემოქმედებას – ქანის დამუშავება.

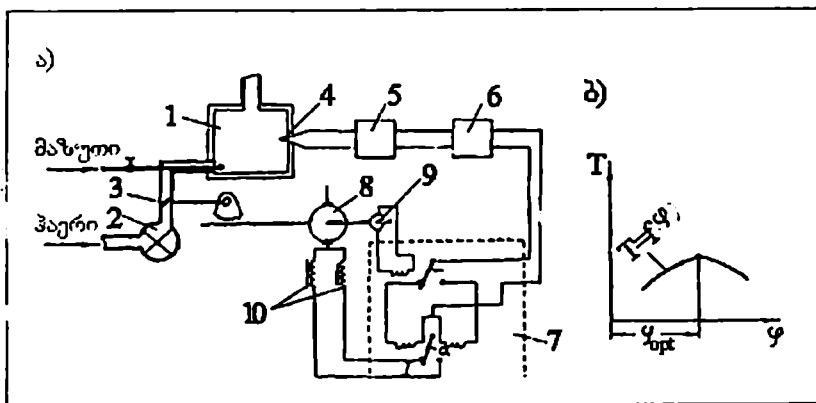
მთავალთვალე სისტემები, გამოყენებული დეტალების დასამუშავებლად მსაფუძვლის ან ნიმუშების მიხედვით ლითონ-საჭრელ სარხებზე, იწოდებიან მაკოპირებელ სისტემებად. მაკოპირებელ სისტემაში წინასწარ დაგეგმილი მმართველი სემოქმედება (წამყვანი სიგნალი) წარმოადგენილია კოდის სახით.

ექსტრემალური (ოპტიმალური) რეგულირების სისტემა ეწოდება ავტომატურ სისტემას, რომელშიც რეგულატორი ინარჩუნებს ცვალებადი გარემომცველი პირობებისათვის სარეგულირებელი სიდიდის ექსტრემალურ მნიშვნელობას – მინიმუმს ან მაქსიმუმს. ექსტრემალური სისტემა ოპტიმალური სისტემის კერძო სახეობაა.

თუ სარეგულირებელი პარამეტრი y შემავალი სიგნალის x -ის ფუნქციაა - $y=f(x)$ და ეს ფუნქცია ექსტრემალური ხასიათისაა, მაშინ სარეგულირებელი პარამეტრის მიერ ექსტრემალური მნიშვნელობის მიღწევისას რეგულატორი არ მოქმედებს და $\frac{dy}{dx} = 0$; სხვა შემთხვევებში $\frac{dy}{dx} \neq 0$ და რეგულატორი მოქმედებაში შედის; როდესაც $\frac{dy}{dx} > 0$ მარეგულირებელი ორგანო ერთი მიმართულებით მოქმედებს, ხოლო, როდესაც $\frac{dy}{dx} < 0$ – მეორე მიმართულებით.

ექსტრემალური რეგულირების მაგალითი მოცემულია ნახაზზე 8.6, ა. სათბობის (ჩვენ შემთხვევაში მასუთის) ყოველ ხარჯს შეესაბამება ჰაერის ხარჯის განსახდერული მნიშვნელობა, რომლის დროსაც ტემპერატურა ღუმელში იქნება მაქსიმალური. თუ შემკირდება ღუმელში მიწოდებული ჰაერის რაოდენობა ოპტიმალურ მნიშვნელობასთან შედარებით, მაშინ მასუთის დაუწვავი ნაწილის საკვამლე მილში გადინების გამო ღუმელში ტემპერატურა დაიწევს. ჰაერის ხარჯის გაზრდაც იწვევს ტემპერატურის დაქვეითებას, ვინაიდან ჭარბ ჰაერს სითბოს მეტი რაოდენობა მიაქვს საკვამლე მილში. ექსტრემალური რეგულირების სისტემა ახდენს ჰაერის რაოდენობის რეგულირებას – ფარსაკეტის (3) დაყენების კუთხის φ -ის ცვალებადობით ისეთნაირად, რომ საწვავის მოცემული მიწოდების დროს ტემპერატურა ღუმელში იყოს მაქსიმალური. ნახაზზე 8.6, ა აღნიშნულია: 1 – ღუმელი; 2 – ვენტილატორი ჰაერის მისაწოდებლად; 3 – ფარსაკეტი; 4 – თერმოწყვილი; 5 – გამაძლიერებელი; 6 – მადიფერენცირებელი ბლოკი; 7 – ლოგიკური ელემენტი; 8 – ფარსაკეტის ძრავა. ა, ბ, I, II – კონტაქტები; A, B – არპოზიციანი პოლარიზებული რელე; 9 – ტაქსოგენერატორი; 10

- ავზნების გრაფიკები. სქემა მუშაობს შემდეგნაირად. თერმოწვეილის ძაბვა მიეწოდება გამაძლიერებელს, ხოლო უკანასკნელიდან გამომავალი სიგნალი მადიფერენცირებელი ბლოკის გავლით ლოგიკურ ელემენტს, რომელიც აწარმოებს ფარსაკეტის ძრავას რევერსირებას, და შესაბამისად ძრავა (8) მუშაობს ფარსაკეტის გაღებაზე (თუ a და I კონტაქტებია შეკრული), და ფარსაკეტის დაკეტვაზე (როდესაც a და II კონტაქტებია შეკრული). ნახაზე ნაჩვენებ მდგომარეობაში ძრავა (8) მუშაობს ფარსაკეტის გაღებაზე. მაშასადამე, ტემპერატურა ღემელში მატულობს. როდესაც φ გადააჭარბებს თავის ოპტიმალურ მნიშვნელობას, ფარსაკეტის ძრავა ფარსაკეტის დაკეტვის მიმართულებით იწყებს ბრუნვას (a კონტაქტი მარჯვნივ მისიხდება და ჩაიკეტება II კონტაქტი) და ა.შ. საჭირო გადართევებს პროცესის მიმდინარეობის მიხედვით არჩევს ლოგიკური ელემენტი (7).



ნახ.8.6. ღემელში ტემპერატურის ექსტრემალური რეგულირება: ა) სქემა; ბ) ღემელის ტემპერატურის გრაფიკი ფარსაკეტის დაყენების კუთხისგან დამოკიდებულებით

ნახაზე 8.6ბ წარმოდგენილია ღემელის ტემპერატურის T -ს გრაფიკი ფარსაკეტის დაყენების კუთხის φ -საგან დამოკიდებულებით, საწვავის ხარჯის გარკვეული მნიშვნელობისათვის.

ანალოგიური ექსტრემალური მახასიათებელი გააჩნია, აგრეთვე, ბეტონმრევეს (ბეტონმრევე კვანძს). ცნობილია, რომ ბეტონის ნარევის დაშლადების ხანგრძლივობა დამოკიდებული

ლია მის შემადგენლობაზე. საწყის პერიოდში ნარევი შეტად არაერთგვაროვანია; გარკვეული დროის შემდეგ ნარევი თანდათანობით აღწევს ოპტიმალურ მნიშვნელობას. აღნიშნული პროცესის გაგრძელება იწვევს ბეტონის ნარევის განზრუნვებას ფრაქციებად. ამრიგად, რეჟიმის მართვის ამოცანაა არევის შეწყვეტა დროის იმ მომენტში, რომელიც შეესაბამება ნარევის ოპტიმალურ კონსისტენციას.

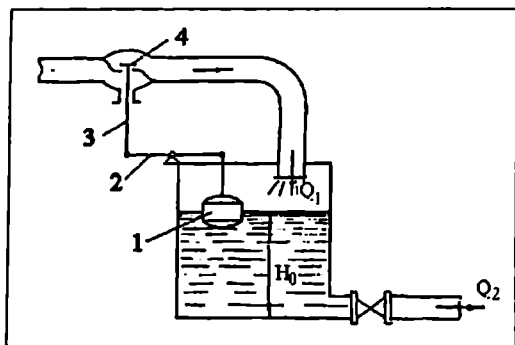
გაცილებით რთულ ობიექტს წარმოადგენს ექსტრემალური მახასიათებლით რკინაბეტონის ნაკეთობათა დამამსადებელი ქარხანა. ექსტრემუმის მანუენებელს წარმოადგენს ქარხნის მწარმოებლურობა პროდუქციის მინიმალური თვითღირებულებისა და მისი ოპტიმალური ხარისხის დროს.

ამ ობიექტების რეგულირებისათვის, რომლებიც მუშაობენ ძალიან ცვალებად გარემომცველ პირობებში, გამოიყენება თვითაწყობადი სისტემები, რომლებსაც ტექნიკური კიბერნეტიკის სისტემები ეწოდებათ. ამ სისტემებს შეუძლიათ დიდი ქარხნების, მსხვილი სამშენებლო ობიექტთა, სატრანსპორტო სისტემათა და სხვა საწარმოთა ავტომატური მართვა. თვითაწყობადი სისტემის უმარტივესი მაგალითია მართვის ექსტრემალური სისტემა, რომელიც განვიხილეთ.

§3. პირდაპირი და აბაპირდაპირი რეგულირება

რეგულატორსა და მარეგულირებელ ორგანოს შორის კავშირისაგან დამოკიდებულებით ასხვავებენ პირდაპირ და აბაპირდაპირ რეგულირებას. განვიხილოთ მაგალითები.

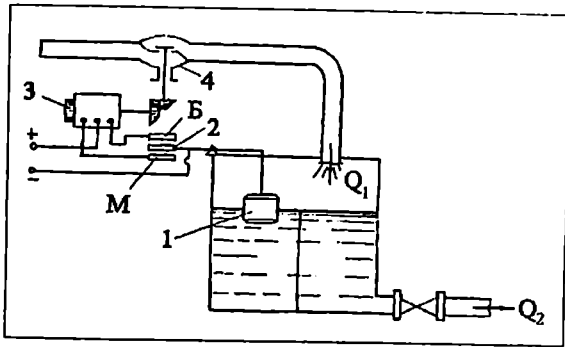
ნახ.8.7 მოყვანილია პირდაპირი ქმედების ავტომატური დონის ტივტივა რეგულატორი. ნახა'ს'ზე Q₁-ით აღნიშნულია სითხის მოდინება, Q₂-ით სითხის მოხმარება; H₀ არის სითხის დონე ჭურჭელში. ტივტივა უშუალოდ მოქმედებს მარეგულირებელ ორგანოზე – დროსელურ საფარზე და ამოძრავებს მას. ეს შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, როდესაც მგრძობიარე ელემენტის სიმძლავრე აღემატება აღმასრულებელი მექანიზმის ასამოქმედებელ სიმძლავრეს, ე.ი. პირდაპირი რეგულირება განისაზღვრება გადამწოდის გამოსავალი სიმძლავრით. მარეგულირებელი ორგანოს რეაქცია რეგულატორზე ამცირებს მის მგრძობიარობას, რაც აუარესებს რეგულირების ხარისხს.



ნახ.8.7. პირდაპირი ქმედების ავტომატური დონის ტივტივა რეგულატორის სქემა

განხილული სქემის შემთხვევაში მარეგულირებელი ორგანო გადაადგილდება სარეგულირებელი ობიექტის ენერჯის ხარჯზე, კერძოდ, სითხის დონის ცვლილების ხარჯზე. ამასთან დონის აწვეისას ტივტივა გადაადგილდება ამომგდები ძალის მოქმედებით, ხოლო დონის დაწვეისას ტივტივას წონის გაველნით. ცხადია, რომ ტივტივას სიდიდე ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ მის მიერ განვითარებული ძალვა ადელმატებოდეს სარქველის (დროსელური საფარის) გადაადგილების ძალვას.

ნახ.8.8 ნახვენებია არაპირდაპირი ქმედების ავტომატური დონის ტივტივა რეგულატორი. არაპირდაპირი რეგულირების დროს რეგულატორი აღმასრვლებელ მექანიზმზე მოქმედებს სპეციალური გამაძლიერებლის საშუალებით, რომელიც იკვებება დამხმარე ენერჯის წყაროდან. წვენ შემთხვევაში ტივტივა ბერკეტული სისტემით დაკავშირებულია მოძრავ ელექტრულ კონტაქტთან (2), რომელიც შეიძლება შეკრული იქნას უძრავ კონტაქტებთან B და M. ამისგან დამოკიდებულებით ელექტროძრავი (3) ბრუნავს ერთი ან მეორე მიმართულებით. ჭია რელუქტორის, ბერკეტებისა და მჭიმების სისტემის საშუალებით ელექტროძრავი ალებს ან კუტავს დროსელურ საფარს (4).



ნახ.8.8. არაპირ-
დაპირი ქმედების
ავტომატური დონის
ტივტივა რეგულა-
ტორის სქემა

აღწერილი სქემის შემთხვევაში მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილება წარმოებს ელექტრული აღმასრულებელი მექანიზმით, რომელიც იყენებს გარეშე წყაროს ენერჯიას.

§4. სტატიკური და ასტატიკური რეგულირება

ავტომატური რეგულირების დროს მიღებული შედეგებისაგან დამოკიდებულებით ასხევეებენ ავტომატური რეგულირების ორ სახეს: სტატიკურ ანუ პროპორციულ რეგულირებას და ასტატიკურ ანუ ინტეგრალურ რეგულირებას (პროპორციულ რეგულირებას ეწოდება, აგრეთვე, Π - რეგულირება, ხოლო ინტეგრალურს - I რეგულირება).

სტატიკური რეგულირება ეწოდება ისეთ რეგულირებას, რომლის დროსაც სარეგულირებელი სიდიდე რეგულირების ობიექტზე სხვადასხვა გარე შემოქმედების (მაგალითად დატვირთვა) დროს გარდამავალი პროცესის დამთავრებისას ღებულობს შემოქმედების სიდიდისაგან დამოკიდებულ სხვადასხვა მნიშვნელობას; ამასთან, სარეგულირებელი სიდიდის გადახრა საშუალო (პროგრამულ) მნიშვნელობიდან არ უნდა გამოდიოდეს რეგულირების ხონის სასდვრებიდან.

დაეუბრუნდეთ ავსში წყლის დონის ავტომატური რეგულირების მაგალითს (იხ.ნახ.8.7). წყლის ხარჯის (Q_2) გაზრდის დროს წყლის დონე ავსში დაეცემა, ტივტივა დაიწევს და დროსელური საფარის გადაადგილება გამოიწვევს ავსში სითხის მოღინების (Q_1) გაზრდას. წყლის დონის ახალი გარკ-

ვეული მნიშვნელობის დროს ავსში დამყარდება წონასწორობა, რომლის დროსაც სითხის მოდინება გაუტოლდება მის მოხმარებას ($Q_1=Q_2$). რაც მეტი იქნება წყლის მოხმარება, უფრო მეტად იქნება გადებული სარქველი წონასწორობის მდგომარეობაში და, მაშასადამე, ტივტივა(ც და წყლის ახალი დონე(ც დაბლა იქნება განლაგებული. ცხადია, რომ უდიდესი მოხმარება, რომელიც შეიძლება უზრუნველყოს სისტემამ, მიიღწევა დროსელური საფარის მთლიანად გახსნის შემთხვევაში; მოხმარება იქნება მაქსიმალური, ხოლო წყლის დონე ავსში – მინიმალური. თუ მოხმარება გაუტოლდება ნულს ($Q_2=0$), წყლის დონე იქნება მაქსიმალური, ხოლო სარქველი იქნება მთლიანად დაკეტილი ($Q_1=0$). ამრიგად, სარეგულირებელ წყლის დონე რეგულირების სტატიკურ სისტემაში შესაძლებელია მერყეობდეს H_{max} -დან H_{min} -მდე.

მარეგულირებელი ორგანოს მდებარეობის დამოკიდებულება სარეგულირებელი პარამეტრის მნიშვნელობისაგან, განხილული მაგალითის შემთხვევაში, მათემატიკურად შეიძლება გამოისახოს დამოკიდებულებით

$$S = K_1 \cdot P, \quad (8.1)$$

სადაც S არის მარეგულირებელი ორგანოს (დროსელური საფარის) მდებარეობა; განისაზღვრება წრფივ ან კუთხურ ერთეულებში რაიმე საწყისი (ნულოვანი) მდებარეობიდან;

P – სარეგულირებელი პარამეტრის (წყლის დონე) მნიშვნელობა, რომლის ათვლაც წარმოებს რაიმე საწყისი (ნულოვანი) მნიშვნელობიდან;

K_1 – პროპორციულობის კოეფიციენტი.

სტატიკური რეგულირების დროს მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილების სინქარე, სარეგულირებელი პარამეტრის ცვლილების სინქარის პროპორციულია, ე.ი.

$$\frac{ds}{dt} = K_1 \frac{dp}{dt}; \quad (8.2)$$

აქ $\frac{ds}{dt}$ არის მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილების სინქარე;

$\frac{dp}{dt}$ – სარეგულირებელი პარამეტრის ცვლილების სინქარე.

ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება დაეასკვნათ შემდეგად:

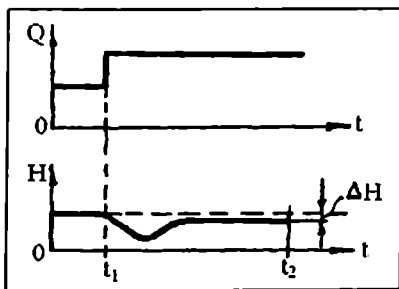
ა) სტატიკური რეგულირების დროს სისტემის წონასწორობა შესაძლებელია სარეგულირებელი სიდიდის სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს;

ბ) სარეგულირებელი სიდიდის თითოეულ მნიშვნელობას შეესაბამება მარეგულირებელი ორგანოს გარკვეული მდებარეობა.

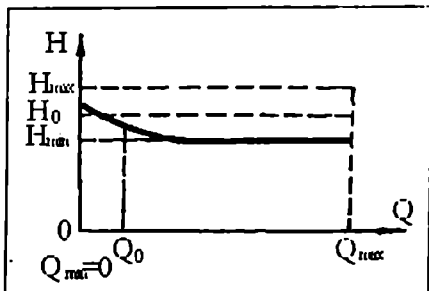
ნახაზებზე 8.9 და 8.10 მოცემულია სარეგულირებელი პარამეტრის ცვლილების გრაფიკი სტატიკური რეგულირების დროს და სტატიკური რეგულირების მახასიათებელი.

სარეგულირებელი პარამეტრის გადახრას მისი პროგრამული მნიშვნელობიდან ეწოდება სისტემის აბსოლუტური სტატიკური ცდომილება, ე.ი.

$$\Delta H = H - H_0. \quad (8.3)$$



ნახ.8.9. სარეგულირებელი პარამეტრის ცვლილების გრაფიკი სტატიკური რეგულირების დროს



ნახ.8.10. სტატიკური რეგულირების მახასიათებელი

აბსოლუტური ცდომილების შეფარდებას პროგრამულ მნიშვნელობასთან ეწოდება ფარდობითი სტატიკური ცდომილება

$$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{H - H_0}{H_0}. \quad (8.4)$$

ზონის ფარდობით სიგანეს

$$\frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_0}$$

ეწოდება რეგულირების სისტემის უთანაბრობის კოეფიციენტი, ანუ სისტემის სტატიზმი

$$\delta = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_0} = \frac{\text{ცლილობა}}{\text{შეშოთება}}. \quad (8.5)$$

აქ H_{\max} და H_{\min} შესაბამისად წყლის მაქსიმალური და მინიმალური დონეებია ავსში, რომელთაც შეესაბამებათ წყლის მოხმარების (Q_2 -ის) უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობები.

ნახ.8.9 ნახს, რომ დატვირთვის ნახტომისებურად გადახრისას t_1 მომენტში საპროგრამო მნიშვნელობიდან, სარეგულირებელი პარამეტრი გარკვეული დროის გაელის შემდეგ t_2 მომენტში დაბრუნდება ახალ წონასწორობის მდგომარეობას (როდესაც სითხის მოდინება უტოლდება მის მოხმარებას). ეს შესაძლებელია მარეგულირებელი ორგანოს ახალი მდებარეობის დროს, ე.ი. სარეგულირებელი პარამეტრის პროგრამულ მნიშვნელობასთან შედარებით განსხვავებული მნიშვნელობის შემთხვევაში (სარეგულირებელი პარამეტრის ახალი მნიშვნელობის დროს). ამ შემთხვევაში სარეგულირებელი პარამეტრი გადაიხრება ΔP სიდიდით (იხ. ნახ.8.7).

სტატიკური რეგულირების დადებითი თვისებაა რეგულირების სისწრაფე და მდგრადი ფუნქციონალური დამოკიდებულება მარეგულირებელ ორგანოსა და სარეგულირებელ პარამეტრს შორის, ხოლო უარყოფითი მხარეა სტატიკური ცლილობის არსებობა.

ასტატიკური რეგულირება ეწოდება ისეთ რეგულირებას, რომლის დროსაც რეგულირების ობიექტზე სხვადასხვა გარე შემავლელთაგან შემდგომი (მაგალითად დატვირთვა) დროს გარდაამავალი პროცესის დამთავრებისას სარეგულირებელი სიდიდის გადახრა პროგრამული მნიშვნელობიდან უტოლდება ნულს, ე.ი. აღსდგება სარეგულირებელი სიდიდის პროგრამული მნიშვნელობა.

ავსში წყლის დონის ავტომატური რეგულირების ასტატიკური სისტემის პრინციპიალური სქემა განმარტებულია არაპირდაპირი ქმედების ავტომატური დონის ტივტივა რეგულატორის (იხ. ნახ. 8.8) მაგალითზე. ავსში სითხის დონის ცვლილებისაგან დამოკიდებულებით ტივტივა გადაადგი-

ღებს მოძრავ ელექტრულ კონტაქტს, რომელიც გაუშვებს ელექტროძრავს შესაბამისად “წინ” და “უკან” მიმართულებით. ამრიგად, განხორციელება დროსეღური საფარის მდებარეობის მართვა. ძრავი გამოირთვება მაშინ, როდესაც წყლის დონე ავსში მიაღწევს პროგრამულ მნიშვნელობას.

მარეგულირებელი ორგანოს სინქარე ასტატიკური რეგულირების დროს პროპორციულია სარეგულირებელი პარამეტრის გადახრის სიდიდისა. მათემატიკურად აღნიშნული შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად

$$\frac{ds}{dt} = K_2 P, \quad (8.6)$$

სადაც $\frac{ds}{dt}$ არის მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილების სინქარე;

P - სარეგულირებელი პარამეტრის გადახრა პროგრამული მნიშვნელობიდან;

K_2 - პროპორციულობის კოეფიციენტი.

8.6 განტოლების ინტეგრირების შედეგად მივიღებთ დამოკიდებულებას მარეგულირებელი ორგანოს მდებარეობასა და სარეგულირებელი პარამეტრის (კვლილებას შორის

$$S = K_2 \int p dt + S_0. \quad (8.7)$$

აქ S_0 არის დროსეღური საფარის საწყისი მდებარეობა დროის $t=0$ მომენტში. (აღვნიშნავთ, რომ S განისაზღვრება ნებისმიერი საწყისი ნულოვანი მდებარეობიდან, ხოლო P სარეგულირებელი პარამეტრის პროგრამული მნიშვნელობიდან).

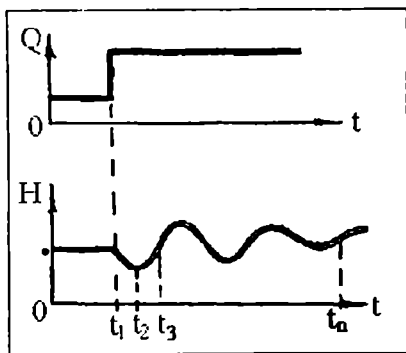
ასტატიკური სისტემის დამახასიათებელი თავისებურებებია:

ა) სისტემის წონასწორობა შესაძლებელია სარეგულირებელი სიდიდის მხოლოდ ერთი მნიშვნელობის დროს, რომელიც შეესაბამება მის პროგრამულ სიდიდეს;

ბ) მარეგულირებელ ორგანოს უნდა შეეძლოს დაიკავოს სხვადასხვა მდებარეობა, სარეგულირებელი სიდიდის ერთი და იგივე მნიშვნელობის დროს.

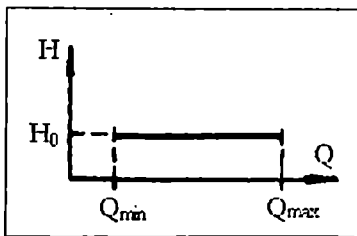
განვიხილოთ რეგულირების რეჟიმი გარდამავალი პროცესის დროს (ნახ.8.11). სითხის მოხმარების ნახტომისებურად გაზრდისას დროის t_1 მომენტში, წყლის დონე ავსში დაეკვიპა და ტივტივა დაეშვება ქვეით, რის შედეგადაც მოძრავი

ელექტრული კონტაქტი შეიკვრება M კონტაქტთან. ელექტროძრავა იწვევს ბრუნვას და დროსეულური საფარი იხსნება. სითხის მოდინება გაიზრდება და გაუტოლდება სითხის მოხმარებას. დროის t_2 მომენტში დონის დაცემა შეწყდება, მაგრამ სითხის დონე ავსში არ იქნება პროგრამული მნიშვნელობის შესაბამისი (ნაკლები იქნება). ამიტომ კონტაქტები დარჩება შეკრული და ძრავა განაგრძობს ბრუნვას იგივე მიმართულებით. სითხის მოდინება იზრდება, ვიდრე წყლის დონე ავსში არ გაუტოლდება საწყის პროგრამულ მნიშვნელობას. დროის t_3 მომენტში მოძრავი კონტაქტი (2) იკავებს ნეიტრალურ მდებარეობას, კონტაქტები განიროვება და ელექტროძრავი გაჩერდება. მაგრამ რეგულირების პროცესი გრძელდება Δt დროის განმავლობაში, რაც გაპირობებულია ელექტროძრავისა და რედუქტორის ინერციით. ეს გამოიწვევს დროსეულური საფარის დამატებით გახსნას და წყლის დონის აწევას. წყლის დონე ავსში გაუტოლდება პროგრამულს t_n დროის შემდეგ. ასტატიკური რეგულირების მახასიათებელი (ნახ.8.12) გვჩვენებს, რომ სარეგულირებელი პარამეტრის სიდიდე (სითხის დონე ავსში) არ არის დამოკიდებული დატვირთვისაგან (სითხის მოხმარებისაგან).



ნახ.8.11. სარეგულირებელი პარამეტრის ცვლილების გრაფიკი ასტატიკური რეგულირების დროს

ასტატიკური რეგულირების დადებითი თვისებაა სარეგულირებელი პარამეტრის პროგრამული მნიშვნელობის შენარჩუნების უნარი (ასტატიკური რეგულირების სტატიკში თეორიულად ნულის ტოლია), ხოლო უარყოფითი – დიდი ინერციულობა გარდამავალ რეჟიმში.



ნახ.8.12. ასტატიკური რეგულირების მახასიათებელი

§5. იზოდრომული რეგულირება

იზოდრომული რეგულირება (პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულირება, ანუ PI -რეგულირება) ხასიათდება სტატიკური და ასტატიკური რეგულირებისათვის დამახასიათებელი თვისებებით. მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილება დამოკიდებულია სარეგულირებელი პარამეტრის გადახრის სიდიდეზე და სიჩქარეზე (გადახრის სიდიდის ინტეგრალზე დროის მიხედვით).

ანალიზურად ეს კავშირი შეიძლება წარმოვადგინოთ განტოლების სახით:

$$\frac{ds}{dt} = K_1 \frac{dp}{dt} + K_2 P \quad (8.8)$$

მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილება განისაზღვრება გამოსახულებით

$$S = K_1 P + K_2 \int p dt + S_0. \quad (8.9)$$

იზოდრომული რეგულირება ხორციელდება შემდეგნაირად. მარეგულირებელი ორგანო თავდაპირველად გადაადგილდება სარეგულირებელი პარამეტრის პროგრამული მნიშვნელობიდან გადახრის სიდიდისაგან დამოკიდებულებით (სტატიკური რეგულირება), ხოლო შემდეგ ასრულებს დამატებით გადაადგილებას სტატიკური ცდომილების აცილებისათვის (ასტატიკური რეგულირება).

იზოდრომული რეგულირება იძლევა გაცილებით უკეთეს შედეგებს, ვიდრე სტატიკური და ასტატიკური. პროცესი მიმდინარეობს სწრაფად, უმნიშვნელო რხევებით და სარეგულირებელი პარამეტრი გარდამავალი პროცესის დამთავრებისას დებულობს პროგრამულ მნიშვნელობას.

§6. სარეგულირებელი ობიექტების ძირითადი თვისებები

სარეგულირებელი ობიექტების ძირითად თვისებებს მიეკუთვნება: 1) ობიექტის ტევადობა; 2) თვითგათანაბრება; 3) გაქანების დრო და ობიექტის გაქანების სინქარე; 4) დაგვიანება.

ობიექტის ტევადობა. სარეგულირებელი ობიექტის ტევადობა ანუ სააკუმულაციო უნარი ეწოდება რეგულირების ობიექტში დაგროვილი ენერჯიის ან ნივთიერების მარაგს (სითხის დონე, აირის წნევა, სითბოს რაოდენობა, გარემოს ტენიანობა, ხსნარების კონცენტრაცია და სხვ.). სოცადი სახით ობიექტის ტევადობა განისაზღვრება ნივთიერების ან ენერჯიის დაგროვების ხარისხით. ტევადობის სიდიდე დამოკიდებულია სარეგულირებელი ობიექტის სომეზზე. სარეგულირებელი ობიექტის მცირე ტევადობის შემთხვევაში სწრაფად იცვლება სარეგულირებელი პარამეტრი მუშა გარემოს (სითხის დონე ან ტემპერატურა) მოდინებასა და მოხმარებას შორის ბალანსის დარღვევისას. ობიექტის დიდი ტევადობა ამცირებს სარეგულირებელი პარამეტრის შეცვლის სინქარეს. აქედან დასკვნა - დიდი ტევადობის მქონე ობიექტები გამოირჩევიან მეტი მდგრადობით, ე.ი. მათი რეგულირება გაადვილებულია. მაგალითად, რამდენადაც დიდია წყლის ავზის ტევადობა, იმდენად ნელა იცვლება წყლის დონე; რამდენადაც დიდია ორთქლის ქვების ტევადობა, იმდენად ნელა იცვლება ორთქლის წნევა, ქვებში ორთქლის მოხმარების ცვალებადობის დროს.

ასხვაეებენ ერთტევადიან და მრავალტევადიან ობიექტებს, ტევადობას მოდინებისა და მოხმარების მხარეზე. ერთტევადიანი ობიექტის მაგალითს წარმოადგენს ჭურჭელი, რომელშიც წარმოებს სითხის დონის რეგულირება. ორი ჭურჭელი შეერთებული მოკლე მილით, როდესაც მოდინება წარმოებს ერთ ჭურჭელში, ხოლო მოხმარება მეორე ჭურჭლიდან, წარმოადგენს ორტევადიან ობიექტს. მილის მოკლე უბანი, რომელშიც ხდება ხარჯის ან წნევის რეგულირება, შეიძლება განვიხილოთ, როგორც უტევადო ობიექტი. მოდინების მხარეზე ტევადობის მაგალითს წარმოადგენს თბოტენიანობით დამუშავების რეჟიმის კამერებში სითბოს რაოდენობა, რომელსაც შეიცავს კამერაში შესული ორთქლი, ხოლო ტევა-

დობა მოხმარების მხარეზე განისაზღვრება სითბოს რაოდენობით, რომელსაც შეიცავს გასაორთქლი რკინაბეტონის ნაკეთობა გახურების შემდეგ.

ობიექტის ტევეადობა ხასიათდება ტევეადობის კოეფიციენტით. ტევეადობის კოეფიციენტი ეწოდება ენერჯის ან ნუვთიერების იმ რაოდენობას, რომელიც საჭიროა მიეყვანოს იქნას ობიექტში ან არჩეული იქნეს მისგან, რათა სარეგულირებელი სიდიდე შეიცვალოს სომის ერთეულით. მაგალითად, ობიექტში ტემპერატურის რეგულირების დროს, ტევეადობის კოეფიციენტი განისაზღვრება სითბოს იმ რაოდენობით კალორიებში, რომელიც საჭიროა ობიექტში ტემპერატურის შესაცვლელად 1°C -ით; ავსში სითხის ღონის რეგულირებისას - სითხის რაოდენობით (მ^3 -ში), რომელიც აუცილებელია ავსში ღონის შესაცვლელად 1 მ-ით. უმეტეს შემთხვევებში ტევეადობის კოეფიციენტი ცვლადი სიდიდეა.

სოგადი სახით ტევეადობის კოეფიციენტი შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით

$$K_r = \frac{C}{R}, \quad (8.10)$$

სადაც C არის ობიექტის ტევეადობა;

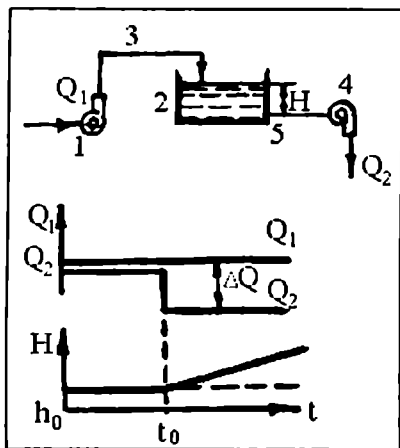
R - სარეგულირებელი სიდიდე.

ტევეადობის კოეფიციენტის შებრუნებულ სიდიდეს ეწოდება ობიექტის მგრძობიარობა შემაშფოთებელი სემოქმედებისადმი.

რეგულირების პროცესის თვითგათანაბრება. რეგულირების პროცესის გათანაბრება გულისხმობს ოპერატორის ან რეგულატორის მოქმედების შედეგად მოდინებასა და მოხმარებას შორის ბალანსის დამყარებას.

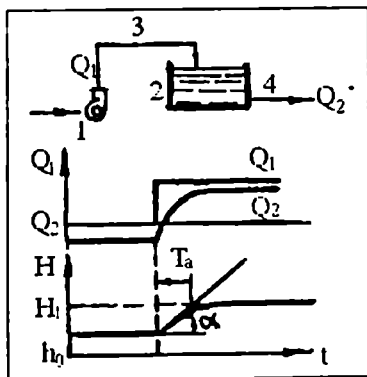
რეგულირების პროცესის თვითგათანაბრება ეწოდება სარეგულირებელი ობიექტის თვისებას, მოდინებასა და მოხმარებას შორის წონასწორობის დარღვევის შემდეგ, დამოუკიდებლად დაუბრუნდეს წონასწორობის მდგომარეობას ოპერატორის ან რეგულატორის მონაწილეობის გარეშე.

განვიხილოთ მაგალითი. ვთქვათ სითხე იწეხება ტემპითი (1) ავსში (2) (ნახ.8.13). ავსიდან სითხე ამოიტუმბება ტემპითი (4) მილის (5) საშუალებით. მოდინებასა (Q_1) და მოხმარებას (Q_2) შორის წონასწორობის დარღვევისას სითხის ღონე ავსში მაქსიმალურად აიწევს ან დაიწევს. ამ შემთხვევაში პროცესს არ გაანინია თვითგათანაბრების თვისება.



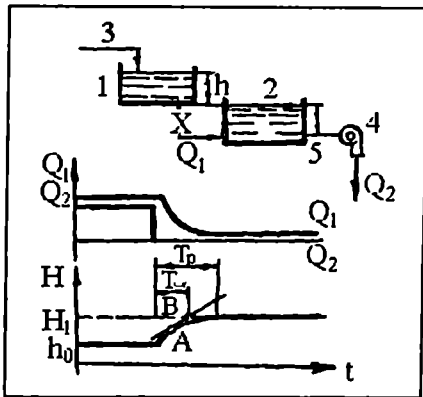
ნახ.8.13. ასტატიკური ობიექტის სქემა და დატვირთვის ცვლილების გრაფიკი

ნახ.8.14-ის შემთხვევაში ავ'ში სითხე მიეწოდება ტუმბოთი, ხოლო მოხმარება ხორციელდება თავისუფლად, ავ'ის ფსკერთან მიერთებული მილის (5) საშუალებით. მოდინებასა და მოხმარებას შორის წონასწორობის დარღვევის შემთხვევაში სითხის დონე ავ'ში შეიცვლება. თუ $Q_1 > Q_2$ დონე აიწევს. ჰიდროსტატიკური წნევის გაზრდის გამო გაიზრდება მოხმარება (Q_2) და გარკვეული დროის შემდეგ დამყარდება წონასწორობა ($Q_1 = Q_2$). ამასთან სითხის დონის ზრდას ადგილი აღარ ექნება. მოდინების შემცირების შემთხვევაში სითხის დონე დაიწევს, შემცირდება ჰიდროსტატიკური წნევა და კვლავ აღსდგება წონასწორობა ავ'ში სითხის დონის ახალი (ნაკლები) მნიშვნელობის დროს.



ნახ.8.14. სტატიკური ობიექტის სქემა და დატვირთვის ცვლილების გრაფიკი

თუ სითხე ავსში (2) მოედინება რეზერვუარიდან (1) (ნახ. 8.15), რომელშიაც სითხის დონე პრაქტიკულად უცვლელია, ხოლო ავსიდან ამოიტუმბება ტუმბოთი (4), მაშინ Q_1 და Q_2 შორის წონასწორობის დარღვევის შემთხვევაში სითხის დონე (H) შეიცვლება, რის გამოც შეიცვლება სითხის დონეთა სხვაობა (h) რეზერვუარსა და ავსის შორის. თუ მოხმარება – Q_2 გაიზრდება, h-იც გაიზრდება და შესაბამისად მოიმატებს მოდინებაც (Q_1). რამდენიმე ხნის შემდეგ დამყარდება წონასწორობის ახალი მდგომარეობა. მოდინების (Q_1) შემცირება გამოიწვევს h-ის შემცირებას; შესაბამისად შემცირდება მოხმარება (Q_2) და წონასწორობა აღდგება, დონის შემდგომი მატება შეწყდება. განხილულ მაგალითში რეგულირების პროცესს გააჩნია თვითგათანაბრების თვისება. ნახ.8.14-ის შემთხვევაში თვითგათანაბრებას ადგილი აქვს მოხმარების მხარეზე, ხოლო ნახ. 8.15-ის შემთხვევაში კი მოდინების მხარეზე.



ნახ.8.15. სარეგულირებო ობიექტის სქემა თვითგათანაბრებით მოდინების მხარეზე და დატვირთვის ცვლილების გრაფიკი

თვითგათანაბრება შეიძლება იყოს დადებითი და უარყოფითი. ობიექტები დადებითი თვითგათანაბრების თვისებით ხასიათდებიან იმით, რომ სარეგულირებელი სიდიდის ცვლილებისას დარღვეული წონასწორობა აღსდგება ოპერატორისა და რეგულატორის მონაწილეობის გარეშე (მდგრადი ობიექტები).

ობიექტები, რომლებიც თვითგათანაბრებით ხასიათდებიან და დარღვეული წონასწორობა მიისწრაფვის თვითმატებისაკენ, არამდგრადი ეწოდებათ.

ობიექტის თვითგათანაბრების უნარი ხასიათდება თვითგათანაბრების ხარისხით ან კოეფიციენტით:

$$\nu = \frac{d(q_1 - q_2)}{dx} = \frac{dq}{dx}, \quad (8.11)$$

სადაც q_1 არის სითბოს, სითხის, აირის და ა.შ. ფარდობითი მოდინება ობიექტში;

q_2 - სითბოს, სითხის, აირის და ა.შ. ფარდობითი მოხმარება ობიექტიდან;

q - დროის მოცემულ მომენტში ობიექტში მოდინებისა და მოხმარების ფარდობითი სხვაობა;

x - ობიექტში სარეგულირებელი სიდიდის ფარდობითი გადახრა.

თვითგათანაბრება განაპირობებს სარეგულირებელი ობიექტის მდგრადობას და აადვილებს რეგულირების პროცესს (რეგულატორის მუშაობას). რაც მეტია თვითგათანაბრების ხარისხი (ν), იმდენად მდგრადია რეგულირების პროცესი (სწრაფად აღსდგება ხანმოკლე შემაშფოთებელი შემოქმედებით დარღვეული წონასწორობა).

ამრიგად, ავტომატური რეგულირების ობიექტები იყოფიან: მდგრად (ხასიათდებიან თვითგათანაბრების თვისებით), ე.წ. სტატიკურ ობიექტებად; ნეიტრალურ (თვითგათანაბრების თვისება არ გააჩნიათ), ე.წ. ასტატიკურ ობიექტებად და არამდგრად (ხასიათდებიან უარყოფითი თვითგათანაბრების თვისებით) ობიექტებად.

გაქანების დრო და ობიექტის გაქანების სიჩქარე დრო, რომლის განმავლობაშიც სარეგულირებელი პარამეტრი შეიცვლება საწყისი მნიშვნელობიდან (h_0) ახალ მნიშვნელობამდე (H_1), იწოდება რეგულირების ობიექტის დროის მუდმივად (T_a). იგი ახასიათებს ობიექტის ინერციულობას და დამოკიდებულია ობიექტის ტევადობის კოეფიციენტზე.

ერთტევადიანი ობიექტის შემთხვევაში დრო (T_a) (ნახ.8.15) განისაზღვრება გაქანების მრუდზე აღებულ ნებისმიერ A წერტილში გავლებული მხების გადაკვეთით სარეგულირებელი პარამეტრის H დამყარებული მნიშვნელობის შესაბამის ხაზთან B წერტილში.

გაქანების დრო ($T_{გაქ}$) ეწოდება პერიოდს, რომლის განმავლობაშიც სარეგულირებელი პარამეტრი იცვლება ნულიდან

თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე მყისიერი შემაშფოთებელი უემოქმედების შედეგად. მიიღება, რომ ცვლილების სინქარე რჩება მუდმივი და დატვირთვა არ არსებობს.

რეგულირების ობიექტის დროის მუდმივა T_a განსაზღვრავს ობიექტის გაქანების დროს, როდესაც თვითგათანაბრებას ადგილი არა აქვს.

განხილულ მაგალითში გაქანების დრო წარმოადგენს დროს, რომლის განმავლობაშიც ავსის ტევადობა აღწევს მინიმუმს ან მაქსიმუმს მოდინებასა და მოხმარებას შორის მაქსიმალური სხვაობის არსებობისას.

$$\text{განხილული მაგალითისათვის } T_{\text{აქ}} = \frac{H_{\text{max}} F}{Q_{\text{max}}}, \quad (8.12)$$

სადაც H_{max} არის სითხის დონის შესაძლო უდიდესი მნიშვნელობა;

F – ავსის განივკვეთის ფართი;

Q_{max} – მოდინება ან მოხმარება ობიექტში წონასწორობის მაქსიმალურად დარღვევის დროს.

გაქანების დროის შებრუნებულ სიდიდეს ეწოდება გაქანების სინქარე ან ობიექტის მგრძნობიარობა შემაშფოთებელი უემოქმედებისადმი

$$\varepsilon = \frac{1}{T_{\text{აქ}}}. \quad (8.13)$$

გაქანების სინქარე წარმოადგენს სარეგულირებელი პარამეტრის შეცვლის სინქარეს მაქსიმალური შემაშფოთებელი უემოქმედებისას.

თვითგათანაბრების დრო მიახლოებით შეიძლება განსაზღვრული იქნეს ფორმულით

$$t = \frac{3T_{\text{აქ}}}{\nu}, \quad (8.14)$$

სადაც ν ობიექტის თვითგათანაბრების კოეფიციენტიცაა.

დაგვიანება. სარეგულირებელი სიდიდის შეცვლა ხორციელდება შემაშფოთებელი უემოქმედების წარმოქმნის მომენტიდან გარკვეული დროის შემდეგ, რომელსაც რეგულირების პროცესის დაგვიანების დრო ეწოდება.

ორტევადიან და მრავალტევადიან ობიექტებს გაანნიათ გადამცემი და გარდამავალი დაგვიანებები, ხოლო ერთტევადიან ობიექტებს მხოლოდ გადამცემი დაგვიანება.

გადამცემი (სატრანსპორტო, დისტანციური ან სუფთა) დაგვიანება არის დრო, რომლის განმავლობაშიც სარეგულირებელი სიდიდე შემაშფოთებელი შემოქმედების მიუხედავად არ იცვლება. გადამცემი დაგვიანება დამოკიდებულია ობიექტის დატვირთვაზე. რაც მეტია დატვირთვა, იმდენად ნაკლებია გადამცემი დაგვიანება, ვინაიდან მგრძნობიარე ელემენტი (გადამწოდი) შემაშფოთებელ შემოქმედებაზე რეაგირებას მოახდენს ადრე. გადამცემი დაგვიანება დამოკიდებულია, აგრეთვე, ობიექტის ტევადობაზე. რაც მეტია ტევადობა, იმდენად მეტია გადამცემი დაგვიანების დრო. დიდი გადამცემი დაგვიანება ართულებს რეგულირების პროცესს.

გარდამავალი (ტევადური) დაგვიანება არის დრო, რომელიც დამოკიდებულია ობიექტის ტევადობებს შორის თბური, კიდრავლიკური და სხვა წინააღმდეგობებისაგან, ე.ი. გარდამავალი დაგვიანება პრაქტიკულად ხასიათდება იმ დროით, რომელიც საჭიროა ტევადობებს შორის წინააღმდეგობების დასაძლევად. გარდამავალი დაგვიანება უარყოფითად მოქმედებს რეგულირების ხარისხზე.

გადამცემი და გარდამავალი დაგვიანებების ჯამი იწოდება მთლიანი დაგვიანების დროდ:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2. \quad (8.15)$$

რაც მეტია მთლიანი დაგვიანების დრო, იმდენად ძნელი სარეგულირებელია პროცესი.

დაგვიანების თვისებით ხასიათდება არა მარტო სარეგულირებელი ობიექტი, არამედ თვითონ რეგულატორიც. რეგულატორის დაგვიანება მიეკუთვნება გარდამავალ დაგვიანებას.

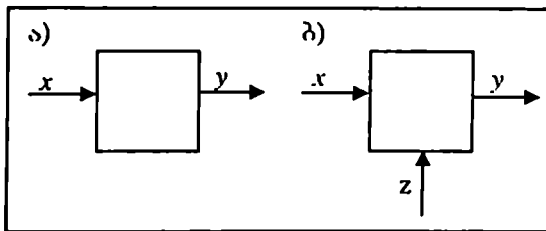
დიდი დაგვიანებით ხასიათდება ობიექტები, რომლებშიც წარმოებს ტემპერატურის რეგულირება, ხოლო მცირე დაგვიანებებით — ობიექტები, სადაც ხორციელდება სითხის მოხმარების რეგულირება.

ავტომატური რეგულირების თეორიის ელემენტები

§1. ავტომატური რეგულირების სისტემების (АР) ფუნქციონალური სქემები. სისტემების რბოლების ცნება

ავტომატური სისტემა შესაძლოა წარმოდგენილი იქნას სამგვარად: სისტემის ფიზიკური, ანუ კონსტრუქციული, ფუნქციონალური და სტრუქტურული სქემის სახით. სქემა შედგება ცალკეული ელემენტებისაგან. ავტომატური მოწყობილობის ელემენტი ეწოდება მის შემადგენელ ნაწილს, რომელიც ასრულებს დამოუკიდებელ ფუნქციას. კონსტრუქციული სქემის მიხედვით დგება ფუნქციონალური სქემა, ხოლო ამ უკანასკნელის საფუძველზე ავტომატური მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა.

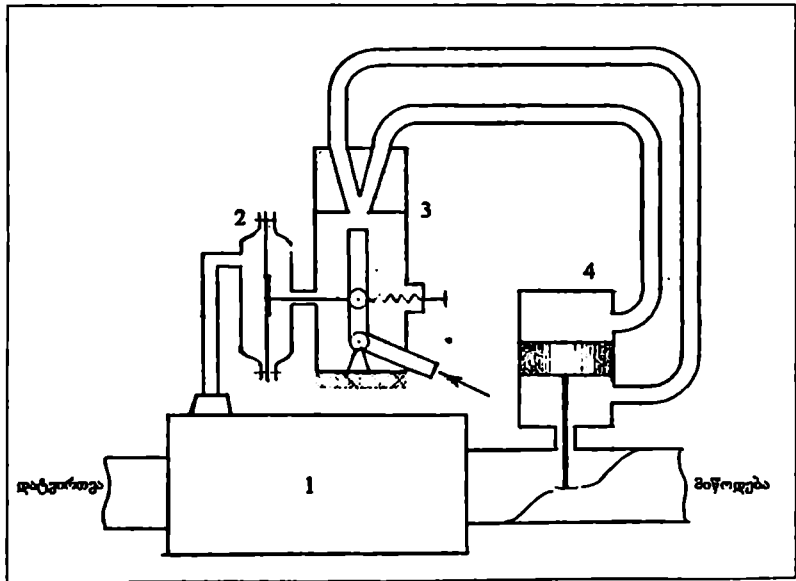
ავტომატიკის ძირითად ელემენტებს, რომლებიც გამოიყენება ავტომატური რეგულირების სისტემებში, წარმოადგენენ: გამზომი ელემენტი, მმართველი (დამკვირვებელი) ელემენტი, შემდარებელი ელემენტი, გამაძლიერებელი ელემენტი, შემსრულებელი (აღმასრულებელი) ელემენტი. 9.1 ნახაზზე ნაჩვენებია ავტომატური მოწყობილობის ელემენტის პირობითი გამოსახვა. შემავალი და გამომავალი სიდიდეები (სიგნალები) ნაჩვენებია ისრებით. ნახაზზე 9.1ბ მოცემულია ელემენტის პირობითი გამოსახვა, რომელსაც აქვს ორი შემავალი x , z და ერთი გამომავალი y სიდიდე.



ნახ.9.1. ავტომატური მოწყობილობების ელემენტების გამოსახვა: ა) ერთი შემავალი და ერთი გამომავალი სიგნალით; ბ) ორი შემავალი და ერთი გამომავალი სიგნალით

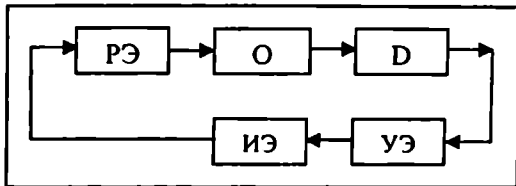
9.2 ნახაზზე წარმოდგენილია ობიექტში გაზის წნევის რეგულატორის კონსტრუქციული (პრინციპიალური) სქემა. სქემაზე 1 არის ობიექტი; 2 - მემბრანული მგრძნობიარე ელემენტი; 3 - ჭავლური მილაკი, გამაძლიერებელი; 4 - შემსრულებელი (აღმასრულებელი) მოწყობილობა, ძალური ცილინდრი; 5 - მარეგულირებელი სარქველი.

სქემა მუშაობს შემდეგნაირად, თუ დატვირთვის გაზრდის შედეგად ობიექტში (1) გაზის წნევა დაეცემა, წნევის შემცირება გადაეცემა მგრძნობიარე ელემენტის - გარდამსახის (2) მარცხენა ღრუში. მემბრანის წინასწრობა დაირღვევა, იგი გადმოიწევა მარცხნივ და ერთდროულად გადაადგილებს მარცხნივ ჭავლურ მილაკს (3). ამასთან, სერვომძრავის ქვედა ღრუში წნევა გაიზრდება, ღრუში აიწეეს სვეით და მარეგულირებელი სარქველი გაიღება. ობიექტში (1) მიწოდებული გაზის რაოდენობა გაიზრდება და მასში წნევა აღდგება. დატვირთვის შემცირების შემთხვევაში პროცესი წარიმართება უკუ მიმართულებით.



ნახ.9.2. ობიექტში გაზის წნევის რეგულატორის კონსტრუქციული სქემა

9.3 ნახაზზე აგებულია ფუნქციონალური სქემა, 9.2 ნახაზზე მოცემული კონსტრუქციული (პრინციპიალური) სქემის მიხედვით. იგი სქემატურად გამოსახავს ავტომატურ მოწყობილობას, გამოხატავს ელემენტების შემადგენლობას და მათ დანიშნულებას, აგრეთვე, ელემენტებს შორის ურთიერთქმედებას. ამდენად, ფუნქციონალურ სქემას ხშირად ელემენტურ სქემასაც უწოდებენ. 9.3 ნახაზზე: O არის ობიექტი; D – გარდამსახი – მგრძობიარე ელემენტი-მემბრანა; Y3 – მაძლიერებელი ელემენტი (ჭაველური მილაკი); H3 – აღმასრულებელი ელემენტი – ძალური ჰიდრაულიკური ცილინდრი; P3 – მარეგულირებელი ელემენტი-სარქველი.

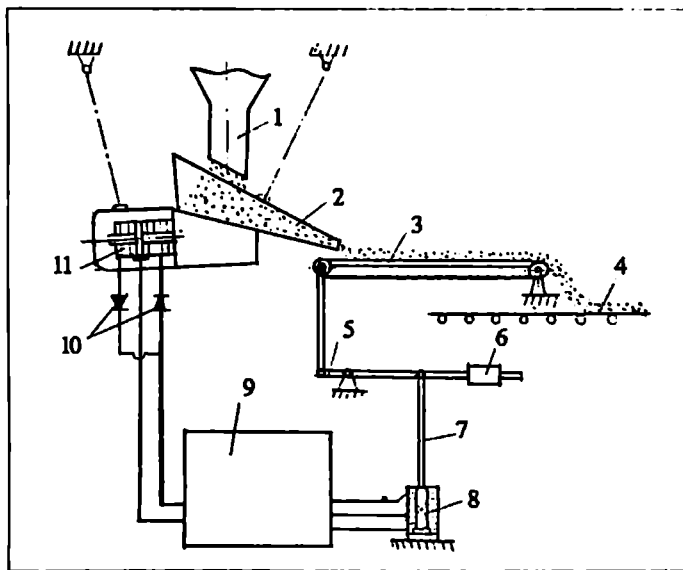


ნახ.9.3. არაპირდაპირი ქმედების რეგულატორის ფუნქციონალური სქემა

9.4 ნახაზზე მოცემულია უწყვეტი ქმედების ავტომატური წონითი დოზატორის კონსტრუქციული (პრინციპიალური) სქემა. ნახაზზე აღნიშნულია: 1 – ბუნკერი მასალისათვის, 2 – ვიბროლარი, 3 – წონითი ტრანსპორტერი, 4 – საკრები ტრანსპორტერის ღენტა, 5 – მხრეული, 6 – მაწინასწორებელი ტვირთი, 7 – საწვევი, 8 – ინდუქციური გარდამსახი, 9 – ავტომატიკის ხელსაწყობის ბლოკი, 10 – გამმართველები, 11 – ელექტრომაგნიტური ვიბრატორი.

სქემა მუშაობს შემდეგნაირად: მასალა (1) ბუნკერიდან მიეწოდება (2) ვიბროლარში, რომელიც იმყოფება ვიბრაციის შემოქმედების ქვეშ. ღარი თანაბრად გამოყრის მასალას (3) წონით ტრანსპორტიორზე, რომელიც რეგულირებულია (6) ტვირთით განსაზღვრულ მწარმოებლურობაზე. წონითი ტრანსპორტიორიდან მასალა უწყვეტი ნაკადით მიეწოდება (4) საკრებ ტრანსპორტიორის ღენტზე და მიემართება შემრევი მანქანის დოლში. დოზირების სიზუსტე უზრუნველყოფილია წონითი მექანიზმის მხრეულის მდგომარეობასა და (11) ელექტრომაგნიტური ვიბრატორის კოჭებზე დაბვას შორის

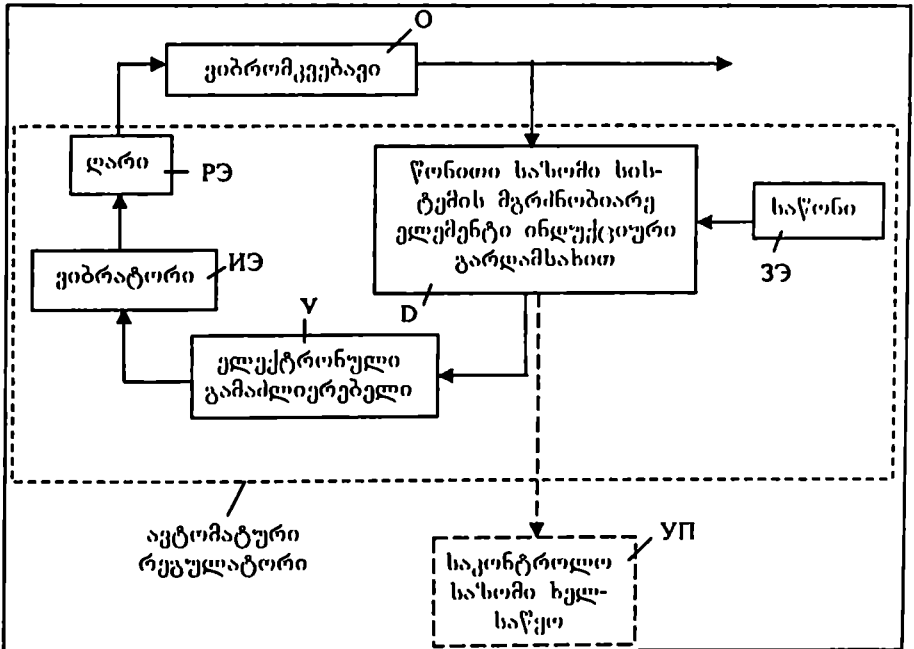
კავშირით, რომელიც რეგულირდება სისტემაში ჩართული (8) ინდუქციური გარდამსახით. თუ მასალის წონა, რომელიც იმყოფება მოცემულ მომენტში წონით ტრანსპორტიორზე, აღმონდება მოცემულზე მეტი, მაშინ ბერკეტების სისტემა ამოქმედდება და (5) მხრეულის ბოლო, რომელზედაც დამაგრებულია (6) ტვირთი, აიწევა ზევით და თან წაიტაცებს (7) საწვეს, რომელიც დაკავშირებულია (8) ინდუქციური გარდამსახის გულართან. გარდამსახი მიაწოდებს იმპულსს (9) ავტომატიკის ხელსაწყოების ბლოკის მაძლიერებლებით და ძაბვა ელექტრომაგნიტური ვიბრატორის კოჭებზე შემცირდება. ძაბვის შემცირება იწვევს (2) ვიბროლარის რხევების ამპლიტუდის შემცირებას, რის შედეგადაც მასალა წონით ტრანსპორტიორზე მიეწოდება ნაკლები ინტენსივობით



ნახ.9.4. უწყვეტი ქმედების ავტომატური წონითი დოზატორის სქემა და (5) მხრეული კვლავ დაიკავებს პორისონტალურ მდგომარეობას. მასალის წონის შემცირებისას წონით ტრანსპორტიორზე ავტომატიკის სისტემის მოქმედება გამოიწვევს ვიბრატორის კოჭებზე ძაბვის გაზრდას, და მასალის ნაკადი გაიზრდება. ამგვარად, (8) გარდამსახი ვიბრატორის კოჭებზე ძაბვის ცვლი-

ლებით ინარჩუნებს მუდმივ წონასწორობას წონით ტრანსპორტიორსა და (6) ტვირთს შორის, რითაც უზრუნველყოფილია მასალის უწყვეტი ნაკადის წონითი სტაბილურობა.

9.5 ნახაზზე წარმოდგენილია უწყვეტი ქმედების ავტომატური წონითი დოზატორის ფუნქციონალური სქემა, რომელიც შეესაბამება 9.4 ნახაზზე ნაჩვენებ კონსტრუქციულ (პრინციპიალურ) სქემას. სქემაზე O-თი აღნიშნულია მართვის ობიექტი - მკვებავი, რომელიც მასალას აწოდებს კონვეიერის ლენტზე და საკუთრივ ავტომატური რეგულატორი, რომელიც შედგება ლენტური კონვეიერისაგან. იგი ასრულებს მართვის სისტემის მგრძობიარე ელემენტის როლს; მაძლიერებელ-გარდაამქმნელისაგან (წონითი მექანიზმი და ინდუქციური გარდამსახი D), რომელიც კონვეიერის ლენტზე მასალის მასის ცვლილებას გარდაქმნის ელექტრულ სიგნალად; შემსრულებელი ელემენტისაგან ИЭ, რომელიც აყალიბებს მართვის კანონს და მარეგულირებელი ელემენტის PЭ საშუალებით მოქმედებს მკვებავის მიერ მასალის ხარჯზე.

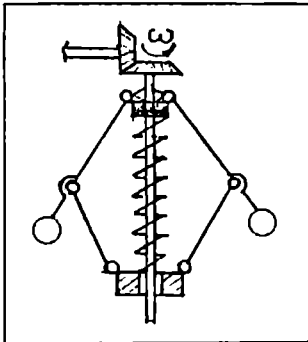


ნახ.9.5. ავტომატური წონითი დოზატორის ფუნქციონალური სქემა

ფუნქციონალური (ელემენტური) სქემის საფუძველზე აიგება ავტომატური მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა, რომელიც გამოსახავს ავტომატური მოწყობილობის დინამიკურ თვისებებს და განკუთვნილია ამ თვისებების გამოსაკვლევად (სტრუქტურული სქემის აგება გადმოცემული იქნება §6-ში).

ავტომატური მოწყობილობის სტრუქტურული სქემის უმარტივეს შემადგენელ ნაწილს, რომელიც გამოსატავს მის დინამიკურ თვისებებს, ეწოდება სტრუქტურული სქემის რგოლი. რეგულირების სტრუქტურული სქემის თითოეული რგოლი განიცდის თავის თავზე, სქემის სხვა რგოლების მხრიდან, ერთ ან რამდენიმე შემოქმედებას ან გარე აგზნებებს. თავის მხრივ თითოეული რგოლი, აგრეთვე, ახდენს შემოქმედებას ერთ ან რამდენიმე რგოლზე. რგოლში წარმოებს მასზე მოქმედი ფიზიკური სიდიდის გარდაქმნა შემოქმედების ფიზიკურ სიდიდეთ, რომლითაც მოცემული რგოლი მოქმედებს სხვა რგოლზე.

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც შემოქმედებს რგოლზე და წარმოადგენს მისი მდგომარეობის შეცვლის მიზეზს, ეწოდება შესასვლელი სიდიდე. ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ახასიათებს რგოლის მდგომარეობის შეცვლას და წარმოადგენს რგოლზე შემოქმედების შედეგს, ეწოდება გამოსასვლელი სიდიდე. 1784 წელს ჯემს უატის მიერ გამოგონილ ცენტრიდანულ რეგულატორის ლილვის ბრუნვის სიჩქარის შეცვლა (რგოლის გამოსასვლელი სიდიდე) იწვევს ქუროს განსაზღვრულ გადაადგილებას (რგოლის გამოსასვლელი სიდიდე) ნახ. 9.6.



ნახ.9.6. ცენტრიდანული მექანიზმი

რეგულირების სისტემის რგოლები ხასიათდებიან მოქმედების მიმართულების თვისებით, მაგრამ არა ყოველი რგოლი. ეს ნიშნავს, რომ კონტურის გასწვრივ მოქმედების გადაცემა რგოლის საშუალებით შეიძლება ხორციელდებოდეს ყოველთვის ერთიანიმდე მიმართულებით, ე.ი. მოქმედების მიმართულება არ შეიძლება შეიცვალოს საპირისპიროდ, ან შესაძლოა საწინააღმდეგო პროცესიც – შემავალი სიგნალის წარმოქმნა გამოივლის სემოქმედებით. მაგალითად, ნახ. 9.6-ზე ლილვის ბრუნვის სინქარის შეცვლა იწვევს ქუროს გადაადგილების შეცვლას, მაგრამ ქუროს გადაადგილება რაიმე გარე ძალით არ იწვევს ლილვის ბრუნვის სინქარის შეცვლას.

მეორე მაგალითი – ორთქლის ქვაბი. საწვავის მიწოდების შეცვლა საცეცხლეში – ერთერთი მიზეზია ორთქლის წნევის შეცვლისა, მაგრამ ქვაბში ორთქლის წნევის შეცვლა არ იწვევს საწვავის მიწოდების შემცირებას ან გაზრდას.

ორმხრივი მიმართულებით მოქმედი რგოლის მაგალითია შუნტური ტიპის მუდმივი დენის ძრავა, რომელშიც შემავალი (შესასვლელი) სიდიდეა ღუსის მომჭერებზე მიყენებული ძაბვა, ხოლო გამოშვებული (გამოსასვლელი) სიდიდე – ძრავას ბრუნვათა რიცხვი. თუ ძრავას გარეშე ენერჯის ხარჯზე დაეაბრუნებთ, მაშინ იგი გენერატორულ რეჟიმში იმუშავებს, ე.ი. მის მომჭერებზე ძაბვა წარმოიქმნება. მაშასადამე, მუდმივი დენის ძრავაში სავსებით შესაძლებელია მოქმედების მიმართულების შეცვლა. ორმხრივი მიმართულებით მოქმედ რგოლში გამოშვებული სიგნალი გავლენას ახდენს შემავალ სიგნალზე. განხილულ მაგალითში ძრავა ბრუნვის შედეგად წარმოქმნის საწინააღმდეგო ელექტრომომარაგებულ ძალას, რომელიც ძრავაზე მიყენებული ძაბვის საწინააღმდეგოა.

§2. ავტომატური რეგულირების რბოლების სტატიკური მახასიათებლები

რეგულირების პროცესი შედგება ორი ნაწილისაგან: გარდამავალი პროცესისა (იხ. §3) და დამყარებული პროცესისაგან.

რგოლის წონასწორობის დამყარებული მდგომარეობა შეიძლება აღწერილი იქნეს განტოლებით

$$x_{გაი} = f(x_{გაი}), \quad (9.1)$$

სადაც

$x_{გაი}$ - რგოლის შესასვლელი პარამეტრია;

$x_{გაი}$ - რგოლის გამოსასვლელი პარამეტრი.

ამ განტოლებას ეწოდება რგოლის სტატიკური მახასიათებელი. სტატიკური მახასიათებელი წვეულებრივ, გამოისახება გრაფიკულად.

ავტომატური რეგულირების ყველა რგოლი მათი სტატიკური მახასიათებლების მიხედვით შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ჯგუფად:

1. წრფივი, რომელთა სტატიკური მახასიათებელი გამოიხატება სწორი ხაზით (ნახ.9.7), ხოლო სიდიდეთა შეფარდება გამოსასვლელზე და შესასვლელზე გამოისახება წრფივი ფუნქციით

$$y = a + kx, \quad (9.2)$$

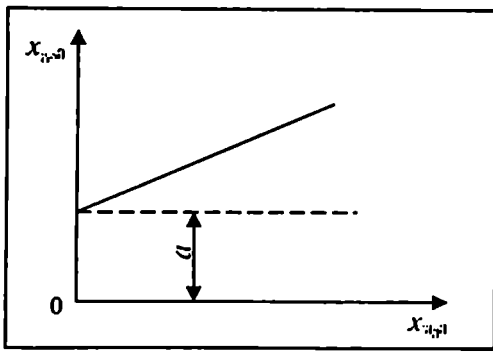
სადაც

a არის მუდმივი სიდიდე, რომლის განზომილებაა $x_{გაი}$;

k^* - მუდმივა განზომილებით $\frac{x_{გაი}}{x_{გაი}}$.

წრფივი რგოლები, რომელთა სტატიკური მახასიათებელი გამოისახება სწორი ხაზით, იწოდება სტატიკურად.

* k -ს უწოდებენ გადაცემის ანუ გარდაქმნის კოეფიციენტს. თუ შემავალ და გამომავალ სიდიდეებს ერთნაირი განზომილებები აქვთ, მაშინ k -ს უწოდებენ გაძლიერების კოეფიციენტს.

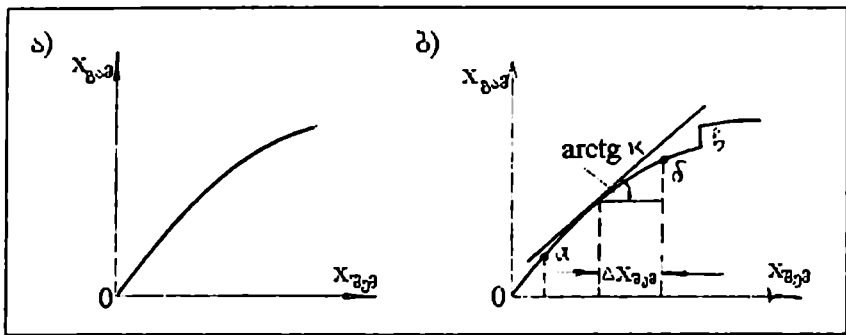


ნახ.9.7. წრფივი რგოლის სტატიკური მახასიათებელი

2. არაწრფივი, რომელთა სტატიკური მახასიათებელი გამოისახება მრუდით ან ტეხილი ხაზით (ნახ.9.8ა). არაწრფივი დამოკიდებულება გამოისახება წვეულებრივ მხოლოდ გრაფიკულად.

სისტემების ანალიზი, რომლებიც შეიცავენ არაწრფივ ელემენტებს, წარმოადგენს რთულ ამოცანას, ამიტომ მისწრაფიან არაწრფივი მახასიათებელი შეკვალონ მიახლოებითი ხაზით, გამომდინარე იქიდან, რომ ბევრ შემთხვევაში ელემენტი მუშაობს შესასვლელი სიგნალის მკირე ცვლილებების დროს, მისი საშუალო მნიშვნელობის x_{i+1} მიმართ. ამ შემთხვევაში მიახლოებითი წრფივი დამოკიდებულება განისაზღვრება (x_{i+1}) მრუდის მიმართ მხებით*, გატარებული x_{i+1} წერტილში (ნახ.9.8ბ). არაწრფივი მახასიათებლის შეცვლა წრფივით (a -ნ უბანზე) იწოდება გაწრფივებად. იგი შესაძლებელია იმ შემთხვევებში, როდესაც არაწრფივ მახასიათებელს არ გააჩნია თავისებურებები (წვეებები, ნახტომები). მაგალითად, $x_{i+1}(x_{i+1})$ მახასიათებლის გაწრფივება b წერტილის მიდამოებში არ შეიძლება. გაწრფივების შეცდომა მით უფრო ნაკლებია, რაც შესასვლელი სიდიდის x_{i+1} გადახრა ნაკლებია x_{i+1} -გან, რომლის დროსაც შესრულდა გაწრფივება. შეენიშნავთ, რომ გაწრფივება შეიძლება განხორციელდეს ანალიზურად ან გრაფიკულად. იგი ერთერთი ყველაზე ეფექტური მეთოდია მოდელის გამარტივებისა.

* შეიძლება აგრეთვე გატარებულ იქნას არა მხები, არამედ მკვეთი.



ნახ.9.8. არაწრფივი რგოლის სტატიკური მახასიათებელი

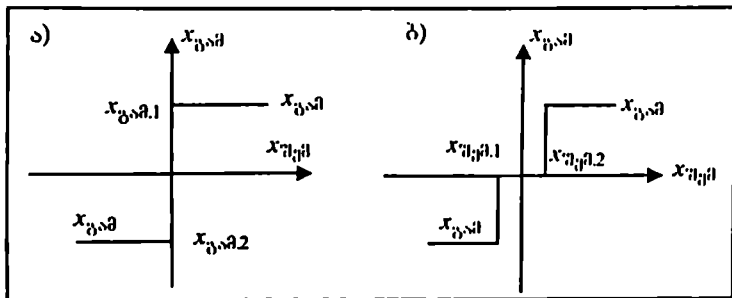
ანალიზურად გაწრფივების მიზნით არაწრფივი დიფერენციალური განტოლება უნდა წარმოვადგინოთ ტეილორის მწკრივის სახით

$$f(x) = f(a) + f'(a) \frac{x-a}{1!} + f''(a) \frac{(x-a)^2}{2!} + \dots$$

და მწკრივის მეორე და უფრო მეტი რიგის წევრები უგულვებელყოთ. მიღებული განტოლება წრფივი იქნება. ასეთი წესით გაწრფივება დასაშვებია ფუნქციის გარკვეულ 'სღერებში', რის დადგენაც შესაძლებელია რუსი მათემატიკოსის ა.მ. ლი-აპუნოვის მიერ შემუშავებული დებულებებით, რომელთა შესახებ აღნიშნულია მეთავე თავის მეთერთმეტე პარაგრაფში – ავტომატური რეგულირების წრფივი სისტემების მდგრადობის გამოკვლევა. აქ მხოლოდ შევნიშნავთ, რომ ავტომატური სისტემის განტოლება წრფივია იმ შემთხვევაში, თუ წრფივია მასში შემავალი ტიპობრივი რგოლების სტატიკის განტოლებანი; ამიტომ, სისტემის განტოლების გასაწრფივებლად საჭიროა გავაწრფივოთ თითოეული რგოლის სტატიკის განტოლება.

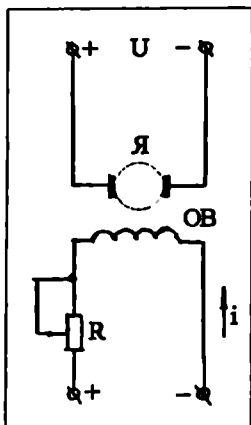
ყველაზე დამახასიათებელ არაწრფივ რგოლებს წარმოადგენენ რელეური რგოლები (ელექტრომაგნიტური რელე), რომელთა გამოსასვლელი სიდიდე იცვლება ნახტომისებურად, შესასვლელი სიდიდის უწყვეტად ცვლილებისას (ნახ.9.9). რელეური რგოლები იყოფიან რგოლებად – არამ-გრძნობიარობის 'სონის გარეშე (ორპო'სიციური) და არამ-გრძნობიარობის 'სონით (სამპო'სიციური). რელეური რგოლის

არამგრძნობიარობის ზონის გარეშე გამოძვალ სიდიდეს გაანწია მხოლოდ ორი მნიშვნელობა $x_{\text{გამ}1}$ და $x_{\text{გამ}2}$, ხოლო რელეური რგოლის არამგრძნობიარობის ზონით გამოძვალ სიდიდეს კი სამი მნიშვნელობა $x_{\text{გამ}1}$, $x_{\text{გამ}2}$ და 0.



ნახ.9.9. რელეური ელემენტების სტატიკური მახასიათებლები: ა) არამგრძნობიარობის ზონის გარეშე; ბ) არამგრძნობიარობის ზონით

არაწრფივი რგოლის მაგალითის სახით განვიხილოთ მუდმივი დენის გენერატორის (დამოუკიდებელი აგ'ზნებით) სტატიკური მახასიათებელი (ნახ.9.10). ამ სქემაში შესასვლელ სიდიდეს წარმოადგენს აგ'ზნების დენი i , რომელიც მიედინება OB ელექტრომაგნიტების გრაგნილში, ე.ი. $x_{\text{გამ}}=i$. გამოსასვლელ სიდიდეს გენერატორში წარმოადგენს დუ'სის \mathcal{R} მომჭერებ'სე ძაბვა U , ე.ი. $x_{\text{გამ}}=U$.



ნახ.9.10 მუდმივი დენის გენერატორის სქემა დამოუკიდებელი აგ'ზნებით

თუ შევცვლით რეოსტატის წონალობას (R) აგზნების გრაგნილის წრედში, შეიცვლება აგზნების დენი (i), რომელიც შექმნის სხვადასხვა მაგნიტურ ნაკადს. ვინაიდან გენერატორის ღუზა ბრუნავს მუდმივი სიჩქარით, მაგნიტური ნაკადის შეცვლა გამოიწვევს ღუზაში ინდუქციურებული ე.მ.ძ-ის შესაბამის შეცვლას და, აგრეთვე, მისი პროპორციული ძაბვის (U) შეცვლას. ამგვარად, აგზნების დენის (i) თითოეულ მნიშვნელობას დამყარებულ მდგომარეობაში შეესაბამება გენერატორის მომჭერებზე ძაბვის განსაზღვრული მნიშვნელობა. აღნიშნული მახასიათებელი გრაფიკულად წარმოდგენილია 9.8 ნახაზზე. ასეთი ტიპის სტატიკური მახასიათებელი წარმოადგენს არაწრფივი რგოლის მახასიათებელს.

წრფივი რგოლის მაგალითს წარმოადგენს სამბარა. როგორც ვნობილია, ძაღვების განტოლებას, რომლებიც ვითარდება სამბარის მიერ არეში, რომლისთვისაც სამართლიანია ჰუკის კანონი, აქვს სახე:

$$f_{\text{სამბ}} = c(y_0 - y), \tag{9.3}$$

სადაც

- $f_{\text{სამბ}}$ არის ძაღვის სიდიდე;
- y_0 - სამბარის სიგრძე დაუძაბავ მდგომარეობაში;
- y - დეფორმირებული სამბარის სიგრძე;
- c - მუდმივი სიდიდე.

(9.3) განტოლება შეიძლება წარმოვადგინოთ სხვა სახით:

$$f_{\text{სამბ}} = cy_0 - cy; cy = cy_0 - f_{\text{სამბ}}; y = y_0 - \frac{1}{c} f_{\text{სამბ}}. \tag{9.4}$$

თუ შევადარებთ 9.2 და 9.4 ფორმულებს, დავადგენთ, რომ $y = x_{\text{გამ}}$ (გამოსასვლელი სიდიდე); $f_{\text{სამბ}} = x_{\text{რეგ}}$ (შესასვლელი

სიდიდე); $y_0 = a$; $k = -\frac{1}{c}$. სტატიკური მახასიათებელი წარმოდგენილია 9.7 ნახაზზე.

რეგულირების რთულ ობიექტებში სტატიკური და დინამიკური თვისებების შესწავლა ხდება ექსპერიმენტულად გადაღებული მახასიათებლების მიხედვით.

სტატიკური მახასიათებლების ექსპერიმენტალურად განსაზღვრის დროს რეგულირების გამოსაკვლევი სისტემა განიხილება რიგ დამყარებულ მდგომარეობაში შესასვლელი

სიდიდის სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს. გრაფიკზე წერტილების სახით გამოისახება გამოსასვლელი სიდიდის მნიშვნელობები შესასვლელის ფუნქციაში, რომლებიც იხსნება ამ რეჟიმებში. ამგვარად, აგებული წერტილების შემავრთველი ხაზი იქნება სტატიკური მახასიათებელი.

§3. ავტომატური რეგულირების რბოლების გარდასვლი მახასიათებლები

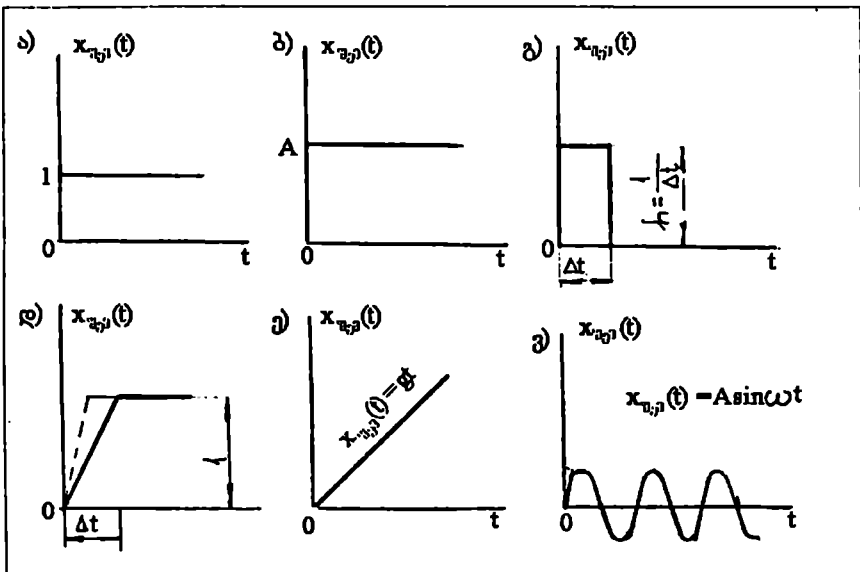
რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი წარმოადგენს მახასიათებელს, რომელიც განისაზღვრება დაუმყარებელ-გარდამავალ რეჟიმში.

გარდამავალი პროცესები შეიძლება წარმოიშვას:

- ა) ავტომატური რეგულირების სისტემის ჩართვის დროს;
- ბ) სისტემის კელავაწეობისას სარეგულირებელი სიდიდის ახალ მნიშვნელობაზე;
- გ) ნახტომის სახის შემაშფოთებელი ზემოქმედებისას (მაგალითად, ობიექტის დატვირთვის ნახტომისებური ცვლილება);
- დ) იმპულსის სახის შემაშფოთებელი ზემოქმედებისას (დარტყმითი ბიძგის ტიპის ზემოქმედებისას);
- ე) ნებისმიერი სახის შემაშფოთებელი ან ამგზნები ზემოქმედების წარმოქმნისას.

რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი ეწოდება რგოლის გამოსასვლელი სიდიდის ცვლილების დამოკიდებულებას დროისაგან დაუმყარებელ რეჟიმში, რომელიც აღიძვრება შესასვლელი სიდიდის მოქმედების შედეგად.

გამოსასვლელი სიდიდის ცვლილება დამოკიდებულია არა მხოლოდ რგოლის თვისებებზე, არამედ შესასვლელი სიდიდის სახესა და ზემოქმედების სიდიდეზე. პრაქტიკაში ხშირად გვხვდება შემდეგი სახის ტიპური შესასვლელი ზემოქმედებები: ერთეული ნახტომი (ნახ.9.11ა) და საფეხური-სებრივი (ნახ.9.11ბ), (ნასხლეტი ან დატვირთვის მთლება, ძაბვის ჩართვა ან მოხსნა და სხვ.), ერთეული იმპულსი (ნახ.9.11გ), დამხმარე ფუნქცია (ნახ.9.11დ), ხაზოვანი ზემოქმედება (ნახ.9.11ე), სინუსოიდის ტიპის პერიოდული ზემოქმედება (ნახ.9.11ე).



ნახ.9.11. ტიპური ზემოქმედებები: ა) ერთეული ნახტომი; ბ) საფეხურისებრი ნახტომი; გ) ერთეული იმპულსი; დ) დამხმარე ფუნქცია; ე) ხაზოვანი ზემოქმედება; ფ) სინუსოიდალური ზემოქმედება.

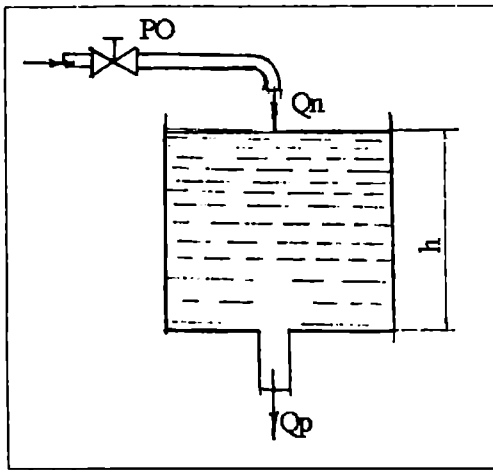
h - ერთეული იმპულსის ამპლიტუდა; $H = \frac{A}{\Delta t}$ - იმპულსური ზემო-

ქმედების უსასრულოდ დიდი ამპლიტუდა; Δt - უსასრულოდ მცირე ხანგრძლივობა; A - ამპლიტუდა; ω - წრიული სიხშირე

რგოლის დინამიკური თვისებების გამოსავლენად არ არის აუცილებელი მისი რეაქციის სახის განსაზღვრა შესაძლო შესასვლელი ზემოქმედებების მთელს ერთობლიობაზე. რგოლის ფიზიკური თავისებურებები, რომლებიც განსაზღვრავენ მისი დინამიკური პროცესების ხასიათს, რჩება უცვლელი და არის დამოკიდებული ზემოქმედების ტიპზე, თუმცა ისინი სხვადასხვაგვარად აისახება რეაქციის ხასიათში. ამიტომ, რგოლის თვისებების განსასაზღვრავად მისი გამოსავლელი სიდიდის ცვლილება განიხილება შესასვლელი სიდიდის სრულიად განსაზღვრული ცვლილების დროს. ასეთ შესასვლელ სიდიდედ ხშირად გამოიყენება ერთჯერადი საფეხურისებრი ზემოქმედება.

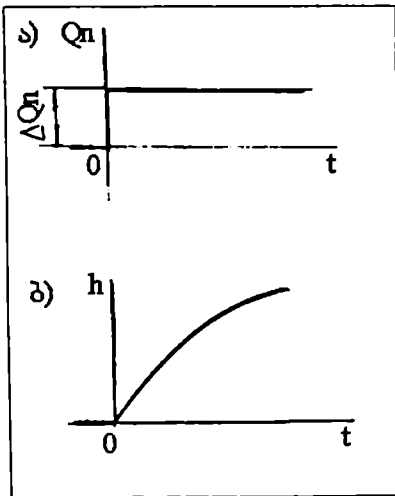
საფეხურისებრი ზემოქმედების დროს შესასვლელი სიდიდე ნახტომისებურად, მყისიერად იცვლის თავის მნიშვნელობას და შემდგომში მას ინარჩუნებს მუდმივად. გამოსასვლელის სიდიდის შეცვლას დროში გამოწვეულს შესასვლელი სიდიდის საფეხურისებრი ცვლილებით (დაუმყარებელი რეჟიმის დროს), ეწოდება გაქანების მრუდი ან დროითი მახასიათებელი. ზოგჯერ მას ობიექტის დინამიკურ მახასიათებელსაც უწოდებენ. გაქანების მრუდი იძლევა ნათელ წარმოდგენას ობიექტში გარდამავალი პროცესების მიმდინარეობის ხასიათის შესახებ.

მაგალითის სახით განვიხილოთ გაქანების მრუდის წარმოქმნა მარტივ სარეგულირებელ ობიექტში - ჭურჭელში, რომელშიც მილსადენით მიეწოდება წყალი (ნახ.9.12). მეორე მილით წყალი გამოედინება ჭურჭლიდან. ვივარაუდოთ, რომ მოცემული მოდინებისა (Q_n) და ხარჯის (Q_p) მნიშვნელობის დროს წყლის დონე (h) რჩება უცვლელი. ობიექტის მდგომარეობა წარმოადგენს დამყარებულს. შევექმნათ შესასვლელი სიდიდის (Q_n) საფეხურისებრი ცვლილება. ამისათვის მარეგულდებელი ორგანო (PO) მოვატრიალოთ და გაეზარდოს ნაკადი Q_n ; წონასწორობა მოდინებასა და ხარჯს შორის დაირღვევა და დამყარდება დაუმყარებელი პროცესი, რომელიც წარიმართება შემდეგნაირად. მოდინების გაზრდა გამოიწვევს წყლის დონის მატებას, რაც თავის მხრივ გაზრდის წყლის სვეტის წნევას. ეს უკანასკნელი გამოიწვევს ჭურჭლიდან მისი ხარჯის გაზრდას. ამასთან დაკავშირებით შეუსაბამობა მოდინებასა და ხარჯს შორის დაიწყებს შემცირებას და წყლის დონის მატების სიჩქარე შემცირებას. როდესაც წყლის ხარჯი Q_p გაუტოლდება მის მოდინებას Q_n , დონის მატების ზრდა შეწყდება. გარდამავალი პროცესი დამთავრდება და აღსდგება დამყარებული მდგომარეობა, ე.ი. ახალი წონასწორობის მდგომარეობა. თუ შევადარებთ ერთმანეთს წონასწორობის მდგომარეობას შემფოთებამდე და გარდამავალი პროცესის შემდეგ, დავინახავთ, რომ ახალი წონასწორობა დამყარდა მოდინებისა და ხარჯის გაზრდილი მნიშვნელობების დროს და სარეგულირებელი h სიდიდის გაზრდილი მნიშვნელობისას. როგორც ადრე იყო აღნიშნული, რეგულირების ამ პროცესს ეწოდება თვითგათანაბრება (იხ. თავი 8).



ნახ.9.12. ობიექტი რეგულირებადი ღონით

ნახაზზე 9.13ა ნახვენება შემაწვოთებელი შესასვლელი შემოქმედება - მოღინების გაზრდა ΔQ_n , ეს არის საფეხურისებრი შემოქმედება. სისტემის გამოსასვლელს წარმოადგენს სარეგულირებელი სიდიდე - წყლის დონე h ; ნახაზზე 9.13ბ წარმოდგენილია ობიექტის გაქანების მახასიათებელი თვითგათანაბრებით.



ნახ.9.13. ობიექტში დაუმყარებელი პროცესის გრაფიკული გამოსახვა

§4. ავტომატური რეგულირების რგოლების ტიპები და მათი მახასიათებლები

ავტომატური რეგულირების სისტემებს გააჩნიათ სხვადასხვა ფიზიკური ბუნება, სირთულე, მოწყობილობა და შედეგებიან ერთმანეთთან ურთიერთდაკავშირებული რგოლების სიმრავლისაგან. ეს რგოლები შეიძლება კლასიფიცირებული იქნან მათ მიერ შესასრულებელი ფუნქციების ნიშნის (მაგალითად, სარეგულირებელი ობიექტი, მმართველი ელემენტი, შემსრულებელი ელემენტი და ა.შ.), კონსტრუქციული გაფორმების (მაგალითად, გენერატორი, ელექტრომანქანური გამაძლიერებელი, პოტენციომეტრი) და ა.შ. მიხედვით. მაგრამ ასეთი კლასიფიკაცია არარაციონალურია ავტომატური რეგულირების სისტემის დინამიკის შესასწავლად. ყველაზე მისანაშეწონილია რგოლების კლასიფიკაცია მათი დინამიკური თვისებების მიხედვით, ე.ი. გარდამავალი პროცესის სახის მიხედვით, რომელიც აღიძვრება რგოლში მისი შესასველები სიდიდის შეცვლისას.

ფიზიკური ბუნებისა და მოწყობილობისაგან დამოუკიდებლად ასეთი რგოლების დინამიკური თვისებები აღიწერება განტოლებების შესლულული რიცხვით. ამიტომ, მათ მიიღეს ტიპური დინამიკური რგოლების სახელწოდება. უმეტეს შემთხვევებში ავტომატური რეგულირების სისტემები შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ტიპური დინამიკური რგოლებით, რომლებშიც გარდამავალი პროცესები აღიწერება ალგებრული ან დიფერენციალური განტოლებებით არა უმეტეს მეორე რიგისა.

განვიხილოთ ძირითადი ტიპური რგოლები, რომელთაც ფართო გავრცელება აქვს ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატური რეგულირების სისტემებში სამშენებლო ინდუსტრიის საწარმოებში. ამ რგოლების სახელწოდებებია: უინერციო (პროპორციული), აპერიოდული, რხევითი, მადიფერენცირებელი, მაინტეგრირებელი და დაგვიანებით მოქმედი რგოლი.

თეორიულად რგოლების რაოდენობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ გაცილებით მეტი, მაგრამ ისინი შეიძლება ან ვერ იქნან ფიზიკურად რეალისტური, ან პრაქტიკულად არ გამოიყენება აშკარად არადაამაკმაყოფილებელი დინამიკური თვისებების შედეგად.

1. პროპორციული რგოლი. პროპორციულად (მაძლიერებლად, იდეალურად, უინერციოდ, ხისტი კავშირით) იწოდება რგოლი, რომელშიც სიდიდე გამოსასვლელზე პროპორციულია სიდიდისა შესასვლელზე. პრაქტიკულად მასში გარდამავალი პროცესი არ არსებობს – შემავეალ სიგნალს მიესიერად მოჰყვება გამომავალი სიგნალის საბოლოო მნიშვნელობა; მას ინერციულობა არ გააჩნია. გამომავალი სიდიდე დამახინჯებისა და დაგვიანების გარეშე აღწარმოებს შემავეალ სიდიდეს.

პროპორციული რგოლის დინამიკის განტოლებას აქვს სახე:

$$x_{გამ} = kx_{შემ} \quad (9.5)$$

სადაც

$x_{გამ}$ არის გამოსასვლელი სიდიდე;

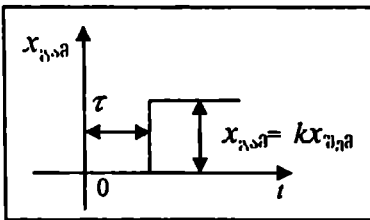
$x_{შემ}$ შესასვლელი სიდიდე;

k – გაძლიერების კოეფიციენტი, მუდმივი სიდიდე.

ამრიგად, პროპორციული რგოლის დინამიკის განტოლება არ არის დიფერენციალური განტოლება, იგი უმარტივესი ალგებრული დამოკიდებულებაა, რომელიც ემთხვევა სტატიკურ მახასიათებელს.

როდესაც გამოსასვლელი სიდიდე იდეალურად იმეორებს შესასვლელს, მაგრამ დროის მუდმივი მონაკვეთის τ ტოლი წამორჩენით (ნახ.9.14), მაშინ დინამიკის განტოლებას აქვს სახე

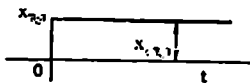
$$x_{გამ}(t) = kx_{შემ}(t - \tau). \quad (9.6)$$



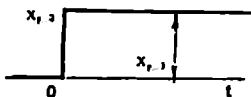
ნახ.9.14. გარდამავალი მახასიათებელი დროში დაგვიანებით

პროპორციული რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი და მისი პირობითი გამოსახვა მოცემულია 9.15 ნახაზზე. 9.15ა ნახაზზე ნაჩვენებია შესასვლელი საფეხურისებრი შემოქმედება; ნახაზზე 9.15ბ მოყვანილია გარდამავალი მახასიათებელი, ხოლო ნახაზზე 9.15გ – პროპორციული რგოლის პირობითი გამოსახვა.

ა)



ბ)



ნახ.9.15. პროპორციული რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი და მისი პირობითი გამოსახვა

პროპორციული რგოლის მაგალითებია: ელექტრონული გამაძლიერებელი, მოთავსებული რეგულირების ელექტრომექანიკურ სისტემაში; მექანიკური გადაადგილების გარდაქმნა ელექტრულ ძაბვად პოტენციომეტრის ან რეოსტატის დახმარებით; ბერკეტი; კბილანა გადაცემა; რელუქტორი, ტრანსფორმატორი და სხვ.

2. აპერიოდული რგოლი. აპერიოდულ რგოლს რამდენიმე დასახელება აქვს: ინერციული, ერთგვედაობიანი, სტატიკური ან კიდევ რელაქსაციური (რელაქსაცია ნიშნავს პროცესის გამომწვევი პარამეტრის თვითშემცირებას, რომელსაც პროცესის მიმდინარეობა იწვევს*).

აპერიოდული ეწოდება რგოლს, რომელშიც შესასვლელში სიდიდის ნახტომისებურად შეცვლისას, სიდიდე გამოსასვლელში აპერიოდულად (ექსპონენტის** კანონით) მიისწრაფვის ახალი დამყარებული მნიშვნელობისაკენ.

პერიოდული პირველი რიგის რგოლის თვისებები აიწერება პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლებით

$$T \frac{dx_{გაბ}}{dt} + x_{გაბ} = kx_{გაბ}, \quad (9.7)$$

სადაც

k არის გაძლიერების კოეფიციენტი ($k = \frac{x_{გაბ}}{x_{გაბ}}$);

dt – დროის დიფერენციალი;

* მაგალითად, ძრავას არჩარებას იწვევს ძრავას მიერ განვითარებული მომენტი, მაგრამ ძრავას სიჩქარის გაზრდა ამ მომენტის შემცირებას მოასწავებს.

** ექსპონენტი ეწოდება მაჩვენებლიან ფუნქციას.

T - პერიოდული რგოლის დროის მუდმივა, ∇ . გამოსახავს რგოლის ინერციულ თვისებებს.

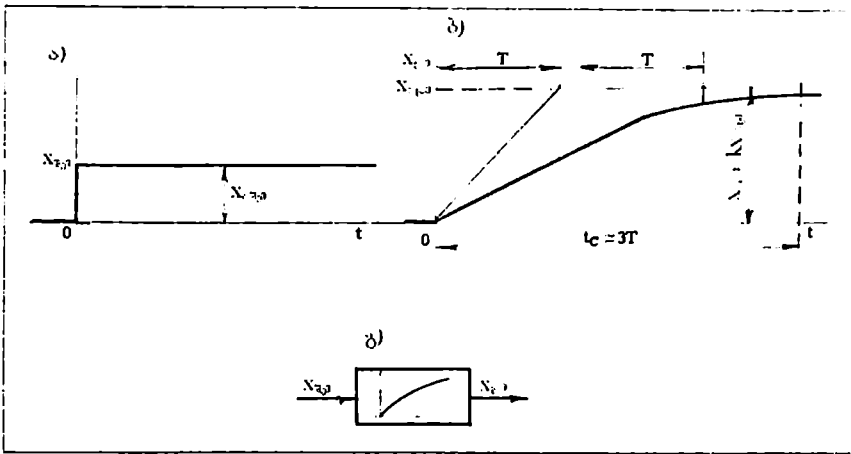
9.7 განტოლების ამოხსნა იძლევა გარდამავალი პროცესის მათემატიკურ აღწერას:

$$x_{\gamma\alpha} = kx_{\mu\alpha} (1 - e^{-\frac{t}{T}}). \quad (9.8)$$

T განისაზღვრება გარდამავალი მახასიათებლის გრაფიკზე, როგორც მხეების პროექციის სიდიდე დაქარებული მნიშვნელობის ხაზზე $x_{\gamma\alpha} = x_{\mu\alpha} C$ (ნახ.9.16ბ). ამასთან, მრუდის ყველა წერტილში იგი ერთნაირია. ვინაიდან მხეების ზუსტად გატარება ექსპერიმენტულად მიღებული $x_{\gamma\alpha}(t)$ მრუდისადმი ძნელია, ამიტომ, შეიძლება ავიღოთ მრუდის ორი-სამი წერტილი (ისე, როგორც ნახ.9.16ბ-სე), ვიპოვოთ თითოეული მათგანისათვის T სიდიდე და შევარჩიოთ მისი რაღაც საშუალო მნიშვნელობა. ამას გარდა, ამ მნიშვნელობის დასაზუსტებლად უნდა გამოვიყენოთ (9.8) მრუდის შემდეგი თვისება: $t=T$ წერტილში (ველად $x_{\gamma\alpha}$ -ს უნდა პქონდეს მნიშვნელობა $x_{\gamma\alpha} = 0.63 kx_{\mu\alpha}$.

ამრიგად, გვაქვს რა ცდის მეშვეობით დადგენილი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი, ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ მისი დროის მუდმივა T და პირიქით, თუ ჩვენთვის ცნობილია რგოლის დროის მუდმივა T, 9.8 ფორმულით შეგვიძლია ავაგოთ მისი გარდამავალი მახასიათებელი. ნახ.9.16ბ-დან ჩანს, რომ რაც უფრო დიდია დროის T მუდმივა, მით უფრო დამრეცი იქნება მრუდი $x_{\gamma\alpha}(t)$, ე.ი. მით უფრო ხანგრძლივი იქნება გამომავალი $x_{\gamma\alpha} C$ -ს დადგენის გარდამავალი პროცესი. ამიტომ ამბობენ, რომ აპერიოდული რგოლის დროის T მუდმივა ახასიათებს მის ინერციულობას. გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა იქნება $t_c \approx 3T$ (V)

(9.8 ფორმულის თანახმად ჩვენი მრუდი $x_{\gamma\alpha}$ -ს ასიმპტოტურად უახლოვდება, ე.ი. $x_{\gamma\alpha} = x_{\mu\alpha} C$ მხოლოდ როცა $t = \infty$, მაგრამ პრაქტიკულად უკვე $t=3T$ დროში მრუდი თითქმის ერწყმის $x_{\gamma\alpha} = x_{\mu\alpha} C$ მრუდს). რგოლის პირობითი გამოსახულება ნახევენბია ნახ.9.16გ.



ნახ.9.16. აპერიოდული რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი და მისი პირობითი გამოსახვა

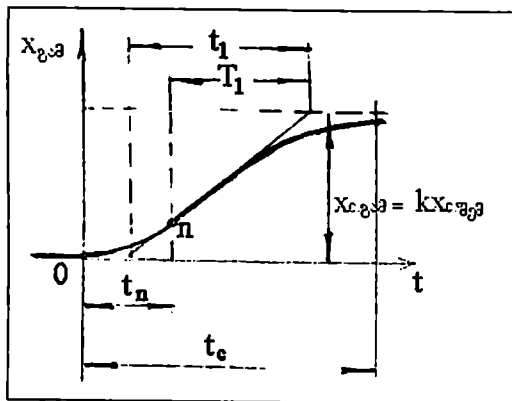
ამრიგად, აპერიოდული რგოლი ხასიათდება ორი რიცხვითი მონაცემით: 1) გაძლიერების k კოეფიციენტით, რომელიც განსაზღვრავს რგოლის სტატიკურ თვისებებს და 2) დროის მუდმივათი T , რომელიც განსაზღვრავს რგოლის დინამიკურ თვისებებს.

დამყარებული მნიშვნელობის $t = \infty$ დროს 9.8 ფორმულიდან ვღებულობთ $x_{\text{გაგ}} = kx_{\text{შეი}}$, ე.ი. განტოლება არაფრით არ განსხვავდება შესაბამისი მნიშვნელობიდან პროპორციული რგოლისათვის და, მაშასადამე, გარდამავალი პროცესის დამთავრების შემდეგ აპერიოდული რგოლი არ განსხვავდება პროპორციული რგოლისაგან.

აპერიოდული მეორე რიგის რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი ნაჩვენებია ნახ.9.17-ზე. გავატაროთ მხეები მოცემული მრუდისადმი გადაღუნვის Π წერტილში და აღვნიშნოთ დროის სამი მონაკვეთი t_0 , t_1 , T_1 . აპერიოდული მეორე რგოლის დინამიკა აიწერება მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლებით

$$T_1^2 \frac{d^2 x_{\text{გაგ}}}{dt^2} + T_1 \frac{dx_{\text{გაგ}}}{dt} + x_{\text{გაგ}} = kx_{\text{შეი}} \quad (T_1 \geq 2T_2), \quad (9.9)$$

ამასთან T_1 იდება უშუალოდ $x_{გაგ}(t)$ გარდამავალი მახასიათებლის გრაფიკიდან (ნახ.9.17), ხოლო სიდიდე T_2^2 განისაზღვრება სპეციალური გრაფიკით t_1 და T_1 -გან დამოკიდებულებით. როგორც ვხედავთ, მეორე რიგის აპერიოდული რგოლის დინამიკა განისაზღვრება დროის ორი მუდმივით T_1 და T_2 (წმ), ამასთან $T_1 \geq 2T_2$.



ნახ.9.17. მეორე რიგის აპერიოდული რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი

აპერიოდულ რგოლებს შეიძლება მივაკუთვნოთ მაგნიტური გამაძლიერებელი, თბური ობიექტების უმეტესობა, თერმომოწეილები და წინაღობის თერმომეტრები, დამოუკიდებელ-აგზნებიანი მუდმივი დენის გენერატორი, ელექტრულ წრედში მიმდევრობით ჩართული აქტიური წინაღობა და კონდენსატორი C ტყვადობით, ფაზურროტორიანი ასინქრონული ძრავა, ცივი წყლის ავზში ჩაგდებული რაიმე მასალის გაცხელებული ნაჭრის გაცივების პროცესი, მექანიკური მოწყობილობები, რომელთაც გაანინათ მასა და ხახუნის ძალები (უსამზაროდ) ან ზამზარა და ხახუნის ძალები (უმასოდ) და სხვ.

3. რხევითი რგოლი. რხევითი რგოლი ეწოდება რგოლს, რომელშიც სიდიდის ნახტომისებურად ცვლილებისას შესასვლელში, სიდიდე გამოსასვლელში მიისწრაფვის ახალი

დამყარებული მნიშვნელობისაკენ, ასრულებს რა მის მიმართ მიღეკად რხევებს.

ამ რგოლის თვისებები აიწერება მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლებით

$$T_2^2 \frac{d^2 x_{\text{გაი}}}{dt^2} + T_1 \frac{dx_{\text{გაი}}}{dt} + x_{\text{გაი}} = kx_{\text{გაი}} \quad T_1 < 2T_2. \quad (9.10)$$

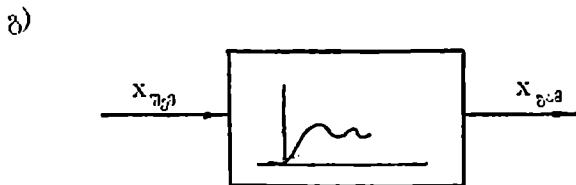
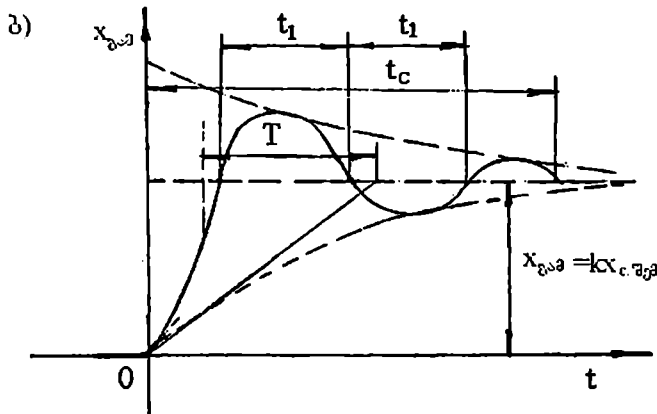
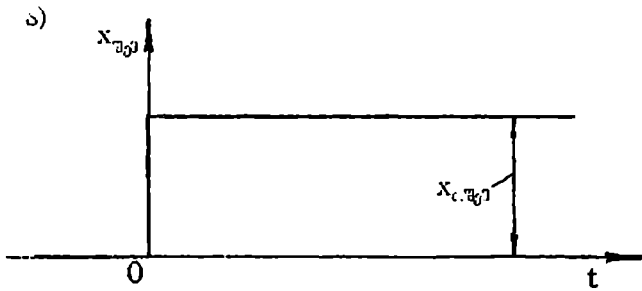
განტოლება იმავე სახისაა, რაც განტოლება 9.9, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ აქ დროის T_1 და T_2 მუდმივებს შორის თანაფარდობა სხვაგვარია, კერძოდ: $T_1 < 2T_2$. T_1 მუდმივა ახასიათებს რგოლის საკუთარი რხევების დემპფირებას, ხოლო T_2 მუდმივა მათ გაქანებას. დემპფირების არარსებობისას ($T_1=0$) რხევითი რგოლის დიფერენციალური განტოლება (9.10) დებულობს სახეს

$$T_2^2 \frac{d^2 x_{\text{გაი}}}{dt^2} + x_{\text{გაი}} = kx_{\text{გაი}}$$

და გარდამავალი მახასიათებელი გამოისახება არამიღეკადი რხევის სახით მუდმივი ამპლიტუდით, რომლებიც მიღეკადი რხევებისაგან განსხვავებით იწოდებიან პერიოდულ რხევებად.

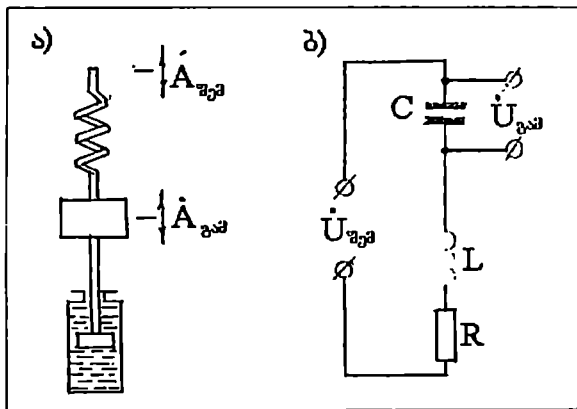
რხევების ამპლიტუდა მიიღევა ექსპონენტის მიხედვით (იხ. წყვეტილი მრუდები ნახ.9.18ბ. გარდამავალი მახასიათებლის გრაფიკიდან $x_{\text{გაი}}(t)$ ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ამ ექსპონენტის დროის T მუდმივა (ეს შეიძლება შესრულდეს ზედა და ქვედა ექსპონენტების ორი-სამი წერტილის მიხედვით), გარდა ამისა, ვზომავთ იმავე გრაფიკზე რხევის ნახევარპერიოდს t_1 . ამ ორი სიდიდის შეფარდების T/t_1 მიხედვით სპეციალური გრაფიკის საფუძველზე ვპოულობთ T_1 სიდიდეს, რაც იძლევა რხევითი რგოლის დიფერენციალური განტოლების 9.10-ის სახით ჩაწერის შესაძლებლობას.

რხევითი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი და პირობითი გამოსახვა მოყვანილია 9.18 ნახაზზე.



ნახ.9.18. რხევითი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი:
 ა) შუმაველი ზემოქმედება; ბ) გარდამავალი მახასიათებელი;
 გ) რგოლის პირობითი გამოსახვა

რხევეთ რგოლებს მიეკუთვნება მოწყობილობები, რომლებშიც გარდამავალი რეჟიმები მიმდინარეობენ ენერგიების გაცვლა-გამოცვლით ორ ენერგეტიკულ ტევედობას შორის. მაგალითად, ელექტრული წრედი, რომელიც შეიცავს ინდუქციურობას (L), ტევედობას (C) და აქტიურ წინაღობას (R), როდესაც ასეთ რგოლში შემავალი ხიდიდე წრედის ბოლოებზე მიყენებული ძაბვაა, ხოლო გამოშავალი ხიდიდე ძაბვა კონდენსატორის (C) მომჭერებზე (ნახ.9.19ბ); მექანიკური მოწყობილობა, რომელსაც გაანნია მასა, სამბარა და ხახუნის ძალები (ნახ.9.19ა); დამოუკიდებელი აგ'ხნების მედმივი დენის ელექტრული ძრავა, რომელსაც შესწევს ღუხაში კინეტიკური ენერგიის და მაგნიტურ წრედში ელექტრომაგნიტური ენერგიის დაგროვების უნარი, რომლისთვისაც $U=x_{\text{კმ}}$ არის ღუხაზე მიყენებული მუდმივი ხიდიდის ძაბვა, ხოლო $\omega = x_{\text{კმ}}$ - ძრავს კუთხური სინქარე (ღუხის ბრუნვის სინქარე); ტიცივა დიფერენციალური მანომეტრი; სიარტურტკელი და სხვ.



ნახ.9.19. რხევეთი რგოლები: ა) მექანიკური; ბ) ელექტრული

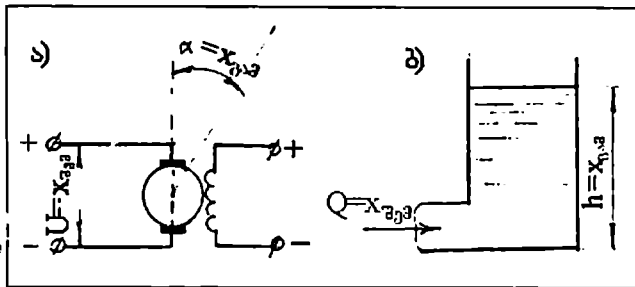
$\dot{A}_{\text{კმ}} = A_{\text{კმ}} \cdot e^{j\omega t}$ შემავალი რხევა; $\dot{A}_{\text{კმ}} = A_{\text{კმ}} \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}$

გამომავალი რხევა; $A_{\text{კმ}}$ - შემავალი რხევის ამპლიტუდა; $A_{\text{კმ}}$ გამომავალი რხევის ამპლიტუდა; ω რხევის კუთხური სინქარე; φ - ფაზური ძვრა გამომავალ და შემავალ რხევებს შორის; $j = \sqrt{-1}$ - წარმოსახვითი ერთეული

4. მაინტეგრებელი რგოლი. მაინტეგრებელ რგოლს, აგრეთვე, უწოდებენ ასტატიკურს ან კიდევ - ნეიტრალურს. მაინტეგრებელი ეწოდება ისეთ რგოლს, რომლის გამომავალი სიდიდე შემავალის ინტეგრალია ან რომელშიც გამოსასველელზე სიდიდის ცვლილების სინქარე პროპორციულია სიდიდისა შესასველელზე.

ანსხვავებენ იდეალურ და რეალურ მაინტეგრებელ რგოლებს. იდეალური მაინტეგრებელი რგოლის მაგალითია დამოუკიდებელი აგზნების მუდმივი დენის ძრავა, თუ შესასველელ სიდიდედ ჩათვლით ღუზის ძაბვას U_{α} , ხოლო გამოსასველელ სიდიდეთ - ღუზის მობრუნების კუთხეს α იმ პირობით, რომ დროის ელექტრომექანიკური და ელექტრომაგნიტური მუდმივები შედარებით მცირეა და შეიძლება მათი უგულებელყოფა (ნახ.9.20ა).

მეორე მაგალითია რეზერვუარი, რომელშიც მიეწოდება სითხე, თუ შესასველელ სიდიდედ ჩათვლით სითხის ნაკადს (Q), ხოლო გამოსასველელ სიდიდედ - სითხის დონეს (h) რეზერვუარში იმ პირობით, რომ სითხის სინქარე მკვებავ მილსადენში მყისიერად აღწევს დამყარებულ მინიშნელობას (ნახ.9.20ბ).



ნახ.9.20. მაინტეგრებელი რგოლების მაგალითები

ძალიან ხშირად, პრაქტიკული ანგარიშებისათვის საკმარისი სიზუსტით, შეიძლება რეალური მაინტეგრებელი რგოლების ნაცვლად გამოყენებული იქნას იდეალური.

რეალური მაინტეგრებელი რგოლის მაგალითად შეიძლება განხილული იქნას დამოუკიდებელი აგზნების მუდმივი დენის ძრავა დიდი მქნევარა მომენტით ლილვზე, რომლის გავლენის უგულებელყოფა დაუშვებელია. რაც შეეხება ღუზის წრედის ინდუქციურობას, შეიძლება უგულებელყოფილი იქნეს.

იდეალური მაინტეგრებელი რგოლის თვისებები აიწერება განტოლებით

$$\frac{dx_{\beta\alpha}}{dt} = kx_{\beta\alpha} \quad (9.11)$$

და

$$x_{\beta\alpha} = k \int_0^t x_{\beta\alpha}(t) dt. \quad (9.12)$$

როგორც უემთ იყო აღნიშნული, იდეალური მაინტეგრებელი რგოლის მაგალითია მუდმივი დენის ძრავა. ძრავას ბრუნვის სინქარე შეიძლება განისაზღვროს გამოსახულებიდან

$$n = k \cdot U_H, \quad (9.13)$$

სადაც k არის გადამცემი კოეფიციენტი.

ჩავსვათ $n = \frac{d\alpha}{dt}$ (9.13) გამოსახულებაში, მივიღებთ

$$\frac{d\alpha}{dt} = k \cdot U_H, \quad (9.14)$$

სადაც α არის ძრავას ლილვის მობრუნების კუთხე. გავაინტეგრალთ ეს გამოსახულება

$$\alpha = k \int_0^t U_H dt. \quad (9.15)$$

შეეცვალოთ $U_H = x_{\beta\alpha}$ და $\alpha = x_{\beta\alpha}$ (ე.ი. $d\alpha = dx_{\beta\alpha}$) (9.14)

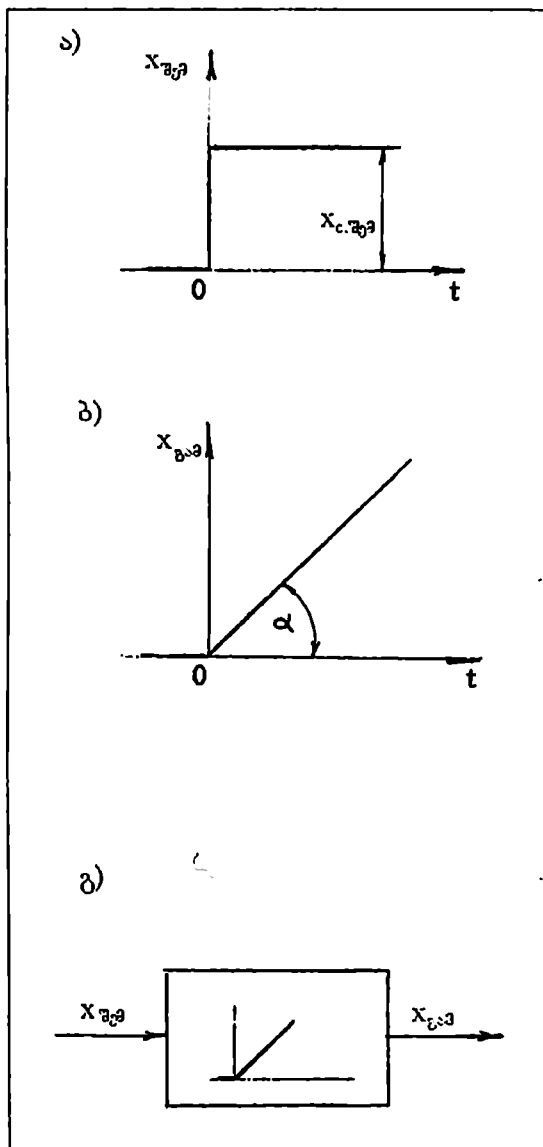
და (9.15) გამოსახულებებში, მივიღებთ, რომ

$$\frac{dx_{\beta\alpha}}{dt} = kx_{\beta\alpha} \quad \text{და} \quad x_{\beta\alpha} = k \int_0^t x_{\beta\alpha}(t) dt.$$

მაშასადამე, ასეთი რგოლი მაინტეგრებელია.

იდეალური მაინტეგრებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი 9.12-ის თანახმად იქნება დახრილი სწორი $x_{\beta\alpha}(t)$ (ნახ.9.21ბ). ვინაიდან ინტეგრალი გეომეტრიულად წარმოადგენს ფართობს $x_{\beta\alpha}(t)$ მრუდის ქვეშ, ხოლო მოცემულ შემთხვევაში ($x_{\beta\alpha} = \text{const} = x_{\beta\alpha}$), ეს ფართობი გაიხრდება t აფსცისის პროპორციულად:

$$x_{\beta\alpha} = kx_{\beta\alpha} \cdot t. \quad (9.16)$$



ნახ.9.21. იდეალური მაინტეგრებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი: ა) შეშავალი ზემოქმედება; ბ) გარდამავალი მახასიათებელი; გ) რგოლის პირობითი გამოსახვა

რეალური (ინერციული) მაინტეგრებელი რგოლის თვისებები აიწერება მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლებით (დინამიკის განტოლება)

$$T \frac{d^2 x_{\text{გაი}}}{dt^2} + \frac{dx_{\text{გაი}}}{dt} = kx_{\text{გაი}}. \quad (9.17)$$

ასეთი რგოლის მაგალითია დამოუკიდებელი აგ'სნების მუდმივი დენის ძრავა ლილვზე დიდი მქნევარა მომენტით, რომლის განტოლებას ჩვეულებრივ აქვს სახე

$$T \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \frac{d\alpha}{dt} = kU_{\mu}. \quad (9.18)$$

რეალური მაინტეგრებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებლის განტოლება მიიღება (9.17) განტოლების გადაწვევით ($x_{\text{გაი}} = \text{const}$ და ნულოვანი საწყისი პირობების დროს) და აქვს სახე

$$x_{\text{გაი}} = x_{\text{რეაი}} \left[kt - kT \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \right]. \quad (9.19)$$

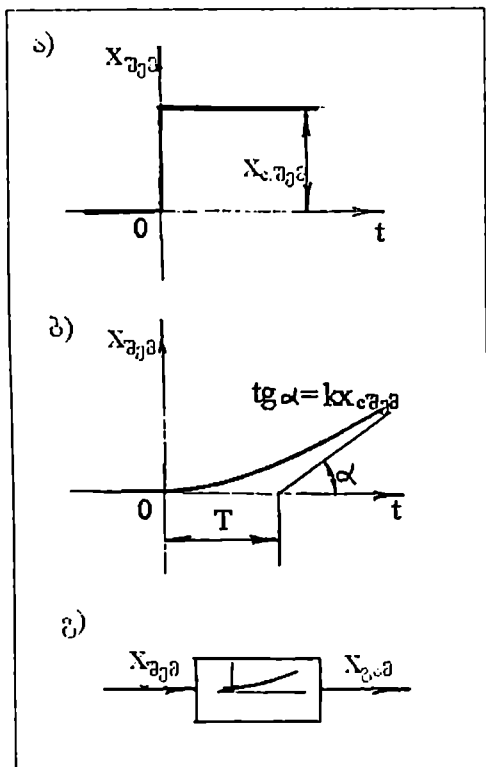
გრაფიკულად წარმოდგენილია 9.22 ნახაზზე.

მაინტეგრებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებლები და პირობითი გამოსახულებები ნაჩვენებია 9.21 და 9.22 ნახაზებზე.

მაინტეგრებელი რგოლის მაგალითებია: მცირე სიმძლავრის ელექტროძრავა, რეზერვუარი, რომელშიც მიეწოდება სითხე, ელექტრომრიცხველი, კონდენსატორი დამუხტული დენით, იდეალური ინდუქციურობა, ერთტევადობიანი სარეგულირებელი ობიექტი თვითგათანაბრების გარეშე, პიდრავლიკური სერვოძრავა, მექანიკური მოწყობილობა (შესასვლელი სიდიდე - სინქარე, გამოსასვლელი - გადაადგილება) და სხვ.

5. მადიფერენცირებელი რგოლი. რგოლს, რომელშიც სიდიდე გამოსასვლელში პროპორციულია შესასვლელში სიდიდის ცვლილების სინქარისა, ეწოდება მადიფერენცირებელი რგოლი.

ცნობილია იდეალური და რეალური (ინერციული, ისოდრომული) მადიფერენცირებელი რგოლები.



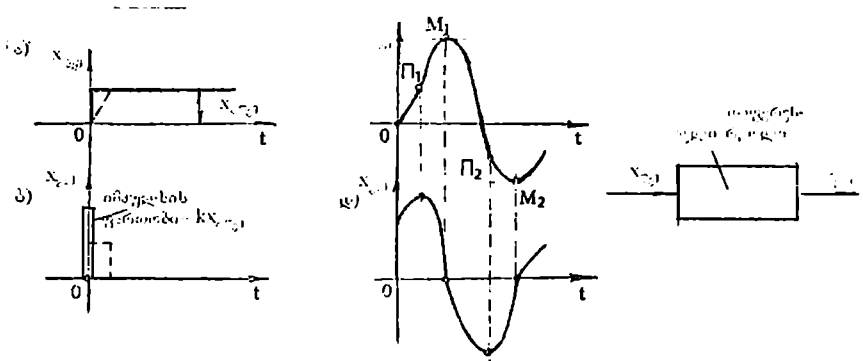
ნახ.9.22. რეალური მაინტეგრებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი: ა) შემავალი ზემოქმედება; ბ) გარდამავალი მახასიათებელი; გ) რგოლის პირობითი გამოსახვა

იდეალური მადიფერენცირებელი რგოლი წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელიც გამოსასვლელზე იძლევა “სუფთა” (დამახინჯებების გარეშე) წარმოებულს დროის მიხედვით შესასვლელი სიდიდიდან, ე.ი. რგოლის დინამიკის განტოლებაა

$$x_{გაგ} = k \frac{dx_{შვმ}}{dt}. \quad (9.20)$$

ავაგოთ იდეალური მადიფერენცირებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი. ამისათვის შესასვლელზე მივაწოდოთ ნახტომისებურად მუდმივი მნიშვნელობა $x_{შვმ} = x_{c,შვმ}$.

მხოლოდ $t=0$ წერტილში, წარმოებული $\frac{dx_{გაგ}}{dt}$ არ იქნება ნულის ტოლი. თუ ნახტომი მყისიერია, მაშინ წარმოებული $\frac{dx_{გაგ}}{dt}$ $t=0$ წერტილში იქნება უსასრულობა, და გარდამავალ მახასიათებელს ექნება მყისიერი იმპულსის სახე (მოლიანი ხაზები $x_{გაგ}$ -ის გრაფიკზე, ნახ.9.23), ხოლო შემდეგ გახდება ნულის ტოლი, რადგან შემავალი სიდიდის ცვლილებების სინქარე ყველა შემდგომ მომენტებში ტოლია ნულისა. ვინაიდან ბუნებაში ყოველთვის იქნება არა წმინდა მყისიერი ცვლილება (პუნქტური $x_{გაგ}$ -ის გრაფიკზე), ამიტომაც იმპულსი გამოსასვლელში იქნება სასრული (პუნქტური $x_{გაგ}$ -ის გრაფიკზე), თუმცა ძალიან მოკლე ხნით.



ნახ.9.23. იდეალური მადიფიცირებული რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი

იდეალური მადიფიცირებული რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი არ არის ძალიან თვალსაჩინო. ამიტომ 9.23დ ნახაზზე ნაჩვენებია ამ რგოლის გამოსასვლელი სიდიდის $x_{გაგ}(t)$ გრაფიკი, შემავალი სიდიდის $x_{გაგ}(t)$ ნებისმიერად ცვლილების დროს (ნახ.9.23გ). $x_{გაგ} = k \frac{dx_{გაგ}}{dt}$ გრაფიკი ადვილი ასაგებია ნებისმიერი $x_{გაგ}$ -ის დროს, თუ გავიხსენებთ წარ-

მოებულის გეომეტრიულ აზრს - $x_{\text{გაა}}(t)$ მრუდის მიმართ მხე-
ბის დახრის კუთხის ტანგენსი. შედეგად $x_{\text{გაა}}(t)$ -ს ექნება
მაქსიმუმი და მინიმუმი მრუდის $x_{\text{გაა}}(t)$ გადაღუნვის Π_1 და Π_2
წერტილებში, რადგან იქ მრუდს $x_{\text{გაა}}(t)$ გააჩნია ყველაზე
დიდი დახრა (ნახ.9.23გ,დ). მრუდის $x_{\text{გაა}}(t)$ მაქსიმუმისა M_1 და
მინიმუმის M_2 წერტილებში $x_{\text{გაა}}=0$, რადგან $x_{\text{გაა}}(t)$ მხებები M_1
და M_2 წერტილებში პორიზონტალურია.

იდეალური მადიფერენცირებაელი რგოლის მაგალითია
ტაქოგენერატორი იმ შემთხვევაში, თუ შესასვლელ სიდიდედ
 $x_{\text{გაა}}$ მივიღებთ ლილვის მობრუნების კუთხეს. ტაქოგენერა-
ტორი იძლევა ძაბვას, რომელიც პროპორციულია ლილვის
ბრუნვის კუთხური სინქარისა

$$U = k \cdot \omega,$$

მაგრამ კუთხური სინქარე ω წარმოადგენს, როგორც ცნო-
ბილია, ლილვის მობრუნების φ კუთხის წარმოებულს
დროის მიხედვით. შედეგად ვღებულობთ:

$$U = k \cdot \frac{d\varphi}{dt}, \quad (9.21)$$

რაც ემთხვევა იდეალური მადიფერენცირებაელი რგოლის 9.20
განტოლებას.

უნდა შევნიშნოთ, რომ ყოველთვის არ არის შესაძლე-
ბელი იდეალური მადიფერენცირებაელი მოწყობილობის გაკე-
თება, რომელიც 9.20-ის თანახმად იძლეოდეს წარმოებულს
დაუმახინჯებლად. ყველა რეალურ მოწყობილობას გააჩნია
ინერციულობა ამა თუ იმ ხარისხით, რომელიც გამოიხატება
დროის რაღაც მუდმივათი. ამიტომ 9.7 ფორმულის ანალოგი-
ურად, რეალური (ინერციული) მადიფერენცირებაელი რგოლი
9.20-ის ნაცვლად აიწერება განტოლებით

$$T \frac{dx_{\text{გაა}}}{dt} + x_{\text{გაა}} = k \frac{dx_{\text{გაა}}}{dt}. \quad (9.22)$$

ზემოთ მოყვანილი ტაქოგენერატორის მაგალითში ეს
ნიშნავს, რომ იგი გამოიმუშავებს არა $\frac{d\varphi}{dt}$ კუთხური სინქარის
იდეალურად პროპორციულ U ძაბვას, როგორც 9.21 ფორმუ-

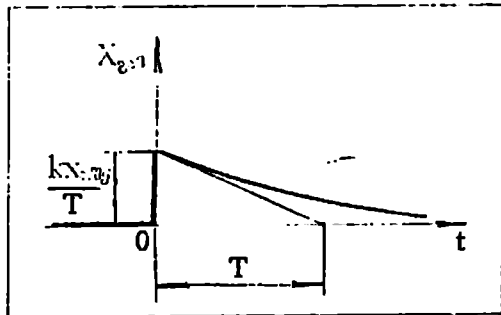
ლაშია, არამედ დამახინჯებით ინერციული დაგვიანების სახით, რომელიც ხასიათდება დროის T მედმივით:

$$T \frac{dU}{dt} + U = k \cdot \frac{d\phi}{dt}. \quad (9.23)$$

რეალური მაღიფერენცირებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი ნახევნებია ნახა'ს'სე 9.24 და აიწერება ფორმულით

$$x_{\text{რამ}} = \frac{kx_{c\text{რამ}}}{T} e^{-\frac{t}{T}} \quad (9.24)$$

რომელიც წარმოადგენს (9.22) დიფერენციალური განტოლების გადაწვევებს, ადვილი დასანახია, რომ როცა $T=0$ (იდეალური მაღიფერენცირებელი რგოლი) გრაფიკი ნახ.9.24 გადაკარდება მყისიერ იმპულსად (ნახ.9.23ბ).

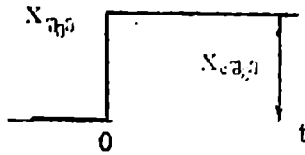


ნახ.9.24 მაღიფერენცირებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი

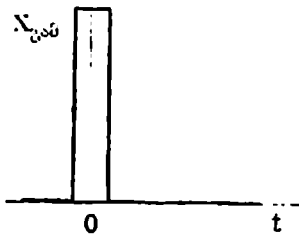
რეალური მაღიფერენცირებელი რგოლი შეესაბამება თანმიმდევრულად შეერთებულ აპერიოდულ და იდეალურ მაღიფერენცირებელ რგოლებს.

მაღიფერენცირებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი და მისი პირობითი გამოსახვა მოყვანილია 9.25 ნახა'ს'სე.

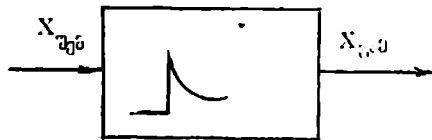
ა)



ბ)

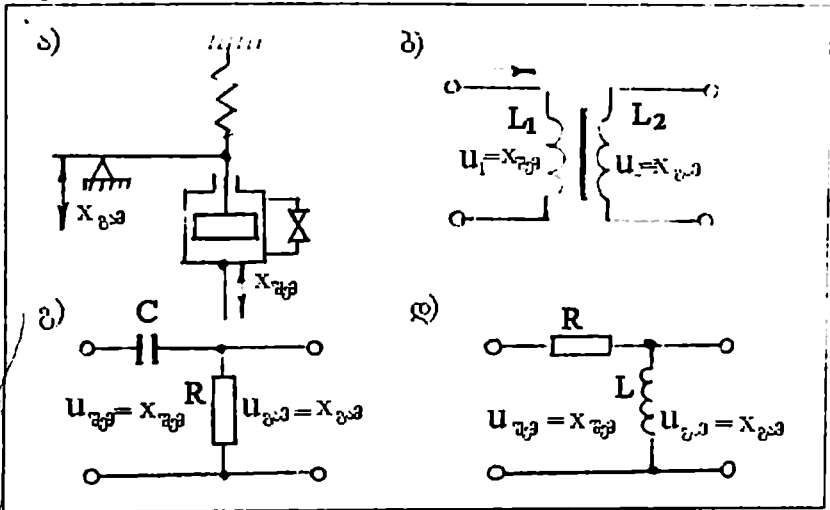


გ)



ნახ.9.25. მადიფერენცირებელი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი: ა) შემაგვალი ზემოქმედება; ბ) გარდამავალი მახასიათებელი; გ) რგოლის პირობითი გამოსახვა

მადიფერენცირებადი რგოლების მაგალითები: ძიღრაჟ-ლიკური მამშეიდებელი სამბართ (ნახ.9.26ა), ტრანსფორმატორი (ნახ.9.26ბ), წრედი აქტიური წინაღობით და ტეჟაღობით (ნახ.9.26გ), წრედი აქტიური წინაღობით და ინდუქციურობით (ნახ.9.26დ), სინქართი თერმოწევილი, რომლისთვისაც ე.მ.მ. გამოსასვლელზე პროპორციულია გასაწომი ტემპერატურის ცვლილების სინქარისა; მუღმეი დენის გენერატორი, რომლის შემავალი სიდიდეა მისი დერძის მობრუნების კუთხე. ხოლო გამომავალი სიდიდე - ძაბვა, დუწის მობკრებზე და სხე.



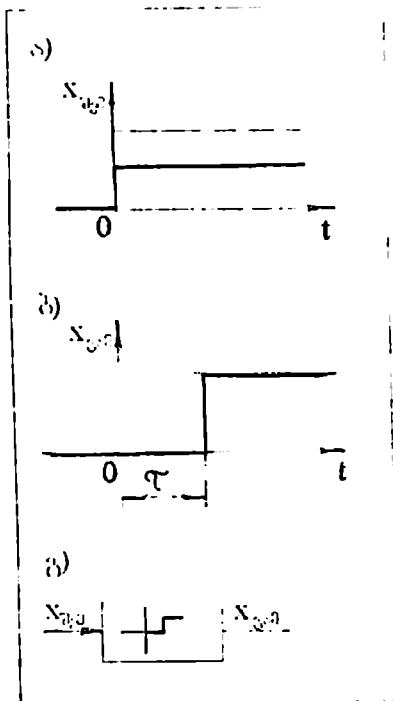
ნახ.9.26. მადიფერენცირებადი რგოლების მაგალითები

6. დაგვიანებით მოქმედი რგოლი. დაგვიანებით მოქმედი რგოლი ეწოდება რგოლს, რომელშიც გამოსასვლელი სიდიდე აღწარმოებს შესასვლელი სიდიდის ცვლილებას დაუმახინჯებლად, მაგრამ გარკვეული მუღმეი τ დაგვიანებით (ნახ.9.27).

რგოლის დინამიკის განტოლებას აქეს სახე

$$x_{გაგ}(t) = kx_{გაგ}(t - \tau), \tag{9.25}$$

სადაც τ არის სუფთა ანუ სატრანსპორტო დაგვიანების დრო. დაგვიანებით მოქმედი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი და მისი პირობითი გამოსახევა ნანეყნებია ნახასზე 9.27.



ნახ.927. დაგვიანებით მოქმედი რგოლის გარდამავალი მახასიათებელი: ა) საფეხურისებრი შემავალი ზემოქმედება; ბ) გარდამავალი მახასიათებელი; გ) რგოლის პირობითი გამოსახვა

დაგვიანებით მოქმედი რგოლის მაგალითებია კონვეიერები*, მკეებავები, გრძელი მილსადენები**, წისქვილები*** და სხვ.

* თუ კონვეიერის ერთ ბოლოზე გარკვეული დოზით დაყრილ სატრანსპორტირებელ მასალას ჩავთვლით შემავალ სიგნალად, ხოლო მეორე ბოლოდან გადმოყრილი მასალის რაოდენობას დროის ერთეულში გამოშვალ სიგნალად, ცხადია, რომ შემავალი სიგნალის ყოველგვარ ცვალეზადობას, მხოლოდ გარკვეული დროის შემდეგ (T დროის მონაკვეთის შემდეგ), მოჰყვება გამოშვალ სიგნალის სათანადო ცვალეზადობა. მაშასადამე, კონვეიერი დაგვიანებით მოქმედი რგოლის მაგალითია.

** თუ ჩავთვლით, რომ მილსადენში შემავალი სითხის ტემპერატურა არის შემავალი სიგნალი, ხოლო მილსადენიდან გამონადენი სითხის ტემპერატურა - გამოშვალ სიგნალი, მაშინ მილსადენი იქნება დაგვიანებით მოქმედი რგოლის მაგალითი.

*** თუ წისქვილში დასაფქვავე მარცვლის მიწოდების ინტენსივობა შემავალი სიგნალია, ხოლო მუდმივი სიჩქარით მბრუნავ წისქვილში მარცვლის დაფქვის ხარისხი გამოშვალ სიგნალი, მაშინ წისქვილი დაგვიანებით მოქმედ რგოლად შეიძლება იქნას წარმოდგენილი.

დაგვიანებით მოქმედი რგოლი წარმოადგენს პროპორციული რგოლის სახეს, როდესაც გამოსასვლელი სიდიდე დროის მუდმივი მონაკვეთის ჩამორჩენით იმეორებს შესასვლელ სიდიდეს (იხ. ფორმულა 9.6).

თუ 9.25 გამოსახულებაში დაუშვებთ, რომ გაძლიერების კოეფიციენტი $k=1$, მაშინ რგოლის განტოლება იქნება

$$x_{გაი}(\tau) = x_{შეი}(\tau - \tau),$$

რომლის ოპერაციული სახე შეიძლება მიღებული იქნას დაძვრის თეორემის თანახმად.

ავტომატური რეგულირების თეორიასა და პრაქტიკაში უმეტეს შემთხვევებში საქმე გვაქვს უფრო მაღალი რიგის განტოლებებთან. ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლება მუდმივი კოეფიციენტებით, რომელიც აღწერს წრფივი სისტემის დინამიკურ თვისებებს სოგადი სახით ასეთია:

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n x_{გაი}}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x_{გაი}}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dx_{გაი}}{dt} + a_0 x_{გაი} &= \\ &= b_m \frac{d^m x_{შეი}}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x_{შეი}}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dx_{შეი}}{dt} + b_0 x_{შეი}, \end{aligned} \quad (9.26)$$

სადაც

$x_{გაი}$ არის გამომავალი (სარეგულირებელი) სიდიდე;

$x_{შეი}$ – შემავალი სიდიდე (მარეგულირებელი ან შემავ-ფოთებელი ზემოქმედება);

$a_n, a_{n-1}, \dots, a_0; b_m, b_{m-1}, \dots, b_0$ – მუდმივი კოეფიციენტები;

$\frac{d^n x}{dt^n}$ – n -ური ხარისხის წარმოებული დროის მიხედვით;

$\frac{d^m x}{dt^m}$ – m -ური ხარისხის წარმოებული დროის მიხედვით.

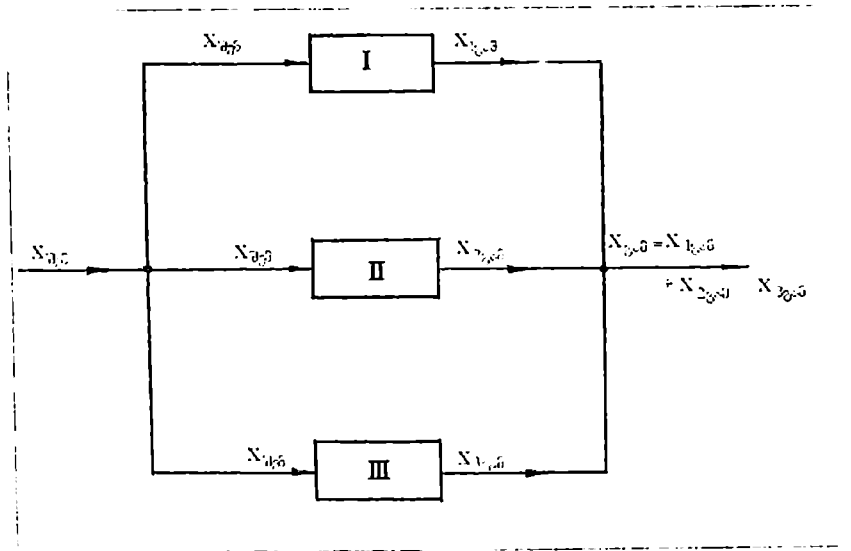
§5. ავტომატური რეგულირების სისტემების რგოლების შეერთება

ავტომატური რეგულირების სისტემის რგოლები შეიძლება შეერთდნენ პარალელურად მიმდევრობით და სისტემის ან რამდენიმე რგოლის შერთვით უკუკავშირით*.

რგოლების პარალელური შეერთება ეწოდება ისეთ შეერთებას, რომლის დროსაც შემავალი სიდიდე წარმოადგენს საერთოს ყველა რგოლისათვის, ხოლო შეერთების გამომავალი სიდიდე ტოლია რგოლების გამომავალი სიდიდეების ალგებრული ჯამისა.

ნახ.9.28-ზე მოყვანილია სისტემის სამი რგოლის პარალელურად შეერთების სქემა. შეერთების გამომავალი სიდიდე

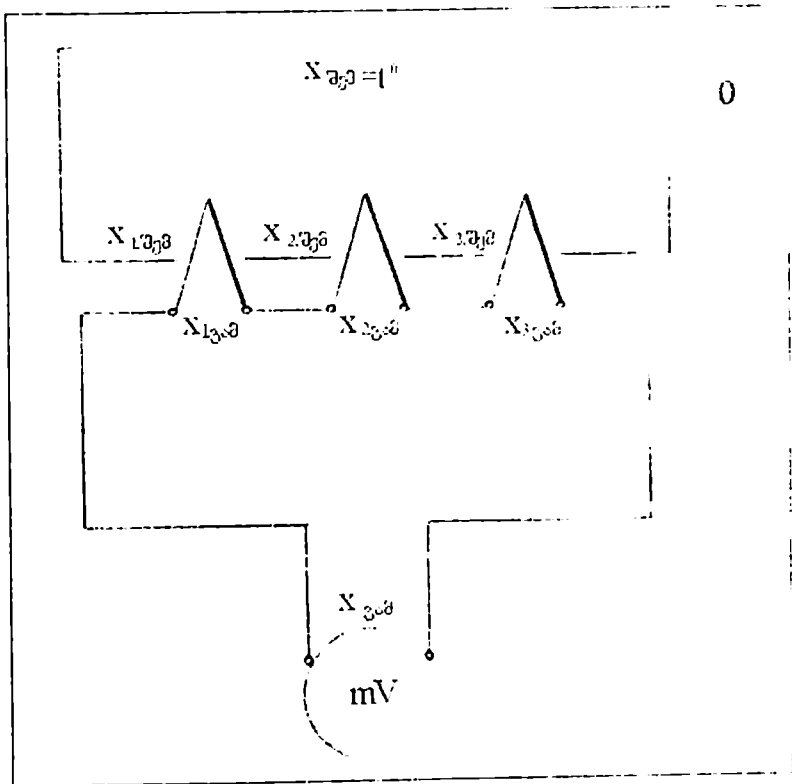
$$x_{გამ} = x_{გამ I} + x_{გამ II} + x_{გამ III} \quad (9.27)$$



ნახ.9.28. სისტემის ელემენტების პარალელური შეერთება

* უკუკავშირის ქვეშ იგულისხმება მოწყობილობების ერთობლიობა, რომლებიც გამოსასვლელი (სარეგულირებელი) სიდიდის ცვლილებებს გადასცემენ სისტემის შესასვლელზე.

რგოლების პარალელურად შეერთება განვიხილოთ რაიმე გარემოს ტემპერატურის გაზომვის მაგალითს, თერმოწყვილების დახმარებით (ნახ.9.29). ივარაუდება, რომ O ობიექტში, რომელშიც წარმოებს გაზომვა, გარემოს ტემპერატურა იცვლება ერთდროულად და ერთნაირად მთელს მოცულობაში. ამ მაგალითში სამივე თერმოწყვილისათვის (სამივე რგოლისათვის) შემავალ სიდიდეს $X_{აჟ}$ წარმოადგენს გარემოს ტემპერატურა, ხოლო გამომავალ სიდიდეს $X_{გაჟ}$ საერთო თერმო ე.მ.ბ. ბატარეის მომჭერებს, რომელიც შედგენილია განხილული მაგალითის შემთხვევაში სამი თერმოწყვილისაგან.



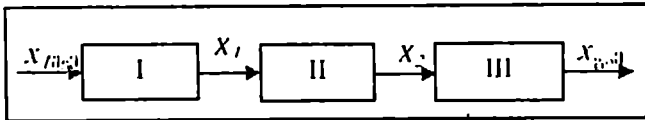
ნახ.9.29. ობიექტის ტემპერატურის გაზომვა პარალელურად შეერთებული რგოლების დახმარებით

შემავალი სიდიდე ყველა რგოლისათვის ერთი და იგივეა, ე.ი.

$$X_{1\text{რგმ}} = X_{2\text{რგმ}} = X_{3\text{რგმ}} = X_{\text{რგმ}} = t^{\circ}\text{C}.$$

თერმოწყვილების გამოსასვლელები ისეთნაირადაა შეერთებული, რომ ბატარეის თერმო ე.მ.ბ. ტოლია თითოეული თერმოწყვილის ე.მ.ბ. ჯამისა, ე.ი. საერთო გამომავალი სიდიდე ტოლია შემადგენელი რგოლების გამომავალი სიდიდეების ჯამისა (გარემოს საშუალო ტემპერატურის განსასაზღვრავად ამ მაგალითში საჭიროა ხელსაწყოზე გამომავალი სიდიდის ჩვენება გავყოთ სამზე).

ნახაზზე 9.30 მოცემულია სამი რგოლის თანმიმდევრობით შეერთება. რგოლების თანმიმდევრობით შეერთება ეწოდება ისეთ შეერთებას, რომლის დროსაც ყოველ რგოლში შემავალი სიგნალი არის წინა რგოლიდან გამოსული სიგნალი, ხოლო გამომავალი სიგნალი შემდგომ რგოლში შემავალი სიგნალია.



ნახ.9.30. რგოლების თანმიმდევრობით შეერთება

ვიპოვოთ სტატიკური მახასიათებელი თანმიმდევრობით შეერთებული ხაზოვანი (წრფივი) რგოლებისა.

პირველი რგოლისათვის

$$X_{1\text{გამ}} = k_1 X_{1\text{რგმ}} \quad (9.28)$$

II რგოლისათვის

$$X_{2\text{გამ}} = k_2 X_{2\text{რგმ}} \quad (9.29)$$

III რგოლისათვის

$$X_{3\text{გამ}} = k_3 X_{3\text{რგმ}} \quad (9.30)$$

მაგრამ თანმიმდევრობით შეერთების დროს

$$X_{1\text{გამ}} = X_{2\text{რგმ}} = X_1; \quad (9.31)$$

ე.ი. პირველი რგოლის გამომავალი სიდიდე წარმოადგენს II რგოლისათვის შემავალს (ნახ.9.30-ზე აღნიშნულია X_1 -ით).

ანალოგიურად

$$\left. \begin{aligned} X_{2\text{გამ}} &= X_{3\text{რგმ}} = X_2; \\ X_{3\text{გამ}} &= X_{\text{გამ}} \end{aligned} \right\} \quad (9.32)$$

სადაც $x_{\gamma\alpha}$ არის რგოლების მთელი ჯგუფის გამომავალი სიდიდე.
მაშინ

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= x_{1\alpha} = k_1 x_{1\beta}; \\ X_2 &= x_{2\alpha} = k_2 x_{2\beta}; \\ X_3 &= x_{3\alpha} = k_3 x_{3\beta}. \end{aligned} \right\} \quad (9.33)$$

მაგრამ

$$x_{\gamma\alpha} = x_{\gamma\beta}$$

მაშასადამე

$$x_{\gamma\alpha} = k_3 x_{3\beta}. \quad (9.34)$$

მაგრამ 9.32 და 9.29 ფორმულების თანახმად

$$x_{3\beta} = X_{2\alpha} = k_2 x_{2\beta}; \quad (9.35)$$

თუ ჩავსვამთ 9.35 9.34-ში, მივიღებთ:

$$x_{\gamma\alpha} = k_3 k_2 x_{2\beta}; \quad (9.36)$$

9.31-სა და 9.34-ის თანახმად

$$X_{2\beta} = x_{1\alpha} = k_1 x_{1\beta};$$

თუ ჩავსვამთ ამ მნიშვნელობას 9.36-ში, საბოლოოდ მივიღებთ:

$$x_{\gamma\alpha} = k_3 k_2 k_1 x_{1\beta};$$

ამრიგად,

$$x_{\gamma\alpha} = k_1 k_2 k_3 x_{1\beta}; \quad (9.37)$$

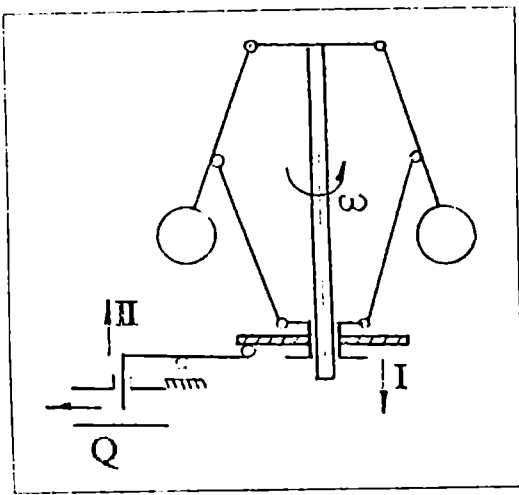
ე.ი.

$$x_{\gamma\alpha} = k x_{1\beta},$$

სადაც $k = k_1 k_2 k_3$.

რამდენიმე თანმიმდევრობით შეერთებული წრფივი რგოლის სტატიკური მახასიათებელი წარმოადგენს სწორს, რომლის გადამცემი (გარდაქმნის) კოეფიციენტი ტოლია რგოლების გადამცემი კოეფიციენტების ნამრავლისა.

რგოლების თანმიმდევრობით შეერთების მაგალითი მოცემულია 9.31 ნახაზზე. თბური ძრავას ლილვის ბრუნვის სიხშირის სტაბილიზაცია ხორციელდება ორი თანმიმდევრობით შეერთებული რგოლის საშუალებით – ცენტრიდანული რეგულატორითა (I რგოლი) და ბერკეტით (II). ბერკეტი გადაადგილებს საფარს, რომელიც ცვლის სათბობის ხარჯს.

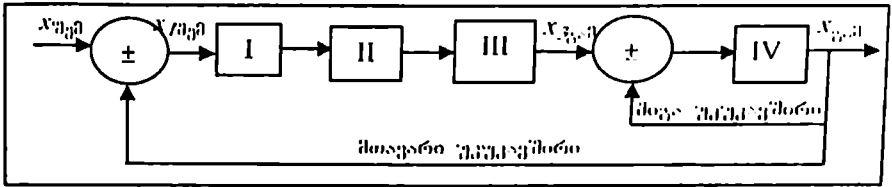


ნახ.9.31. თბური ძრავას ლილვის ბრუნვის სისწორის სტაბილიზაციის ავტომატური მართვის სისტემა

სისტემის ან რამდენიმე რგოლის შერთვა უკუკავშირით. ძირითადი ცნობები ავტომატური მართვის სისტემაზე უკუკავშირით მოცემულია მეოთხე თავის პირველ პარაგრაფში. აქ აღენიშნავთ, რომ უკუკავშირი უკუკავშირის კოეფიციენტის ნიშნის მიხედვით შეიძლება იყოს დადებითი ან უარყოფითი. დადებითი უკუკავშირის გამოყენება სრდის გაძლიერების კოეფიციენტს, ხოლო უარყოფითი უკუკავშირის გამოყენება ამცირებს გაძლიერების კოეფიციენტს.

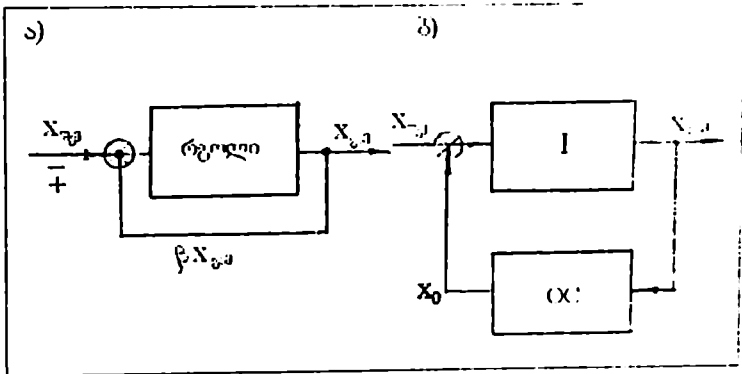
სისტემის ან რამდენიმე რგოლის შერთვა უკუკავშირით ხორციელდება, როდესაც ნებისმიერი წესით შეერთებული შესართავი რგოლების შესასვლელზე მათი გამოსასვლელიდან მიეწოდება სიგნალი შემრთველი რგოლების გავლით, რომლებიც იმყოფებიან უკუკავშირის წრედში. მაშასადამე, უკუკავშირი ეწოდება ისეთ კავშირს, რომლის დროსაც რგოლის გამომავალი სიგნალი ემატება ან აკლდება იმავე რგოლის ან რომელიმე წინ მდებარე რგოლის შემავალ სიგნალს. ამასთან, თუ სისტემის უკანასკნელი რგოლის გამომავალი სიგნალი ემატება ან აკლდება სისტემის პირველი რგოლის შემავალ სიგნალს, მაშინ ასეთ კავშირს მთავარი უკუკავშირი ეწოდება; სხვა დანარჩენ უკუკავშირს – შიგა და დამატებითი უკუკავშირი (ნახ.9.32). თუ სქემაზე მხოლოდ ერთი მთავარი უკუკავშირია, მას ერთკონტურიანი ეწოდება,

ხოლო თუ რამდენიმე უკუკავშირია - მრავალკონტურიანი. თუ შემადარებელ ორგანოში პლუს ნიშანია, მაშინ პირველ რგოლში შემავალი სიგნალი იქნება $x_{შეი} + x_{გამ}$, ხოლო, თუ მინუსია, მაშინ $x_{შეი} - x_{გამ}$



ნახ.9.32. კავშირების სახეები

ნახ.9.33ა-ზე მოყვანილია შერთული სისტემა ხისტი უკუკავშირით, ხოლო ნახ.9.33ბ-ზე უკუკავშირის რგოლით.



ნახ.9.33. ჩაკეტილი სისტემა უკუკავშირით

ამრიგად, სისტემის ან რამდენიმე რგოლის შერთვისას უარყოფითი (დადებითი) უკუკავშირით (ნახ.9.33ბ) ჩაკეტილი სისტემის გადამცემი ფუნქცია ტოლია ნებისმიერი წესით შეერთებული, ჩასაკეტი რგოლების გადამცემი ფუნქცია $W_1(P)$ გაყოფილი ერთი პლიუს (მინუს) ჩასაკეტი რგოლების გადამცემი ფუნქცია გამრავლებული ჩამკეტი რგოლების $W_{oc}(P)$ გადამცემი ფუნქციასე

$$W_{\text{ჩაკეტილი სისტ.}}(P) = \frac{W_1(P)}{1 \pm W_1(P) \cdot W_{oc}(P)} \quad (9.38)$$

ამ ფორმულის გამოყენა იხილე [16].

§6. ავტომატური რეგულირების სისტემების სტრუქტურული სქემები

ავტომატური რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა ეწოდება სქემას, რომელიც შედგენილია ტიპობრივი დინამიკური რგოლებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებული არიან ისეთნაირად, რომ სემოქმედებები მათი საშუალებით მიმდინარეობდნენ იმის ანალოგიურად, როგორც ისინი მიმდინარეობენ რეალურ (კონსტრუქციულ) სქემაში.

ავტომატური რეგულირების სისტემების დიფერენციალური განტოლებების შედგენა მარტივდება, თუ წინასწარ შევადგინთ ამ სისტემის ე.წ. სტრუქტურულ სქემას. ამრიგად, ავტომატური რეგულირების სისტემების დიფერენციალური განტოლებების შედგენის ამოცანა დაიყვანება ცალკეული რგოლების განტოლებების შედგენასე. ამასთან მოგება შრომაში ხდება თვალნათელი, ვინაიდან პრაქტიკაში უმეტეს შემთხვევებში ავტომატური რეგულირების სისტემების სტრუქტურული სქემები წარმოდგენენ მცირე რიცხვის ტიპური რგოლების კომბინაციებს, რომელთა გადამცემი ფუნქციები ცნობილია. (ავტომატური რეგულირების რგოლების გადამცემი ფუნქციები განხილულია მე(ცხრე პარაგრაფში). აქ მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ რგოლის გადამცემი ფუნქცია შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც გამოსასვლელი სიგნალის შეფარდება შესასვლელ სიგნალთან.

მაშასადამე, ავტომატური რეგულირების სისტემის რეალური კონსტრუქციული (პრინციპიალური) სქემის წარმოსადგენად დინამიკური სტრუქტურული სქემის სახით, თავდაპირველად საჭიროა დადგინდეს, თუ რომელი ტიპური ელემენტარული რგოლის ეკვივალენტურია სისტემის კონსტრუქციული ელემენტი და შემდეგ რგოლები შეერთდეს ერთმანეთთან შენაწევრებული კონსტრუქციული ელემენტების შესაბამისად.

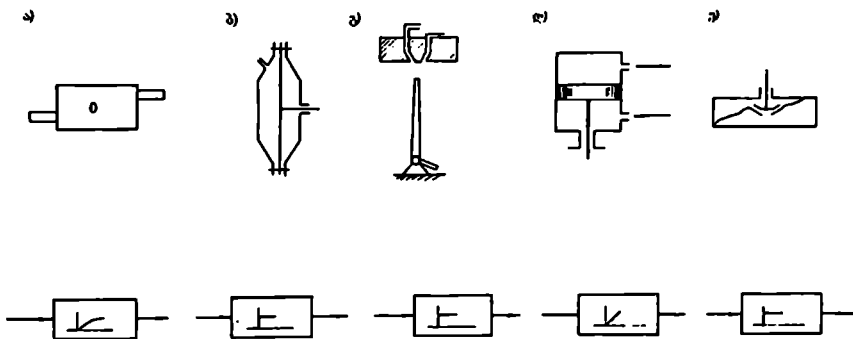
შევადგინოთ რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა, რომელიც მოყვანილია 9.2 ნახაზზე. ამ სისტემის თითოეული კონსტრუქციული ელემენტი შეიძლება შეცვლილი იქნეს მისი ეკვივალენტური დინამიკური რგოლით, როგორც ნაჩვენებია 9.34 ნახაზზე.

დავიწყოთ სარეგულირებელი ობიექტით. იგი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას აპერიოდული რგოლით; სისტემის

შესასვლელს წარმოადგენს მიწოდებული გაზის რაოდენობის (კვლილება, ხოლო გამოსასვლელს - სარეგულირებელი წნევის (კვლილება (ნახ.9.34ა).

მემბრანული მგრძობიარე ელემენტი (გარდამსახი) შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც პროპორციული რგოლი; შესასვლელი - სარეგულირებელი წნევის (კვლილება, გამოსასვლელი - ჭავლურ მილაკთან (გამაძლიერებელი) ხისტად დაკავშირებული მემბრანის ცენტრის გადაადგილება (ნახ.9.34ბ).

ჭავლური მილაკი (გამაძლიერებელი) შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს, აგრეთვე, როგორც პროპორციული რგოლი (თუ უგულვებლევყოფთ ხახუნის ძალებს და მოძრავი ნაწილების მასას); შესასვლელი სიდიდე აქ იქნება ჭავლური მილაკის გადაადგილება, ხოლო გამოსასვლელი - სამუშაო (მუშა) სითხის წნევის ცვლილება (ნახ.9.34გ).



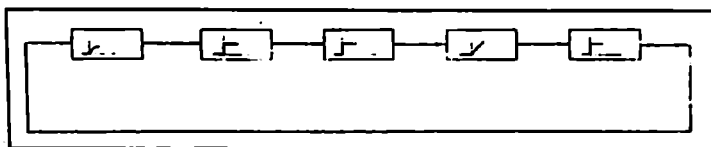
ნახ.9.34. კონსტრუქციული სქემის ელემენტები, ტიპური რგოლები პირობითი გამოსახვით

შემსრულებელი (აღმასრულებელი) მოწყობილობა - ძალური ცილინდრი შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც მაინტეგრირებული რგოლი; შესასვლელი - სამუშაო სითხის მიწოდების ცვლილება, ხოლო გამოსასვლელი - დგუშის გადაადგილება (ნახ.9.34დ).

მარეგულირებელი სარქველი შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც პროპორციული რგოლი (სარქველის მასა სერვომძრავას მოძრავი დგუშის მასასთან შედარებით მხედველობაში

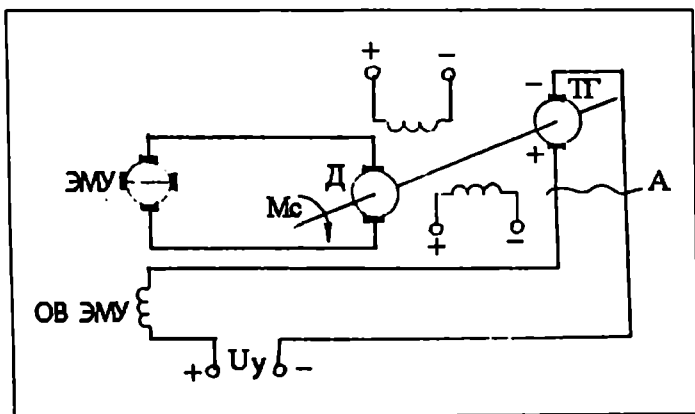
არ მიიღება). აქ შესასვლელი სიდიდე იქნება სარქველის გადაადგილება, ხოლო გამოსასვლელი – გაზის მიწოდების (ველილება ობიექტში (ნახ.9.34). 9.34 ნახაზის ქვედა ნაწილში ნაჩვენებია რგოლების პირობითი გამოსახვები.

9.35 ნახაზზე მოყვანილია რეგულატორის სტრუქტურული სქემა, რომლის კონსტრუქციული (პრინციპიალური) სქემაც გამოსახულია 9.2 ნახაზზე. სისტემის რგოლები შეერთებულია ერთმანეთთან თანმიმდევრობით. როგორც 9.35 ნახაზიდან ჩანს, კონსტრუქციული სქემა შემდგარი 5 ელემენტისაგან, სტრუქტურულ სქემაში წარმოდგენილია მხოლოდ სამი ტიპის ტიპური რგოლით: აპერიოდული რგოლით, სამი პროპორციული რგოლით და ერთი მაინტეგრებული რგოლით.



ნახ.9.35. რეგულატორის სტრუქტურული სქემა

მეორე მაგალითი. მუდმივი დენის ძრავას სინქარის ავტომატური რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემის შედგენა (ნახ.9.36).



ნახ.9.36. მუდმივი დენის ძრავას სინქარის ავტომატური რეგულირების სტატიკური სისტემა

Δ ძრავას ღუზა იკვებება ელექტრომანქანური გამაძლიერებლიდან ЭМΥ . გამაძლიერებლის შესასვლელზე, ე.ი. მისი მართვის გრაფილზე OB ЭМΥ , მიეწოდება მართვადი ძაბვის U_y და T ტაქოგენერატორის ე.მ.ძ-ის E_{T} სხვაობა

$\Delta U = U_y - E_{T}$. ტაქოგენერატორი ბრუნავს ძრავას Δ ლილვი-საგან. ძრავასა და ტაქოგენერატორს აქვთ დამოუკიდებელი აღვზნება მუდმივი ღენის გარე წყაროდან.

ტაქოგენერატორის ე.მ.ძ. პროპორციულია ძრავას n ბრუნვის სინქარისა. ამიტომ ძრავა და ტაქოგენერატორი შეიძლება განხილული იქნეს როგორც ერთი მთლიანი, ხოლო ძრავას ბრუნვის სინქარის რეგულირების ამოცანა განხილული იქნეს როგორც ტაქოგენერატორის ე.მ.ძ. E_{T} რეგულირება.

დამყარებულ რეჟიმში სხვაობა

$$\Delta U = U_y - E_{T}$$

წარმოადგენს ЭМΥ -ს შემავალ ძაბვას, რომლის დროსაც იქმნება n -ისა და E_{T} -ს მოცემული მნიშვნელობები.

ძრავას ლილვზე დატვირთვის შეცვლისას n და E_{T} -ს მნიშვნელობები იცვლება, რასაც მიეყვართ ΔU სხვაობის შეცვლასთან E_{T} -ს შემცირებადი გადახრის მიმართულებით U_y -დან. მართველი ძაბვის U_y შეცვლისას სხვაობაც, აგრეთვე, იცვლება მიმართულებით, რომელიც ამცირებს E_{T} -ს გადახრას U_y -დან.

დაეანაწევროთ განხილული სისტემა ტიპურ რგოლებად.

პირველი რგოლი. შესასვლელი - წრედი, რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული ელექტრომანქანური გამაძლიერებლის ЭМΥ მართვის გრაფილისაგან OB , ტაქოგენერატორის T ღუზისა და მართველი ძაბვის U_y წყაროსაგან. გამოსასვლელი - ЭМΥ მოკლედნართული წრედის მუსები. ეს რგოლი შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც აპერიოდული რგოლი, რადგან იგი შეიცავს მხოლოდ ინდუქციურობასა და აქტიურ წინაღობას. ამ რგოლის შესასვლელში მიეწოდება ΔU -ს სიდიდე, ხოლო გამოსასვლელში მისილება ЭМΥ -ს მოკლედნართული წრედის E_{α} ე.მ.ძ.

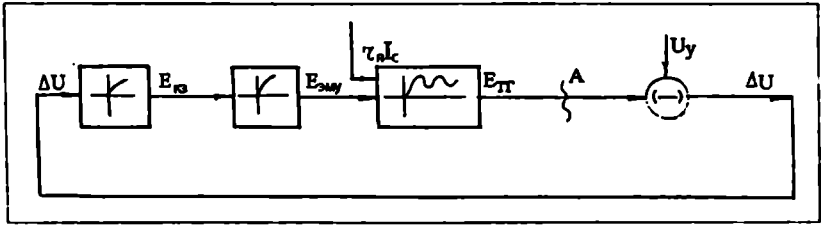
მეორე რგოლი. შესასვლელი - ЭМΥ -ს მოკლედნართული წრედის მუსები, გამოსასვლელი - ЭМΥ -ს გამოსასვლელი მუსები. ეს რგოლიც შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც

აპერიოდული რგოლი, რომლის შესასვლელში მიეწოდება \mathcal{E}_{MY} -ს მოკლედნართული წრედის E_{α} ე.მ.ძ., ხოლო გამოსასვლელზე მიიღება ელექტრომაგნიტური გამაძლიერებლის $E_{\alpha MY}$ ე.მ.ძ.

მესამე რგოლი. მუდმივი დენის ძრავა კომპლექსში ტაქოგენერატორთან. შესასვლელი - წრედი, რომელიც შედგება თანმიმდევრობით შეერთებული ძრავას დუხისა და \mathcal{E}_{MY} -ის დუხისაგან, გამოსასვლელი - ტაქოგენერატორის დუხის მუხები. ეს რგოლი არის მეორე რიგის (შეიძლება იყოს რხევითიც). რგოლის შესასვლელში მიეწოდება \mathcal{E}_{MY} -ს ე.მ.ძ. $E_{\alpha MY}$ და დატვირთვა ძრავას ღილეზე, ხოლო გამოსასვლელში მიიღება ტაქოგენერატორის ე.მ.ძ. E_{π} .

ამრიგად, 9.36 ნახაზზე მოყვანილი სქემა შედგება ორი აპერიოდული რგოლისა და ერთი მერხვეი რგოლისაგან. გარდა ამისა სქემაში შედის ელემენტი, რომელშიც სწარმოებს ტაქოგენერატორის ე.მ.ძ. E_{π} შედარება მართველ ძაბვასთან U_y განხილულ სქემაში შედარება ხორციელდება E_{π} და U_y -ს შემხვედრი ჩართვით.

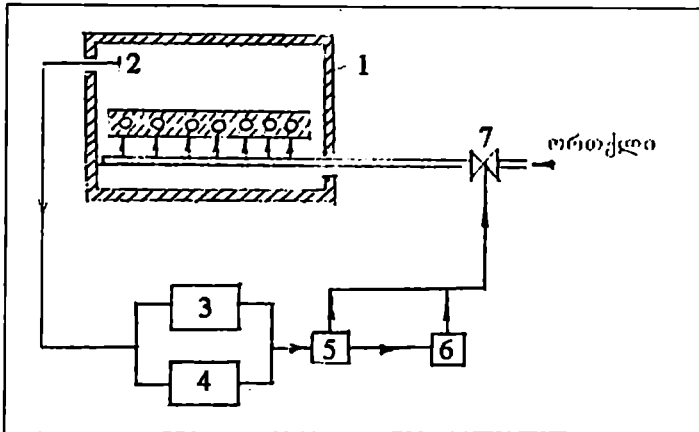
ნახ.9.37 გამოსახულია 9.36 ნახაზზე მოყვანილი ავტომატური რეგულირების სტატიკური სისტემის სტრუქტურული სქემა. ელემენტი, რომელშიც წარმოებს ტაქოგენერატორის ე.მ.ძ.-ის შედარება მართველ ძაბვასთან U_y გამოსახულია წრეხაზით მიწესი ნიშნით, რაც უნეეებს, რომ მასთან მიყვანილი სიდიდეები ერთმანეთს აკლდება.



ნახ.9.37. ნახაზზე 9.36 მოყვანილი ავტომატური რეგულირების სტატიკური სისტემის სტრუქტურული სქემა

მესამე მაგალითი. გაორთქლვის კამერაში (ნახ.9.38) ტემპერატურის სარეგულირებელი მოწყობილობის სტრუქტურული სქემის შედგენა. სქემაზე ნახევენბია: გაორთქლვის კა-

მერა (1); წინაღობის თერმომეტრი (2); გამაძლიერებელი (3); მადიფერენცირებელი მოწყობილობა (4); რეგულატორი (5); ხისტი უკუკავშირის მოწყობილობა (6); მარეგულირებელი ორგანო (7). ამოცანა მდგომარეობს რკინაბეტონის ნაკეთობათა თბოტენიანობითი დამუშავების რეჟიმის კამერაში ორთქლის ტემპერატურის სარეგულირებელი მოწყობილობის სტრუქტურული სქემის შედგენაში თერმოწყვილის ინერციულობის გაუთვალისწინებლად. ამასთან კეთდება დაშვება, რომ ნაკეთობის გასურება თანაბარია, ხოლო პირობები კამერის მთელი მოცულობის მიხედვით ერთნაირია.



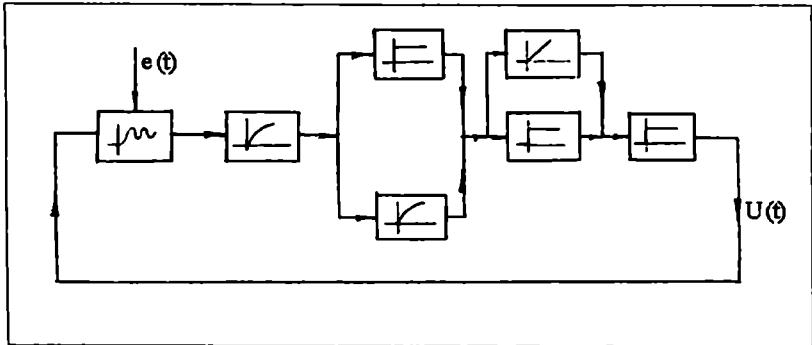
ნახ.9.38. გაორთქლის კამერაში ტემპერატურის რეგულირების მოწყობილობის ბლოკ-სქემა: 1 - გაორთქლის კამერა; 2 - წინააღმდეგობის თერმომეტრი; 3 - გამაძლიერებელი; 4 - მადიფერენცირებელი მოწყობილობა; 5 - რეგულატორი; 6 - უკუკავშირის მოწყობილობა; 7 - მარეგულირებელი ორგანო

დავანაწევროთ მოწყობილობა შეიდი ტიპის დინამიკურ რგოლად.

პირველი რგოლი - გაორთქლის კამერა შეიძლება წარმოადგენილი იქნას რხევითი რგოლის სახით. შესასვლელი სიდიდე - ორთქლსადენის სარქველის გადაადგილება, გამოსასვლელი სიდიდე - ტემპერატურა. მეორე რგოლი - წინაღობის თერმომეტრი შეიძლება წარმოადგენილი იქნეს აპერიოდული რგოლით. შესასვლელი - ობიექტში ტემპერატურის ცვლილება, გამოსასვლელი - გარდამსახის წინაღო-

ბის ცვლილება. მესამე რგოლი - გამაძლიერებელი. იგი შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს პროპორციული რგოლით. შესასვლელი - გასაძლიერებელი სიგნალი, გამოსასვლელი - გაძლიერებული სიგნალი. მეოთხე რგოლი - მადიფერენცირებული მოწყობილობა. გამოისახება აპერიოდული რგოლით. მესამე რგოლი - რეგულატორი. გამოისახება მაინტეგრებული რგოლით. მეექვსე რგოლი - ხისტი უკუკავშირის მოწყობილობა. გამოისახება პროპორციული რგოლით და ბოლოს მეშვიდე რგოლი - მარეგულირებელი ორგანო. შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს, აგრეთვე, პროპორციული რგოლით.

9.39 ნახაზზე მოცემულია გასაორთქლ კამერაში ტემპერატურის სარეგულირებელი მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა, შედგენილი 9.38 ნახაზის საფუძველზე.



ნახ939. გაორთქლის კამერაში ტემპერატურის რეგულირების მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა

მოყვანილი მაგალითებიდან ჩანს, რომ სისტემის ელემენტების შეცვლას ტიპური დინამიკური რგოლებით მიყვართ სტრუქტურული სქემის შექმნასთან, რომელშიც ტიპური რგოლების რაოდენობა, რომლებიც გამოსახავენ გარდამავალი პროცესის თვისებებს, ნაკლებია კონსტრუქციული სქემის ელემენტების რიცხვზე. სტრუქტურული სქემის აგება ამსუბუქებს ავტომატური რეგულირების სისტემის განტოლებების შედგენას.

§7. ავტომატური რეგულირების რბოლების სიხშირული მახასიათებლები

ავტომატური რეგულირების სისტემის თითოეული რგოლი ხასიათდება გარდამავალი პროცესის განსაზღვრული სახით, რომელიც აღიძვრება შემაწვითებელი ზემოქმედების მოდების შედეგად რგოლის შესასვლელში. რგოლის გამომავალი სიდიდის დროში ცვლილების ხასიათი განსაზღვრება რგოლის საწყისი მდგომარეობით, მისი შინაგანი თვისებებით და შემავალი სიდიდის ცვლილების ხასიათით.

რგოლის შესასვლელში შეიძლება შემწვითება მიწოდებული იქნეს, როგორც ერთეული ბიძგის სახით, ისე ჰარმონიული რხევის სახით.

თუ ხასოვანი რგოლის შესასვლელში მივაწოდებთ ჰარმონიულ შემწვითებას, მაშინ ასეთი შემწვითების მიწოდების შემდეგ გარკვეული დროის ამოწურვისას, როდესაც მიიღევა ყველა მოძრაობა, განსაზღვრული გარდამავალი პროცესით, ელემენტარული რგოლის გამოსასვლელში დამყარდება ასევე გამოსასვლელი სიდიდის ჰარმონიული ცვლილება იმავე სიხშირით, როგორიც გაანჩია შემავალ სიდიდეს, მხოლოდ განსხვავებული ამპლიტუდითა და ფაზით.

ირკვევა, რომ გამოსასვლელში ამპლიტუდისა და ფაზის მიხედვით შეიძლება განსჯა ცალკეული განრთული რგოლების დინამიკური თვისებების შესახებ და უფრო მეტიც, ავტომატური რეგულირების რთული ნაკეტილი სისტემების თვისებების შესახებ.

გამოსასვლელი სიდიდის რხევის დამოკიდებულებას, რგოლის შესასვლელში მოცემულ სინუსოიდალურ რხევით ზემოქმედებაზე, სიხშირული მახასიათებელი ეწოდება.

პერიოდული შემწვითება მიწოდებული რგოლის შესასვლელში ეთქვამთ იცვლება სინუსოიდალური კანონით

$$x_{\text{წმ}} = a \sin \omega t, \quad (9.39)$$

სადაც

a არის შემავალი ზემოქმედების რხევის ამპლიტუდა;

ω - რხევის კუთხური სიხშირე, $\frac{1}{T}$.

მაშინ ხასოვანი რგოლის გამოსასვლელში დამყარდება, აგრეთვე, ისულებითი პერიოდული რხევები

$$x_{\text{გამ}} = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (9.40)$$

სადაც

A არის გამომავალი სიდიდის რხევის ამპლიტუდა;

φ – ფაზის მიხედვით წამორჩენის კუთხე.

ამპლიტუდა და ფაზა დამოკიდებულია რხევის კუთხურ სინქარესე და შეიცვლებიან ω -ს (ცვლილებასთან ერთად (ეს არის კანონი ყველა იძულებითი რხევისათვის ბუნებაში)). ამ-

პლიტუდების ფარდობა $\frac{A}{a}$ და ფაზის გადაადგილება

სხვადასხვა სიხშირეების დროს დამოკიდებულია რგოლის დინამიკურ თვისებებზე და თავის მხრივ ახასიათებენ ამ თვისებებს.

ანსხვაეებენ ამპლიტუდურ-სიხშირულ, ფაზურ-სიხშირულ და ამპლიტუდურ-ფაზურ მახასიათებლებს.

დამოკიდებულებას, რომელიც უწევებს, თუ როგორ იცვლება სიხშირესთან ერთად რგოლის გამოსასვლელში იძულებითი რხეების ამპლიტუდა, თუ შესასვლელში მიეწოდება პარამიონული რხევები ერთეულის ტოლი ამპლიტუდით, ეწოდება ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებელი და აღინიშნება $\frac{A}{a}(\omega)$.

დამოკიდებულებას, რომელიც უწვენებს, თუ ω სიხშირის ცვლილებებით, როგორ იცვლება იძულებითი რხევების φ ფაზა გამოსასვლელში პარამიონული რხევების ფაზასთან შეფარდებით, რომლებიც მიეწოდება რგოლის შესასვლელში, ეწოდება ფაზურ-სიხშირული მახასიათებელი და აღინიშნება $\varphi(\omega)$.

ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი ამყარებს კავშირს რგოლის გამოსასვლელში ამპლიტუდასა და შესასვლელში ამპლიტუდას შორის, აგრეთვე, განსაზღვრავს გამოსასვლელზე რხევების ფაზის ძვრას შესასვლელთან შეფარდებით სხვადასხვა სიხშირეების დროს; ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი აღინიშნება $k(\omega)$ -თი.

ამასთან

$$k(\omega) = \frac{A}{a}(\omega) \cdot \varphi(\omega) \quad (9.41)$$

ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი აიგება სიხშირის (კვლილებისას 0-დან ∞ -მდე, მისი აგება სოფჯერ მარტივდება, თუ მას ლოგარითმებით წარმოვადგენთ. სიხშირული მახასიათებლების შესახებ იხილეთ §9-ში.

§8. ავტომატური რეგულირების სისტემების რბოლების დიფერენციალური განტოლებების ჩაწერის ოპერატორული ფორმა

ოპერაციული აღრიცხვის ფუძემდებელია დიდი ინგლისელი მეცნიერი ჰევისაიდი. მან ჩამოაყალიბა ფუნქციების გარდაქმნის წესები, თუმცა მათემატიკურად იგი არ დაუსაბუთებია. მოგვიანებით სხვა მეცნიერთა მიერ გამოვლინებულ იქნა კავშირი ლაპლასის გარდაქმნასა და ქვეისაიდის სიმბოლურ მეთოდს შორის. თანამედროვე ლიტერატურაში ოპერაციული აღრიცხვა ლაპლასის გარდაქმნით არის მოხსენიებული.

ლაპლასის გარდაქმნის საფუძველზე შემოდებულია სიმბოლო-ოპერატორი P , როგორც გამარტივებული პირობითი აღნიშვნა დიფერენცირების ოპერაციისა. გამოთქმა: “მოვახდინოთ y ფუნქციის ლაპლასის გარდაქმნა” ნიშნავს: “მივკეთო y ფუნქციას ოპერაციული ფორმა”. ამ აღნიშვნის თანახმად

$$\left. \begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= Py; & \frac{d^2y}{dt^2} &= P^2y; & \frac{d^n y}{dt^n} &= P^n y \end{aligned} \right\}. \quad (9.42)$$

შესაბამისად, ინტეგრირების ოპერაციისათვის შემოიტანება უკუაღნიშვნა.

$$\int y dt = \frac{y}{P}. \quad (9.43)$$

ჩაწერის ასეთი ფორმა იწოდება ოპერატორულად, ხოლო სიმბოლო P – ოპერატორად. აღნიშვნის ეს ფორმა ამკირებს ჩანაწერების მოცულობას, ამარტივებს შუალედურ მათემატიკურ გამოანგარიშებებს რეგულირების სისტემების ანალიზის

დროს* ამგვარად, ოპერაციული მეთოდი საშუალებას გვაძლევს საკმაოდ რთული მათემატიკური ოპერაციები – გაწარმოება და ინტეგრირება – შევცვალოთ გაცილებით მარტივი ოპერაციებით: შესაბამისად, გამრავლებითა და გაყოფით. ამასთან, წრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა გადაწვევრა ალგებრული მოქმედებებით სრულდება.

გარდა აღნიშნულისა, ოპერაციული აღრიცხვა საფუძვლად უდევს სიხშირული ანალიზის მეთოდს. სიხშირული მეთოდით კი შესაძლოა დავადგინოთ სისტემის მდგრადობა, განვსაზღვროთ სისტემის ან მისი ელემენტის დინამიკური თვისებები და მისი პარამეტრები, მაკორექტირებელ საშუალებათა სახეობა და სხვა. სიხშირული ანალიზის მეთოდს მეტად დიდი გამოყენება აქვს ავტომატური რეგულირების თეორიაში.

ქვემოთ მოყვანილია დინამიკური რგოლების დიფერენციალური განტოლებები ნაწერის ნეულებრივი ფორმით და ოპერატორული ფორმით:

1. პროპორციული რგოლი

$$x_{\text{გამ}} = kx_{\text{შემ}}$$

2. აპერიოდული რგოლი

$$T \frac{dx_{\text{გამ}}}{dt} + x_{\text{გამ}} = kx_{\text{შემ}}$$

$$TPx_{\text{გამ}} + x_{\text{გამ}} = kx_{\text{შემ}}$$

$$(TP + 1)x_{\text{გამ}} = kx_{\text{შემ}} \quad (9.44)$$

3. რხევითი რგოლი

$$T_2^2 \frac{d^2 x_{\text{გამ}}}{dt^2} + T_1 \frac{dx_{\text{გამ}}}{dt} + x_{\text{გამ}} = kx_{\text{შემ}}$$

* ოპერაციული აღრიცხვის იდეაში გასარკვევად გავიხსენოთ ლოგარითმული მეთოდის არსი, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ მათემატიკური ოპერაციები – გამრავლება და გაყოფა, შეცვლილი იქნას უფრო მარტივი ოპერაციებით – მიმატებითა და გამოკლებით. ამ მიზნით ჯერ მოცემულ სიდიდეებს გამოვსახავთ ლოგარითმებში, უკანასკნელებზე ვაწარმოებთ მოქმედებებს და მიღებულ შედეგს ისევ გამოვსახავთ ნატურალური სიდიდის სახით.

$$T_2^2 P^2 x_{\delta_{\alpha\beta}} + T_1 P x_{\delta_{\alpha\beta}} + x_{\delta_{\alpha\beta}} = k x_{\eta_{\alpha\beta}}.$$

$$(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1) x_{\delta_{\alpha\beta}} = k x_{\eta_{\alpha\beta}}. \quad (9.45)$$

4. მაინტეგრებული რგოლი

$$\frac{dx_{\delta_{\alpha\beta}}}{dt} = k x_{\eta_{\alpha\beta}}$$

$$P x_{\delta_{\alpha\beta}} = k x_{\eta_{\alpha\beta}}.$$

რეალური მაინტეგრებული რგოლი

$$T \frac{d^2 x_{\delta_{\alpha\beta}}}{dt^2} + \frac{dx_{\delta_{\alpha\beta}}}{dt} = k x_{\eta_{\alpha\beta}}.$$

$$TP^2 x_{\delta_{\alpha\beta}} + P x_{\delta_{\alpha\beta}} = k x_{\eta_{\alpha\beta}}.$$

$$(TP^2 + P) x_{\delta_{\alpha\beta}} = k x_{\eta_{\alpha\beta}}. \quad (9.46)$$

5. მადიფერენცირებული რგოლი

$$x_{\delta_{\alpha\beta}} = k \frac{dx_{\eta_{\alpha\beta}}}{dt}.$$

$$x_{\delta_{\alpha\beta}} = k P x_{\eta_{\alpha\beta}}.$$

რეალური მადიფერენცირებული რგოლი

$$T \frac{dx_{\delta_{\alpha\beta}}}{dt} + x_{\delta_{\alpha\beta}} = k \frac{dx_{\eta_{\alpha\beta}}}{dt}.$$

$$TP x_{\delta_{\alpha\beta}} + x_{\delta_{\alpha\beta}} = k P x_{\eta_{\alpha\beta}}.$$

$$(TP + 1) x_{\delta_{\alpha\beta}} = k P x_{\eta_{\alpha\beta}}. \quad (9.47)$$

6. დაგვიანებით მოქმედი რგოლი

$$x_{\delta_{\alpha\beta}}(t) = k x_{\eta_{\alpha\beta}}(t - \tau).$$

ავტომატური რეგულირების წრფივი სისტემის (9.26) დიფერენციალური განტოლება ოპერატორული ფორმით ასე შეიძლება იქნეს ჩაწერილი:

$$a_n P^n x_{\delta_{\alpha\beta}} + a_{n-1} P^{n-1} x_{\delta_{\alpha\beta}} + \dots + a_1 P x_{\delta_{\alpha\beta}} + a_0 x_{\delta_{\alpha\beta}} =$$

$$= b_m P^m x_{\eta_{\alpha\beta}} + b_{m-1} P^{m-1} x_{\eta_{\alpha\beta}} + \dots + b_1 P x_{\eta_{\alpha\beta}} + b_0 x_{\eta_{\alpha\beta}}$$

აბ

$$(a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_1 P + a_0) x_{\delta_{\alpha\beta}} =$$

$$= (b_m P^m + b_{m-1} P^{m-1} + \dots + b_1 P + b_0) x_{\eta_{\alpha\beta}} \quad (9.48)$$

საკვირობა შეენიშნათ, რომ 'სოგად შემთხვევა'ში P წარმოადგენს კომპლექსურ რიცხვს

$$P = a + jb,$$

სადაც

a არის კომპლექსური რიცხვის ნამდვილი ნაწილი;

b - კომპლექსური რიცხვის წარმოსახვითი ნაწილი;

j - სიმბოლო, რომელიც პირობითად აღნიშნავს $\sqrt{-1}$.

თუ $a=0$, მაშინ კომპლექსურ რიცხვს ეწოდება წმინდა წარმოსახვითი რიცხვი; როცა $b=0$ კომპლექსური რიცხვი ხდება ნამდვილი რიცხვი.

$j=\sqrt{-1}$ არა აქვს ფიზიკური აზრი და წარმოადგენს პირობით ცნებას, ხოლო კომპლექსური რიცხვი - მათემატიკურ აბსტრაქციას. მაგრამ კომპლექსური რიცხვების შემოყვანა ავტომატური რეგულირების დინამიკური სისტემების თვისებების განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. მაგალითად, განტოლებაში კომპლექსური ფესვების არსებობა წარმოადგენს სისტემაში გარდამავალი პროცესების რხევითი ხასიათის ნიშანს. კომპლექსური რიცხვების გამოყენება საშუალებას იძლევა შედარებით მარტივი და თვალსაწიანო მეთოდებით იქნეს გამოკვლეული ავტომატური რეგულირების სისტემების მდგრადობა და ხარისხი.

დასასრულს შეენიშნათ, რომ სხვადასხვა წესის გამოყენებით შესრულებულია ათას'ზე მეტი სახის ფუნქციის ლაპლასის გარდაქმნა, რომლებიც ცხრილების სახით მოყვანილია სპეციალურ ლიტერატურაში.

§9. ავტომატური რეგულირების სისტემების რბოლების ბაჭამცემი ფუნქციები

როგორც უემოთ იყო აღნიშნული, რგოლის გაძლიერების კოეფიციენტი ამყარებს დამოკიდებულებას რგოლის შემავალ და გამომავალ პარამეტრებს შორის დამყარებულ რეჟიმებში; კავშირს ამ პარამეტრებს შორის უფრო სოგად შემთხვევებში, მათ რიცხვში დაუმყარებულ რეჟიმებში, ადგენს ე.წ. რგოლის გადამცემი ფუნქცია, რომელიც შეიძლება ასე იქნეს განმარტებული - ტიპობრივი რგოლის გადამცემი ფუნქცია ეს არის გარდამავალი პროცესის დროს გამოშავალ და შე-

მავალ სიდიდეთა შორის დამოკიდებულება. გამოსახული ხათანადო დიფერენციალური განტოლებით წარმოდგენილი ოპერაციულ ფორმაში, ნულოვანი საწყისი პირობებისა და შემავალი სიდიდის მუდმივობის დროს. მაშასადამე, გადამცემი ფუნქცია შეიძლება განხილული იქნეს როგორც გამომავალი სიგნალის შეფარდება შემავალ სიგნალთან:

$$W = \frac{x_{\text{დაბ}}}{x_{\text{შეშ}}} . \quad (9.49)$$

განვსახდვროთ გადამცემი ფუნქციები ტიპური დინამიკური რგოლებისათვის.

1. პროპორციული რგოლი

$$W(P) = \frac{x_{\text{დაბ}}}{x_{\text{შეშ}}} = \frac{kx_{\text{შეშ}}}{x_{\text{შეშ}}} = k , \quad (9.50)$$

ე.ი. პროპორციული რგოლის გადამცემი ფუნქცია ტოლია მისი გაძლიერების კოეფიციენტისა.

2. აპერიოდული რგოლი

$$W(P) = \frac{x_{\text{დაბ}}}{x_{\text{შეშ}}} = \frac{kx_{\text{შეშ}}}{TP + 1} = \frac{k}{TP + 1} . \quad (9.51)$$

3. რხევითი რგოლი

$$W(P) = \frac{x_{\text{დაბ}}}{x_{\text{შეშ}}} = \frac{kx_{\text{შეშ}}}{T_2^2 P^2 + T_1 P + 1} = \frac{k}{T_2^2 P^2 + T_1 P + 1} . \quad (9.52)$$

4. მაინტეგრებელი რგოლი

$$W(P) = \frac{x_{\text{დაბ}}}{x_{\text{შეშ}}} = \frac{kx_{\text{შეშ}}}{P} = \frac{k}{P} . \quad (9.53)$$

რეალური მაინტეგრებელი რგოლი

$$W(P) = \frac{x_{\text{დაბ}}}{x_{\text{შეშ}}} = \frac{kx_{\text{შეშ}}}{TP^2 + P} = \frac{k}{TP^2 + P} . \quad (9.54)$$

5. მადიფერენცირებელი რგოლი

$$W(P) = \frac{x_{\text{გაი}}}{x_{\text{შეი}}} = \frac{kPx_{\text{შეი}}}{x_{\text{შეი}}} = kP. \quad (9.55)$$

რეალური მადიფერენცირებელი რგოლი

$$W(P) = \frac{x_{\text{გაი}}}{x_{\text{შეი}}} = \frac{\frac{kPx_{\text{შეი}}}{TP+1}}{x_{\text{შეი}}} = \frac{kP}{TP+1}. \quad (9.56)$$

6. დაგვიანებით მოქმედი რგოლი

$$W(P) = \frac{x_{\text{გაი}}}{x_{\text{შეი}}} = \frac{kx_{\text{შეი}}(t-\tau)}{x_{\text{შეი}}} = k(t-\tau). \quad (9.57)$$

9.48 განტოლებაში მოყვანილ მრავალწევრთა ნაცვლად, შეიძლება მივიღოთ აღნიშვნები

$$L(P)x_{\text{გაი}} = N(P)x_{\text{შეი}},$$

სადაც $L(P)$ და $N(P)$ ოპერატორული მრავალწევრებია.

მაშინ ავტომატური რეგულირების წრფივი სისტემის გადამცემი ფუნქციისათვის გვექნება

$$W(P) = \frac{x_{\text{გაი}}}{x_{\text{შეი}}} = \frac{b_m P^m + b_{m-1} P^{m-1} + \dots + b_1 P + b_0}{a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_1 P + a_0}. \quad (9.58)$$

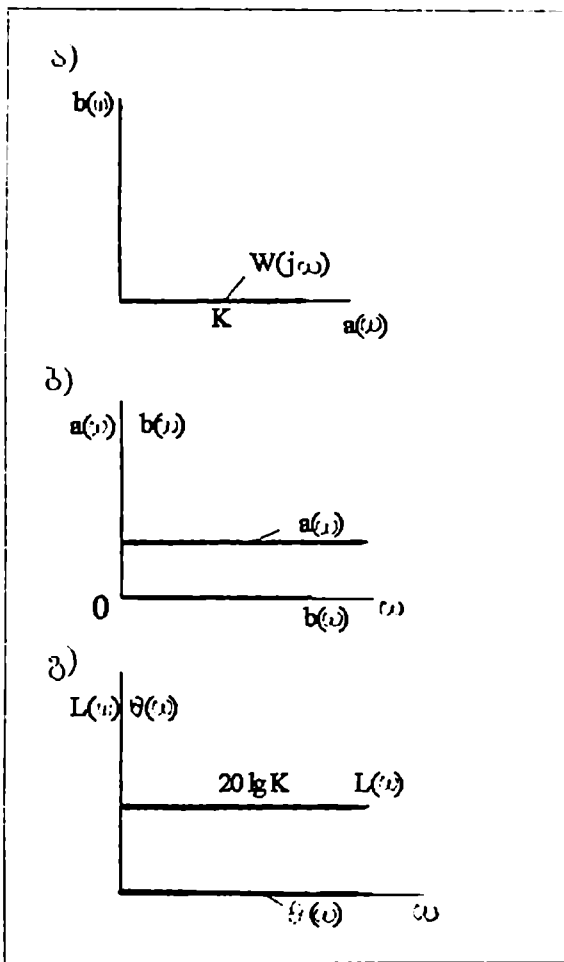
რგოლის გადამცემი ფუნქცია საშუალებას იძლევა გაანგარიშების გზით იქნეს მიღებული რგოლის სიხშირული მახასიათებელი. ამ მიზნით P უნდა შევცვალოთ $j\omega$ -თი (j და ω განმარტებულია ზემოთ).

შეცვლის შედეგად გვექნება:

1. პროპორციული რგოლი

$$W(j\omega) = k. \quad (9.59)$$

ეს არის ვექტორი, რომელიც ემთხვევა ნამდვილი ღერძის დადებით მიმართულებას (ნახ.9.40).

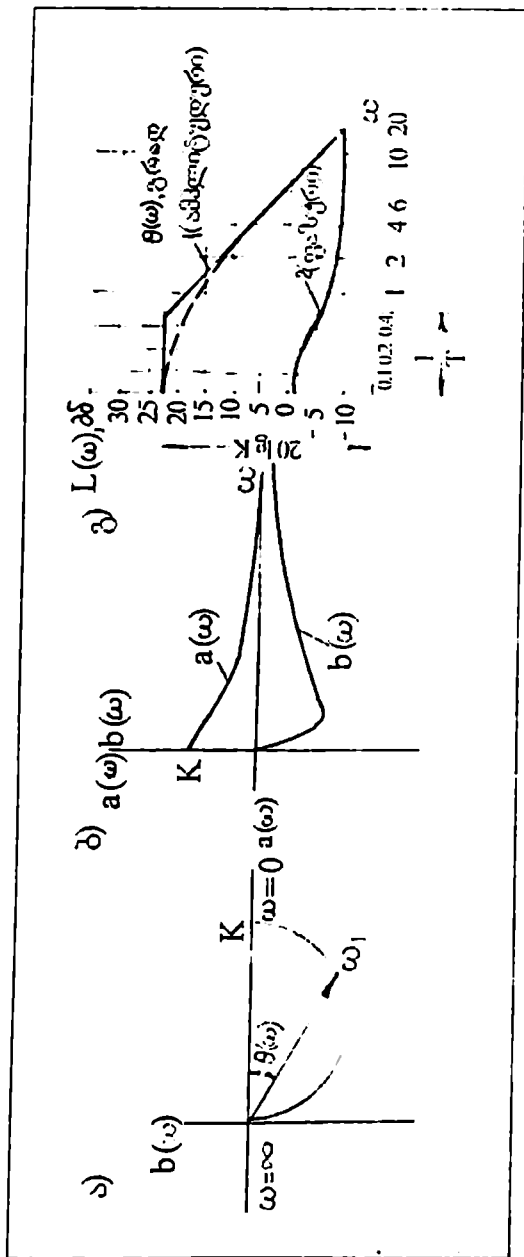


ნახ.9.40. გამაძლიერებელი რგოლის სიხშირული მახასიათებლები

2. აპერიოდული რგოლი

$$W(j\omega) = \frac{k}{Tj\omega + 1} \quad (9.60)$$

ეს არის წრეხაზის განტოლება k დიამეტრით, რომელიც გადის კოორდინატა დასაწყისში, რომლის ცენტრიც მდებარეობს ნამდვილ ღერძზე (ნახ.9.41ა).

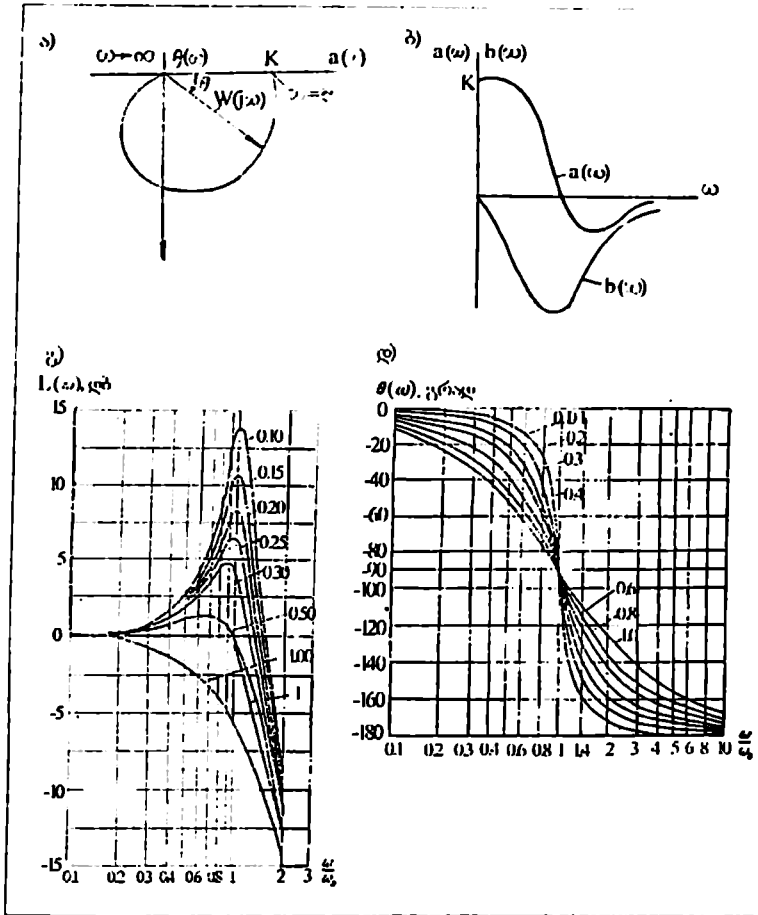


ნახ.9.41. აპერიოდული რგოლის სიხშირული მახასიათებლები: ა) ამპლიტუდურ-ფაზური; ბ) ნამდვილი და წარმოსახვითი; გ) ლოგარითმული

3. რხვეითი რგოლი

$$W(j\omega) = \frac{k}{T_2^2(j\omega)^2 + T_1(j\omega) + 1} \quad (9.61)$$

ეს არის ამპლიტუდურ-ფაზურ-სიხშირული მახასიათებლის განტოლება (ნახ.9.42,ა).

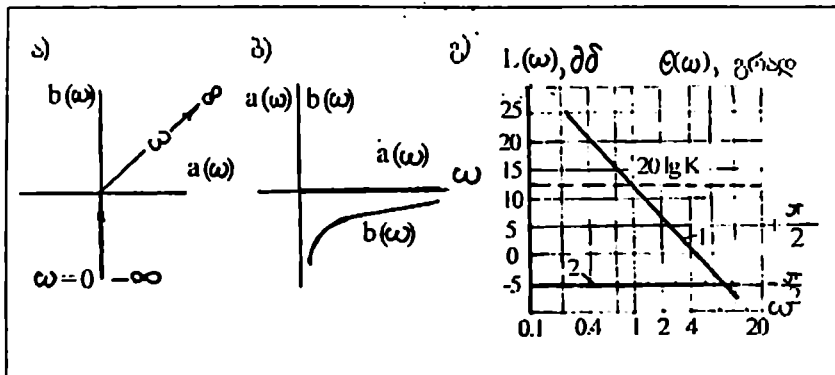


ნახ.9.42. მერხვეი რგოლის სიხშირული მახასიათებლები:

- ა) ამპლიტუდურ-ფაზური; ბ) ნამდვილი და წარმოსახვითი;
 გ) ლოგარითმული (ამპლიტუდური); დ) ლოგარითმული (ფაზური)

$$4. \text{ მაინტეგრებული რგოლი } W(j\omega) = \frac{k}{j\omega}. \quad (9.62)$$

ეს არის სწორის განტოლება, რომელიც ემთხვევა წარმოსახვითი ღერძის უარყოფით მიმართულებას (ნახ.9.43ა).

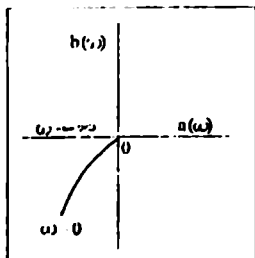


ნახ.9.43. იდეალური მაინტეგრებელი რგოლის სიხშირული მახასიათებლები: ა) ამპლიტუდურ-ფაზური; ბ) ნამდვილი და წარმოსახვითი; გ) ლოგარითმული

რეალური მაინტეგრებელი რგოლი

$$W(j\omega) = \frac{k}{T(j\omega)^2 + j\omega}. \quad (9.63)$$

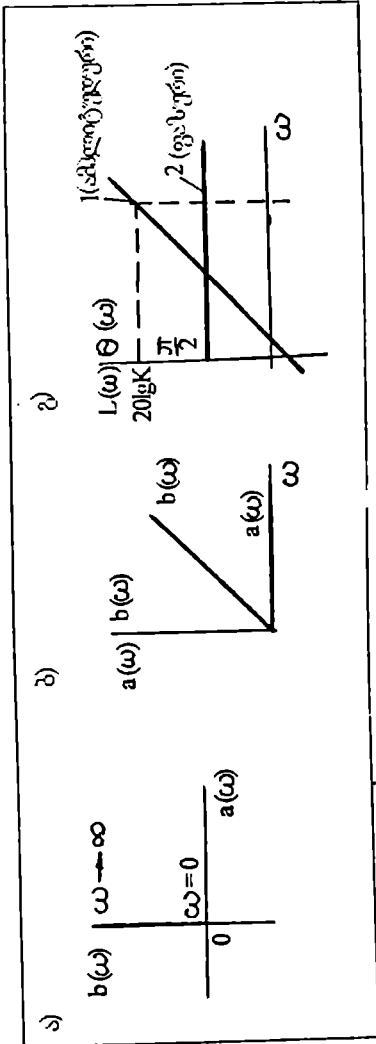
9.63 გამოსახულება წარმოადგენს ამპლიტუდურ-ფაზურ მახასიათებლის განტოლებას რეალური მაინტეგრებელი რგოლისათვის. ფორმალურად ეს რგოლი შეიძლება დანაწევრდეს იდეალურ მაინტეგრებელ და აპერიოდიულ რგოლებად. რეალური მაინტეგრებელი რგოლის ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი ნახელებია ნახა'ს'ე 9.44გ.



ნახ.9.44. რეალური მაინტეგრებელი რგოლის ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი

5. მადიფერენცირებელი რგოლი $W(j\omega) = kj\omega$. (9.64)

ეს არის იდეალური მადიფერენცირებელი რგოლის ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებლის განტოლება. თვით მახასიათებელი გამოსახება სწორით, რომელიც ემთხვევა წარმოსახვითი ღერძის დადებით მიმართულებას (ნახ.9.45ა)

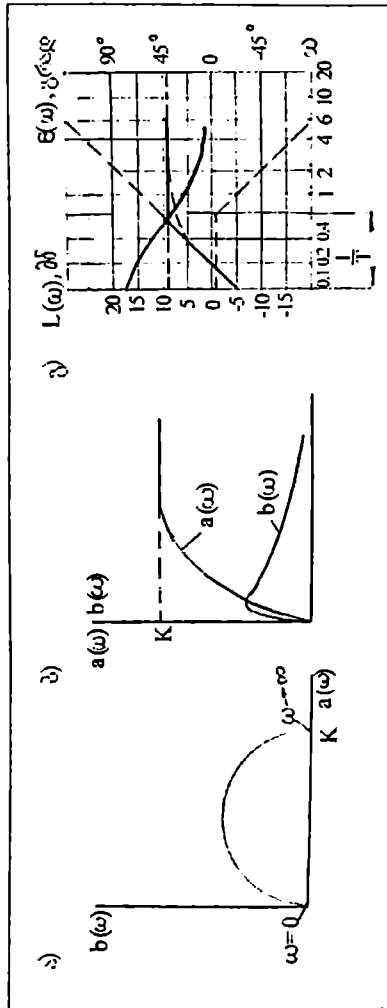


ნახ.9.45. იდეალური მადიფერენცირებელი რგოლის სიხშირული მახასიათებლები: ა) ამპლიტუდურ-ფაზური; ბ) ნამდვილი და წარმოსახვითი; გ) ლოგარითმული

რეალური მადიფერენცირებელი რგოლი

$$W(j\omega) = \frac{kj\omega}{Tj\omega + 1} \quad (9.65)$$

ეს განტოლება წარმოადგენს ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებლის გამოსახულებას (ნახ.9.46,ა).

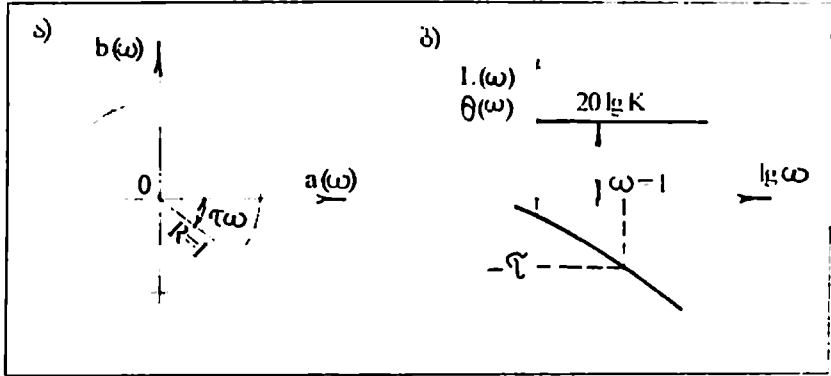


ნახ.9.46. რეალური მადიფერენცირებელი რგოლის სიხშირული მახასიათებლები: ა) ამპლიტუდურ-ფაზური; ბ) ნამდვილი და წარმოსახვითი; გ) დოგარითმული

6. დაგვიანებით მოქმედი რგოლი

$$W(j\omega) = e^{-\tau\omega} \quad (9.66)$$

ეს არის ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებლის განტოლება. ω -ს (ცვლილებისას 0-დან ∞ -მდე $W(j\omega)$ ექვტორი ბრუნავს საათის ისრის მიმართულებით და არ იკვლის თავის სიგრძეს. ამრიგად, დაგვიანებით მოქმედი რგოლის ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი წარმოადგენს წრეხაზს ცენტრით კოორდინატთა სათავეში და ერთის ტოლი რადიუსით (ნახ.9.47ა).



ნახ.9.47. დაგვიანებით მოქმედი რგოლის სიხშირული მახასიათებლები: ა) ამპლიტუდურ-ფაზური; ბ) ლოგარითმულ-ამპლიტუდური და ლოგარითმულ-ფაზური

რხევის სიხშირის (ცვლილებისას გადამცემი ფუნქციის (ცვლილების ძალიან თვალსაჩინო სურათს იძლევა ე.წ. გოდოგრაფი, ე.ი. მრუდი, რომელიც წარმოადგენს გადამცემი ფუნქციის (W) შესატყვისი მონაკვეთების ბოლოების წერტილების გეომეტრიულ ადგილს, რომელიც შეესაბამება სიხშირის სხვადასხვა მნიშვნელობებს 0-დან ∞ -მდე. ხაზოვანი რგოლებისა და სისტემებისათვის გადამცემი ფუნქცია W არ არის დამოკიდებული შემავალი რხევის ამპლიტუდაზე და განისაზღვრება მხოლოდ სიხშირით ω , მაშასადამე, გოდოგრაფის თითოეულ წერტილს შეესაბამება სიხშირის განსაზღვრული მნიშვნელობა ან როგორც მიღებულია გამოთქმა

“სიხშირული ნიშანი”. ტიპური რგოლების გოლაოგრაფების მაგალითები ზემოთ არის მოყვანილი.

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებლის აგება სიხშირის ცვლილებისას 0-დან ∞ -მდე მარტივდება მისი ლოგარითმებით წარმოდგენის შედეგად.

პროპორციული რგოლის შემთხვევაში ნამდვილი (a) და წარმოსახვითი (b) სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია:

$$a(\omega) = k - \text{ხაზი, პარალელური სიხშირეების ღერძისა;}$$

$$b(\omega) = 0 - \text{ხაზი, რომელიც ემთხვევა სიხშირეების ღერძს (ნახ.9.40ბ).}$$

ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებელი

$$A(\omega) = \sqrt{a^2(\omega) + b^2(\omega)} = \sqrt{k^2} = k. \quad (9.67)$$

ლოგარითმულ-ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებელი*

$$L(\omega) = 20 \lg k. \quad (9.68)$$

ლოგარითმულ ფაზურ-სიხშირული მახასიათებელი (ნახ. 9.40გ)

$$\theta(\omega) = \arctg \frac{b(\omega)}{a(\omega)} = \frac{0}{k} = 0. \quad (9.69)$$

აპერიოდული რგოლის ნამდვილი და წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია:

$$a(\omega) = \frac{k}{T^2 \omega^2 + 1}; \quad (9.70)$$

$$b(\omega) = -\frac{kT\omega}{T^2 \omega^2 + 1}. \quad (9.71)$$

* ხშირად ორდინატა ღერძზე დააქვთ $\lg A(\omega)$ -ის 20-ჯერ გადიდებულ მნიშვნელობას, და ასეთ ერთეულს დეციბელი ეწოდება, რომელთა რაოდენობაც აღინიშნება L-ით. სიხშირეთა ინტერვალს, რომელიც მდებარეობს სიხშირის ნებისმიერ მნიშვნელობასა და მის გაორკეცებულ მნიშვნელობას შორის, ოქტავა ეწოდება, ხოლო ინტერვალს, მოქცეულს ნებისმიერ სიხშირესა და მის გაათკეცებულ მნიშვნელობას შორის, დეკადა ეწოდება. შეენიშნავთ, რომ ლოგარითმული მახასიათებლები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სისტემის რეაქცია უფრო ზოგად შემთხვევაში, როცა შეუფოთება ატარებს არა სინუსოიდალურ, არამედ უფრო რთულ ხასიათს, მაგალითად გააჩნია საფეხურიისებრი ზემოქმედების ფორმა.

ამპლიტუდური და ფაზური სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია:

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{a^2(\omega) + b^2(\omega)}} = \frac{k}{\sqrt{T^2\omega^2 + 1}} = \frac{k}{T\sqrt{\omega^2 + \frac{1}{T^2}}}; \quad (9.72)$$

$$\theta(\omega) = \arctg \frac{b(\omega)}{a(\omega)} = -\arctg T\omega. \quad (9.73)$$

9.72 გამოსახულების გალოგარიტმებით მივიღებთ ლოგარიტმულ ამპლიტუდურ-სიხშირულ მახასიათებელს

$$L(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg T \sqrt{\omega^2 + \frac{1}{T^2}}. \quad (9.74)$$

ლოგარიტმულ-სიხშირული მახასიათებლები წარმოდგენილია ნახაზზე 9.41გ.

რხევითი რგოლის ნამდვილი და წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია:

$$a(\omega) = \frac{k(1 - T_1 T_2 \omega^2)}{(1 - T_1 T_2 \omega^2)^2 + T_2^2 \omega^2}; \quad (9.75)$$

$$b(\omega) = \frac{k T_2 \omega}{(1 - T_1 T_2 \omega^2)^2 + T_2^2 \omega^2}. \quad (9.76)$$

ნახაზზე 9.42ბ მოყვანილია ნამდვილი და წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებლები - აგებული 9.75 და 9.76 განტოლებებით.

ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლის განტოლებაა

$$A(\omega) = \frac{k\omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\xi\omega_0\omega)^2}}, \quad (9.77)$$

სადაც $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{T_1 T_2}}$ არის შეუღლების ფარდობითი სიხშირე;

$\xi = \sqrt{\frac{T^2}{4T_1}}$ - მიღვეადობის ფარდობითი კოეფიციენტი.

ფაზურ-სიხშირული მახასიათებლის განტოლებას აქვს სახე:

$$\theta(\omega) = -\arctg \frac{2\xi\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} = -\arctg \frac{2\xi \frac{\omega}{\omega_0}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}. \quad (9.78)$$

ლოგარითმულ ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებელი მიიღება (9.77) გამოსახულების გალოგარითმებით

$$L(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \omega_0^2 - 20 \lg \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\xi\omega_0\omega)^2} \quad (9.79)$$

ლოგარითმულ-სიხშირული მახასიათებლები წარმოდგენილია ნახ.9.42გ,დ.

იდეალური მაინტეგრებული რგოლის ნამდვილი და წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია:

$$a(\omega) = 0; \quad (9.80)$$

$$b(\omega) = -\frac{k}{\omega}; \quad (9.81)$$

რომელთა მიხედვითაც აგებულია ეს მახასიათებლები (ნახ.9.43ბ)

ამპლიტუდური და ფაზურ-სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია

$$A(\omega) = \sqrt{a^2(\omega) + b^2(\omega)} = \frac{k}{\omega}. \quad (9.82)$$

$$\theta(\omega) = \arctg \frac{b(\omega)}{a(\omega)} = -\arctg \infty = -\frac{\pi}{2}. \quad (9.83)$$

ლოგარითმულ-ამპლიტუდურ-სიხშირულ მახასიათებლის განტოლებას მივიღებთ (9.82) გამოსახულების გალოგარითმებით,

$$L(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \omega. \quad (9.84)$$

ეს მახასიათებელი წარმოდგენილია ნახა'ს'უე 9.43გ.

9.64 გამოსახულებიდან უშუალოდ ვპოულობთ იდეალური მადიფერენცირებელი რგოლის ნამდვილ და წარმოსახვით სიხშირულ მახასიათებლების განტოლებებს

$$a(\omega) = 0; \quad (9.85)$$

$$b(\omega) = k\omega. \quad (9.86)$$

ამ მახასიათებლების გრაფიკები მოყვანილია ნახ.9.45ბ-სე.

ამპლიტუდური და ფაზურ-სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია

$$A(\omega) = \sqrt{a^2(\omega) + b^2(\omega)} = \sqrt{(k\omega)^2} = k\omega; \quad (9.87)$$

$$\theta(\omega) = \arctg \frac{b(\omega)}{a(\omega)} = \arctg \frac{k\omega}{a(\omega) \rightarrow 0} = \frac{\pi}{2}. \quad (9.88)$$

ლოგარითმულ ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლის განტოლებას მივიღებთ 9.87 გამოსახულების გალოგარითმებით,

$$L(\omega) = 20 \lg k\omega. \quad (9.89)$$

იდეარული მადიფერენცირებელი რგოლის ლოგარითმულ-ფაზურ-სიხშირული მახასიათებელი წარმოდგენილია 9.45.გ ნახაზზე.

რეალური მადიფერენცირებელი რგოლის ნამდვილი და წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია:

$$a(\omega) = \frac{kT^2\omega^2}{T^2\omega^2 + 1}; \quad (9.90)$$

$$b(\omega) = \frac{kT\omega}{T^2\omega^2 + 1}. \quad (9.91)$$

ნახაზზე 9.46ა აგებულია ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი, რომელიც წარმოადგენს ნახევარწრეს, ცენტრით ნამდვილ ღერძზე, რომელიც განლაგებულია პირველ კვადრანტში და რომელიც გადის კოორდინატთა დასაწყისში.

9.90 და 9.91 გამოსახულებების მიხედვით აგებულია ნამდვილი და წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებლები (ნახ.9.46ბ).

ამპლიტუდურ და ფაზურ-სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია

$$A(\omega) = \sqrt{a^2(\omega) + b^2(\omega)} = \frac{kT\omega}{T\sqrt{\omega^2 + \frac{1}{T^2}}}, \quad (9.92)$$

$$\theta(\omega) = \arctg \frac{b(\omega)}{a(\omega)} = \arctg \frac{1}{T\omega}. \quad (9.93)$$

ლოგარითმულ ამპლიტუდურ-სიხშირულ მახასიათებელს მივიღებთ 9.92 გამოსახულების გალოგარითმებით,

$$L(\omega) = 20 \lg kT\omega - 20 \lg T \sqrt{\omega^2 + \frac{1}{T^2}} \quad (9.94)$$

ლოგარითმულ ფაზურ-სიხშირული მახასიათებელი (ნახ.9.46 მრუდი 4) აგებულია წერტილების მიხედვით 9.93 გამოსახულების დახმარებით.

გამოსახულება (9.66) ტრიგონომეტრიული ფორმით

$$W(j\omega) = e^{-j\omega\tau} = \cos \tau\omega - j \sin \tau\omega. \quad (9.95)$$

ნამდვილი და წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებლების განტოლებებია:

$$a(\omega) = \cos \tau\omega, \quad (9.96)$$

$$b(\omega) = -\sin \tau\omega. \quad (9.97)$$

ω -ს შეცვლისას 0-დან ∞ -მდე ნამდვილი და წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებლები წარმოადგენენ შესაბამისად კოსინისოიდს და სინუსოიდს ერთის ტოლი ამპლიტუდით.

ამპლიტუდური-სიხშირული მახასიათებლის განტოლებას აქვს სახე

$$A(\omega) = \sqrt{a^2(\omega) + b^2(\omega)} = \sqrt{\cos^2 \tau\omega + \sin^2 \tau\omega} = 1. \quad (9.98)$$

ლოგარითმულ-ამპლიტუდური სიხშირული მახასიათებელი

$$L(\omega) = 20 \lg 1 = 0 \quad (9.99)$$

წარმოადგენს სწორს, რომელიც ემთხვევა აბსცისათა ღერძს ანუ ხაზს 0 დეციბელით.

ფაზურ-სიხშირული მახასიათებლის განტოლებაა

$$\theta(\omega) = \arctg \frac{b(\omega)}{a(\omega)} = -\arctg \frac{\sin \tau\omega}{\cos \tau\omega} = -\tau\omega. \quad (9.100)$$

ω -ს (ველილებისას) 0-დან ∞ -მდე $\theta(\omega)$ იცვლება 0-დან $-\infty$ -მდე (ნახ.9.47,ბ).

დასასრულს იბადება კითხვა – რისთვისაა საჭირო 'ხემომოყვანილი ანალიზი და რად გვინდა საერთოდ ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებლების მეთოდი? პასუხი ასეთია. როდესაც ავტომატური სისტემის ან მისი ცალკეული ელემენტის განტოლება უცნობია ან მისი შედგენა გარკვეულ სიმრეცხვებთან არის დაკავშირებული, ასეთ შემთხვევაში ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებლების მეთოდის გამოსაყენებლად ექსპერიმენტულად ავაგებთ ამ რგოლების (ელემენ-

ტების) ამპლიტუდურ-ფაზურ მახასიათებლებს, რაც საშუალებას მოგვცემს განვსაზღვროთ სისტემის ან მისი ელემენტის დინამიკური თვისებები და მისი პარამეტრები. გარდა ამისა, სიხშირული მეთოდი, საშუალებას იძლევა შევადგინოთ ცალკეული რგოლების პარამეტრების გაკლენა სისტემის მდგრადობაზე. განსაკუთრებით ეს ეხება ერთკონტურიან სისტემებს, ე.ი. ისეთებს, რომლებშიც ყველა რგოლი შეერთებულია თანმიმდევრობით, ერთი მეორის მიყოლებით და ქმნიან ერთიან ნაკეტილ წრედს (კონტურს). მეთოდი საშუალებას იძლევა გადავწყდეს საკითხი არა მხოლოდ სისტემის მდგრადობის შესახებ, არამედ შევასდეს გარდაამავალი პროცესის ხასიათი. სოგიერთი ცვლილებით მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იქნეს სისტემების მდგრადობის ანალიზისათვის, რომლებშიც შედის არა მხოლოდ ხასოვანი, არამედ არახასოვანი (არაწრფივი) რგოლებიც და სხვ.

შეენიშნავთ, რომ მესამე რიგზე მაღალი დიფერენციალური განტოლებების გადაწყვეტა წარმოადგენს მნიშვნელოვან სიძნელეს. ამიტომ, ასეთი განტოლებების გადასაწყვეტად ყველაზე ხშირად მიმართავენ ხოლმე გამომთვლელ მანქანებს, ან როგორც ზემოთ იყო ნახვენები, იყენებენ გაანგარიშების სიხშირულ მეთოდებს. თუმცა სიხშირული გამოკვლევები ხელსაყრელია იმ შემთხვევებში, როდესაც სისტემის სოგიერთი რგოლისათვის, რომელიც ადვილად ექვემდებარება მაკეტირებას, უფრო ადვილია სიხშირული მახასიათებლების ექსპერიმენტალურად განსაზღვრა, ვიდრე დინამიკის დიფერენციალური განტოლებების შედგენა.

§10. ავტომატური რეგულირების წრფივი სისტემების დიზერენციალური განტოლებები

რეგულირების ან მართვის პროცესის ანალიზი შეიძლება შესრულდეს სხვადასხვა წესით: გაანგარიშების გზით, ექსპერიმენტალურად და გაანგარიშების ექსპერიმენტთან კომბინირების გზით. რეგულირების პროცესის გასაანგარიშებლად საჭიროა სისტემის ყველა რგოლის დინამიკის განტოლების შედგენა. ექსპერიმენტისათვის უნდა გაგვიანდეს რეგულატორის კონსტრუქცია ნატურაში ან მოქმედი მაკეტის სახით, და უნდა გვქონდეს, აგრეთვე, თვითონ ობიექტი. მაგრამ, მხო-

ლოდ ექსპერიმენტით ვერ ხერხდება ავტომატური რეგულატორის შექმნა. გაანგარიშების კომბინირება ექსპერიმენტთან ხშირად ხდება ხელსაყრელი, იმიტომ რომ სისტემის ერთი ნაწილისათვის (მაგალითად, სუფთა ელექტრონი და ელექტრონი) ხდება, რომ უფრო ადვილია აგებული იქნეს მოქმედი მაკეტი, ვიდრე შედგენილი იქნეს განტოლება, ხოლო მეორე ნაწილისათვის – პირიქით. ამასთან დიდი მნიშვნელობა აქვს ავტომატური მართვის პროცესების დინამიკის მოდელირებას ელექტრონი მათემატიკური მანქანების გამოყენებით.

როდესაც ცნობილია ცალკეული რგოლების (რომლებადაც არის დანაწევრებული ავტომატური რეგულირების სისტემა) დიფერენციალური განტოლებები და გადამცემი ფუნქციები და აგებულია სტრუქტურული სქემა, რომელიც გვისვენებს, როგორ არიან ეს რგოლები ერთმანეთთან შეერთებული, შეიძლება შედგენილი იქნეს მთლიანობაში ავტომატური რეგულირების სისტემის დიფერენციალური განტოლება. გამოკვლევების დროს სოფჯერ წარმოიქმნება აუცილებლობა განხილული იქნეს გახსნილი სისტემის ქცევა. გახსნილი სისტემის მისაღებად, საჭიროა კავშირის გაწყვეტა ორ ნებისმიერ მესობელ რგოლს შორის. ჩვეულებრივ განრთვა ხდება სარეგულირებელი ობიექტის გამოსასვლელსა და საკუთრივ რეგულატორის შესასვლელს შორის (კვეთი A ნახაზებზე 9.36 და 9.37).

გახსნილ სისტემაში რეგულატორის შესასვლელზე სიდიდის მიწოდებისას, რომელიც შეესაბამება ნამდვილი სიდიდის გადახრას მოცემული მნიშვნელობიდან, სარეგულირებელი ობიექტის გამოსასვლელზე მიიღება სარეგულირებელი სიდიდის მნიშვნელობები, დამოკიდებული სისტემის პარამეტრებისაგან და შესასვლელზე სიდიდის ცვლილების ხასიათისაგან.

ავტომატური რეგულირების სისტემის გახსნილი და შეკრული მდგომარეობების შესაბამისად შეიძლება შედგენილი იქნეს გახსნილი და შეკრული სისტემების დიფერენციალური განტოლებები.

მაგალითის სახით შევადგინოთ მარტივი ობიექტის – დონის რეგულირების (იხ. ნახ.9.12) დიფერენციალური განტოლება.

ჭურჭელში მიეწოდება წყალი Q_n მ³/წ რაოდენობით და იხარჯება Q_p მ³/წ რაოდენობით. როდესაც სარეგულირებელი ობიექტი იმყოფება წონასწორობაში, მოდენა ტოლია ხარჯისა, ე.ი.

$$Q_n = Q_p, \quad (9.101)$$

ხოლო, $Q_n - Q_p = 0$;

ამასთან h დონე არ იცვლება და, მაშასადამე, დონის გადახრა მოცემული მნიშვნელობიდან $\Delta h = 0$.

თუ მიწოდებული ან დახარჯული წყლის რაოდენობა შეიცვლება, მაშინ მისი დონე ჭურჭელში, აგრეთვე, შეიცვლება.

უთქვამთ ახალი მიწოდებაა Q_{n1} , ხოლო ახალი ხარჯი Q_{p1} ; მაშინ:

$$Q_{n1} = Q_n + \Delta Q_n; \quad (9.102)$$

$$Q_{p1} = Q_p + \Delta Q_p, \quad (9.103)$$

სადაც ΔQ_n და ΔQ_p არის შესაბამისად მიწოდებისა და ხარჯის ნაზარდები.

წყლის რაოდენობა წამში, რომელიც მიდის დონის გაზრდაზე, ტოლი იქნება მიწოდებისა და ხარჯის სხვაობისა, ე.ი. $Q_{n1} - Q_{p1}$. ეს სხვაობა (9.102) და (9.103)-ის გათვალისწინებით იქნება ტოლი

$$Q_{n1} - Q_{p1} = Q_n + \Delta Q_n - Q_p - \Delta Q_p.$$

მაგრამ 9.101-ის თანახმად $Q_n = Q_p$, მაშინ

$$Q_{n1} - Q_{p1} = \Delta Q_n - \Delta Q_p. \quad (9.104)$$

მეორეს მხრივ, წყლის მოცულობა, რომელიც დროის ერთეულში წავიდა დონის გაზრდაზე, ტოლია

$$Q_{n1} - Q_{p1} = S \frac{d(\Delta h)}{dt}, \quad (9.105)$$

სადაც S არის ჭურჭლის ფუძის ფართობი;

$\frac{d(\Delta h)}{dt}$ – დონის შეცვლის სიჩქარე.

ჩვენს ობიექტში ხარჯი ჭურჭლიდან დამოკიდებულია წყლის დონის სიმაღლეზე:

$$Q_p = f(h).$$

თუ Δh მცირეა, მაშინ პირველ მიახლოებაში შეიძლება წაითვალოს, რომ

$$\Delta Q_p = k_1 \Delta h, \quad (9.106)$$

სადაც $k_1 = \frac{dQ_p}{dh}$ არის მუდმივი კოეფიციენტი.

გადავწერთ 9.104 განტოლება 9.105-ის გათვალისწინებით:

$$Q_n - Q_p = \Delta Q_n - \Delta Q_p = S \frac{d(\Delta h)}{dt},$$

საიდანაც

$$S \frac{d(\Delta h)}{dt} + \Delta Q_p = \Delta Q_n.$$

თუ ჩავსვამთ უკანასკნელ ტოლობაში ΔQ_p -ის მნიშვნელობას 9.106 ფორმულიდან, მივიღებთ:

$$S \frac{d(\Delta h)}{dt} + k_1 \Delta h = \Delta Q_n. \quad (9.107)$$

აღენიშნოთ სარეგულირებელი სიდიდის გადახრა Δh მოცემული მნიშვნელობიდან დროის მოცემულ მომენტში $x_{\text{შვ}}(t)$. მაშინ 9.107 განტოლება შეიძლება გადაწერილი იქნეს შემდეგი სახით:

$$S \frac{dx_{\text{შვ}}}{dt} + k_1 x_{\text{შვ}} = x_{\text{შვ}}.$$

გაკეთოთ ბოლო ტოლობის ყველა წევრი k_1 -ზე, მივიღებთ

$$T \frac{dx_{\text{შვ}}}{dt} + x_{\text{შვ}} = kx_{\text{შვ}},$$

სადაც

$$T = \frac{S}{k_1} \text{ არის დროის მუდმივა;}$$

$$k = \frac{1}{k_1} - \text{ობიექტის გაძლიერების კოეფიციენტი.}$$

მიღებული განტოლება არის აპერიოდული რგალის პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლება (იხ. განტოლება 9.7). ამ განტოლებიდან ჩანს, რომ რეგულირების

პროცესის გამოკვლევისათვის აუცილებელია არა მხოლოდ სარეგულირებელი სიდიდის $x_{კაი}$ -ის ცოდნა, არამედ მისი წარმოებულისაც $\frac{dx_{კაი}}{dt}$, ე.ი. მისი დროში ცვლილების სიჩქარე.

ახლა გადავიდეთ უფრო რთულ მაგალითზე და შევადგინოთ რკინაბეტონის კონსტრუქციების გასაართვლი კამერის დიფერენციალური განტოლება.

როგორც ცნობილია რკინაბეტონის ნაკეთობათა ქარხნებში ბეტონის გამაგრების ხანგრძლივობა ძირითადად განსაზღვრავს კონსტრუქციის დამზადების დროს. ამიტომ გამაგრების ინტენსიფიკაცია არსებითად ამცირებს საწარმოო პროცესის ხანგრძლივობას. დამუშავების თბური მეთოდი ეფელაზე ეფექტურად და ფართოდ გამოიყენება რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადების დროს.

ამჟამად ბეტონის გამაგრების დასქარების შემდეგი თბური მეთოდები გამოიყენება: თბოტენიანობით დამუშავება ორთქლპაერიან გარემოში 60-80°C ტემპერატურის დროს; გაჯერებული ორთქლის გარემოში დამუშავება ნორმალური წნევისა და 95-100°C ტემპერატურის დროს; ნაკეთობების კონტაქტური გათბობა თბომატარებლით, რომელიც ცირკულირებს ნაკეტილ სივრცეში, რომელიც აკრავს ბეტონის ნაკეთობის სუდაპირს; ბეტონის დამუშავება ცხელი წყლით ბასეინებში; ბეტონის გახურება ელექტროდენით, რომლის გატარებაც ხდება გასამაგრებელ ბეტონში; ინფრაწითელი სხივების დახმარებით; ბეტონის ცხელი ვიბროდაწნევა; ცხელი ფორმირება და ავტოკლავებში დამუშავება გაჯერებული წყლის ორთქლის გარემოში 0,8-1,5 MPA წნევისა და 175-200°C ტემპერატურის დროს.

რკინაბეტონის ნაკეთობათა ქარხნები თბოტენიანობით დამუშავებისათვის ადგურებულია პერიოდული და უწყვეტი ქმედების დანადგარებით. პერიოდული ქმედების დანადგარებს მიეკუთვნება ისეთები, რომლებშიც თბური დამუშავების პროცესი მიმდინარეობს პერიოდებით (ციკლებით), ე.ი. ნაკეთობები ხურდება დანადგარებთან ერთდროულად განსაზღვრული დროით, რის შემდეგაც დანადგარი და ნაკეთობა ცივდება. ასეთი პროცესები მეორდება, სითბოს გადაცემის

პრინციპის მიხედვით პერიოდული ქმედების დანადგარები იყოფა ორ ჯგუფად:

1. როდესაც დასამუშავებელი ნაკეთობები უშუალოდ ეხებიან თბობატარებულს და მათ შორის სწარმოებს სითბოს მასობრივი გაცვლა;

2. როდესაც ნაკეთობის გახურება ხორციელდება გამყოფი 'ხედაპირის' გავლით. ამ შემთხვევაში იქმნება უფრო ხელსაყრელი პირობები ბეტონის სტრუქტურის ფორმირებისათვის და დამუშავების დრო მცირდება 10-20%-ით შედარებით ღია ფორებში დამუშავებასთან.

პირველი ჯგუფის პერიოდული ქმედების დანადგარებს მიეკუთვნება გასაორთქლი კამერები, სტენდები და ავტოკლაავები, ხოლო მეორე ჯგუფისას – კასეტები, პაკეტები, მატრიცები, მოცულობით-ჩამომყალიბებელი მოწყობილობები.

უწყვეტი ქმედების დანადგარები რკინაბეტონის ნაკეთობათა ქარხნებში გამოიყენება კონვეიერული ტიპის. კონსტრუქციული ნიშნის მიხედვით მათი დაყოფა შეიძლება ორ კატეგორიად:

პორისონტალური – გვირაბის ტიპის;

ვერტიკალური – კოშკურა ტიპის.

კამერების მუშაობის ეკონომიურობა ხასიათდება ორთქლის ხარჯით ნაკეთობის დამუშავებაზე და შეიძლება შეადგენდეს 420-დან 1000 კგ/მ³.

გასაორთქლი კამერების ბრუნვაობა შეადგენს ერთიდან ორ ციკლამდე, ხოლო კასეტური დანადგარებისა – ერთიდან სამ ციკლამდე დღეღამეში.

გასაორთქლი კამერა წარმოადგენს პერიოდული ქმედების ყველაზე გავრცელებულ აგრეგატს, რკინაბეტონის ნაკეთობათა თბობტენიანობითი დამუშავების რეჟიმის განსახორციელებლად. ცნობილია გასაორთქლი კამერის შემდეგი ტიპები:

ორმოს ფორმის გასაორთქლი კამერა პერფორირებული ორთქლსადენის გაშლის ქვედა სისტემით;

პროფ. ლ.ა. სემიონოვის უდაწყო გასაორთქლი კამერა პერფორირებული ორთქლსადენების ქვედა და 'ხედა გაშლით და უკუმიღით ორთქლპაერიანი ნარევის არინებისათვის.

პროფ. ა.ა. ვოზნესენსკის გასაორთქლი კამერა ორთქლის მიწოდებით ლავალის საქშენით.

კამერები აღჭურვილია ჰიდრაულიკური საკეცებით სახეურაეების პერმეტიზაციისათვის და გამწოვი ვერტილაციით კამერების და ნაკეთობების გასაცეცებლად პროცესის დამთავრების შემდეგ.

ორმოს სახის გასაორთქლ კამერებში თბოტენიანობით დამუშავება წარმოებს ორთქლჰაერიან გარემოში ატმოსფერული წნევისა და 60-90°C ტემპერატურის დროს.

ლ.ა. სემიონოვის უდაწნეო გასაორთქლ კამერებში პროცესი ხორციელდება ნორმალური წნევის გაჯერებული ორთქლის გარემოში 95-100°C ტემპერატურის დროს. პროცესის დასაწყისში ორთქლი მიეწოდება ქვედა პერფორაციულ მილებში, რის შედეგადაც კამერა და ნაკეთობა თანდათანობით ხურდება. 85-90°C ტემპერატურის დროს ქვედა მილსადენების სისტემა ითიშება და ორთქლის მიწოდება იწყება ზემოდან. გამშრალი ორთქლი თანდათანობით კამერიდან გამოაძეგებს გაჯერებულ ორთქლჰაერიან ნარეგს უკუმიდის გავლით. მიმდინარეობს იზოთერმული პროცესი.

ა.ა. ვოზნესენსკის კამერაში ორთქლი მიეწოდება ამადლებული სინქარით. ეს ათანაბრებს ტემპერატურულ ველს და აუმიჯობებს თბოგადაცემას ორთქლჰაერის გარემოსა და ნაკეთობას შორის. ეფექტურობის ამადლების ასეთი მეთოდი ორთქლის ხარჯისა და ნაკეთობის თბური დამუშავების ხანგრძლივობის დაახლოებით ორჯერ შემცირების საშუალებას იძლევა.

კამერების აეტომაციის სისტემის შესარსეად აუცილებელია ნაკეთობის დამუშავების რეკომენდებული რეჟიმის ცოდნა, რომელიც ხასიათდება ნაკეთობის წინასწარი დაყოვნებით თბური დამუშავების დაწყებამდე, კამერაში ტემპერატურის აწევის ინტენსივობით, ტემპერატურითა და იზოთერმული გახურების ხანგრძლივობით, ბეტონის გაგრილების სინქარით გაციეების დროს.

დასაშეები მაქსიმალური სინქარე გარემოს ტემპერატურის აწევისა კამერაში შეადგენს 20-დან 35 გრადუსამდე საათში. გასაორთქლი კამერების თბური პროცესების აეტომაციის ხასიათდება ყველაზე მიზანშეწონილია განხორციელდეს ნაკეთობის ტემპერატურის მიხედვით, მაგრამ გამოსაძი აპარატურის უქონლობა ამ მიზნისათვის გვაიძულებს ამ პროცესის

მართვას ორთქლპაერიანი გარემოს ტემპერატურის მიხედვით, რომელშიც იმყოფება დასამუშავებელი ნაკეთობა.

გასაორთქლი კამერის დინამიკის განტოლების შესაღგუნად ვისარგებლოთ ენერგიის მუდმივობის კანონით. კამერაში დროის ერთეულში შედის სითბოს Q_1 რაოდენობა, რომელიც იხარჯება კამერის, ფორმების და ბეჭონის ნაკეთობების გახურებასე, წელის აორთქლებას, გარემოს გახურებასა, აგრეთვე, Q_2 დანაკარგებზე. შევადგინოთ თბური ბალანსის განტოლება დროის dt ინტერვალისათვის:

$$G_n C_n d\theta = (Q_1 - Q_2) dt, \quad (9.108)$$

სადაც

G_n არის თერმოტენიანი გარემოს მასა;

C_n - გარემოს თბოტევადობა.

(9.108) დინამიკის განტოლებიდან ვღებულობთ

$$G_n C_n \frac{d\theta}{dt} = Q_1 - Q_2.$$

სტატიკის განტოლება იქნება

$$Q_1 - Q_2 = 0. \quad (9.109)$$

9.108 და 9.109 განტოლებებიდან მივიღებთ ობიექტის (გასაორთქლი კამერა) დიფერენციალურ განტოლებას ნაწრდებში

$$G_n C_n \frac{d\Delta\theta}{dt} = \Delta Q_1 - \Delta Q_2. \quad (9.110)$$

ესაწღერავთ, რა ფაქტორები ახღენენ გავღენას ΔQ_1 და ΔQ_2 -ზე:

$$1. \Delta Q_1 = f_1(\theta, h, t),$$

სადაც h არის მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილება.

დაეშალოთ ეს გამოსახულება ტეილორის რიგად მცირე ნაწრდების მიხედვით და უკუვაგლოთ ყველა წვერი პირველ რიგზე მადალი:

$$\Delta Q_1 = \frac{\partial Q_1}{\partial \theta} \Delta\theta + \frac{\partial Q_1}{\partial h} \Delta h; \quad (9.111)$$

$$2. \Delta Q_2 = f_2(\theta, t) + Q_{\gamma T}(t),$$

სადაც $Q_{\gamma T}(t)$ არის ორთქლის გაპარვის სიდიდე.

დაეშალოთ ეს გამოსახულება ტეილორის რიგად:

$$\Delta Q_2 = \frac{\partial Q_2}{\partial \theta} \Delta \theta + Q_{yT}(t). \quad (9.112)$$

ჩავსვით 9.111 და 9.112 განტოლებები 9.110 განტოლებაში:

$$G_n C_n \frac{d(\Delta \theta)}{dt} = \frac{\partial Q_1}{\partial h} \Delta h + \frac{\partial Q_1}{\partial \theta} \Delta \theta - \frac{\partial Q_2}{\partial \theta} \Delta \theta - Q_{yT}(t);$$

გარდაქმნის შემდეგ მივიღებთ:

$$G_n C_n \frac{d(\Delta \theta)}{dt} + \left(\frac{\partial Q_1}{\partial \theta} - \frac{\partial Q_2}{\partial \theta} \right) \Delta \theta = \frac{\partial Q_1}{\partial h} \Delta h - Q_{yT}(t). \quad (9.113)$$

გადავიდეთ ფარდობით სიდიდეებს:

$$\frac{\Delta \theta}{\theta_{\max}} = \varphi \quad - \text{სარეგულირებელი სიდიდის ფარდობითი}$$

მნიშვნელობა;

$$\frac{\Delta h}{h_{\max}} = \mu_1 \quad - \text{მარეგულირებელი ორგანოს ფარდობითი}$$

გადაადგილება;

$$\frac{\Delta Q_{yT}}{Q_{yT \max}} = \lambda_1 \text{ გაპარვის (შეშფოთების) ფარდობითი}$$

მნიშვნელობა.

ჩავსვით 9.113 გამოსახულებაში ეს აღნიშვნები:

$$G_n C_n \theta_{\max} \frac{d\varphi}{dt} + \left(\frac{\partial Q_1}{\partial \theta} - \frac{\partial Q_2}{\partial \theta} \right) \theta_{\max} \varphi = \frac{\partial Q_1}{\partial h} h_{\max} \mu_1 - \lambda_1. \quad (9.114)$$

შემოვიღოთ შემდეგი აღნიშვნები:

$$T = \frac{G_n C_n \theta_{\max}}{Q_{1 \max}} \quad - \text{ობიექტის გაქანების დრო;}$$

$$A = \frac{Q_{1 \max}}{Q_{1 \max}} \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \theta} - \frac{\partial Q_1}{\partial \theta} \right) \quad - \text{რეგულირების ობიექტის თვითგა-}$$

თანაბრების მახასიათებელი კოეფიციენტი.

თვითგათანაბრება განიხილება, როგორც გასაორთქლე კამერაში გარემოს ტემპერატურის უნარი თვითნებურად მივიდეს ახალ დამყარებულ მნიშვნელობამდე ავტომატური რეგულატორის დახმარების გარეშე. თვითგათანაბრება ხასიათდება კოეფიციენტით, რომელიც გასაორთქლე კამერისათვის ნულზე მეტია (დადებითია).

ნავსეთ T და A-ს გამოსახულებები 9.114 განტოლებაში:

$$T \frac{d\varphi}{dt} + A \cdot \varphi = \mu_1 - \lambda_1. \quad (9.115)$$

9.115 განტოლების მარცხენა და მარჯვენა ნაწილები გავყოთ A-ზე:

$$\frac{T}{A} \cdot \frac{d\varphi}{dt} + \varphi = \frac{1}{A} \mu_1 - \frac{1}{A} \lambda_1$$

ანუ

$$T_0 \varphi' + \varphi = k\mu - \lambda, \quad (9.116)$$

სადაც

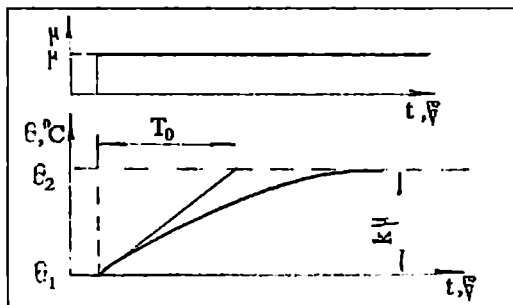
T_0 არის ობიექტის დროის მუდმივა, წ;

k – ობიექტის გადაცემის კოეფიციენტი.

9.116 დიფერენციალური განტოლების ამოხსნით ნახტომისებური შემფოთებისა და ნულოვანი საწყისი პირობების დროს, მივიღებთ:

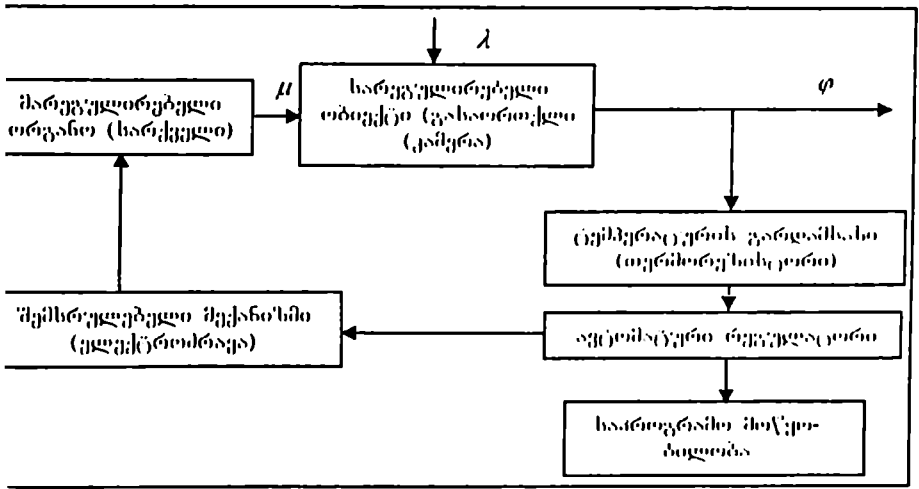
$$\varphi = k\mu(1 - e^{-\frac{t}{T_0}}). \quad (9.117)$$

ამრიგად, თბური პროცესი კამერაში, შემაშფოთებელი მოქმედების ნახტომისებურად შეკვლისას მიმდინარეობს ექსპონენციალურად (ნახ.9.48).

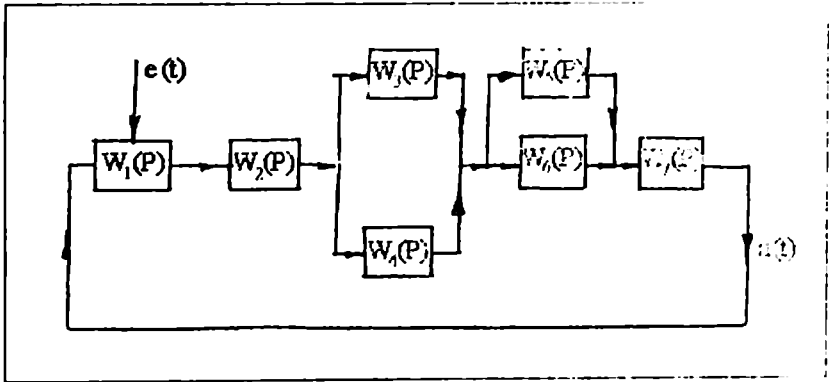


ნახ.9.48. გარდამავალი პროცესი გამოტყელის კამერაში ტემპერატურის რეგულირების დროს

ნახ.9.49 მოცემულია გასაორთქლ კამერაში ორთქლქავერიანი გარემოს ტემპერატურის ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონალური სქემა, ხოლო 9.50 ნახაზზე სტრუქტურული სქემა. ამ უკანასკნელის მიხედვით შევადგინოთ ავტომატური რეგულირების სისტემის გადაძვეტი ფუნქცია.



ნახ.9.49. გასაორთქლ კამერაში ორთქლპაერიანი გარემოს ტემპერატურის ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონალური სქემა



ნახ.9.50. გაორთქლის კამერაში ტემპერატურის რეგულირების მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა

ცალკეული რგოლების (ავტომატური რეგულირების სისტემის ელემენტების) გადამკვეთი ფუნქციები შეიძლება ასე იქნან ჩაწერილი:

$$W_1(P) = \frac{k_1}{T_2^2 P^2 + T_1 P + 1}; W_2(P) = \frac{k_2}{T_3 P + 1}; W_3(P) = k_3; \quad (9.118)$$

$$W_4(P) = \frac{T_4 P}{T_4 P + 1}; W_5(P) = -\frac{1}{T_5 P}; W_6(P) = -k_4; W_7(P) = k_5.$$

სისტემის გადაამცემი ფუნქციისათვის გვექნება:

$$W(P) = W_1(P)W_2(P)[W_3(P) + W_4(P)] \left[\frac{W_5(P)}{1 + W_5(P)W_6(P)} \right] W_7(P),$$

ან

$$W(P) = \left[\frac{k_1}{T_2^2 P^2 + T_1 P + 1} \right] \left[\frac{k_3}{T_3 P + 1} \right] \left[k_3 + \frac{T_4 P}{T_4 P + 1} \right] \left[-\frac{1}{T_5 P + k_4} \right] k_5. \quad (9.119)$$

რადგან

$$\frac{W_5(P)}{1 + W_5(P)W_6(P)} = -\frac{1}{T_5 P \left(1 + \frac{k_4}{T_5 P} \right)} = -\frac{1}{k_4 + T_5 P},$$

ამიტომ

$$W(P) = \frac{-k_1 k_2 k_5 [k_3 (1 + T_4 P) + T_4 P]}{(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1)(1 + T_3 P)(1 + T_4 P)(k_4 + T_5 P)},$$

ან

$$W(P) = \frac{k_0 + T_0(P)}{k_4 + T_{01}P + T_{02}P^2 + T_{03}P^3 + T_{04}P^4 + T_{05}P^5}, \quad (9.120)$$

სადაც

$$k_0 = k_1 k_2 k_3 k_5; \quad T_0 = k_1 k_2 k_5 (k_3 T_4 + T_4);$$

$$T_{01} = k_4 T_1 + k_4 T_3 + k_4 T_4 + T_5;$$

$$T_{02}^2 = k_4 T_2^2 + k_4 T_1 T_3 + T_1 T_5 + k_4 T_1 T_4 + k_4 T_3 T_4 + T_4 T_5 + T_3 T_5;$$

$$T_{03}^3 = k_4 T_2^2 T_3 + T_2^2 T_5 + T_3 T_4 T_5 + T_1 T_4 T_5 + k_4 T_2^2 T_4 + k_4 T_1 T_3 T_4 + T_1 T_3 T_5;$$

$$T_{04}^4 = T_3 T_2^2 T_5 + k_4 T_2^2 T_3 T_4 + T_2^2 T_4 T_5 + T_1 T_3 T_4 T_5;$$

$$T_{05}^5 = T_2^2 T_3 T_4 T_5.$$

მაშასადამე, გაორთქლების კამერის, როგორც რეგულირების ობიექტის შესწავლისას დგინდება:

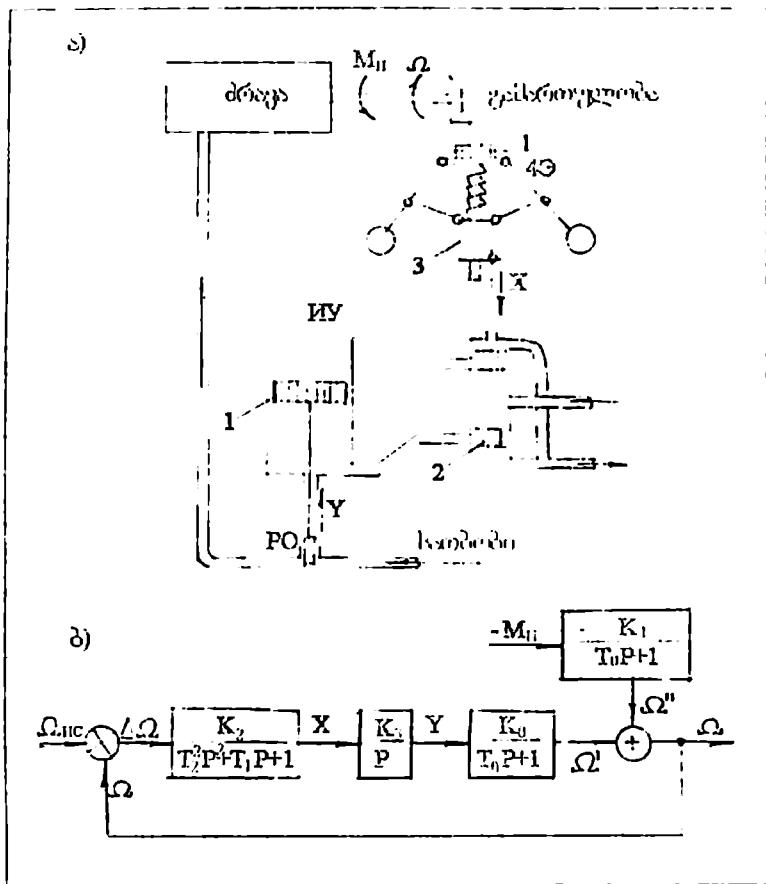
კამერას გაანინია თვითგათანაბრების დადებითი კოეფიციენტი;

ორთქლჰაერიანი გარემოს ტემპერატურა ორთქლის მიწოდების ან გადააკტვის დროს იმატებს ექსპონენციალური კანონით;

ამ ექსპონენტის დროის მუდმივა საკმარისად დიდია.

ამრიგად, გასაორთქლი კამერა ავტორეგულირების სისტემისათვის წარმოადგენს აპერიოდულ რგოლს დროის დიდი მუდმივით. ეს საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნეს ორპოზიციანი რეგულირება. ანალოგიური განტოლებებით აიწერება კასეტური დანადგარები და თერმოსფორმები.

კიდევ უფრო გავართულოთ სარეგულირებელი ობიექტი და განვიხილოთ თბური ძრავას სინქარის რეგულირების (სტაბილიზაციის) ავტომატური სისტემის დიფერენციალური განტოლების და გადამცემი ფუნქციის შედგენა. თბური ძრავას კონსტრუქციული (პრინციპიალური) და სტრუქტურული სქემები მოცემულია 9.51 ნახაზზე. სტრუქტურულ სქემაზე (ნახ.9.51ბ) აღნიშნულია: Ω_{HC} – გამართულობის დაყვანილი ან ექვივალენტური კუთხური სინქარე, განსახლვრული ЦИС-ის ზამბარის შეკუმშვის ძალით; Ω' -საფარის y გადაადგილებით გამოწვეული კუთხური სინქარის მდგენელი, ხოლო Ω'' – დატვირთვის მომენტით M_{II} გამოწვეული ამასთან $\Omega = \Omega' + \Omega''$ და შეცდომა ანუ გადახრა $\Delta\Omega = \Omega_{HC} - \Omega$. მგრძნობიარე ელემენტს (რე) წარმოადგენს სინქარის ცენტრიდანული სასომი (ЦИС). შემსრულებელ ელემენტს (ИУ) წარმოადგენს კიდრაველიკური ძრავა, რომელიც შედგება ЦИС ქურო 3-თან დაკავშირებული მკეუთარისაგან (2), და საფართან ან სარეგულირებელ ორგანოსთან (РО) დაკავშირებულ ძალური დგუშისაგან (1).



ნახ 9.51. თბური ძრავას სიჩქარის რეგულირების ავტომატური სისტემის სქემები: ა) პრინციპული; ბ) სტრუქტურული

1. ძრავა წარმოადგენს ობიექტს და მისი გაწრფივებული განტოლება შეიძლება წარმოვადგინოთ სახით:

$$(T_0 P + 1)\Omega = k_0 y - k_1 M_H, \quad (9.121)$$

სადაც

Ω არის კუთხური სიჩქარე;

T_0 – დროის მუდმივა;

y – საფარის გადაადგილება;

M_{II} - დატვირთვის მომენტი;

k_0, k_1 - გადაცემის კოეფიციენტები.

2. სინქარის ცენტრიდანული სასომის განტოლება იქნება

$$(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1)x = k_2 \Delta \Omega, \quad (9.122)$$

სადაც

x არის ქუროს და მკვეთარას გადაადგილება;

T_2, T_1 - ЦИС-ის დროის მუდმივები;

k_2 - გადაცემის კოეფიციენტი.

3. პიდრაველიკური ძრავა

$$P y = k_3 x, \quad (9.123)$$

სადაც k_3 არის გადაცემის კოეფიციენტი.

გახსნილი სისტემის გადამცემი ფუნქცია მოცემული უემოქმედების Ω_{HC} მიხედვით:

$$W(P) = \frac{\Omega(P)}{\Omega_{HC}(P)} = \frac{k_0 k_2 k_3}{P(T_0 P + 1)(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1)}, \quad (9.124)$$

ბოლო უემოქმედების (დატვირთვის) M_{II} მიხედვით:

$$W_f(P) = \frac{\Omega(P)}{M_{II}(P)} = -\frac{k_1}{T_0 P + 1}. \quad (9.125)$$

შეკრული სისტემის გადამცემი ფუნქცია სარეგულირებელი სიდიდის Ω მიხედვით:

$$\Phi(P) = \frac{\Omega(P)}{\Omega_{HC}(P)} = \frac{W(P)}{1 + W(P)} = \frac{k_0 k_2 k_3}{P(T_0 P + 1)(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1) + k_0 k_2 k_3}. \quad (9.126)$$

შეკრული სისტემის გადამცემი ფუნქცია შეცდომის (გადახრის) $\Delta \Omega$ მიხედვით:

$$\Phi_x(P) = \frac{\Delta \Omega(P)}{\Omega_{HC}(P)} = \frac{1}{1 + W(P)} = \frac{P(T_0 P + 1)(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1)}{P(T_0 P + 1)(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1) + k_0 k_2 k_3}. \quad (9.127)$$

შეკრული სისტემის გადამცემი ფუნქცია უემოქმედების M_{II} მიხედვით:

$$\Phi_f(P) = \frac{\Omega(P)}{M_{II}(P)} = \frac{W_f(P)}{1 + W(P)} = -\frac{k_1 P(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1)}{P(T_0 P + 1)(T_2^2 P^2 + T_1 P + 1) + k_0 k_2 k_3}. \quad (9.128)$$

კუთხური სინქარის სტაბილიზაციის ავტომატური სისტემის მოძრაობის დიფერენციალური განტოლება სარე-

გულირებელი ხიდის (Ω_1) მიმართ, შესაბამისად მოცემული ზემოქმედების (Ω_{HC}) და შეშფოთების (M_{II}) დროს:

$$\left. \begin{aligned} & [P(T_0P+1)(T_2^2P^2+T_1P+1)+k_0k_2k_3]\Omega(t) = k_0k_2k_3\Omega_{HC}(t) \\ & \text{ანუ} \\ & (a_0P^4+a_1P^3+a_2P^2+a_3P+a_4)\Omega(t) = b_0\Omega_{HC}(t), \end{aligned} \right\} (9.129)$$

სადაც

$$\left. \begin{aligned} & a_0 = T_0T_2^2, a_1 = T_2^2 + T_0T_1, a_2 = T_0 + T_1, a_3 = 1, a_4 = b_0 = k_0k_2k_3 \\ & [P(T_0P+1)(T_2^2P^2+T_1P+1)+k_0k_2k_3]\Omega(t) = \\ & = -k_1P(T_2^2P^2+T_1P+1)M_{II}(t) \\ & \text{ანუ} \\ & (d_0P^4+d_1P^3+d_2P)M_{II}(t) = \end{aligned} \right\} (9.130)$$

სადაც $d_0 = k_1T_2^2, d_1 = k_1T_1, d_2 = k_1$.

კეთხური ხიქარის სტადილიზაციის სისტემის მოძრაობის დიფერენციალური განტოლება შეცვლის (გადახრის) ($\Delta\Omega$) მიმართ, შესაბამისად მოცემული ზემოქმედების (Ω_{HC}) და შეშფოთების (M_{II}) მიხედვით:

$$\left. \begin{aligned} & [P(T_0P+1)(T_2^2P^2+T_1P+1)+k_0k_2k_3]\Delta\Omega(t) = \\ & = P(T_0P+1)(T_2^2P^2+T_1P+1)\Delta\Omega_{HC}(t); \\ & P[(T_0P+1)(T_2^2P^2+T_1P+1)+k_0k_2k_3]\Delta\Omega(t) = \\ & = k_1P(T_2^2P^2+T_1P+1)M_{II}(t). \end{aligned} \right\} (9.131)$$

ამპლიტულურ-ფაზური მახასიათებელი ნებისმიერი კომპლექსური რიცხვის მაგვარად, შეიძლება წარმოდგენილი იქნას გრაფიკულად სწორკუთხა კოორდინატებში, როგორც გომეტრიული წამი ნამდვილი a და წარმოსახვითი b ნაწილებისა:

$$W(j\omega) = a(j\omega) + b(j\omega). \quad (9.132)$$

თუ ჩავსვამთ ამ განტოლებაში ω -ს მნიშვნელობებს 0-დან ∞ -მდე, მივიღებთ ვექტორებს სხვადასხვა ამპლიტულებითა და ფაზებით. ვექტორების ბოლოების შეერთებით წარწარი მრედიტ, მივიღებთ ამპლიტულურ-ფაზური მახასიათებლის გოლოგრაფს.

§11. ავტომატური რეგულირების წრფივი სისტემების მდგრადობის გამოკვლევა

ავტომატური რეგულირების სისტემები* მეშაობის პროცესში განიცდიან სხვადასხვაგვარ შემაშფოთებელ ზემოქმედებებს, რომლებსაც სისტემა გამოჰყავთ დამყარებული რეჟიმიდან, წონასწორობის მდგომარეობიდან და სარეგულირებელ სიდიდეს გადახრიან მოცემული მნიშვნელობიდან. რეგულატორი მისწრაფვის სარეგულირებელი სიდიდის მოცემულ მნიშვნელობასთან მიყვანას. სისტემის გადასვლა ერთი მდგომარეობიდან მეორეში მასების, ტევადობების და ა.შ. არსებობის შედეგად არ შეიძლება მოხდეს მყისიერად. შემაშფოთებელი ზემოქმედებისა და მისი მომდევნო რეგულატორის აღმდგენი ზემოქმედებების შედეგად სისტემაში აღიძვრება გარდამავალი პროცესები.

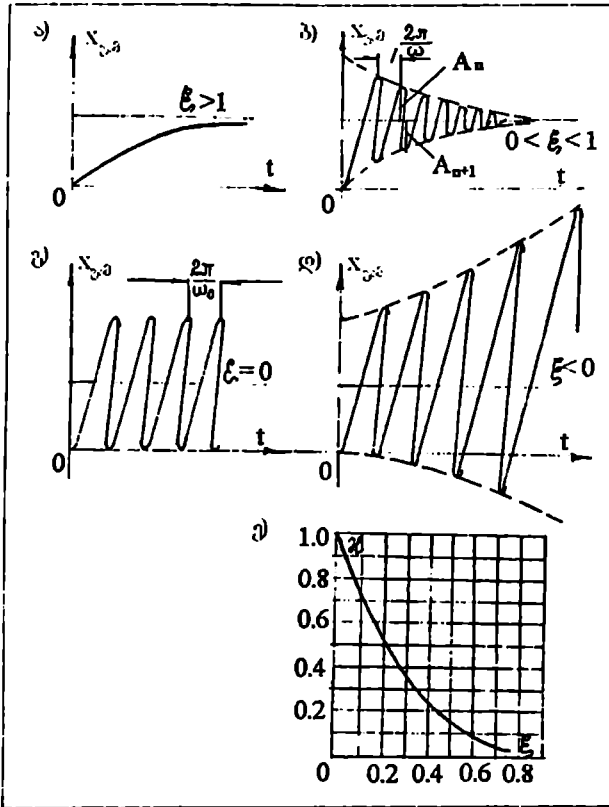
ამასთან, შეიძლება ადგილი აქონდეს გარდამავალი პროცესის სამ სახეს:

1. სარეგულირებელი სიდიდე, რომელიც შემაშფოთებელი ზემოქმედებების შედეგად გადაიხარა მოცემული მნიშვნელობიდან, დროის განმავლობაში რეგულატორის ზემოქმედების შედეგად უბრუნდება მოცემულ მნიშვნელობას სისუსტით, რომელიც პასუხობს რეგულატორის სტატიკურ ცდომილებას. ასეთ გარდამავალ პროცესს ეწოდება კრებადი, ხოლო რეგულირების სისტემას – მდგრადი (ნახ.9.52).

2. სარეგულირებელი სიდიდე, რომელიც შემაშფოთებელი ზემოქმედებების შედეგად გადაიხარა მოცემული მნიშვნელობიდან, დროის განმავლობაში რეგულატორის ზემოქმედების შედეგად კი არ უახლოვდება, არამედ თეორიულად უსა-

* ავტომატური სისტემა ხასიათდება შიგა და გარე პარამეტრებით. შიგა პარამეტრებს მიეკუთვნება სისტემაში შემავალი ტიპური რგოლების დროის მუდმივები, გაძლიერების კოეფიციენტები და სხვ. შიგა პარამეტრები განსაზღვრავს თვით ავტომატური სისტემის თვისებებს. გარე პარამეტრებს მიეკუთვნება სისტემაში გარედან შეყვანილი პარამეტრები პროგრამა, ძირითადი შეშფოთება და დაბრკოლებანი (ძირითადი შეშფოთების სიდიდის გათვალისწინება შესაძლებელია, ხოლო ყოველი სახის დაბრკოლების და, მით უმეტეს, მათი სიდიდის გათვალისწინება თითქმის შეუძლებელია). გარე პარამეტრები დამოკიდებული არ არიან ავტომატური სისტემის შიგა ბუნებაზე და, ამიტომაც, ისინი სრულებით არ გამოსახავენ ავტომატური სისტემის თვისებებს.

სდეროდ სცილდება მოცემულ მნიშვნელობას აპერიოდულად ან რხევებით, რომელთა ამპლიტუდაც განუწყვეტლივ იზრდება. ასეთ გარდამავალ პროცესს ეწოდება განშლადი, სილ რეგულირების სისტემას - არამდგრადი (ნახ.9.52ა,დ).



ნახ.9.52. რხევითი რგოლის რეაქცია შემავალი სიდიდის ნახტომისებურ ცვლილებაზე: ა) აპერიოდული პროცესი; ბ) რხევითი მლივი პროცესი; გ) რხევითი არამლივი პროცესი; დ) მზარდი რხევები (უარყოფითი დაწყნარების გიპოტეტიური შემთხვევა); ე) დაწყნარების ხარისხსა ζ და ამპლიტუდების კლების კოეფიციენტს A შორის კავშირი. ω_0 არადემფირებული რხევის საკუთარი სიხშირე, რად/წ; ζ - დემფირების (დაწყნარების) ხარისხი; A - ამპლიტუდა

შეგნიშნავთ, რომ რეალურ პირობებში არ შეიძლება მოხდეს რაიმე ფიზიკური პარამეტრის უსაზღვრო გადასრა მოცემული მნიშვნელობიდან, ისევე, როგორც შექმნილებულია რხევები უსაზღვროდ ზრდადი ამპლიტუდით.

გადახრები შემოსაზღვრულია ელემენტების თვისებებით: ელექტრული მანქანების გაჯერებით, დგუშების მაქსიმალური ხელთ, ძრავების განსაზღვრული სიმძლავრით და ა.შ. თუმცა წარმოქმნილი რხევები ან სარეგულირებელი ხდიდის არაკონტროლირებადი გადახრები შეიძლება იყოს დაუშვებელი მოწყობილობის დაცულობის, უსაფრთხოების და სხვ. მოსაზრებებით.

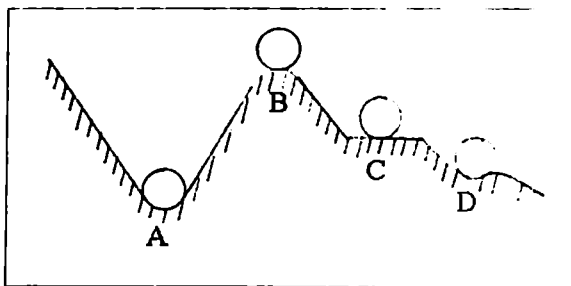
3. სარეგულირებელი ხდიდე, რომელიც შემაშფოთებელი ზემოქმედების შედეგად გადაიხარა მოცემული მნიშვნელობიდან, დროის განმავლობაში რეგულატორის ზემოქმედების შედეგად დამყარებულ ხდიდეც კი არ უბრუნდება, არამედ ასრულებს არამიღვევად რხევებს ამპლიტუდით, რომელიც დამოკიდებულია საწყისი პირობებისაგან. ასეთ გარდამავალ პროცესს ეწოდება რხევითი, ხოლო რეგულირების წრფე სისტემას – მდგრადობის საზღვარზე მყოფი (ნახ.9.52კ).

არაწრფივ სისტემებში შეიძლება აღიძვრას მდგრადი რხევები მუდმივი ამპლიტუდით, რომლის ხდიდეც არ არის დამოკიდებული საწყისი პირობებისაგან, რომლებსაც სისტემა ბრუნდება ნებისმიერი შემაშფოთებელი ზემოქმედების მოხსნის შემდეგ. ასეთი სისტემები განიხილება, როგორც მდგრადი რხევების მქონენი.

ავტომატური რეგულირების არამდგრადი სისტემები პრაქტიკულად გამოუსადეგარია და, ამიტომ, აუცილებელია სისტემების მდგრადობის გამოკვლევა.

რაიმე სტატიკური სისტემის წონასწორობის მდგრადობის განსასაზღვრავად, უნდა შევისწავლოთ ამ სისტემის ქცევა წონასწორობის მდგომარეობიდან მცირე გადახრების დროს.

მაგალითად, იმისათვის, რომ განსაზღვრული იქნას სფეროს მდგრადობა A მდგომარეობაში (ნახ.9.53), ამისათვის მას უნდა მივანიჭოთ მცირე გადახრა და განვიხილოთ ამისაგან აღძრული ძალების მოქმედება. A მდგომარეობიდან ნებისმიერი მცირე ხდიდით სფეროს გადახრისას, აღიძვრება ძალები, რომლებიც დააბრუნებენ მას საწყის მდგომარეობაში. და, მაშასადამე, წონასწორობის ეს მდგომარეობა მდგრადია.



ნახ.9.53. წონასწორობის სხვადასხვა სახე

სფეროს მცირე გადახრისას წონასწორობის მდგომარეობიდან B წერტილში, აღიძვრება ძალები, რომლებიც განაგრძობენ სფეროს გადახრას წონასწორობის მდგომარეობიდან, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში წარმოადგენს არამდგრადს.

სფერო, განლაგებული პორიზონტალურ სიბრტყეზე C წერტილში იმყოფება განუზრუნველ წონასწორობაში, რადგან მისი გადახრისას C წერტილიდან არაეითარი დამატებითი ძალები არ აღიძვრება. სფერო, განლაგებული D წერტილში, იმყოფება ნახევრადმდგრად წონასწორობაში.

სისტემის მდგრადობას უსასრულოდ მცირე გადახრების დროს ეწოდება მდგრადობა მცირეში. ხშირად სისტემები, რომლებიც მდგრადი არიან მცირეში, აღმონხდებიან მდგრადები სასრულო საკმარისად დიდი გადახრების დროსაც. ე.ი. სისტემა აღმონხდება მდგრადი დიდში. გვხვდება სისტემები, მდგრადი მცირეში, მაგრამ არამდგრადი დიდში.

9.53 ნახაზზე სფერო განლაგებული A წერტილში, არ კარგავს წონასწორობას იქამდე, ვიდრე გადახრები არ სცილდება B წერტილს. სისტემა მდგრადია მცირეში, მაგრამ დიდში იგი მდგრადია მხოლოდ განსახსურებულ არეში.

ავტომატური რეგულირების სისტემების გამოკვლევის დროს განიხილავენ მდგრადობას მცირეში, ე.ი. სისტემის ქცევას სარეგულირებელი სიდიდის დამყარებული მნიშვნელობიდან მცირე გადახრების დროს.

წრფივ სისტემებში მდგრადობა მცირეში უზრუნველყოფს მდგრადობას დიდშიც.

არაწრფივი სისტემა, მდგრადი მცირეში, შეიძლება აღმონხდეს არამდგრადი დიდში და ამიტომ არაწრფივი სისტე-

მების მდგრადობის გამოკვლევის მეთოდები არსებითად განსხვავდება წრფივი სისტემების გამოკვლევის მეთოდებისაგან.

განვიხილოთ წრფივი და გაწრფივებული სისტემები (ზუსტად წრფივი სისტემები იშვიათია). რუსმა მათემატიკოსმა ა.მ. ლიაპუნოვმა უხვენა, რომ მდგრადობის გამოკვლევა მცირეში გაწრფივებული განტოლებების დახმარებით იძლევა ამოცანის ზუსტ გადაწყვეტას.

ავტომატური რეგულირების წრფივი სისტემის თავისუფალი მოძრაობა, რომელიც წონასწორობის მდგომარეობიდან გამოყვანილია მცირე გადახრით, აიწერება შეკრულწრფიანი (ნაკეტილი) სისტემის დიფერენციალური განტოლებით (ნაწერილი ოპერაციულ ფორმაში)

$$(a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_1 P + a_0) x = 0, \quad (9.133)$$

სადაც x არის სარეგულირებელი სიდიდის გადახრა მოცემული მნიშვნელობიდან.

ინტეგრირების დახმარებით 9.133 განტოლება შეიძლება გარდაქმნილი იქნეს შემდეგ განტოლებად:

$$x = c_n e^{\lambda_n t} + c_{n-1} e^{\lambda_{n-1} t} + \dots + c_1 e^{\lambda_1 t} + A_0. \quad (9.134)$$

სადაც

c_1, c_2, \dots, c_n ინტეგრირების მუდმივებია განსახდვრული საწყისი პირობებით;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – სისტემის მახასიათებელი განტოლების რათანაბარი ფესვები.

9.134 განტოლება წარმოადგენს მახასიათებელ განტოლებას.

რეგულირების სისტემა, აღწერილი 9.133 განტოლებით, ა.მ. ლიაპუნოვის მიერ შემუშავებული დებულებების მიხედვით მდგრადი იქნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მახასიათებელი განტოლების 9.134 ყველა ფესვი იქნება უარყოფითი. მაშინ დროის დინებით 9.134 განტოლების ყველა წევრი, რომელიც შეიცავს e^{λ} მამრავლს, მისწრაფვის ნულისაკენ, ხოლო სარეგულირებელი x სიდიდის გადახრა მისწრაფვის A_0 მუდმივი მნიშვნელობისაკენ ან 0-კენ.

თუ ერთი ფესვი მაინც, მაგალითად λ_1 , დადებითია, მაშინ შესაბამისი წევრი $c_1 e^{\lambda_1 t}$ დროის დინებით განუხსნდვრე-

ლად გაიზრდება, განუსაზღვრელად გაიზრდება სარეგულირებელი სიდიდის x გადახრაც. სისტემა არამდგრადია.

კომპლექსური შეუღლებული ფესვების დროს უარყოფითი ნამდვილი ნაწილების შემთხვევაში სარეგულირებელი სიდიდის გადახრა მოდის დამყარებული მნიშვნელობისაკენ მიღევადი პარმონიული რხევებით. სისტემა მდგრადია.

ერთი წყვილი ფესვების მუდმივი ნაწილის დადებითი მნიშვნელობის დროსაც კი სარეგულირებელი სიდიდის გადახრა ასრულებს რხევებს განუსაზღვრელად სრული ამპლიტუდით. სისტემა არა მდგრადია.

თუ გაწრფივებული სისტემის მახასიათებელ განტოლებას, რომელსაც არ გააჩნია დადებითი ფესვები, მაგრამ აქვს თუნდაც ერთი ნულოვანი ფესვი ან წყვილი სუფთა წარმოსახვითი შეუღლებული ფესვები, რეალური სისტემის ქცევა არ შეიძლება განისაზღვროს მისი გაწრფივებული განტოლებით. ამ შემთხვევაში განტოლების გაწრფივების დროს უკუგდებული წევრები მეორე და მეტი წარმოებულებით არსებითად ახდენენ გავლენას სისტემის მდგრადობაზე.

ამრიგად, ავტომატური რეგულირების სისტემის მდგრადობის ანალიზი დაიყვანება წმინდა ალგებრულ ამოცანამდე – მახასიათებელი განტოლების ფესვების ნამდვილი ნაწილების ნიშნის განსაზღვრამდე.

ფესვების ნამდვილი ნაწილების ნიშნები შეიძლება ნაპოვნი იქნეს მახასიათებელი განტოლების უშუალო გადაწყვეტის გზით. მაგრამ მარტივად ამოიხსნება მხოლოდ მეორე ხარისხის განტოლებები. მესამე ხარისხის განტოლებების გადაწყვეტა ანალიზურად მეტად რთულია. უფრო მაღალი ხარისხის განტოლებებს საერთოდ არ გააჩნიათ ანალიზური გადაწყვეტა და შეიძლება ამოხსნილი იქნეს მხოლოდ მიახლოებით.

მდგრადობის გამოკვლევის შესამსუბუქებლად შემოთავაზებული იქნა ე.წ. მდგრადობის კრიტერიუმები.

მდგრადობის კრიტერიუმში ეწოდება მახასიათებელი განტოლების ფესვების ნამდვილი ნაწილის ნიშნების განსაზღვრის ირიბ მეთოდს, რომელიც არ მოითხოვს ამ განტოლების ამოხსნას.

ყველაზე მარტივია სტოქოსტის მდგრადობის პირობა, რომელიც წარმოადგენს აუცილებელს, მაგრამ არასაკმარისს.

სტოლოლის პირობა საშუალებას იძლევა განტოლების სახის მიხედვით ადვილად განისაზღვროს აშკარად არამდგრადი სისტემა. ეს პირობა ყალიბდება შემდეგნაირად. იმისათვის, რომ სისტემა იყოს მდგრადი, აუცილებელია (მაგრამ არასაკმარისია), რომ მახასიათებელი განტოლების ყველა კოეფიციენტს ჰქონდეს ერთნაირი ნიშანი.

თუ კოეფიციენტების ნიშნები სხვადასხვაა, ეს მოწმობს იმის შესახებ, რომ განტოლება შეიცავს დადებით ფესვებს, თუმცა იგი მათ შეიძლება შეიცავდეს კოეფიციენტების წინ ერთნაირი ნიშნების დროსაც.

ყველა ცნობილი კრიტერიუმში იყოფა ორ ჯგუფად: სისტემის დიფერენციალური განტოლების კოეფიციენტების გამოკვლევის მეთოდი, ე.წ. ალგებრული და ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებლების მეთოდი, ე.წ. სიხშირული.

ალგებრულს მიეკუთვნება ვიშნეგრადსკის, რაუტის, გურვიცის კრიტერიუმები.

სიხშირულს მიეკუთვნება მიხაილოვის, ნაიკისტის, ლოგარიტმული სიხშირული მახასიათებლების მეთოდის კრიტერიუმები.

განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს მდგრადობის არეების გამოყოფას. უნდა გვახსოვდეს, რომ მდგრადობის კრიტერიუმები აღგენენ ერთ ფაქტს: მახასიათებელი განტოლების ყველა ფესვის ნამდვილი ნაწილი უარყოფითია თუ არა. ამა თუ იმ კრიტერიუმის გამოყენება დამოკიდებულია კონკრეტულ პირობებზე.

ალგებრული კრიტერიუმები მოსახერხებელია მეხუთე რიგამდე სისტემების მდგრადობის შემოწმების დროს. უფრო მაღალი რიგის სისტემებისათვის ხელსაყრელია სიხშირული კრიტერიუმების გამოყენება.

მდგრადობის ალგებრულ კრიტერიუმს შემუშავებულს რაუსის მიერ 1877 წელს, შეეცარიელმა მათემატიკოსმა გურვიცმა 1895 წელს უფრო განსოგადებული ხასიათი მისცა მას. ამჟამად კრიტერიუმში ცნობილია რაუს-გურვიცის კრიტერიუმის სახელით. შევნიშნავთ, რომ რაუს-გურვიცის კრიტერიუმში გამოირჩევა მნიშვნელოვანი სირთულით პრაქტიკული გამოყენების დროს ავტომატური რეგულირების ბევრი რეალური სისტემისათვის. ამ მეთოდით სარგებლობის დროს აუცილებელია: ა) გაგვანდეს სისტემის ყველა რგოლის დი-

ფერენციალური განტოლება, თვითონ სარეგულირებელი ობიექტის ჩათვლით, რაც პრაქტიკულად ყოველთვის არ არის შესაძლებელი, რადგან არის ხოლმე შექმნილებები, როდესაც (ვალკეული რგოლების მახასიათებლები შეიძლება გადაღებული იქნეს მხოლოდ ექსპერიმენტულად და ძნელად ექვემდებარებიან ანალიზურ გამოსახვას; ბ) შედგეს დიფერენციალური განტოლებების სისტემა და ამოიხსნას იგი, სისტემის ერთი საერთო დიფერენციალური განტოლების მიღების მიზნით; გ) შემოწმდეს, აკმაყოფილებს თუ არა საერთო დიფერენციალური განტოლების კოეფიციენტები განსაზღვრულ უტოლობებს. თუ ეს უტოლობები კმაყოფილდება, მაშინ სისტემა იქნება მდგრადი, ხოლო თუ ერთი უტოლობაც კი არ კმაყოფილდება, სისტემა არამდგრადია.

თუ ავტომატური რეგულირების წრფივი სისტემის გადამცემი ფუნქციის გამოსახულებაში 9.58, გაუტოლებთ ნულს მნიშვნელში მოცემულ ოპერატორულ მრავალწევრს $L(P)=0$, მივიღებთ მახასიათებელ განტოლებას 9.134 შემდეგი ფორმით:

$$a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_1 P + a_0 = 0. \quad (9.135)$$

გურვიცის კრიტერიუმი ჩამოყალიბდება შემდეგნაირად: იმისათვის რომ ავტომატური რეგულირების სისტემის მახასიათებელი განტოლების 9.135 ფესვებს, როდესაც $a_n > 0$ პიონდეთ უარყოფითი ნამდვილი ნაწილები, აუცილებელი და საკმარისია, რომ მოავარი დეტერმინანტი და ყველა მისი დიაგონალური მინორები იყოს დადებითი.

მოავარი დეტერმინანტისათვის გვექნება

$$\Delta_{n-1} = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & 0 & 0 \\ a_n & a_{n-2} & a_0 & 0 \\ 0 & a_{n-1} & a_1 & 0 \\ 0 & a_n & a_2 & a_0 \\ 0 & 0 & a_3 & a_1 \end{vmatrix}. \quad (9.136)$$

დიაგონალურ მინორებს ექნებათ სახე:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_1 &= a_1, & \Delta_3 &= \begin{vmatrix} a_3 & a_1 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_0 \\ a_3 & a_1 & a_1 \end{vmatrix}, \\ \Delta_2 &= \begin{vmatrix} a_2 & a_0 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix}, & \Delta_4 &= \begin{vmatrix} a_4 & a_2 & a_0 & 0 \\ a_5 & a_3 & a_1 & 0 \\ a_6 & a_4 & a_2 & a_0 \\ a_7 & a_5 & a_3 & a_1 \end{vmatrix} \end{aligned} \right\} \text{და ა.შ.} \quad (9.137)$$

ე.ი. დიაგონალური მინორების მისაღებად მარცხნიდან და ზემოდან წაშლება თანმიმდევრობით თითო სვეტი და თითო პწკარი, ორი სვეტი და ორი პწკარი და ა.შ.

თუ მახასიათებელი განტოლების ყველა კოეფიციენტი უარყოფითია, მაშინ 9.135 განტოლების ორივე ნაწილი მრავლდება -1-ზე.

განვიხილოთა მდგრადობის პირობები კერძო შემთხვევებისათვის გურვიცის მიხედვით.

პირველი რიგის სისტემისათვის მახასიათებელ განტოლებას ექნება სახე

$$a_1 P + a_0 = 0.$$

გურვიცის მდგრადობის პირობები იქნება:

$$\Delta_1 = a_0 > 0; \quad \Delta_1 = a_1 > 0.$$

მაშასადამე, იმისათვის რომ სისტემა აღწერილი პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლებით, იყოს მდგრადი, აუცილებელი და საკმარისია, რომ მახასიათებელი განტოლების ყველა კოეფიციენტი იყოს დადებითი.

მეორე რიგის სისტემისათვის მახასიათებელ განტოლებას აქვს სახე

$$a_2 P^2 + a_1 P + a_0 = 0.$$

გურვიცის მდგრადობის პირობები:

$$\Delta_1 = a_0 > 0; \quad \Delta_1 = a_1 > 0; \quad \Delta_1 = a_2 > 0.$$

იმისათვის, რომ სისტემა აღწერილი მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლებით, იყოს მდგრადი, აუცილებელი და საკმარისია, რომ მახასიათებელი განტოლების ყველა კოეფიციენტი იყოს დადებითი.

მესამე რიგის სისტემისათვის, მახასიათებელ განტოლებუ-
ბას აქვს სახე:

$$a_3P^3 + a_2P^2 + a_1P + a_0 = 0.$$

მდგრადობის პირობები:

$$\Delta_1 = a_0 > 0; \Delta_1 = a_1 > 0; \Delta_1 = a_2 > 0; \Delta_1 = a_3 > 0;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix} = a_2a_1 - a_3a_0 > 0.$$

იმისათვის, რომ სისტემა აღწერილი მესამე რიგის
დიფერენციალური განტოლებით, იყოს მდგრადი, აუცილებე-
ბელი და საკმარისია, რომ მახასიათებელი განტოლების
ყველა კოეფიციენტი და დეტერმინანტი Δ_2 იყოს დადებითი.

მეოთხე რიგის სისტემისათვის, მახასიათებელ განტოლებუ-
ბას აქვს სახე:

$$a_4P^4 + a_3P^3 + a_2P^2 + a_1P + a_0 = 0.$$

მდგრადობის პირობები:

$$\Delta_1 = a_0 > 0; \Delta_1 = a_1 > 0; \Delta_1 = a_2 > 0; \Delta_1 = a_3 > 0; \Delta_1 = a_4 > 0;$$

$$\begin{aligned} \Delta_3 &= a_3a_2a_1 + a_1a_0 \cdot 0 + 0 \cdot a_4a_3 - 0 \cdot a_2 \cdot 0 - a_3a_0a_3 - a_1a_4a_1 = \\ &= a_3a_2a_1 - a_3a_0a_3 - a_1a_4a_1 = a_3a_2a_1 - a_3^2a_0 - a_1^2a_4 = \\ &= a_3(a_2a_1 - a_3a_0) - a_1^2a_4 = a_3\Delta_2 - a_1^2a_4 > 0; \end{aligned}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix} = a_2a_1 - a_3a_0 > 0.$$

ვინაიდან დიაგონალური მინორი Δ_2 შედის მამრავლად
 Δ_3 დეტერმინანტის დადებით ნაწილში, ეს უკანასკნელი
შეიძლება დადებითი იყოს მხოლოდ იმ პირობის დროს, რომ
 Δ_2 დადებითია. იმისათვის, რომ სისტემა აღწერილი მეოთხე
რიგის დიფერენციალური განტოლებით, იყოს მდგრადი,
აუცილებელი და საკმარისია, რომ მახასიათებელი გან-
ტოლების ყველა კოეფიციენტი და დეტერმინანტი Δ_3 იყოს
დადებითი.

მეხუთე რიგის სისტემისათვის, მახასიათებელ განტოლებუ-
ბას აქვს სახე:

$$a_5 P^5 + a_4 P^4 + a_3 P^3 + a_2 P^2 + a_1 P + a_0 = 0.$$

გურვიცის პირობები

$$\Delta_1 = a_0 > 0; \Delta_1 = a_1 > 0; \Delta_1 = a_2 > 0; \Delta_1 = a_3 > 0;$$

$$\Delta_1 = a_4 > 0; \Delta_1 = a_5 > 0.$$

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} a_4 & a_2 & a_0 & 0 \\ a_5 & a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_4 & a_2 & a_0 \\ 0 & a_3 & a_3 & a_1 \end{vmatrix} = (a_2 a_1 - a_3 a_0)(a_4 a_3 - a_5 a_2) - (a_4 a_1 - a_5 a_0)^2 > 0;$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_3 & a_1 & 0 \\ a_4 & a_2 & a_0 \\ 0 & a_3 & a_1 \end{vmatrix} = a_3 \Delta_2 - a_1^2 a_4 > 0;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix} = a_2 a_1 - a_3 a_0 > 0.$$

დეტერმინანტების განხილვიდან გამომდინარეობს, რომ თუ $\Delta_2 > 0$ და $\Delta_4 > 0$, მაშინ Δ_3 აგრეთვე დადებითია და მისი გამოთვლა არ არის საჭირო.

იმისათვის, რომ სისტემა აღწერილი მეხუთე რიგის დიფერენციალური განტოლებით, იყოს მდგრადი, აუცილებელი და საკმარისია, რომ მახასიათებელი განტოლების ყველა კოეფიციენტი და დეტერმინანტები Δ_2 და Δ_4 იყოს დადებითი.

გურვიცის კრიტერიუმით ხელსაყრელია სარგებლობა აუტომატური რეგულირების სისტემის მდგრადობის გამოსაკვლეად არაუმეტესი მეხუთე რიგისა. უფრო მაღალი რიგის სისტემებისათვის უფრო მოხერხებულია რაუსის კრიტერიუმის გამოყენება. გურვიცისა და რაუსის კრიტერიუმების გარდა ალგებრული კრიტერიუმების რიცხვს მიუკუთვნება, აგრეთვე, ი.ა. ვიშნეგრადსკის კრიტერიუმში, რომელიც ავტორის მიერ დამუშავებული იყო წრფივი სისტემების შესამე რიგისათვის. შეენიშნავთ, რომ ი.ა. ვიშნეგრადსკის კრიტერიუმში ჩადებულმა იდეებმა დიდი როლი ითამაშეს

ავტომატური რეგულირების სისტემების მდგრადობის თეორიის საერთო განვითარებაში. რაუსისა და ვიშნეკრადსკის კრიტერიუმებს ჩვენ არ განვიხილავთ.

ა.ვ. მიხაილოვის მდგრადობის კრიტერიუმი (გამოქვეყნდა 1938 წელს) ეფუძნება სიხშირულ მეთოდს და გათვალისწინებულია ავტომატური რეგულირების წრფივი შეკრულ-წრფიანი სისტემისათვის. ისე როგორც გურვიცის კრიტერიუმი, ა.ვ. მიხაილოვის კრიტერიუმიც განიხილავს ჩაკეტილი სისტემის მახასიათებელ განტოლებას.

მიხაილოვის მდგრადობის სიხშირული კრიტერიუმი ხასიათდება ყველა იმ ნაკლოვანებით, რომელიც გაანინა გურვიცის კრიტერიუმს, რომელთა შესახებაც ზემოთ იყო აღნიშნული. დამატებით ნაკლოვანებას წარმოადგენს ის, რომ სისტემის პარამეტრების გაუღენის განსაზღვრა მის მდგრადობაზე პრაქტიკულად შეუძლებელია.

მიხაილოვის კრიტერიუმის ღირსებას წარმოადგენს შესაძლებლობა შედარებით მარტივად განისაზღვროს გაძლიერების კრიტიკული კოეფიციენტი და მდგრადობის მარაგი გაძლიერების კოეფიციენტის მიხედვით.

მიხაილოვის კრიტერიუმის არსი განვიხილოთ ავტომატური სისტემის მაგალითზე, რომელიც აიწერება მეთხე რიგის განტოლებით, მახასიათებელ განტოლებას ამ სისტემისათვის აქვს სახე

$$a_4 P^4 + a_3 P^3 + a_2 P^2 + a_1 P + a_0 = 0.$$

შევკვადლოთ განტოლების მარცხენა $L(P)$ -თი, ხოლო P კი $j\omega$ -თი, მაშინ

$$L(j\omega) = a_4 (j\omega)^4 + a_3 (j\omega)^3 + a_2 (j\omega)^2 + a_1 (j\omega) + a_0 = 0.$$

გაეიხსენოთ, რომ

$$j = \sqrt{-1}; \quad j^2 = -1; \quad j^3 = -j; \quad j^4 = 1.$$

მაშინ

$$L(j\omega) = a_4 \omega^4 - ja_3 \omega^3 - a_2 \omega^2 + ja_1 \omega + a_0.$$

გამოვეყოთ განტოლების ნამდვილი და წარმოსახვითი ნაწილები:

$$L(j\omega) = a_4 \omega^4 - a_2 \omega^2 + a_0 + (a_1 \omega - a_3 \omega^3) j \quad (9.138)$$

აღვნიშნოთ 9.138 განტოლების ნამდვილი და წარმოსახვითი ნაწილები შესაბამისად $X(\omega)$ და $Y(\omega)$ -თი ე.ი.

$$X(\omega) = a_1\omega^4 - a_2\omega^2 + a_0;$$

$$Y(\omega) = a_1\omega - a_3\omega^1$$

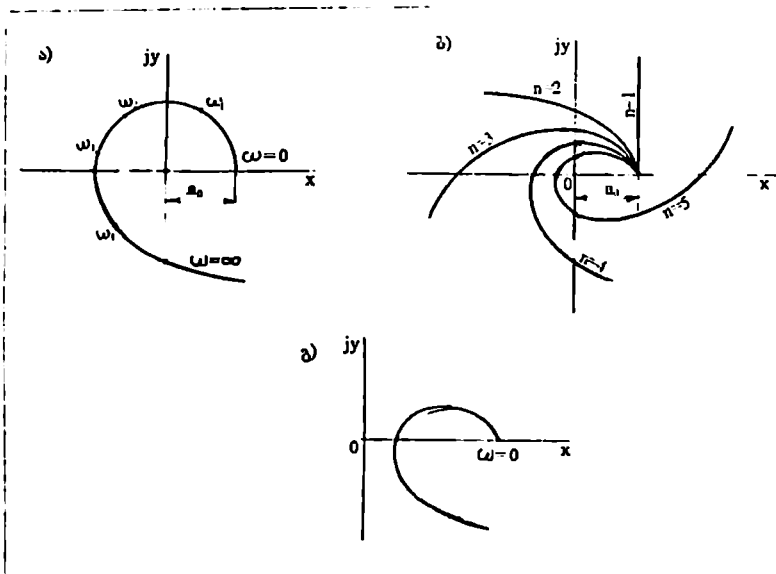
ჩაესვათ ეს აღნიშვნები (9.138) ფორმულაში, მივიღებთ

$$L(j\omega) = X(\omega) + jY(\omega).$$

ახლა ავაგოთ დამოკიდებულება jY და X კოორდინატთა ღერძებში, როდესაც ω იცვლება 0-დან ∞ -მდე. ამ დამოკიდებულებას ექნება მრუდის ფორმა, რომელსაც ეწოდება მახასიათებელი ფუნქციის გოლოგრაფი, ან მიხაილოვის მრუდი (ნახ.9.54ა).

ავტომატური სისტემის მდგრადობისათვის მოითხოვება, რომ მიხაილოვის მრუდი გადაიღეს თანმიმდევრობით იმდენ კვადრანტს, რამდენიც არის მახასიათებელი განტოლების ხარისხი. ამასთან, მიხაილოვის მრუდმა უნდა შექმნას კოორდინატთა სათავეს საათის ისრის სვლის საწინააღმდეგო მიმართულებით. მაგალითად, სვენს მიერ განხილული მქოთხე რიგის სისტემისათვის, როგორც ნაჩვენებია ნახ.9.54ა, მრუდი გადაის თანამიმდევრობით ოთხ კვადრანტს.

ნახაზზე 9.54ბ ნაჩვენებია მიხაილოვის გოლოგრაფები მდგრადი სისტემებისათვის 1-დან მე-5 რიგამდე. მეტი თვალსაზრისით სისტემებისათვის ყველა ხაზი გამოდის ერთი წერტილიდან, ე.ი. a_0 ყველა მახასიათებელი განტოლებისათვის არის ერთნაირი. პირველი რიგის განტოლებას შეესაბამება სწორი, წარმოსახვითი ღერძის პარალელური, რომელიც იმყოფება მისგან a_0 მანძილზე; მაღალი რიგის განტოლებებს შეესაბამება შესაბამისი მრუდები. ნახაზზე 9.54გ ნაჩვენებია მიხაილოვის მრუდის მაგალითი მქოთხე რიგის არამდგრადი სისტემისათვის. OA და OB მონაკვეთების თანაფარდობის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ მდგრადობის მარაგის შესახებ. თუ OB (ნახ.9.54ა) საკმარისად დიდია OA-თან (ნახ.9.54გ) შედარებით, სისტემას გააჩნია მდგრადობის მნიშვნელოვანი მარაგი. OB მონაკვეთის შემცირებასთან ერთად მდგრადობის მარაგი მცირდება.



ნახ.9.54. მიხაილოვის გოდოგრაფები: ა) მახასიათებელი ფუნქციის გოდოგრაფი; ბ) გოდოგრაფები მდგრადი სისტემებისათვის 1-დან მე-5 რიგამდე; გ) მიხაილოვის მრუდი მეოთხე რიგის არამდგრადი სისტემებისათვის

სისტემის გაძლიერების საერთო კოეფიციენტის გაზრდის დროს მიხაილოვის გოდოგრაფი ფორმის შეუცვლელად გადაადგილდება მარჯვნივ და გაძლიერების კოეფიციენტის გარკვეული კრიტიკული მნიშვნელობის დროს $k_{კრიტ}$ გაივლის კოორდინატთა სათავეზე. სისტემა ამ შემთხვევაში იმყოფება მდგრადობის ზღვარზე. გაძლიერების კოეფიციენტის შემდგომი გაზრდისას, გოდოგრაფი გადაადგილდება მარჯვნივ და გაივლის კვადრანტების რაოდენობას, რომელთა რიცხვი იქნება ნაკლები დიფერენციალური განტოლების რიგზე. სისტემა გახდება არამდგრადი.

ავტომატური რეგულირების სისტემების კვლევაში ყველაზე ფართო გამოყენება ჰპოვეს მდგრადობის ნაიკვისტი*

* ნაიკვისტმა 1932 წელს დაამუშავა სიხშირული ამპლიტუდურ-ფაზური კრიტერიუმი რადიოტექნიკური გამაძლიერებლების კვლევისათვის. 1938 წელს ა.ვ. მიხაილოვმა იგი გაავრცელა ავტომატური რეგულირების სისტემების კვლევაზე.

ამპლიტუდურ-ფაზურმა კრიტერიუმმა და მდგრადობის განსაზღვრამ, ლოგარითმული სიხშირული მახასიათებლების მიხედვით. ეს აიხსნება იმით, რომ სიხშირული მახასიათებლები, რომელთა მიხედვითაც ხდება მდგრადობის ანალიზი, შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს გარდამავალი პროცესების ხარისხის გამოკვლევის, და მაკორექტირებელი მოწყობილობების სინთეზის დროს.

ნაიკისტიკის კრიტერიუმში შეიძლება, აგრეთვე, გამოყენებული იქნეს დაგვიანების მქონე სისტემების მდგრადობის გამოსაკვლევად და არაწრფივი სისტემების გამოკვლევის დროს პარამონიული გაწრფივების მეთოდით.

მდგრადობის კრიტერიუმში მიახლოებითი ლოგარითმული სიხშირული მახასიათებლების მიხედვით წარმოადგენს მნიშვნელოვნად ნაკლებად შრომატევადს, ვიდრე სხვა კრიტერიუმები.

ორივე კრიტერიუმში შეიძლება გამოყენებული იქნეს იმ შემთხვევაშიც, როდესაც ცალკეული ელემენტების სიხშირული მახასიათებლები მიღებულია ექსპერიმენტალურად და არ არსებობს მათი ანალიზური გამოსახულებები. ამ კრიტერიუმების დახმარებით შეიძლება განსაზღვრული იქნეს გაძლიერების კრიტიკული კოეფიციენტი და მდგრადობის მარაგი ამპლიტუდისა და ფაზის მიხედვით.

ამრიგად, ნაიკისტიკის კრიტერიუმსა და მდგრადობის განსაზღვრას ლოგარითმული სიხშირული მახასიათებლებით გააჩნიათ ყველაზე ფართო შესაძლებლობები.

სიხშირულ მეთოდზეა დამყარებული, აგრეთვე, ი.ი. ნეიმარკის კრიტერიუმიც, რომელიც გამოქვეყნდა 1947 წელს. ეს მეთოდი ლიტერატურაში ცნობილია D განცალკევების მეთოდის სახელწოდებით. ყველა წინა კრიტერიუმისაგან განსხვავებით ნეიმარკის კრიტერიუმში საშუალებას იძლევა დავადგინოთ ნებისმიერი რიგის დიფერენციალური განტოლებით აღწერილი სისტემის ნებისმიერი პარამეტრის გავლენა მდგრადობაზე. იგი იძლევა განწრფივებული სისტემების მდგრადობის არეების გამოყოფის შესაძლებლობას. შევნიშნავთ, რომ პირველად მდგრადობის არეების გამოყოფის საკითხით დაინტერესდა ი.ა. ვიშნეგრადსკი. მან გადაწყვიტა აღნიშნული ამოცანა მესამე რიგის დიფერენციალური განტოლებით აღწერილი სისტემისათვის.

§12. ავტომატური რეგულირების პროცესის ხარისხი და ხარისხის მარკინგები

რეგულირების პროცესის ხარისხი ეწოდება მდგრადი სისტემის გარდამავალი პროცესის ხასიათს, რომელიც დამოკიდებულია რეგულირების სისტემის პარამეტრებსა და მმართველი და შემამოფოთებელი სემოქმედებების ხასიათზე.

ხარისხის მარკინგები ეწოდება სიდიდეებს, რომლებიც ახასიათებენ სისტემის ქცევას გარდამავალ პროცესში, გამოწვეულს რაიმე ტიპური გარე სემოქმედებით (ყველაზე ხშირად ერთეული საფეხურისებრი სემოქმედებით). მაშასადამე, ყველაზე სრული წარმოდგენა რეგულირების ხარისხზე შეიძლება მიღებული იქნეს თუ ავაგებთ და გააანალიზებთ $X(t)$ ფუნქციას, სადაც X არის სარეგულირებელი სიდიდე. რეგულირების ხარისხის შეფასებები, მიღებული ავტომატური რეგულირების სისტემებში გარდამავალი პროცესების გრაფიკების ანალიზის საფუძველზე ტიპური ურთიერთმოქმედებისას იწოდებიან პირდაპირ შეფასებებად. რეგულირების ხარისხის შეფასებები, რომლებიც ემყარება სხვადასხვა შეაღები მახასიათებლების ანალიზს, მაგალითად, გადამცემი ფუნქციის ანალიზს, იწოდებიან ირიბ შეფასებებად. იმ შემთხვევებში, როდესაც ხარისხის შეფასების პირდაპირი მეთოდები მიუღებელია რაიმე მოსასრებით, მაგალითად გამოთვლითი სამუშაოების დიდი მოცულობით, მიმართავენ ირიბ შეფასებებს.

თუ გამოკვლევა ხდება რეალურად არსებული რეგულირების ავტომატური სისტემისა, გარდამავალი პროცესების მრუდები ყველაზე ხელსაყრელია მიღებული იქნეს ექსპერიმენტალური გზით, კერძოდ $X(t)$ ოსცილოგრამების გადაღებით ტიპური სემოქმედებების დროს. რეგულირების ავტომატური სისტემის დაპროექტების დროს $X(t)$ ფუნქციის მისაღებად აუცილებელია დიფერენციალური განტოლების გადაწყვეტა, რომელიც აკავშირებს სარეგულირებელ სიდიდეს და მმართველი ან შემამოფოთებელი სემოქმედების ფუნქციას. როგორც ცნობილია, მაღალი რიგის (მეთხეზე მაღალი) დიფერენციალური განტოლებების გადაწყვეტა მოითხოვს დიდი მოცულობის გამოთვლების შესრულებას და არ იძლევა სუსტ შედეგს. სწორედ ამიტომ რეგულირების ავტომატური

სისტემის ხარისხის პირდაპირი შეფასება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იყო მეტად ძნელი.

საინჟინრო პრაქტიკაში ელექტრონული გამომთვლელი მანქანების (ЭВМ) ფართოდ დანერგვამ არსებითად გააძარტივა რეგულირების ხარისხის პირდაპირი შეფასებების მიღება.

დიფერენციალური განტოლებების გადაწყვეტა ყველაზე ადვილად ხორციელდება ანალოგური გამომთვლელი მანქანების (АВМ) დახმარებით. მაგრამ, გადაწყვეტის სისუსტე მიღებული АВМ-ის დახმარებით შესლუვდება: ცდომილება აღწევს 10%-სა და მეტს. АВМ-ზე გადაწყვეტის მნიშვნელოვანი ცდომილება გამომდინარეობს ანალოგური მანქანების მუშაობის პრინციპიდან. გარდა ამისა, დიფერენციალური განტოლებების რიგის ამადლებასთან ერთად გადაწყვეტა АВМ-ზე ძნელდება, განსაკუთრებით, თუ მსოთხივება რამდენიმე გამოსასვლელი ცვლადის ანალიზი.

რეგულირების ავტომატური სისტემის ანალიზი ციფრული ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანების (ЭВМ) ბაზაზე ხასიათდება დიდი სისუსტით, უნივერსალურობით, ფართო ლოგიკური შესაძლებლობებით. ამჟამად ЭВМ-ის სტანდარტული მათემატიკური უზრუნველყოფის შემადგენლობაში არის სხვადასხვა კლასის დიფერენციალური განტოლებების გადაწყვეტის ეფექტური პროგრამები.

დიფერენციალური განტოლებების გადაწყვეტა ЭВМ-ზე ხორციელდება რიცხვითი ინტეგრირების მეთოდების ბაზაზე. პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლების რიცხვითი გადაწყვეტისათვის გამოიყენება ეილერის და მახსე სუსტი რუნგე-კუტის მეთოდები. რუნგე-კუტის მეთოდი გადაწყვეტის სისუსტის გაზრდის საშუალებას იძლევა, ეილერის მეთოდთან შედარებით ინტეგრირების ერთნაირი ბიჯის დროს.

ЭВМ-ზე n-ური რიგის დიფერენციალური განტოლებების გადასაწყვეტად ეილერის ან რუნგე-კუტის მეთოდებით, n-ური რიგის განტოლებები დაიყვანება პირველი რიგის განტოლებების სისტემაში. ამასთან, თითოეული განტოლება გადაწყვეტილი უნდა იქნეს მასში შემავალი თავისი ფუნქციის პირველი რიგის წარმოებულის მიმართ.

რეგულირების ხარისხის ირიბი მეთოდები საშუალებას იძლევა მიახლოებით განისაზღვროს რეგულირების ხარისხის

სოვიერთი მანვენებელი, მაგალითად, მდგრადობის ხარისხი, გარდამავალი პროცესის დრო, გადამეტრეგულირება $X(t)$ ფუნქციის აუგებლად. ავტომატური რეგულირების თეორიაში ფართო გავრცელება აქვია რეგულირების პროცესის ხარისხის ირიბი შეფასების სამმა მეთოდმა: ფესვების განაწილების მეთოდი, ინტეგრალურ შეფასებათა მეთოდი და სისშირული მეთოდი.

ფესვებით შეფასების მეთოდი ემყარება გარდამავალი პროცესის ხასიათის კავშირს დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის ფესვების კომპლექსურ სიბრტყესე განაწილების ხასიათთან.

ინტეგრალური მეთოდების გამოყენება ხელსაყრელია თვისებებით ახლო მდგომი სისტემების შედარებითი შეფასებებისათვის.

სისშირული მეთოდები ემყარება რეგულირების ავტომატურ სისტემაში გარდამავალი პროცესების ხასიათსა და $X(\omega)$ ფუნქციის ნამდვილი სისშირული მახასიათებლის ფორმას შორის კავშირს.

მას შემდეგ, რაც ირიბი მეთოდის დახმარებით შეირსევა პარამეტრები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ხარისხის სასურველ მანვენებლებს, სასარგებლოა გარდამავალი პროცესის მრუდის აგება პირდაპირი მეთოდით, რათა დაერწმუნდეთ იმაში, რომ გარდამავალი პროცესი პასუხობს მოცემულ მოთხოვნებს. წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა შეიცვალოს პარამეტრები არადამაკმაყოფილებელი გარდამავალი პროცესის გამოსასწორებლად.

განვიხილოთ გარდამავალ პროცესში რეგულირების ხარისხის შემდეგი მანვენებლები:

ა) სარეგულირებელი სიდიდის მაქსიმალური გადახრა (მდგრადობის ხარისხი);

ბ) გარდამავალი პროცესის მიღევადობის ხასიათი;

გ) გადამეტრეგულირების სიდიდე;

დ) რეგულირების ცდომილებები;

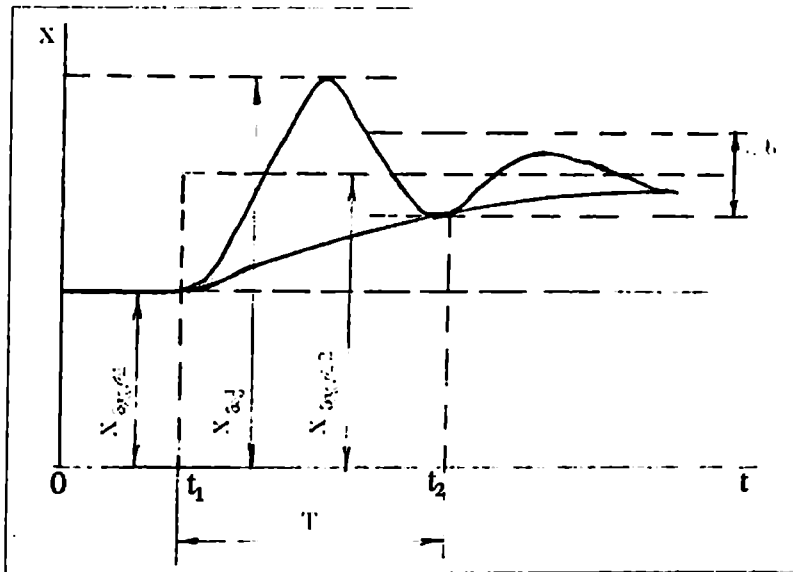
ე) დამყარებული გადახრა;

ვ) რეგულირების დრო;

ზ) გარდამავალი პროცესის რხევითობა.

ა) სარეგულირებელი სიდიდის მაქსიმალური გადახრა (მდგრადობის ხარისხი), ახასიათებს გარდამავალი პროცესის მიღწევადობის სიჩქარეს. რაც უფრო ნაკლებია სარეგულირებელი სიდიდის მაქსიმალური გადახრა, მით უფრო მაღალია რეგულირების ხარისხი.

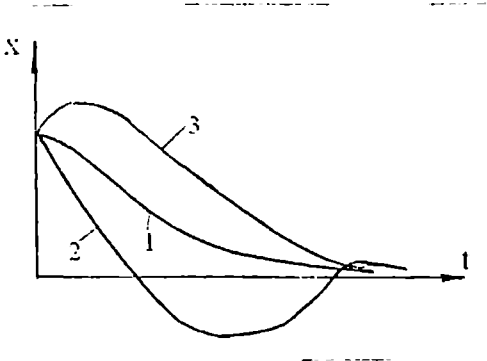
ნახაზზე 9.55 ნაჩვენებია რეგულირების მდგრადი სისტემისათვის რხევითი გარდამავალი პროცესი. სისტემის პირველდაწყებით დამყარებულ მდგომარეობაში სარეგულირებელი სიდიდის მნიშვნელობა იყო $X_{სტ.1}$; შემდეგ სარეგულირებელი სიდიდის მოცემული მნიშვნელობა შეცვლილი იქნა $X_{სტ.2}$ -მდე; ამის შემდეგ დგება გარდამავალი პროცესი, რომლის დროსაც სარეგულირებელი სიდიდე ღებულობს სხვადასხვა მნიშვნელობას. მაქსიმალური გადახრა სარეგულირებელი სიდიდის მოცემულობიდან ნახაზზე 9.55 განისაზღვრება ორდინატით $X_{ს.პ.ს}$.



ნახ.9.55. რხევითი გარდამავალი პროცესი რეგულირების მდგრადი სისტემისათვის

ბ) გარდამავალი პროცესის მიღწევადობის ხასიათი შეიძლება იყოს მონოტონური, აპერიოდული ან რხევითი.

მონოტონური ეწოდება პროცესს, რომელშიც სარეგულირებელი სიდიდის გადახრა ახალი დამყარებული მნიშვნელობიდან დროთა განმავლობაში განუწყვეტლივ მცირდება გადამეტრეგულირების გარეშე (მრუდი 1, ნახ.9.56). ახალი დამყარებული მნიშვნელობა ემთხვევა დროის ღერძს.



ნახ.9.56. გარდამავალი პროცესების სახეები: 1 - მონოტონური; 2, 3 - აპერიოდული

აპერიოდული ეწოდება პროცესს, რომელშიც სარეგულირებელი სიდიდე უახლოვდება დამყარებულ მნიშვნელობას ერთი, ორი ან რამდენიმე რხევის შემდეგ. რხევის პერიოდის სხვადასხვა სიდიდით და გადამეტრეგულირებებით (მრუდები 2 და 3 ნახ.9.56).

რხევითი ეწოდება პროცესს, რომელშიც სარეგულირებელი სიდიდე უახლოვდება დამყარებულ მნიშვნელობას ჰარმონიული რხევებით (იხ. ნახ.9.55).

სისტემის მაღალი რიგის რხევითი პროცესი შეიძლება დაშლილი იქნას ცალკეულ მდგენელებად, რომელთა ნაქრობაც ხდება კანონის მიხედვით

$$X = Ae^{-\alpha_i t} \sin(\omega_i t + \psi_0), \quad (9.139)$$

სადაც

A არის რხევის საწყისი ამპლიტუდა;

α_i - კომპლექსური ფუნქციის ნამდვილი ნაწილის მნიშვნელობა, $\frac{1}{T}$;

ω_i - კომპლექსური ფიქსის წარმოსახვითი ნაწილის მნიშვნელობა - რხევის კუთხური სიხშირე, $\frac{1}{V}$.

ψ_0 - ფაზის საწყისი ძერა, რად.
 რხევის პერიოდის სიდიდე.

$$T = \frac{2\pi}{\omega_i}$$

ორი მეზობელი მაქსიმალური გადახრის ფარდობა (იხ. ნახ.9.55)

$$q = \frac{\delta_m}{\delta_{m_1}} = e^{\frac{2\pi}{\omega_i} \alpha_i} = e^{T\alpha_i} \quad (9.140)$$

ამ ფარდობის ნატურალური ლოგარითმი

$$d = \ln \frac{\delta_m}{\delta_{m_1}} = \ln e^{T\alpha_i} = T\alpha_i \text{ იწოდება ნაქრობის ლოგარითმულ}$$

დეკრემენტად.

უკანასკნელი გამოსახულებიდან ჩანს, რომ გარდამავალი პროცესის შემადგენელი რხევების ნაქრობის სინქარე პირდაპირ დამოკიდებულებაში იმყოფება ნაქრობის ლოგარითმული დეკრემენტის სიდიდესთან, რომელიც პირდაპირპროპორციულია წყვილი შეუღლებული კომპლექსური ფიქსების შესაბამისი ნამდვილი ნაწილის α_i მნიშვნელობისა.

ბ) **გადამეტრეგულირების სიდიდე.** ერთი დამყარებული მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლის დროს, ე.ი. გარდამავალ პროცესში, შესაძლებელია სარეგულირებელი სიდიდის ახალ მნიშვნელობასთან მიახლოების ორი შემთხვევა:

1. სარეგულირებელი სიდიდე უახლოვდება ახალ მნიშვნელობას მხოლოდ ერთი მხრიდან, არ გამოდის რა სახედვრებიდან, რომლებიც შემოსასვლერულია მოცემული ახალი და ძველი მნიშვნელობებით (მრუდი 1, ნახ.9.55); ამ შემთხვევაში გადამეტრეგულირებას არა აქვს ადგილი;

2. სარეგულირებელი სიდიდე უახლოვდება ახალ მოცემულ მნიშვნელობას, ამასთან, მისი გადახრები ორმხრივია და სცილდება მითითებულ ახალ სდვარს, ე.ი. წარმოებს გადამეტრეგულირება (მრუდი 2, ნახ.9.55).

გადამეტრეგულირების სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს მაქსიმალურ დასაშვებ მნიშვნელობას. ნახაზზე 9.55 მაქსიმალური გადამეტრეგულირება განისაზღვრება მონაკვეთით $X_{\text{მ.1}}-X_{\text{მ.2}}$, რაც უფრო მეტია გადამეტრეგულირება, პროცესი იქნება უფრო რხევითი და ხანგრძლივი.

დ) რეგულირების ცდომილების ქვეშ იგულისხმება სარეგულირებელი სიდიდის გადახრა მოცემული მნიშვნელობიდან.

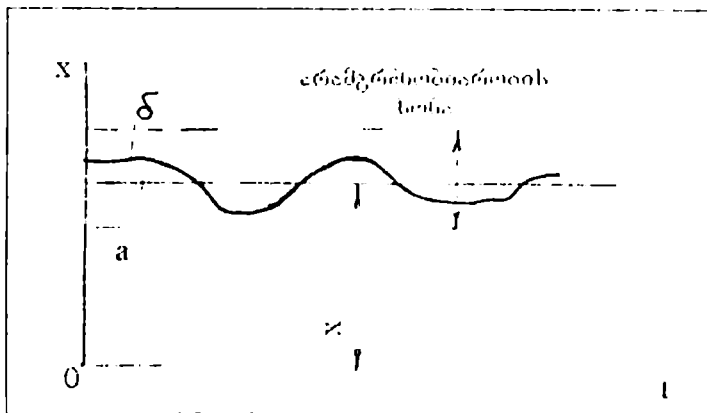
ჩვეულებრივ რეგულირების ცდომილება იყოფა ორ მდგენელად: გარდამავალ ანუ დინამიკურ ცდომილებად და დამყარებულ ანუ სტატიკურ ცდომილებად. დინამიკური ცდომილება წარმოადგენს რეგულირების დამატებით შეკვლმას და გარდამავალ რეჟიმში იგი ემატება სტატიკურ ცდომილებას.

სტატიკური ცდომილება, აგრეთვე, შედგება ორი მდგენელიდან. პირველი მდგენელი განპირობებულია რეგულირების სისტემის ცალკეული რგოლების შესრულების სისუსტით და დამოკიდებულია ღრეწობისაგან კინემატიკურ წყვილებში და ელექტრულ კონტაქტებში, მშრალი ხახუნის ძალებისაგან; ე.ი. მიხეხებისაგან, რომლებიც იწვევენ რეგულატორის არამგრძნობიარობას.

სარეგულირებელი პარამეტრის შესაძლო გადახრების ზღვარს დამყარებულ რეჟიმებში ეწოდება რეგულატორის არამგრძნობიარობის ზონა. არამგრძნობიარობის ზონა განისაზღვრება პარამეტრის ცვლილების სიდიდით, რომელიც აუცილებელია, რათა დაძლეული იქნეს ხახუნის ძალები და ღრეწობები, ცვლადი გარდამავალი წინაღობების არსებობა ელექტრულ კონტაქტებში, აგრეთვე, სარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილების მიმართულების შესაცვლელად. ნახაზზე 9.55 3H – არის არამგრძნობიარობის ზონა.

არამგრძნობიარობის ზონის სიდიდე ჩვეულებრივ მიიღება ტექნიკური პირობებით ავტომატური რეგულირების მოცემული კონკრეტული სისტემისათვის. ჩვეულებრივ, არამგრძნობიარობის ზონა არ უნდა აღემატებოდეს +5% მოცემული სარეგულირებელი სიდიდისაგან $X_{\text{მ.1}}$.

ნახაზზე 9.57 სწორი a წარმოადგენს სარეგულირებელი სიდიდის მოცემულ მნიშვნელობას; მრუდი δ გამოსახავს სარეგულირებელი პარამეტრის ფაქტობრივ ცვლილებას; არამგრძნობიარობის ზონა შემოსაზღვრულია წყვეტილი ხახუნებით.



ნახ.9.57. სარეგულირებელი სიდიდის მნიშვნელობები: a - სიდიდის მოცემული მნიშვნელობა; δ - სარეგულირებელი პარამეტრის ფაქტობრივი ცვლილება

სტატიკური ცდომილების მეორე მდგენელი ეს არის საკუთრივ სტატიკური შეცდომა, დამოკიდებული ავტომატური რეგულირების სისტემის კონსტრუქციისა და მისი დატვირთვისაგან.

სარეგულირებელი სიდიდის უდიდესი გადახრა, რომელიც წარმოიშევა დატვირთვის მაქსიმალურად შეცვლის შედეგად და რჩება ავტომატური რეგულირების სისტემაში გარდამავალი პროცესის დამთავრების შემდეგ, იწოდება სტატიკურ შეცდომად. იგი დამახასიათებელია რეგულირების სტატიკური სისტემებისათვის.

სტატიკური შეცდომა

$$\delta = X_{\text{მდგ.ნომინ}} - X_{\text{მდგ}}$$

არ უნდა აღემატებოდეს $\delta_{\text{გენ}}$ დასაშვებ სიდიდეს. რეგულირების ასტატიკურ სისტემაში სტატიკური შეცდომა არ არსებობს. სტატიკური შეცდომა გამოითვლება პროცენტებში სარეგულირებელი სიდიდის ნომინალური მნიშვნელობისადმი $X_{\text{მდგ.ნომინ}}$.

$$\delta\% = \frac{\delta}{X_{\text{მდგ.ნომინ}}} \cdot 100. \quad (9.141)$$

ე) დამყარებული გადასრა განისაზღვრება სარეგულირებელი სიდიდის გადახრის სიდიდით მოცემული მნიშვნელობიდან დამყარებულ პროცესში.

ვ) რეგულირების დროის ქვეშ იგულისხმება გარდამავალი პროცესის დროის მონაკვეთი რეგულირების სისტემაზე შემოქმედების მოდების მომენტადან იმ მომენტამდე, როდესაც სარეგულირებელი სიდიდე შედის არამგრძობიარობის სონაში.

ზ) გარდამავალი პროცესის რხევითობა ეს არის სარეგულირებელი სიდიდის მის ახალ დამყარებულ მნიშვნელობასთან ახლოს რხევების რიცხვი გარდამავალი პროცესის დროის განმავლობაში. იგი სვეულებრივ არ უნდა აღემატებოდეს მოცემულ რიცხვს.

§13. ავტომატური სისტემის რეგულირების ხარისხის კორექტირება

მეთხე თავის §1-ში განმარტებულია უკუკავშირის გამოყენების შესახებ გაძლიერების კოეფიციენტის სტაბილიზაციის ან მისი გაზრდის მიზნით, განსაზღვრულია დადებითი და უარყოფითი უკუკავშირები. განმარტებულია, რომ დადებითი უკუკავშირის გამოყენება ზრდის გაძლიერების კოეფიციენტს, ხოლო უარყოფითი უკუკავშირის გამოყენება ამცირებს მას.

შეენიშნავთ, რომ კავშირები, რომლებიც წარმოქმნიან შემოქმედების გადაცემის გზას ავტომატური რეგულირების სისტემის ელემენტებს შორის, იწოდებიან მთავარ კავშირებად. ერთი რომელიმე მთავარი კავშირის დარღვევისას მთელი სისტემის მარეგულირებელი მოქმედება შეწყდება. მთავარ კავშირებად სვეულებრივ გამოიყენება ბერკეტები, რელექტორული და კბილანა გადაცემები, ელექტრული ხაზები და კაბელები, ჰიდრაულიკური და პნევმატური გადაცემები. მთავარი და დამატებითი უკუკავშირების, აგრეთვე, ერთკონტურიანი და მრავალკონტურიანი სქემების შესახებ იხილეთ მეთხე თავის მეხუთე პარაგრაფში.

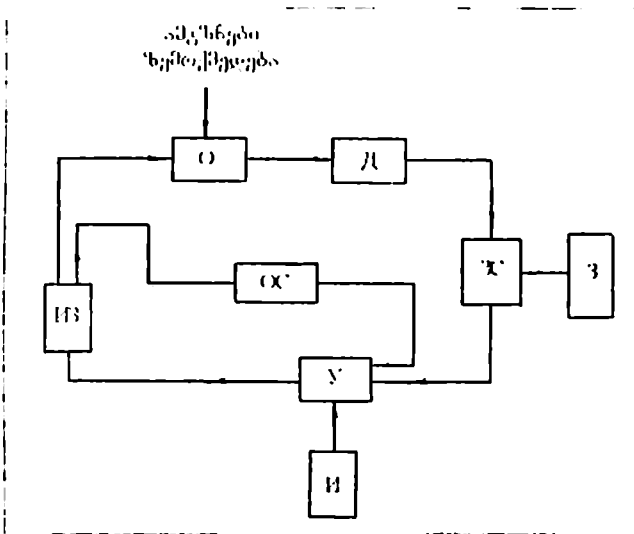
თუ დაპროექტებული ავტომატური რეგულირების სისტემა აღმოჩნდა არამდგრადი, ის შეიძლება გადააკეთდეს მდგრადად სპეციალური მაკორექტირებელი მოწყობილობების სისტემაში შეყვანით, რომლებსაც, ამ შემთხვევაში, სვეულებრივ უწოდებენ მასტაბილიზებელ მოწყობილობებს.

არამდგრადი სისტემები იყოფიან სტრუქტურულად მდგრადად და სტრუქტურულად არამდგრადად.

სტრუქტურულად მდგრადი ეწოდება ავტომატური რეგულირების სისტემებს იმ შემთხვევაში, თუ ისინი შეიძლება გააკეთდეს მდგრადად მათი პარამეტრების (დროის მუდმივების, გაძლიერების კოეფიციენტების) რიცხვითი მნიშვნელობების შეცვლით, სტრუქტურული სქემის შეუცვლელად.

სტრუქტურულად არამდგრადი ეწოდება ავტომატური რეგულირების სისტემებს, რომლებიც მათი პარამეტრების ვერაფრითაა შეცვლით არ შეიძლება გახდნენ მდგრადი. ამ სისტემების მდგრადობის მიღწევა შეიძლება მხოლოდ მათი სტრუქტურული სქემის შეცვლით.

სისტემის სტაბილიზირებისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს უკუკავშირი, რომლის ძირითადი დანიშნულებაა – ცალკეული რგოლის ან რგოლების ჯგუფის თვისებების შეცვლით რეგულირების ხარისხის გაუმჯობესება და გარდამავალი პროცესის მდგრადობის უზრუნველყოფა. ე.ი. სისტემის სტაბილიზირება. მაშასადამე, უკუკავშირი ასრულებს მაკორექტირებელი მოწყობილობის როლს. ამრიგად, ავტომატური რეგულირების სისტემის კორექცია ვარაუდობს რეგულირების სისტემის სტრუქტურის ან ცალკეული რგოლების პარამეტრების შეცვლას, გამომდინარე სისტემის მდგრადობის ამადლების პირობიდან (მდგრადობის აუცილებელი მარაგების მიღება), აგრეთვე, განსახდვრული დინამიკური თვისებების მიღებას (სიხუსტე, სწრაფქმედება). ავტომატური რეგულირების სისტემაში უკუკავშირი ყველაზე ხშირად ხორციელდება შემსრულებელი მოწყობილობის გამოსასვლელსა და მაძლიერებლის შესასვლელს შორის (ნახ.9.58).



ნახ.9.58. ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონალური სქემა უარყოფითი უკუკავშირით

უკუკავშირები მათი მიერთების მეთოდის მიხედვით იყოფიან დადებითად და უარყოფითად. დადებითი ეწოდება ისეთ უკუკავშირს, რომლის სიგნალიც შეიყვანება რგოლში იმავე ნიშნით, რაც ძირითადი წრედით მიწოდებული შესასვლელი სიდიდე. უარყოფითი ეწოდება ისეთ უკუკავშირს, რომლის სიგნალიც შეიყვანება რგოლში ნიშნით, საწინააღმდეგო შესასვლელი სიდიდის ნიშნისა, რომელიც მიეწოდება ძირითადი წრედით.

ავტომატური რეგულირების ტექნიკაში ყველაზე ფართო გამოყენება ჰპოვა უარყოფითმა უკუკავშირმა, რადგან იგი ამცირებს რგოლის ინერციულობას, აუმჯობესებს მდგრადობას, ახშობს რხევებს და ცვლის რგოლის ტიპს.

ავტომატური რეგულირების სისტემებში გამოყენებული უარყოფითი უკუკავშირები იყოფა ხისტად და მოქნილად*

* უკუკავშირს ეწოდება მოქნილი, თუ დამატებით კონტურში ჩართულია მაღიფერენცირებელი რგოლები. კონტურში ჩვეულებრივი პროპორციული რგოლის ჩართვის დროს უკუკავშირს ეწოდება ხისტი. კორექცია ხისტი უკუკავშირის დახმარებით ტექნიკურად ყველაზე მარტივია. მოქნილ უკუკავშირს სხვაგვარად იზოდრომულს უწოდებენ.

ხისტი უკუკავშირები (თგი შესაძლოა მოქმედებდეს მედ-
მიკად - გარდამავალი პროცესის დროს და მაშინაც, როდეს-
საც პროცესი დამყარებულა) მათში გამოყენებულ მოწყო-
ბილობებისაგან დამოკიდებულებით, გვხვდება:

ა) მარტივი, რომელიც აიწერება განტოლებით

$$X_{\text{უკუკავშირები}} = k_{\text{გა}} X_{\text{გა}}, \quad (9.142)$$

სადაც

$X_{\text{უკუკავშირები}}$ არის უკუკავშირის შესახვეული ხიდიდე;

$k_{\text{გა}}$ - უკუკავშირის გაძლიერების კოეფიციენტი;

$X_{\text{გა}}$ - რგოლის გამოსახვეული ხიდიდე.

ბ) ინერციული, რომელიც აიწერება განტოლებით

$$T_{\text{გა}} \frac{dx_{\text{უკუკავშირები}}}{dt} + x_{\text{უკუკავშირები}} = k_{\text{გა}} X_{\text{გა}}. \quad (9.143)$$

მოქნილი უკუკავშირები (მოქმედებს მხოლოდ გარდამა-
ვალ პროცესში და არ მოქმედებს დამყარებულ პროცესის
დროს) გვხვდება:

ა) მარტივი, რომელიც აიწერება განტოლებით

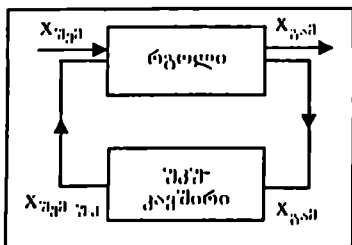
$$x_{\text{უკუკავშირები}} = k_{\text{გა}} \frac{dx_{\text{გა}}}{dt}; \quad (9.144)$$

ბ) ინერციული (ეწოდება აგრეთვე იზოდრამული), რომელიც აიწერება განტოლებით

$$T_{\text{გა}} \frac{dx_{\text{უკუკავშირები}}}{dt} + x_{\text{უკუკავშირები}} = k_{\text{გა}} \frac{dx_{\text{გა}}}{dt}. \quad (9.145)$$

განვიხილოთ ზოგიერთი მაგალითი ხისტი უკუკავშირის
გაველისა მის მიერ მოცული რგოლების დინამიკურ თვისე-
ბებზე.

ვთქვათ, წვენი მოცემული გვაქვს აპერიოდული პირველი
რიგის რგოლი, რომელსაც მოიცავს უარყოფითი უკუკავშირი,
მაგალითად პროპორციული რგოლის სახით (ნახ.9.59). პრო-
პორციული რგოლის განტოლება წვენი შემთხვევისათვის აი-
წერება განტოლებით 9.142.



ნახ.9.59. ავტომატური რეგულირების უკუკავშირით შემოწვდომილი რგოლის პირობითი გამოსახვა

მათემატიკურად უარყოფითი უკუკავშირის შექმნა აპერიოდულ რგოლში გამოიხატება შემდეგნაირად. როგორც უკვე ვნობილია [ფორმულა (9.7)], აპერიოდული პირველი რიგის რგოლის განტოლებას აქვს სახე

$$T \frac{dx_{გა}}{dt} + x_{გა} = kx_{უკუ}.$$

უარყოფითი უკუკავშირის ნასმით ამ განტოლებაში, მივიღებთ

$$T \frac{dx_{გა}}{dt} + x_{გა} = k(x_{უკუ} - x_{უკუ,გა}). \quad (9.146)$$

განსაზღვრის თანახმად უარყოფითი უკუკავშირი გამოაკლდება შემავალი სიდიდის სიგნალს, იხ. ფორმულა 4.10.

ნაევსათ $x_{უკუ,გა}$ -ის მნიშვნელობა 9.142-დან 9.146-ში:

$$T \frac{dx_{გა}}{dt} + x_{გა} = k(x_{უკუ} - k_{გა} x_{გა});$$

$$T \frac{dx_{გა}}{dt} + x_{გა} = kx_{უკუ} - kk_{გა} x_{გა};$$

$$T \frac{dx_{გა}}{dt} + (1 + kk_{გა}) x_{გა} = kx_{უკუ}. \quad (9.147)$$

თუ უკანასკნელი ტოლობის ორივე ნაწილს გავყოფთ $1 + kk_{გა}$ -ზე, გვქმნება

$$\frac{T}{1 + kk_{გა}} \cdot \frac{dx_{გა}}{dt} + x_{გა} = \frac{k}{1 + kk_{გა}} x_{უკუ}. \quad (9.148)$$

აღვნიშნოთ

$$\frac{T}{1 + kk_{\text{პ.ა}}} = T_1; \quad \frac{k}{1 + kk_{\text{პ.ა}}} = k_1;$$

მაშინ 9.148 განტოლება მიიღებს სახეს

$$T_1 \frac{dx_{\text{ა.ა.ი}}}{dt} + x_{\text{ა.ა.ი}} = k_1 x_{\text{პ.ა.ა}} \quad (9.149)$$

(9.149) განტოლება წარმოადგენს, აგრეთვე, აპერიოდულ პირველი რიგის რგოლს, მაგრამ ნაკლები დროის მქონეა

($T_1 < T$, რადგან $T_1 = \frac{T}{1 + kk_{\text{პ.ა}}}$, ამასთან, მნიშვნელი მეტია

ერთზე). მაშასადამე, რგოლი უარყოფითი უკუკავშირით მიიღება ნაკლებად ინერციული. მოცემული რგოლის გააძლიერების კოეფიციენტის k -ს საკმარისად დიდი მნიშვნელობისას 9.149 განტოლების პირველი შესაკრები შეიძლება უგულებელვყოთ (ვინაიდან T_1 იქნება მცირე), ხოლო

$$k_1 = \frac{k}{1 + kk_{\text{პ.ა}}} \approx \frac{k}{kk_{\text{პ.ა}}} = \frac{1}{k_{\text{პ.ა}}},$$

ვინაიდან $kk_{\text{პ.ა}} \gg 1$ და მაშინ

$$x_{\text{ა.ა.ი}} \approx \frac{1}{k_{\text{პ.ა}}} x_{\text{პ.ა.ა}}. \quad (9.150)$$

9.150 თანაფარდობიდან ჩანს, რომ აპერიოდული პირველი რიგის რგოლი, გააძლიერების დიდი კოეფიციენტით, მოცემული ხისტი უკუკავშირით, იქნება ახლო პროპორციულ რგოლთან უკუკავშირის კოეფიციენტის შებრუნებული სიდიდის ტოლი გააძლიერების კოეფიციენტით.

მოვიცვათ უარყოფითი უკუკავშირით იდეალური მაინტეგრებელი რგოლი, რომელიც აიწერება განტოლებით 9.11.

$$\frac{dx_{\text{ა.ა.ი}}}{dt} = kx_{\text{პ.ა.ა}}.$$

პროპორციული რგოლის განტოლება, გამოყენებული უკუკავშირის სახით, აიწერება განტოლებით 9.142; მაინტეგრებელი რგოლის განტოლება, მოცემული უკუკავშირით, გამოიხატება განტოლებით

$$\frac{dx_{\text{ბაი}}}{dt} = k(x_{\text{ბაი}} - x_{\text{ბაი, ეკვილიბრიუმი}}). \quad (9.151)$$

$x_{\text{ბაი, ეკვილიბრიუმი}}$ -ს მნიშვნელობის ჩასმით 9.142-დან 9.151-ში, გვექნება

$$\begin{aligned} \frac{dx_{\text{ბაი}}}{dt} &= kx_{\text{ბაი}} - kk_{\text{ბაი}} x_{\text{ბაი}}. \\ \frac{dx_{\text{ბაი}}}{dt} + kk_{\text{ბაი}} x_{\text{ბაი}} &= kx_{\text{ბაი}}. \end{aligned} \quad (9.152)$$

ტოლობის ორივე ნაწილის გაყოფით $kk_{\text{ბაი}}$ -ზე, მივიღებთ

$$\frac{1}{kk_{\text{ბაი}}} \cdot \frac{dx_{\text{ბაი}}}{dt} + x_{\text{ბაი}} = \frac{1}{k_{\text{ბაი}}} x_{\text{ბაი}}. \quad (9.153)$$

შევცვალოთ $\frac{1}{kk_{\text{ბაი}}} = T_1$; $\frac{1}{k_{\text{ბაი}}} = k_1$,

მაშინ

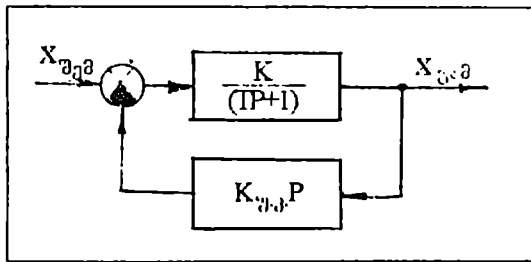
$$T_1 \frac{dx_{\text{ბაი}}}{dt} + x_{\text{ბაი}} = k_1 x_{\text{ბაი}},$$

რაც წარმოადგენს აპერიოდული პირველი რიგის რგოლის განტოლებას.

მაშასადამე, იდეალური მაინტეგრებელი რგოლი, მოცემული ხისტი უკუკავშირით, ეკვივალენტურია აპერიოდული პირველი რიგის რგოლისა.

ახლა განვსაზღვროთ $x_{\text{ბაი, ეკვილიბრიუმი}} = k_{\text{ბაი}} \frac{dx_{\text{ბაი}}}{dt} = k_{\text{ბაი}} P x_{\text{ბაი}}$ სახით

მოქნილი უკუკავშირის გავლენა (ვალკეული რგოლების თვისებებზე გადამცემი ფუნქციების გამოყენებით. მოვიცვათ ასეთი უკუკავშირით აპერიოდული რგოლი (ფორმულა 9.7), რომელიც ოპერატორული ფორმით გამოიხატება (ფორმულა 9.44, ნახ.9.60)



ნახ.9.60. აპერიოდული რგოლის შემოწვდომა მოქნილი უკუკავშირით

$$(TP + 1)x_{სამომ} = kx_{შემომ}.$$

ეკვივალენტური რგოლის გადამცემი ფუნქციისათვის 9.38 ფორმულის თანახმად გვექნება:

$$W(P) = \frac{W_f(P)}{1 + W_f(P) \cdot W_{შ.კ.}(P)} = \frac{\frac{k}{TP+1}}{\frac{k}{TP+1} \cdot k_{შ.კ.} P} = \frac{\frac{k}{TP+1}}{\frac{TP+1 + kk_{შ.კ.}P}{TP+1}} = \frac{k}{TP + kk_{შ.კ.}P + 1} = \frac{k}{P(T + kk_{შ.კ.}) + 1} = \frac{k}{P(T_{მომ} + 1)},$$

სადაც

$$T_{მომ} = T + kk_{შ.კ.}.$$

ამ შემთხვევაში მოქნილი უკუკავშირის ჩართვამ არ შეცვალა რგოლის ხასიათი. იზრდება მხოლოდ მისი დროის მუდმივა, ხოლო გაძლიერების კოეფიციენტი რჩება ადრინდელი.

თუ მოვიცავთ მაინტეგრებელ რგოლს მოქნილი უარყოფითი უკუკავშირით, რგოლის ტიპი ისევ შენარსუნებელი იქნება, ხოლო მისი გაძლიერების კოეფიციენტი შეიცვლება, რაც ჩანს შემდეგი თანაფარდობიდან

$$W(P) = \frac{\frac{k}{P}}{1 + \frac{k}{P} k_{შ.კ.} P} = \frac{k}{P + kk_{შ.კ.} P} = \frac{k}{P(1 + kk_{შ.კ.})} = \frac{k}{T_{მომ} \cdot P},$$

სადაც

$$T_{მომ} = 1 + kk_{შ.კ.}.$$

კონსტრუქციულად უკუკავშირებად შეიძლება გამოყენებული იქნეს ნებისმიერი მექანიკური, თბური, ელექტრული, ელექტრონული, პნევმატიკური, ჰიდრაულიკური მოწყობილობები, რომელთა დინამიკა მიახლოებით აიწერება სემოთ მოყვანილ ერთ-ერთი განტოლებით.

სემოთ აღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ სარეგულირებელი სიდიდის გადახრა დამყარებულ რეჟიმში (სტატიკური შეცდომა δ), მდგრადობა და რეგულირების პროცესის ხარისხი (გარდამავალი პროცესის დრო, გადამატრეგულირება) ბევრ შემთხვევაში ურთიერთგამომრიცხავია. კერძოდ, განრთული სისტემის გაძლიერების კოეფიციენტის გაზრდა (რომელიც ტოლია ჩაკეტილი კონტურის თანმიმდევრობით ჩართული ელემენტების გაძლიერების კოეფიციენტების ნამრავლისა) ამცირებს სტატიკურ შეცდომას, მაგრამ, ერთდროულად ამცირებს მდგრადობის მარაგსაც, 'ზრდის სარეგულირებელი სიდიდის ცვლილების სინქარეს. მაგრამ, შეუძლია გამოიწვიოს ძლიერი რხევითი პროცესი, დიდი გადამეტრეგულირება და გარდამავალი პროცესის დროის გაზრდა.

სისტემაში მაინტეგრირებელი რგოლის შეყვანა სისტემას ხდის ასტატიკურს ($\delta=0$ სისტემა, რომელშიც რეგულირება სტატიკაში ხორციელდება უშეცდომოდ), მაგრამ, ამცირებს მდგრადობის მარაგს და აწელებს გარდამავალ პროცესს. ამიტომ, ცდილობენ ისე შეარჩიონ სისტემის ელემენტების პარამეტრები, რომ სტატიკური შეცდომა, გადამეტრეგულირება, რეგულირების დრო და მდგრადობის მარაგი აკმაყოფილებდეს მოთხოვნებს, რომლებიც წაუყენება სისტემის ექსპლოატაციის პირობებს. თუ ამ ამოცანის გადაწყვეტა არ ხერხდება მხოლოდ სისტემის ძირითადი ელემენტების პარამეტრების შეცვლის ხარჯზე, მაშინ როგორც სემოთ იყო აღნიშნული, სისტემაში შეჰყავთ მაკორექტირებელი ელემენტები. კერძოდ, ასტატიკური სისტემის მისაღებად შეჰყავთ მაინტეგრირებელი რგოლი, ხოლო ასტატიკური სისტემის გარდასაქმნელად სტატიკურ სისტემად, რაც აუცილებელია, ხოლმე, მდგრადობის ასამაღლებლად, მაინტეგრირებელ ელემენტს მოიცავენ ხისტი უკუკავშირით - პროპორციული რგოლით გადამცემი ფუნქციით $W(P)=k$.

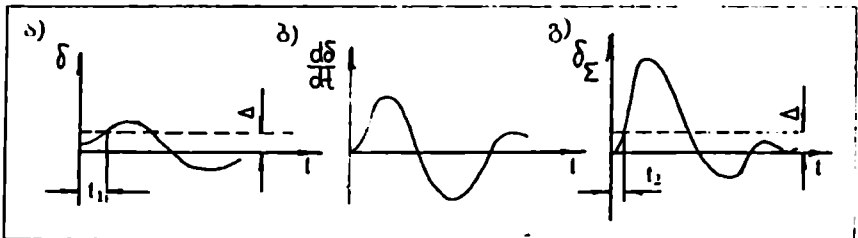
სწრაფადმოქმედი სისტემის მიღების სურვილის დროს, სტატიკურ სისტემაზე გადაუსვლელად (რათა არ წარმოიქმნას სტატიკური შეცდომა), მაინტეგრირებელ ელემენტს მოიცავენ არა ხისტი, არამედ მოქნილი უკუკავშირით. ასეთი სისტემა გარდამავალ პროცესში მუშაობს როგორც სტატიკური, ხოლო გარდამავალი პროცესის ბოლოს – როგორც ასტატიკური. მაშასადამე, ეს სისტემა იქნება ასტატიკური და ერთდროულად ექნება მდგრადობის დიდი მარაგი და უფრო მაღალი სწრაფმოქმედება, ვიდრე სისტემას უკუკავშირის გარეშე.

სწრაფმოქმედების გასაზრდელად, სოგიერთ ავტომატური რეგულირების სისტემაში, მაძლიერებლის შესასვლელში გადახრის პროპორციულ სიგნალთან δ ერთდროულად

(ნახ.9.61,ა), შეყავთ სინქარის $\frac{d(\delta)}{dt}$ პროპორციული სიგნალი

(ნახ.9.61,ბ). ეს კორექტირება იწოდება ზემოქმედების შეყვანად წარმოებულის მიხედვით. სისტემის სწრაფმოქმედება იზრდება იმის შედეგად, რომ პროცესის დასაწყისში მაძლიერებელზე მიეწოდება დიდი სიგნალი ($\delta_{\Sigma} = \delta + \frac{d(\delta)}{dt}$), ხოლო

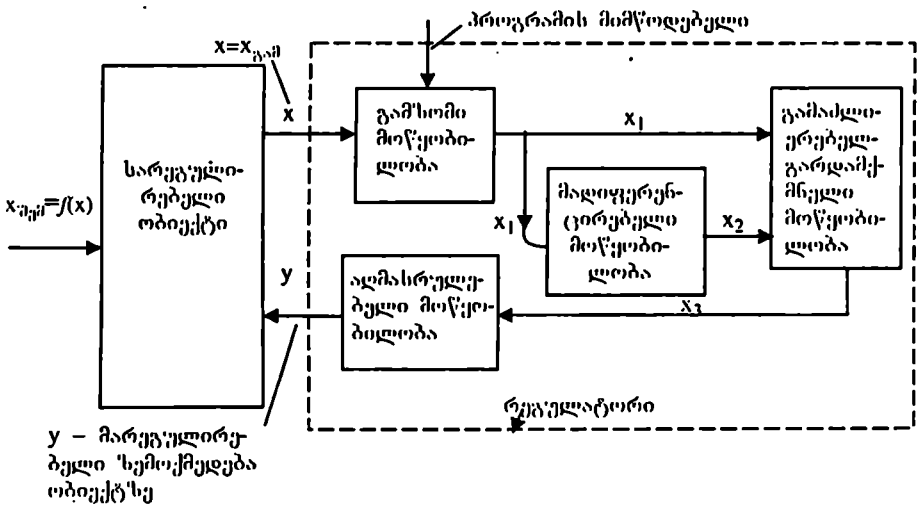
სისტემის წონასწორობის მდგომარეობასთან მიახლოების კვალობაზე ეს სიგნალი მცირდება (ნახ.9.61,გ). თუ სისტემა დაიწყებს შეცდომის სიგნალის გამომუშავებას მისი მნიშვნელობის დროს, რომელიც მეტია Δ -ზე, როდესაც $t=t_1$ ზემოქმედების შეყვანისას წარმოებულის მიხედვით, სიგნალის გამომუშავება დაიწყება t_2 -ის დროს, რომელიც ნაკლებია t_1 -ზე.



ნახ.9.61. კორექტირება ზემოქმედების შეყვანით

სიგნალის შეყვანა წარმოებულის მიხედვით 'სრდის სწრაფმოქმედებას და მდგრადობის მარაგს და არ ახდენს გაელენას სისტემის სტატიკურ მახასიათებელზე.

რეგულირების კანონში რეგულირების ხარისხის გაუმჯობესების მეტად ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს, აგრეთვე, ინტეგრალის შეყვანა რეგულირების კანონში. (რეგულირების კანონის ქვეშ იგულისხმება რეგულატორის შემავალ და გამომავალ სიდიდეებს შორის დამოკიდებულება, შედგენილი რეგულატორის ინერციულობის გაუთვალისწინებლად, დროის მუდმივების გაუთვალისწინებლად, ე.ი. რეგულირების კანონი არის "იდეალური" რეგულატორის განტოლება). გადახრის წარმოებულის შესაყვანად რეგულატორის სქემას უერთდება მაღიფერენცირებული მოწყობილობა, რაც იწვევს გარდამავალი პროცესის ჩაქრობის დანქარებას (ნახ.9.62).



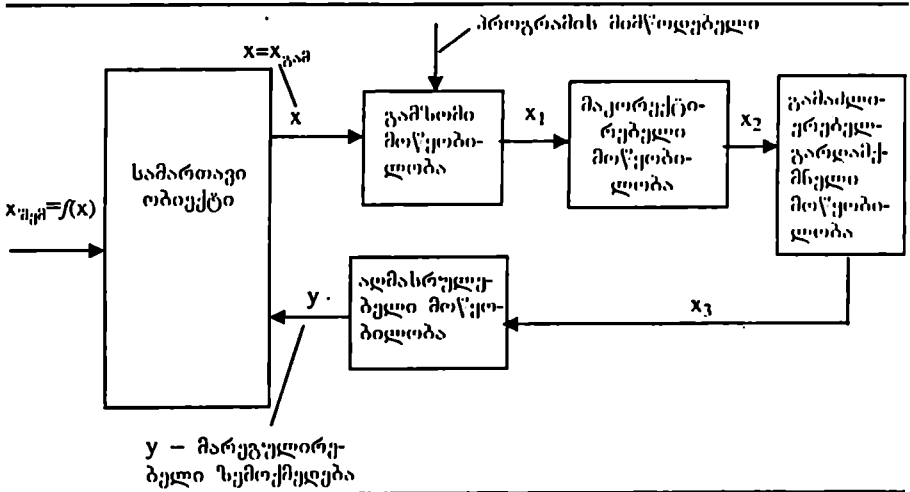
ნახ.9.62. წარმოებულის შეყვანა რეგულირების კანონში

ინტეგრალის შეყვანა რეგულირების კანონში (ველის რეგულატორის მოქმედების პრინციპს: სტატიკური რეგულატორიდან იგი გარდაიქმნება ასტატიკურად, რომელსაც არ გააჩნია რეგულირების სტატიკური შეცდომა. ასტატიკურ

სისტემაში რეგულირება წარმოებს სარეგულირებელი სიდიდის გადახრის ინტეგრალის მიხედვით, მაშინ როდესაც სტატიკურ სისტემაში – სარეგულირებელი სიდიდის გადახრის მიხედვით. რეგულირების ასტატიკურ კანონს ხშირად უწოდებენ სინქარითს, ხოლო სტატიკურს – პოზიციურს.

ინტეგრალი რეგულირების კანონში შეიძლება შეყვანილი იქნეს ელექტრომექანიკური, მექანიკური, ელექტრონული კონსტრუქციების დახმარებით.

წარმოებულია და ინტეგრალის შეყვანა რეგულირების კანონში – ეს არის თანმიმდევრობითი მაკორექტირებელი მოწყობილობების ჩართვის სხვადასხვა კერძო შემთხვევები (ნახ.9.63). თანმიმდევრობითი მაკორექტირებელი მოწყობილობების გარდა, რეგულირების პროცესის გასაუმჯობესებლად რეგულატორში შეყავთ პარალელური მაკორექტირებელი მოწყობილობები. ესენი არიან ე.წ. დამატებითი უკუკავშირები.



ნახ.9.63. მაკორექტირებელი მოწყობილობის შეყვანა რეგულირების პროცესში

$$x_1 = k_1 x$$

$$x_2 = k \frac{dx_1}{dt}$$

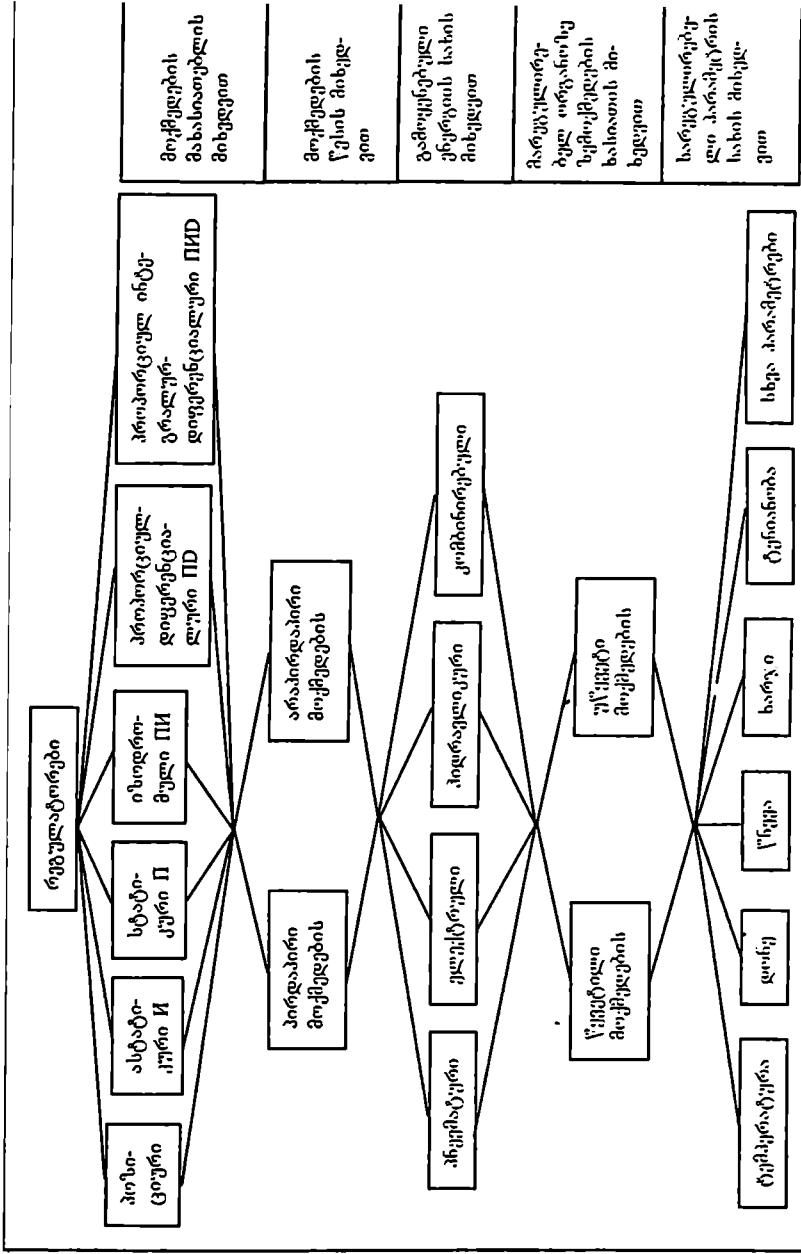
$$x_3 = k_2(x_1 + x_2)$$

$$y = k_3 x_3$$

$$y = k_1 k_2 k_3 \left(x + \frac{k}{k_1} \frac{dx_1}{dt} \right)$$

დამატებითი უკუკავშირი წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელიც გადასცემს ზემოქმედებას მომდევნო რგოლიდან ერთ-ერთ წინა რგოლზე. დამატებითი უკუკავშირი იროვება რგოლის ან რგოლების ჯგუფის პარალელურად და ქმნის რეგულატორის შიგნით დამატებით ჩაკეტილ კონტურებს.

სწორად გაანგარიშებული და აწყობილი ავტომატური რეგულირების სისტემა, გამომდინარე მუშაობის კონკრეტული პირობებიდან, შეიძლება აღმოჩნდეს პრაქტიკულად არამუშაუნარიანი, თუ ელემენტების პარამეტრები და შემაშფოთებელი ზემოქმედებები მნიშვნელოვნად იხრებიან საანგარიშოდან. მაგალითად, გრუნტის ტემპერატურის დაკლებისას, რომელსაც ამუშაებს მიწისმთხრელი მანქანა სიმაგრე შეიძლება მნიშვნელოვნად ამაღლდეს საანგარიშოსთან შედარებით, რაც უარყოფითად იმოქმედებს ამ მანქანის მწარმოებლურობის მარეგულირებელი ავტომატური სისტემის მუშაობის ხარისხზე. ასევე სამსხვრეველებისა და ცხაურების ავტომატური რეგულირების სისტემის მუშაობაზე მნიშვნელოვნად იმოქმედებს გადასამუშავებელი მასალის გრანულომეტრიული შემადგენლობის შეცვლა. ამიტომ განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო შემთხვევებში გამოიყენება ავტომატური რეგულირების სისტემები, რომლებიც უსრუნველყოფენ რეგულატორის ავტომატურ გადაწყობას გარე პირობების შეცვლის დროს კოეფიციენტების k_n (n - რეგულატორი), k_u (u - რეგულატორი), k_D (D - რეგულატორი) შეცვლით, რომლებიც ადგენენ რეგულატორის გამომავალ სიგნალს. ასეთ სისტემებს ეწოდება თვითაწყობადი ან ადაპტიური. რეგულატორების კლასიფიკაცია მოცემულია ნახაზზე 9.64.



ნახ.9.64. რეგულატორების კლასიფიკაცია

რეგულატორის ძირითად თვისებას, რომელიც განსაზღვრავს მის კლასიფიკაციას, წარმოადგენს მისი მოქმედების დახასიათება (რეგულირების კანონი), ე.ი. დამოკიდებულება სარეგულირებელი პარამეტრის ცვლილებასა (მისი მოცემული მნიშვნელობიდან გადახრასა - შემავალი სიდიდე) და მარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილებას (მდგომარეობას - გამომავალი სიდიდე) შორის.

მოქმედების დახასიათების მიხედვით რეგულატორები შეიძლება დაიყოს ექვს ტიპად (იხ. სქემა ნახ.9.64):

1. პოზიციური;

2. ასტატიკური (ინტეგრალური) И [გამოიყენება მხოლოდ სიგნალი $k_{II} \int \delta t (k_{II} = 0, k_{II} = 0)$];

3. სტატიკური (პროპორციული) П [გამოიყენება მხოლოდ სიგნალი $k_{II} \delta (k_{II} = 0, k_{II} = 0)$];

4. იზოდრომული (პროპორციულ-ინტეგრალური) ПИ [გამოიყენება სიგნალები $k_{II} \delta$ და $k_{II} \int \delta t (k_{II} = 0)$];

5. პროპორციულ-დიფერენციალური ПД [გამოიყენება სიგნალები $k_{II} \delta$ და $k_{II} \frac{d\delta}{dt} (k_{II} = 0,)$];

6. იზოდრომული პირველი წარმოებულთ (პროპორციულ-ინტეგრალურ-დიფერენციალური) ПИД [გამოიყენება სამივე სიგნალი $k_{II} \delta, k_{II} \int \delta t$ და $k_{II} \frac{d\delta}{dt}$].

პოზიციურ რეგულატორებში მარეგულირებელმა ორგანომ შეიძლება დაიკაოს ორი ან სამი განსაზღვრული მდგომარეობა (ორპოზიციანი და სამპოზიციანი რეგულატორები). ორპოზიციან რეგულატორებში მარეგულირებელი ორგანო შეიძლება იყოს ორ მდგომარეობაში - მთლიანად გაღებულ. (გახსნილ) ან მთლიანად დაკეტილ (დახურულ) მდგომარეობაში. ორპოზიციანი რეგულატორის მარეგულირებელი ორგანოს გადანაცვლება წარმოებს თითქმის მყისიერად. სამპოზიციან რეგულატორებში მარეგულირებელ ორგანოს შეუძლია დაიკაოს სამი მდგომარეობა - მთლიანად გაღებულ, საშუალო (ნორმალური) და მთლიანად დაკეტილი.

ასტატიკური (ინტეგრალური) რეგულატორები, ან შემოკლებით II-რეგულატორები. ამ რეგულატორებს არ გააჩნიათ უკუკავშირი.

სტატიკური (პროპორციული) რეგულატორები, ან შემოკლებით II-რეგულატორები. ამ რეგულატორებს გააჩნიათ ხისტი უკუკავშირი.

იზოდრომული (პროპორციულ-ინტეგრალური) რეგულატორები, ან შემოკლებით II-რეგულატორები. ეს რეგულატორები არიან მოქნილი უკუკავშირით.

პროპორციულ-დიფერენციალური რეგულატორები, ან შემოკლებით II-რეგულატორები. ამ რეგულატორებს სოფჯერ უწოდებენ სტატიკურს პირველი წარმოებულთ.

პროპორციულ-ინტეგრალურ-დიფერენციალური რეგულატორები ან შემოკლებით II-რეგულატორები. ამ რეგულატორებს უწოდებენ, აგრეთვე, იზოდრომულს პირველი წარმოებულთ.

მოქმედების წესის მიხედვით რეგულატორები იყოფიან პირდაპირი და არაპირდაპირი მოქმედების რეგულატორებად. პირდაპირი მოქმედების რეგულატორებს არ გააჩნიათ გამაძლიერებელი და არ იყენებენ გარეშე ენერგიას. უმეტეს შემთხვევებში მარეგულირებელი ორგანო მოქმედებაში მოიყვანება ბერკეტების სისტემით (დონის რეგულატორები იხ. ნახ.8.7) ან სითხის ან გაზის წნევით, რომელიც მოთავსებულია საკუთრივ ხელსაწყო სისტემაში.

ყველა რეგულატორს მოძრავ სისტემებში ხახუნის გამო გააჩნია რაღაც არამგრძობიარობა. ამიტომ, რეგულატორი მოქმედებაში მოდის სარეგულირებელი პარამეტრის გადახრის შემდეგ წონასწორობის მნიშვნელობიდან განსახლდურულ სასრულ სიდიდემდე.

სარეგულირებელი პარამეტრის უმცირესი ცვლილების გაორმაგებული სიდიდე, რომლის დროსაც ამოქმედდა მარეგულირებელი ორგანო, იწოდება რეგულატორის არამგრძობიარობის ზონად. მაგალითად, თუ წნევის რეგულირების დროს მოცემულ მნიშვნელობას წარმოადგენს 100 კგ/სმ², ხოლო რეგულატორის არამგრძობიარობა შეადგენს 1 კგ/სმ², წნევის გადახრისას ამა თუ იმ მხარეს 1 კგ/სმ²-ზე ნაკლები სიდიდით, რეგულატორი იქნება უმოქმედო. რეგულატორი ამოქმედდება წნევის მიღწევისას 101 კგ/სმ² (წნევის გაზრდისას)

ან 99 კგ/სმ² (წნევის შემცირებისას). 101–99 კგ/სმ²-ის არეში, ე.ი. 100 ± 1 კგ/სმ², რეგულატორი არ მოქმედებს. ეს არე წარმოადგენს მისი არამგრძნობიარობის ზონას.

პირდაპირი მოქმედების რეგულატორების- მგრძნობიარობის ასამაღლებლად, ე.ი. იმისათვის, რომ ძრავას მოძრავი ნაწილის მოძრაობა და, მაშასადამე, მარეგულირებელი ორგანოსივც დაიწყოს ზემოქმედების ძალის მინიმალური შეცვლისას, მიისწრაფვიან მოხახუნე ელემენტების შემცირებისაკენ, რითაც განტვირთავენ მარეგულირებელ ორგანოს.

არაპირდაპირი მოქმედების რეგულატორებში, ძალეა აღძრული მგრძნობიარე ელემენტში, სარეგულირებელი პარამეტრის სიდიდის ცვლილებისას რთავს მუშაობაში მხოლოდ დამხმარე მოწყობილობას – მმართველ ელემენტს. ეს მოწყობილობა ენერგიას აწოდებს გარეშე ენერგიის წყაროდან მექანიზმს, რომელიც ავითარებს ძალეას აუცილებელს მარეგულირებელი ორგანოს გადანაცვლებისათვის. არაპირდაპირი მოქმედების რეგულატორის მგრძნობიარობა აღემატება პირდაპირი მოქმედების რეგულატორის მგრძნობიარობას.

რეგულატორები, აგრეთვე, იყოფიან:

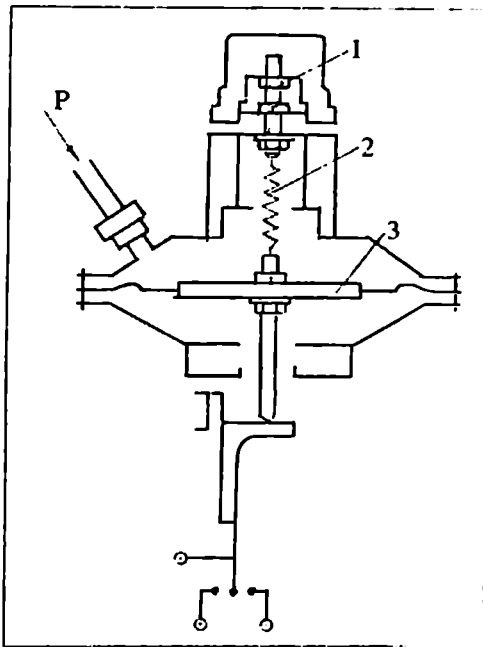
გამოყენებული ენერგიის სახის მიხედვით – პნემატიკურ, ჰიდრაულიკურ, ელექტრულ, კომბინირებულ რეგულატორებად;

მარეგულირებელ ორგანოზე ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით – წყვეტილი და უწყვეტი მოქმედების რეგულატორებად;

სარეგულირებელი პარამეტრის სახის მიხედვით – ტემპერატურის, წნევის, ხარჯის, დონის და ა.შ. რეგულატორებად.

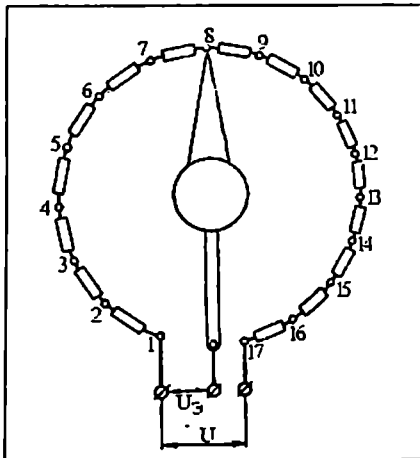
ქვემოთ მოყვანილ ნახაზებზე 9.65–9.82 მოცემულია ავტომატური რეგულატორების ელემენტებისა და მარეგულირებელი ორგანოების სქემები.

ნახ.9.65 მოცემულია ზამბარული მავალებლის სქემა, გათვალისწინებული მემბრანიან გამზომ მოწყობილობაზე დასაყენებლად.



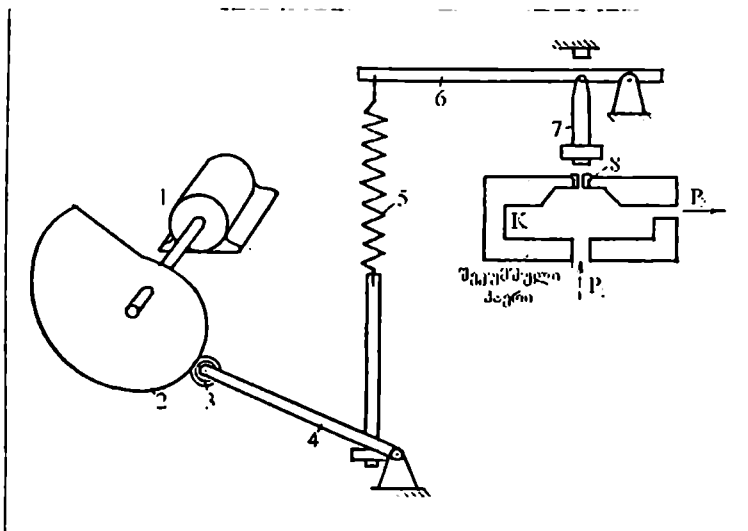
ნახ.9.65. მემბრანიან გამზომ მოწყობილობაზე დასაყენებელი ზამბარული მავალების სქემა: 1 - ქანჩი; 2 - ზამბარა; 3 - მემბრანა

ნახ.9.66 - П-16/17 ტიპის მავალების ელექტრული სქემა.



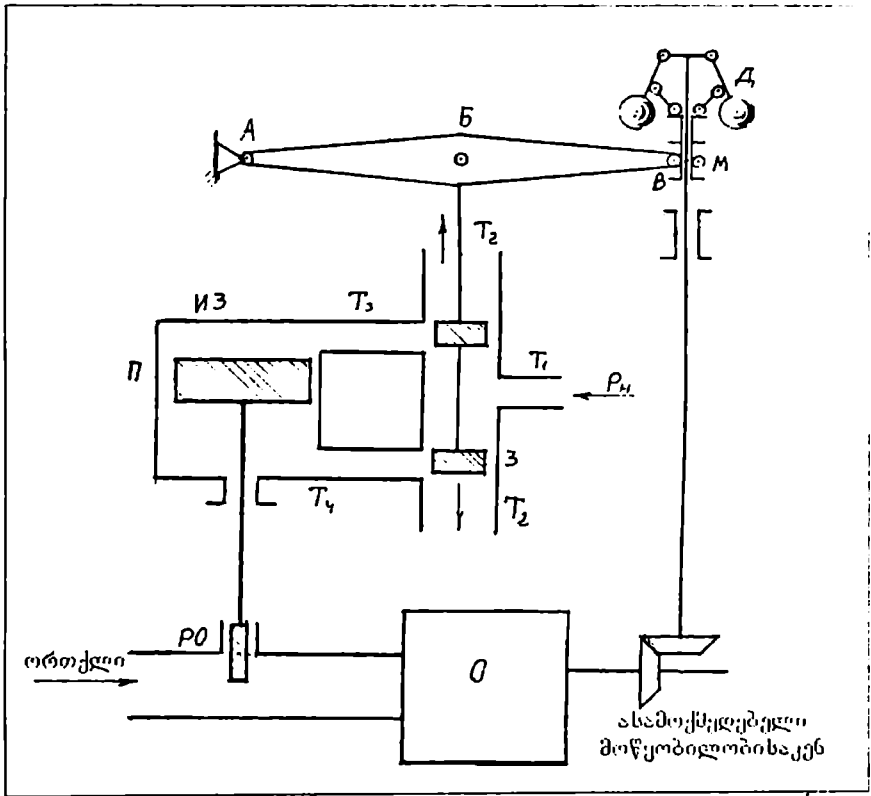
ნახ.9.66. П16/17 ტიპის მავალების ელექტრული სქემა სექციონირებული მათულის პოტენციომეტრით 17 მდებარეობაზე (1+17)

ნახ.9.67 - პნევმატიკური პროგრამული მავალელების სქემა.



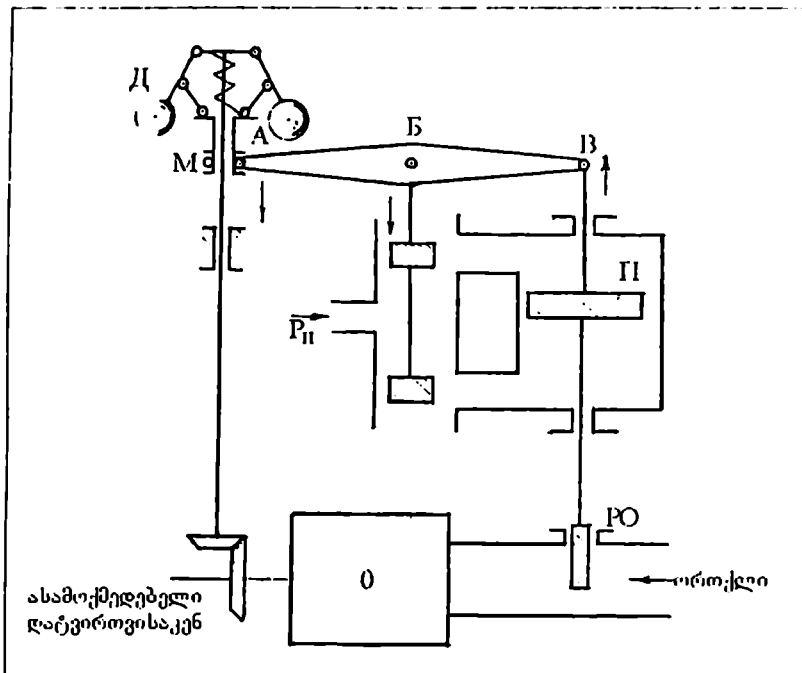
ნახ.9.67. პნევმატიკური პროგრამული მავალეების სქემა: 1 - სინქრონული ძრავა; 2 - საპროგრამო დისკო; 3 - გორგოლაჭი; 4 - ბერკეტი; 5 - ზამბარა; 6 - პნევმოგარდამქმნელის ბერკეტი; 7 - ღერო; 8 - საქშენი; k - კამერა; P_1 - შეკუმშული ჰაერის წნევა; P_2 - ჰაერის საკომანდო წნევა

ნახ.9.68 - სინქარის ავტომატური რეგულატორი უკუკავშირის გარეშე.



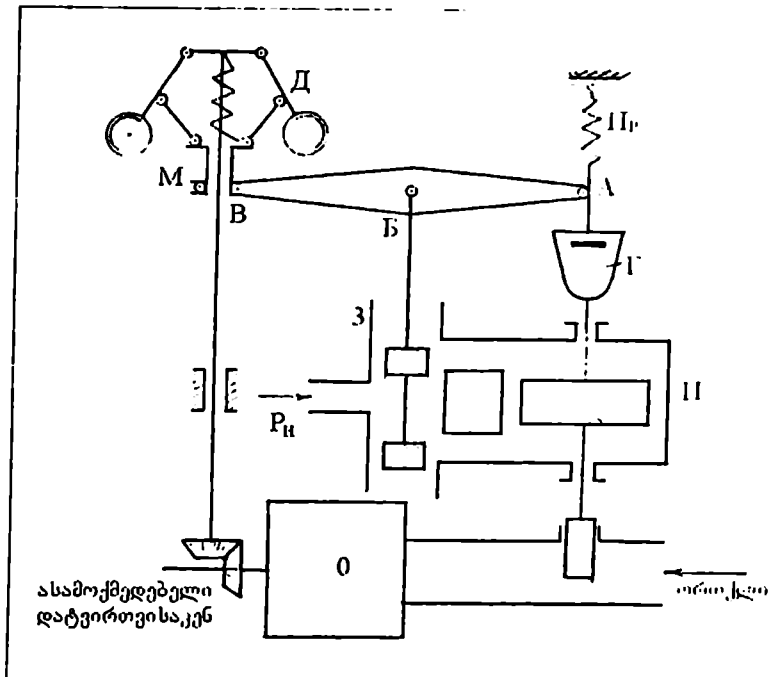
ნახ.9.68. სინქარის ავტომატური რეგულატორი უკუკავშირის გარეშე: O - ობიექტი (ორთქლის მანქანა); PO - მარეგულირებელი ორგანო; D - გარდამსახი; M - ქურო; AEB - ბერკეტი; 3 - მკვეთარა; T₁ - მილი; T₂, T₃ - სერვოდრავას ИЗ (აღმასრულებელი ელემენტის) პიდრაველიკური აღმასრულებელი მექანიზმის მილსადენები; Π სერვოდრავას დგუში

ნახ.9.69 - სიჩქარის ავტომატური რეგულატორი ხისტი უკუკავშირით.



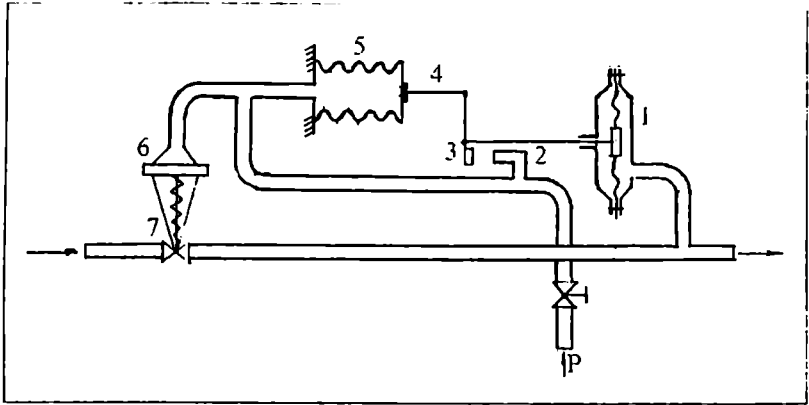
ნახ.9.69. სიჩქარის ავტომატური რეგულატორი ხისტი უკუკავშირით: ABB - ბერკეტი; M - ქურო; D - გამზომი ელემენტი; PO - მარეგულირებელი ორგანო; Π - სერვოდრავას დგუში; O - ობიექტი

ნახ.9.70 - სიჩქარის ავტომატური რეგულატორი მოქნილი ჰიდრომექანიკური უკუკავშირით.



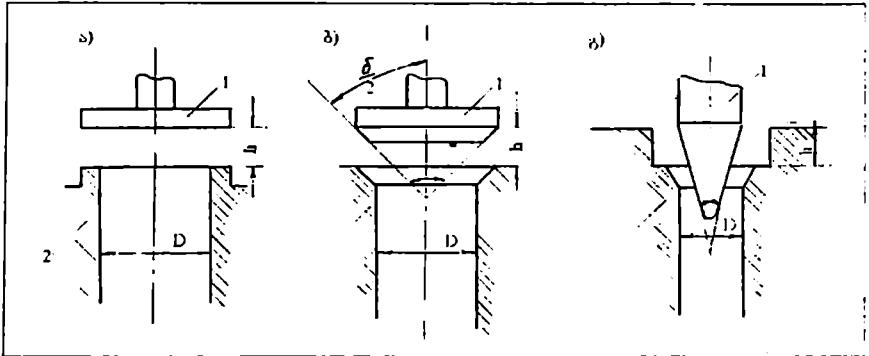
ნახ.9.70. სიჩქარის ავტომატური რეგულატორი მოქნილი ჰიდრომექანიკური უკუკავშირით: Πp - ზამბარა; Γ - დემპფერი; დანარჩენი აღნიშვნების განმარტებები იხილეთ ნახ.6.69-ზე

ნახ.9.71 - ბერკეტული პნევმატიკური უკუკავშირი.



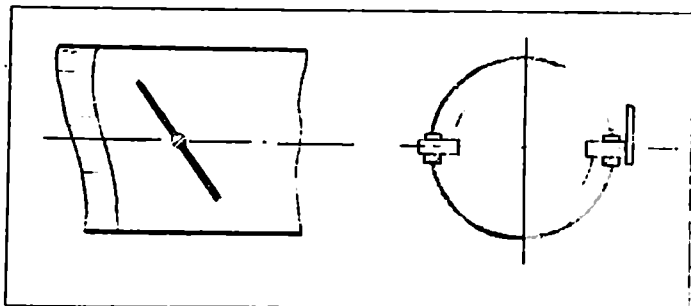
ნახ.9.71. წნევის რეგულატორი ბერკეტული პნევმატიკური უკუკავშირით: 1 - გარდამსახი; 2 - საქშენი; 3 - მკვეთარა; 4 - ბერკეტი; 5 - სილფონი; 6 - აღმასრულებელი მექანიზმი; 7 - ვენტილი; P - ჰაერის წნევა

ნახ.9.72 - მარეგულირებელი სარქველების ტიპები.



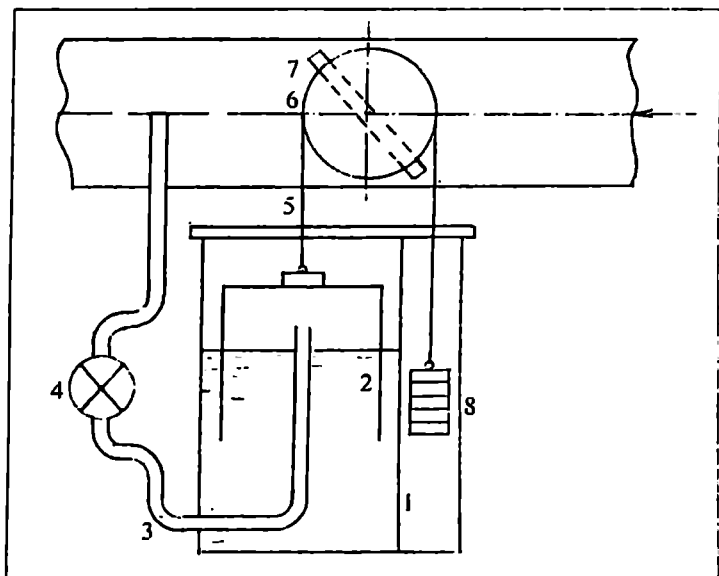
ნახ.9.72. მარეგულირებელი სარქველების ტიპები: ა) თევზა სარქველი; ბ) თევზა სარქველი კონუსური საყრდენი ზედაპირით; გ) ნემსისებრი სარქველი; 1 - პლუნჯერი; 2 - სარქველის ბუდე; h - პლუნჯერის სელა.

ნახ.9.73 - საბრუნო დროსეღური საფარი (მრგვალი, ფურცლოვანი).



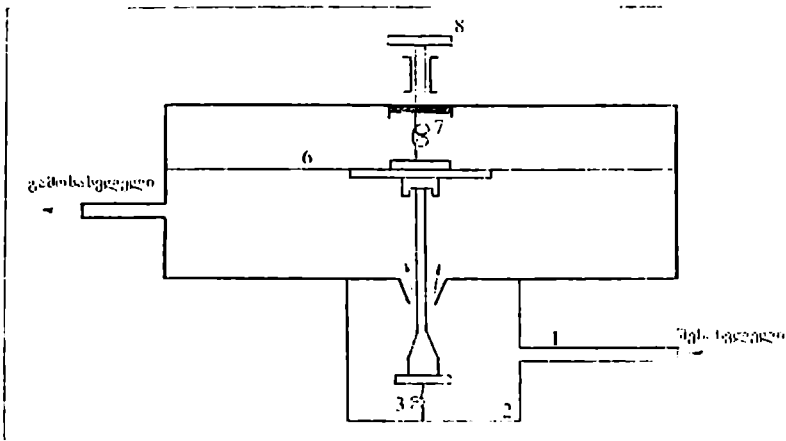
ნახ.9.73. საბრუნო დროსეღური საფარი (მრგვალი, ფურცლოვანი)

ნახ.9.74 - პირდაპირი ქმედების წნევის რეგულატორი.



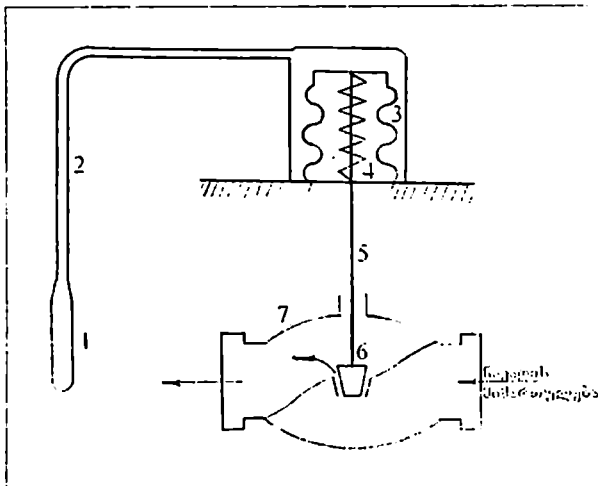
ნახ.9.74. პირდაპირი ქმედების წნევის რეგულატორი: 1 - ჭურჭელი სითხისათვის (მინერალური ზეთი ან წყალი); 2 - ზარხუფი; 3 - იმპულსური მილაკი; 4 - გენტილი; 5 - მოქნილი ტროსი; 6 - შკივი; 7 - მკვეთარა; 8 - ტვირთი

ნახ.9.75 - პნევმატიკური რედუქტორის მოწყობილობის სქემა.



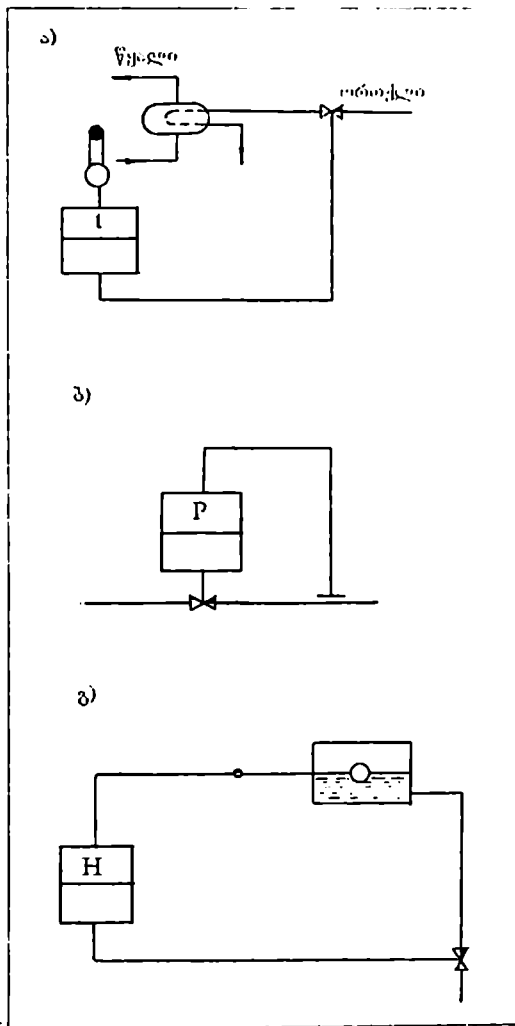
ნახ.9.75. პნევმატიკური რედუქტორის მოწყობილობის სქემა: 1 - მიმყვანი მილი; 2 - რედუქტორის კამერა; 3 - მკვეთარას ზამბარა; 4 - საქშენი; 5 - მემბრანიანი კამერა; 6 - მემბრანა; 7 - მავალელების ზამბარა; 8 - რედუქტორის თავი

ნახ.9.76 PPD ტიპის პირდაპირი მოქმედების ტემპერატურის რეგულატორის მოწყობილობის სქემა.



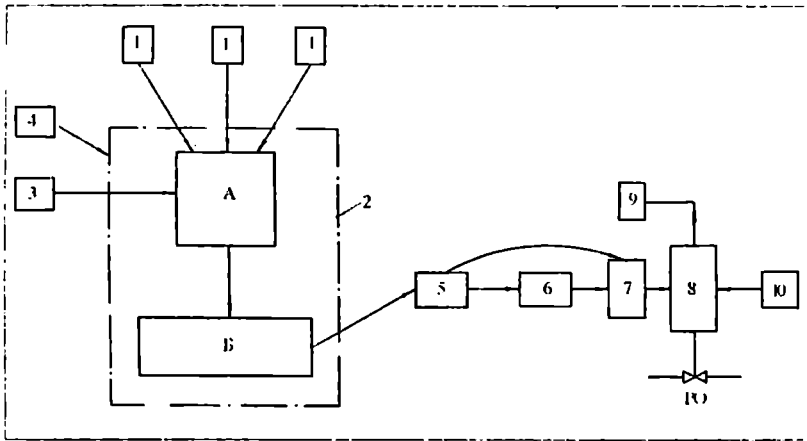
ნახ.9.76. PPD ტიპის პირდაპირი მოქმედების ტემპერატურის რეგულატორის სქემა: 1 - თერმობალონი; 2 - კაპილარი; 3 - სილფონი; 4 - ზამბარა; 5 - ჭოკი; 6 - მკვეთარა; 7 - მარეგულირებელი სარქველი

ნახ.9.77 - პირდაპირი ქმედების რეგულატორების პირობითი გამოსახულება.



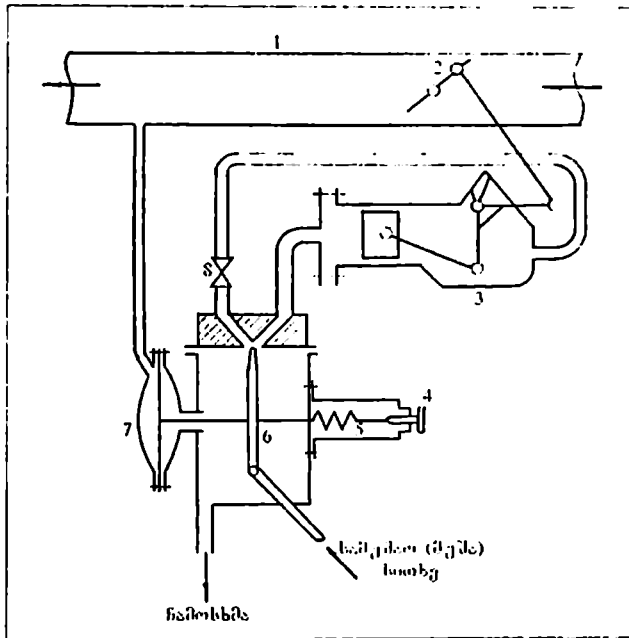
ნახ.9.77. პირდაპირი მოქმედების რეგულატორების პირობითი გამოსახულება: ა) ტემპერატურის რეგულირება; ბ) წნევის რეგულირება; გ) დონის რეგულირება

ნახ.9.78 - ელექტრონული რეგულატორის ფუნქციონალური სქემა.



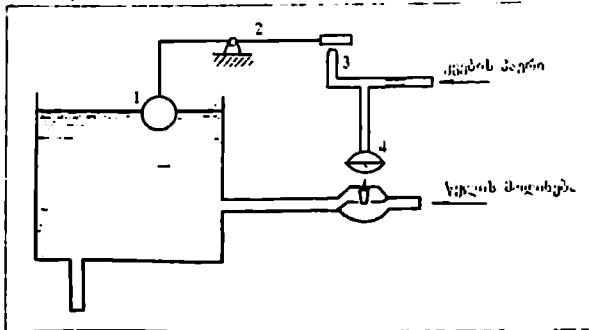
ნახ.9.78. ელექტრონული რეგულატორის ფუნქციონალური სქემა: 1 - პირველადი ხელსაწყო; 2 - მარეგულირებელი ხელსაწყო; 3 - ძაბვის სტაბილიზატორი; 4 - მავალებელი; 5 - გადამრთველი; 6 - დისტანციური მართვის გასაღები; 7 - მაგნიტური კონტაქტორი; 8 - აღმასრულებელი მექანიზმი; 9 - გამოსასვლელი დილგი; 10 - ელექტრული მუხრუჭი; A - გამზომი ბლოკი; B - ელექტრონული ბლოკი; PO - მარეგულირებელი ორგანო

ნახ.9.79 = წნევის ერთკასკადიანი ჭავჭავი რეგულატორი.



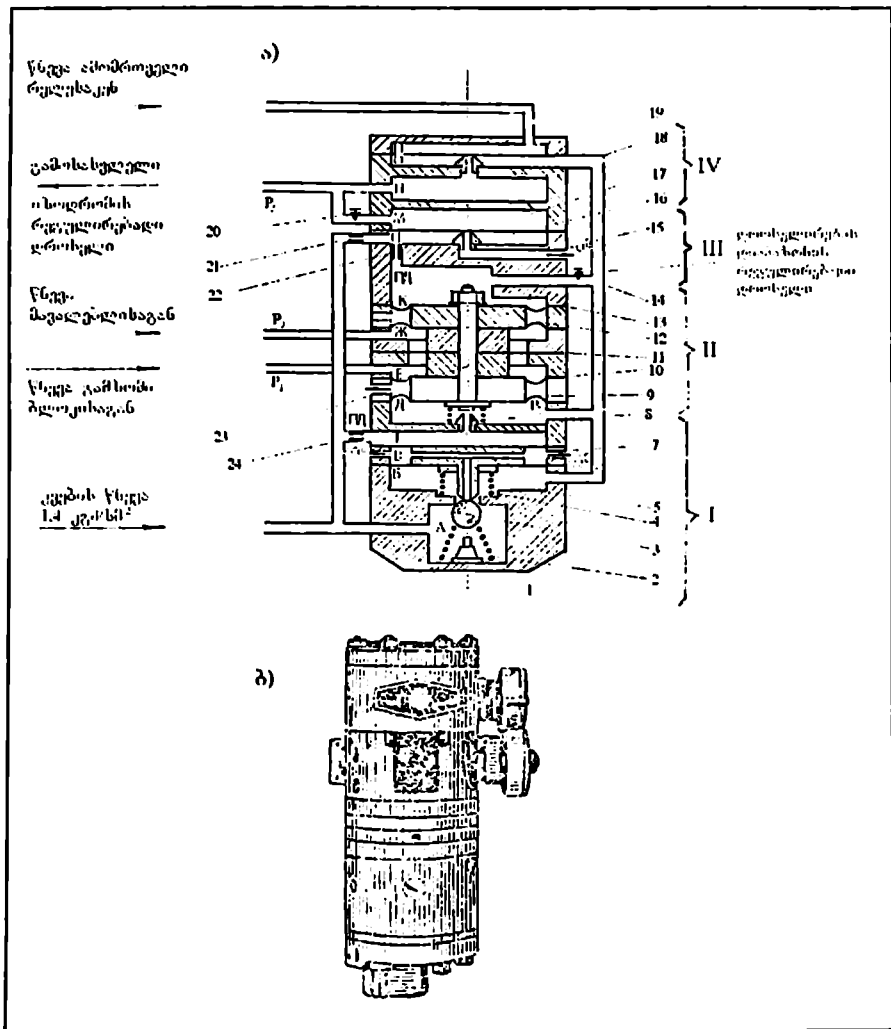
ნახ.9.79. წნევის ერთკასკადიანი ჭავჭავი რეგულატორი: 1 - მილსადენი; 2 - მარეგულირებელი ორგანო; 3 - პილრაველიკური აღმასრულებელი მექანიზმი; 4 - ჭანჭიკი; 5 - ზამბარა; 6 - ჭავჭავი მილაკი; 7 - გამზომი მოწყობილობის მემბრანა; 8 - დროსელი

ნახ.9.80 - დონის რეგულირების პრინციპული სქემა "საქშენი-საფარი" გარდამქმნელის დახმარებით.



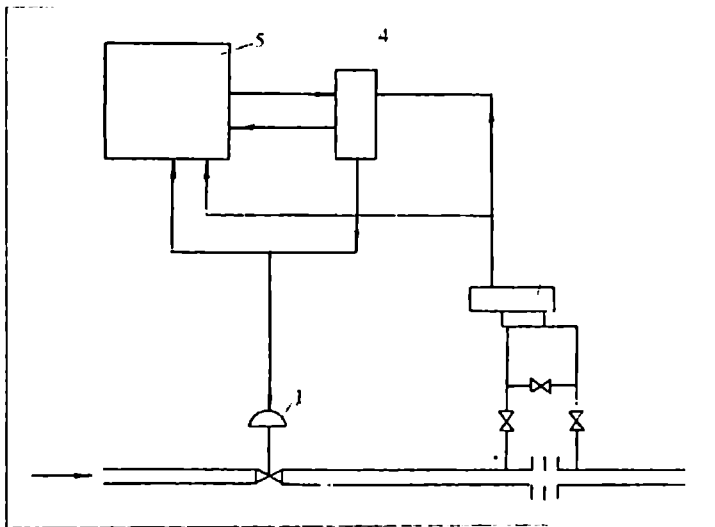
ნახ.9.80. დონის რეგულირების პრინციპული სქემა "საქშენი-საფარი" გარდამქმნელის დახმარებით: 1 - ტიფტიფა; 2 - მკვეთარა; 3 - საქშენი

ნახ.9.81 - 4PB-32A ტიპის პნევმატიკური რეგულატორის პრინციპული სქემა.



ნახ.9.81 4PB-32A ტიპის პნევმატიკური რეგულატორი: ა) პრინციპული სქემა; ბ) გარეგანი სახე; I - მეორადი გამაპლიერებელი; II - გამზომი მოწყობილობა; III - უკუკავშირი; IV - ამომრთველი რეგულ

ნახ.9.82 ПАУС აპარატურის დახმარებით ხარჯის
 რეგულირების სტრუქტურული სქემა.



ნახ.9.82. ПАУС აპარატურის დახმარებით ხარჯის რეგულირების სტრუქტურული სქემა: 1 - მარეგულირებელი ორგანო; 2 - დიფრაგმა; 3 - პირველადი ხელსაწყო - დიფმანომეტრი პნევმატიკური გარდამსახით (ДМПК-4 ტიპისა); 4 - მარეგულირებელი ბლოკი (4РБ-32А ტიპისა); 5 - მეორადი მარეგულირებელი და მარეგულირებელი ხელსაწყო მაგალებლით (3РЛ-29В)

გამზომი ტექნიკა და კონტროლი წარმოებაში

§1. საკონტროლო-გამზომი მოწყობილობების კლასიფიკაცია

გამზომი ხელსაწყო ეწოდება მოწყობილობას, რომლის დახმარებითაც შესაძლებელია გასაზომი სიდიდის შედარება განზომილების ერთეულთან. გამზომი ხელსაწყოების კლასიფიკაცია შესაძლებელია შემდეგი ნიშნების მიხედვით: 1. გასაზომი სიდიდის სახის მიხედვით; 2. ათვლის წესის მიხედვით; 3. სიზუსტის კლასის მიხედვით; 4. დანიშნულების მიხედვით; 5. მოქმედების პრინციპის მიხედვით; 6. გამოყენების ხასიათის მიხედვით; 7. მუშაობის პირობების მიხედვით; 8. გამომავალი ინფორმაციის წარმოდგენის ფორმის მიხედვით.

გასაზომი სიდიდის სახის მიხედვით საკონტროლო-გამზომი ხელსაწყოები იყოფა შემდეგ ძირითად ჯგუფებად:

- ა) წნევისა და გაიშვიათების (ვაკუუმის) გასაზომი;
- ბ) ტემპერატურის გასაზომი;
- გ) სითხეების, ორთქლისა და აირების რაოდენობისა და ხარჯის გასაზომი;
- დ) სითხეებისა და ფხვიერი ტანების დონეების გასაზომი;
- ე) ხარისხობრივი გაზომვებისათვის (სიმკვრივის, ტენიანობის, ფერის, გამჭვირვალობის, აირების შემადგენლობის, კონცენტრაციის და სხვ).

ათვლის წესის მიხედვით ანსხეავენ ხელსაწყოებს:

- ა) ხელით მართვით;
- ბ) მაჩვენებელი;
- გ) თვითმწერი;
- დ) დამაჯამებელი;
- ე) მასიგნალიზებელი;
- ფ) ჩვენებების გადამცემი მანძილზე (დისტანციური).

ხელით მართვის ხელსაწყოებს მიეკუთვნება ისეთები, რომელთა გამოყენებისას გაზომვის დროს გასაზომი სიდიდის ნიმუშებთან ან ზომებთან შედარება ხორციელდება ადა-

მიანის უშუალო მონაწილეობით (მაგალითად, საწონიანი სასწორი, ოპტიკური პირომეტრი ქრობადი ძაფით).

მანქენებელი ხელსაწყოები გასომვის მომენტში მიუთითებენ გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობაზე; ეს მნიშვნელობები განისაზღვრება ვიშუალურად სკალების მიხედვით – ხელსაწყოს ათელის მოწყობილობებით ისრის დახმარებით, რომელიც გადაადგილდება სკალის გასწვრივ (ან მბრუნავი ციფერბლატისა და უძრავი მანქენებლის დახმარებით). მუშაობის პირობების მიხედვით მანქენებელი ხელსაწყოები იყოფიან სტაციონარულ (ფარისებრად) და გადასატანად. სტაციონარული ხელსაწყოები აწარმოებენ გასაზომი სიდიდის უწყვეტ კონტროლს. გადასატანი ხელსაწყოები გამოიყენება ან მაშინ, როდესაც გასომეები წარმოებს პერიოდულად, ან ეპიზოდურად გასომევებს შორის დროის მნიშვნელოვანი შუალედებით, ან სტაციონარული ხელსაწყოების შესამოწმებლად.

თვითმწერი ხელსაწყოები ავტომატურად იწერენ გასომეების შედეგებს მოძრავი ქაღალდის ღენტაზე ან დისკზე. ეს ჩანაწერი ჩვეულებრივ წარმოადგენს ხაზს, რომელიც გვიჩვენებს, როგორ იცვლებოდა გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობა განვლილ დროში. ამ ჩანაწერის (დიაგრამის) მიხედვით შეიძლება ნედლეულის ხარჯის ან პროდუქციის გამომშვების აღრიცხვა, განსჯა იმისა, სწორად მიმდინარეობდა ტექნოლოგიური პროცესი, დადგინდეს მოწყობილობის ავარიის მიზეზი.

დამაჯამებელი ხელსაწყოები (მრიცხველები, ინტეგრატორები) უჩვენებენ გასაზომი სიდიდის ჯამურ მნიშვნელობას, რომელიც განისაზღვრება ჩვეულებრივი საანგარიშო მექანიზმით. მრიცხველები საშუალებას იძლევიან გათვალისწინებული იქნეს დახარჯული ენერჯიის, ორთქლის, წყლის, აირის და სხვ. რაოდენობა. დამაჯამებელი ხელსაწყოები, როგორც წესი, წარმოადგენენ დამატებას მანქენებელი ან მარეგისტრირებელი ხელსაწყოსადმი.

მასიგნალიზებელი ხელსაწყოები გასაზომი სიდიდის მიერ მოცემული მნიშვნელობების მიღწევისას იძლევიან სინათლის ან ბგერით სიგნალს.

დანიშნულების მიხედვით ამჟამად შეიძლება ხელსაწყოებს: ტექნიკურ ანუ სამუშაოს (საექსპლოატაციოს), საკონტროლო, ლაბორატორიულ, სანიმუშო და ეტალონურს.

მოქმედების პრინციპის მიხედვით – მექანიკური, ელექტრული, ელექტრონული, აკუსტიკური, ოპტიკური, რადიოაქტიური, ჰიდრაულიკური.

გამოყენების ხასიათის მიხედვით – ოპერატიული და სამეურნეო-ანგარიშიანი.

მუშაობის პირობების მიხედვით – სტაციონარული და გადასატანი.

გამომავალი ინფორმაციის წარმოდგენის ფორმის მიხედვით – ანალოგური და ციფრული. ანალოგური ეწოდება ხელსაწყო, რომლის ჩვენებებიც წარმოადგენენ გასასომი სიდიდის უწყვეტ ფუნქციას. ანალოგური ხელსაწყოების კლასს მიეკუთვნება ყველა ისროვანი ხელსაწყო. ციფრული ხელსაწყო ავტომატურად გამოიმუშავებს გამსომი ინფორმაციის დისკრეტულ სიგნალებს და მისი ჩვენებები წარმოდგება ციფრულ ფორმაში. ჩვენების ქვეშ იგულისხმება სიდიდის მნიშვნელობა, რომელიც განისაზღვრება ათვლის მოწყობილობით. და გამოისახება ამ სიდიდის მიღებულ ერთეულებში. ციფრული ხელსაწყოების ცდომილება შეიძლება რამდენიმე რიგით ნაკლები იყოს ანალოგურებზე.

ტექნიკური საერთოსამრეწველო გამსომი ხელსაწყოები წარმოადგენენ მუშა ხელსაწყოებს, რომლებიც გამოიყენება წარმოებაში. ისინი კონსტრუქციულად მარტივია, საიმედოა მუშაობაში, აღჭურვილია მკაფიო სკალებით მსხვილი მოციფრით; მზადდება სიზუსტის კლასით 0,5-დან 4,0-მდე.

საკონტროლო და ლაბორატორიული ხელსაწყოები გამოიყენება ტექნიკური ხელსაწყოების შესამოწმებლად, აგრეთვე, გამართვისა და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების დროს. ჩვეულებრივ საკონტროლო ხელსაწყოებით ამოწმებენ ტექნიკურ ხელსაწყოებს მათი დაყენების ადგილზე, ხოლო ლაბორატორიული ხელსაწყოებით – ლაბორატორიის სათავესოში. საკონტროლო და ლაბორატორიული ხელსაწყოები მზადდება უფრო მაღალი სიზუსტის კლასით, ვიდრე ტექნიკური ხელსაწყოები, და სახელდობრ, 0,5 და 1.

ეტალონური და სანიმუშო ხელსაწყოები გამოიყენება საზომი ხელსაწყოების შესამოწმებლად. უმაღლესი სიზუსტე

გაანინათ ეტალონურ ხელსაწყოებს. ეტალონების ძირითადი დანიშნულებაა - დაცვა და აღწარმოება ერთეულისა უმაღლესი სიზუსტით. სანიმუშო ხელსაწყოები თავის ჩვენებებში იძლევიან გასაზომი სიდიდის ნამდვილ მნიშვნელობას. მაგრამ სანიმუშო ხელსაწყოებს გაანინათ ნაკლები სიზუსტე, ვიდრე ეტალონურ ხელსაწყოებს: სანიმუშო ხელსაწყოების დანიშნულებაა შემოწმების და გრადუირების (ხელსაწყოების სკალის დატანა დამზადების დროს) დახმარებით გაზომვის სწორი ერთეულების გადაცემა ეტალონებიდან დანარჩენი ხელსაწყოებისათვის; მათი სიზუსტის კლასია 0,02-0,4.

გამზომი ხელსაწყოების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს ხელსაწყოს მგრძობიარობა. ხელსაწყოს მგრძობიარობა ეწოდება ისრის (ან ხელსაწყოს კალამის) ხაზოვანი ან კუთხური გადაადგილების სიდიდის ფარდობას გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობის (ველილებასთან, რამაც გამოიწვია ეს გადაადგილება. მგრძობიარობა გამოიხატება ჩვეულებრივ ხელსაწყოს სკალის დაყოფის რიცხვებით. მაგალითად, თუ წვეასაზომი აღჭურვილია სკალით, რომელსაც გაანინა 50 დანაყოფი, ხოლო ხელსაწყოს ისრის სრულ გადახრას შეესაბამება გაიშვიათების (ველილება 1000მმ.წყ. სეკტის (9810 ნ/მ²) ტოლი, მაშინ ხელსაწყოს საშუალო მგრძობიარობა

$$S = \frac{50 \text{ დანაყოფი}}{1000 \text{ მმ წყ.სვ}} = \frac{1}{20}; \quad S = \frac{1 \text{ დანაყოფი}}{1000 \text{ მმ წყ.სვ}} = \frac{1 \text{ დანაყოფი}}{196 \text{ ნ}^2},$$

ე.ი. 1 დანაყოფი 20 მმ.წყ. სეკტ'ზე (ან 1 დანაყოფი 196 ნ/მ² -სე). 'სოგადად ხელსაწყოს მგრძობიარობისათვის გვექნება

$$S = \frac{d\alpha}{dx}, \quad (10.1)$$

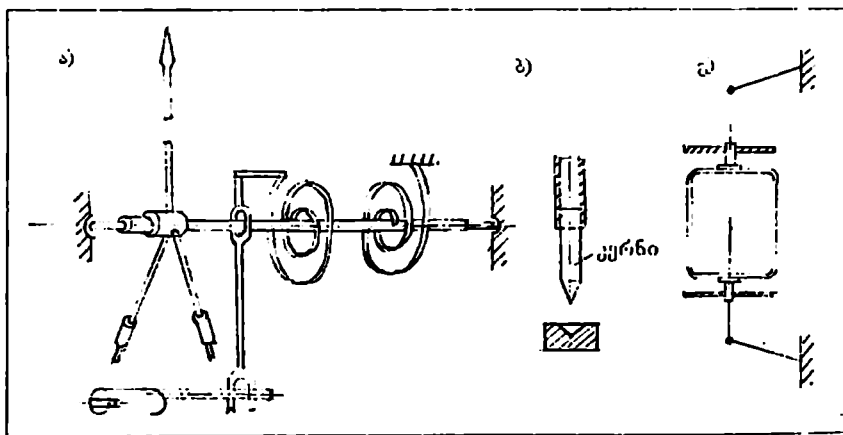
სადაც

α არის ხელსაწყოს მოძრავი ნაწილის გადახრის კუთხე (ხელსაწყოს მაჩვენებლის ან კალმის ხაზოვანი ან კუთხური გადაადგილების სიდიდე);

x - გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობა, რამაც გამოიწვია ეს გადაადგილება.

§2. ბაგზომი მოწყობილობების ძირითადი ელემენტები. ბაგზომი სკალების ტიპები

ყველა საკონტროლო-გამზომი ხელსაწყო აგებულია ძირითადად ერთი პრინციპული სქემის მიხედვით და შედგება ანალოგიური კვანძებისაგან. ხელსაწყოების საერთო კვანძებსა და დეტალებს მიეუთვნება: ხელსაწყოს კორპუსი, სკალა და მაჩვენებელი, საყრდენი - კერნი და საქუსლე, ზამზარები და დამამშვიდებლები. კერნი მზადდება ფოლადის მავთული-საგან დიამეტრით 0,5...0,75 მმ ალესილი 45...60⁰ კუთხით, მომრგვალებული რადიუსით 0,01...0,15 მმ. საქუსლეები მზადდება აგატისაგან, კორუნდისაგან 80⁰ ჩაღრმავებით მომრგვალებები რადიუსით 0,05...0,5 მმ მოძრავი ნაწილის საყრდენებზე დაყენების ნაკლს წარმოადგენს საყრდენებში ხახუნი, მგრძობიარობა დარტყმებისა და ვიბრაციებისადმი, მნიშვნელოვანი მოხმარებული სიმძლავრე. ეს ნაკლოვანებები მნიშვნელოვნადაა აღმოფხვრილი მოძრავი ნაწილის საჭიმით დამაგრებისას. საჭიმი წარმოადგენს დრეკად ლენტას. ასეთი დამაგრება გამოიყენება დიდი მგრძობიარობის ხელსაწყოებში. ყველაზე მგრძობიარე ხელსაწყოების მოძრავი ნაწილი მაგრდება საკიდებზე. ხელსაწყოს მოძრავი ნაწილის მოძრაობა ნელდება დამამშვიდებლების დახმარებით, რომლებიც გვხვდება საპაერო ან მაგნიტოინდუქციური. ნახაზზე 10.1.ა,



ნახ.10.1. ხელსაწყოს მოძრავი ნაწილის მექანიკური დეტალები: კერნი, საქუსლე, საჭიმი

წარმოდგენილია კერძი, საქუსლე და ხელსაწყოთა მოძრავი ნაწილის მექანიკური დეტალები; ნახ.10.1გ-სე საჭიმი და ხელსაწყოთა მოძრავი ნაწილი.

საკონტროლო-გამზომი ხელსაწყოების ძირითად ნაწილებს წარმოადგენენ: პირველადი ხელსაწყო, მეორადი ხელსაწყო და შემაერთებული ხაზები.

პირველად ხელსაწყოთა წარმოადგენს გამზომი მოწყობილობის მგრძობიარე ელემენტი (ტივტივა, მემბრანა, სიდიფონი, პიეზოკვარცული ფირფიტა, მაგნიტოსტრიქციული ელემენტი და ა.შ.); იგი წვეულებრივ განლაგებულია გაზომვის ადგილზე და იმყოფება კონტაქტში გამოსაკვლევე გარემოსთან. გარდამსახი გარდაქმნის საკონტროლო სიდიდეს სხვა სახის სიდიდეთ (ხმოვან ან კუთხურ გადაადგილებად, წინაღობად, ელექტრომამოძრავებელ ძალად, დენის სიდიდედ და სხვ.), რომელიც საკონტროლო სიდიდის პროპორციულია, მაგრამ, უფრო მოსახერხებელია მანიძელზე გადასაცემად და მეორად ხელსაწყოზე შემოქმედებისათვის. უფრო ხშირად პირველად ხელსაწყოთა სკალა არ გაანინა.

ცალკეულ შემთხვევებში გარდამსახსა და გამზომ მოწყობილობას შორის ან გამზომ და ათვლით მოწყობილობას შორის აყენებენ გამამდიერებელს საწყისი სიგნალის გასაზრდელად. გამამდიერებელი იყენებს გარეშე ენერჯის წყაროს (შეკუმშული ჰაერი, ელექტროენერჯია, წნევის ქვეშე მყოფი სითხის ენერჯია და სხვ.).

მეორადი ხელსაწყო წარმოადგენს გამზომი მოწყობილობის გამზომ ნაწილს; იგი უნვენებს გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობას, გარდაქმნის რა პირველადი ხელსაწყოდან მიღებულ იმპულსს, ისრის ან კალმის გადაადგილებაში. მეორადი ხელსაწყოები ყენდება გაზომვის ადგილიდან მოშორებით, როგორც წესი, აგრეგატების მართვის ფარგლებზე. შემაერთებული ხაზები აერთიანებენ ყველა წინა რგოლს ერთიან სისტემაში.

შემაერთებული ხაზები არის გამზომი მოწყობილობის გადაძვები ნაწილი, ისინი წარმოადგენენ სადენებს ან მილაკებს, რომლებიც გადასცემენ სიგნალებს პირველადი ხელსაწყოდან მეორეზე.

ხელსაწყოების ანათელის მოწყობილობები მათი ჩვენებუ-
ბის ხასიათის გათვალისწინებით სრულდება სამი სახის:

1. მანქანებელ ხელსაწყოებში – სკალისა და ისრის სა-
ხით;

2. თვითმწერ ხელსაწყოებში – კალმისა და დიაგრამის
ქაღალდის სახით;

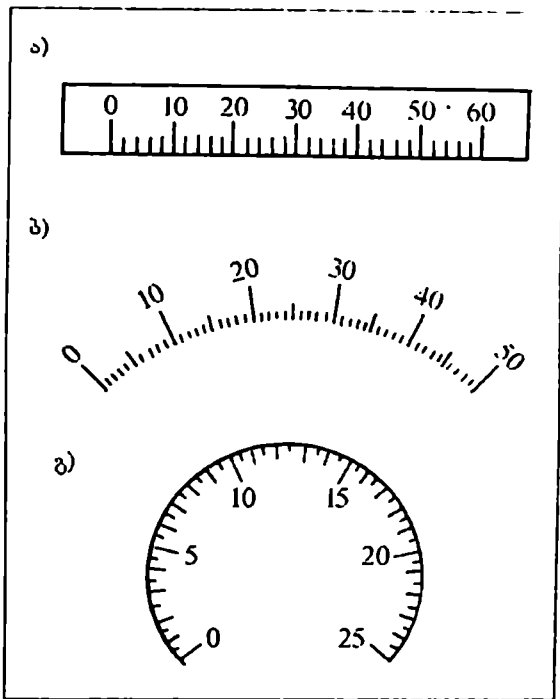
3. დამაჯამებელ ხელსაწყოებში (ინტეგრატორები) – სა-
ანგარიშო მექანიზმის სახით.

მეორადი ხელსაწყო მომარაგებულია ციფერბლათით.
ციფერბლათი ეწოდება გამზომი ხელსაწყოს ნაწილს, რომელ-
ზედაც დატანილია სკალა, ათელის რიცხვები და პირობითი აღ-
ნიშვნები, რომლებიც ახასიათებენ ხელსაწყოს (სიზუსტის
კლასი, გამოშვების წელი, ხელსაწყოს ნომერი და სხვ.).

ციფერბლათები ფორმის მიხედვით იყოფიან ბრტყელ,
ცილინდრულ, კონუსურად; კონსტრუქციის მიხედვით – უძრა-
ვად და მოძრავად.

სკალა წარმოადგენს ნიშნების ერთობლიობას, რომლე-
ბიც გამოსახავენ რიგ თანმიმდევრობით რიცხვებს, რომლე-
ბიც შეესაბამებიან გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობებს.

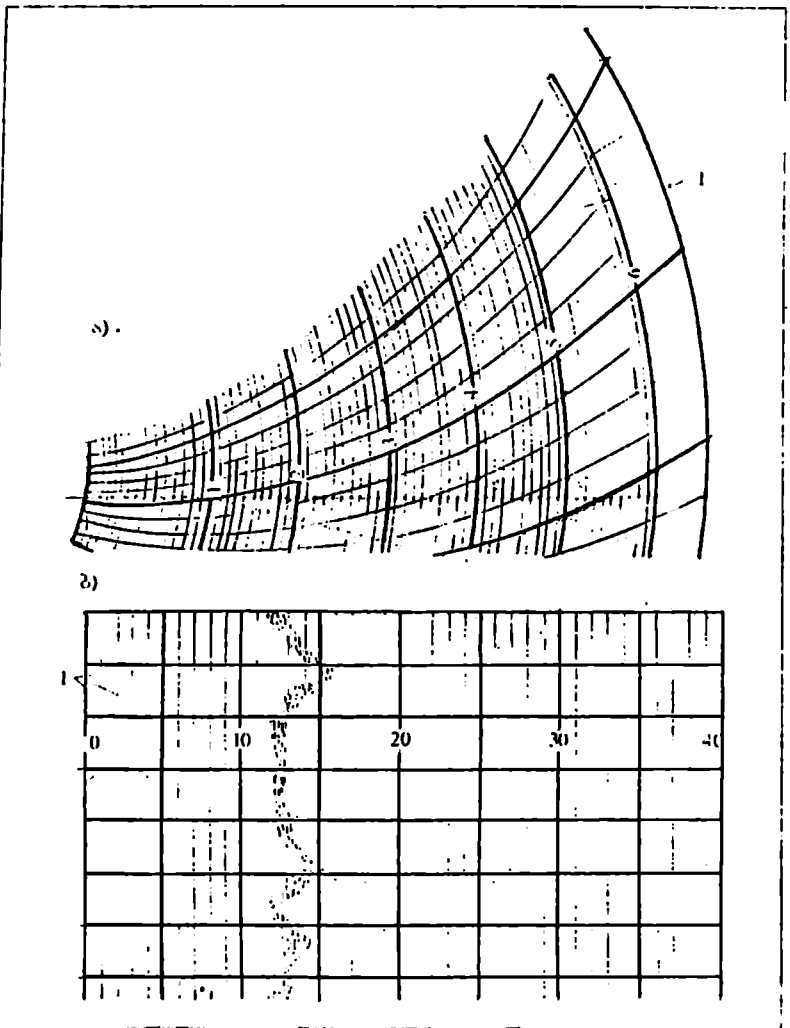
ციფერბლათებზე დატანილი სკალები იყოფიან მოხაზვის
მიხედვით (ნახ.10.2) სწორხაზოვნად, რკალურად (180⁰-დე
რკალის კუთხის დროს) და წრიულად (180⁰-ზე მეტი რკალის
კუთხის დროს). ნიშნების განლაგების ხასიათის მიხედვით
სკალები იყოფიან თანაბარზომიერად, რომელშიც ნიშნებს
შორის თანაბარი მანძილია (ხოლო უდიდესი დანაყოფის
სიგრძის შეფარდება უმცირესთან არ აღემატება 1,3 დანაყო-
ფის მუდმივი ფასის დროს), და არათანაბარზომიერად, რო-
მელშიც ერთი და იგივე ფასის დანაყოფს გააჩნია
სხვადასხვა სიგრძე. ნულის განლაგების ადგილის მიხედვით
სკალები იყოფიან ცალმხრივად, რომელთა ხელსაწყოს
სკალა იწყება ნულიდან, ორმხრივად, რომელთა ნიშნებიც
განლაგებულია ნულიდან ორივე მხარეს, და უნულო, რო-
მელიც იწყება არა ნულიდან, არამედ გასაზომი სიდიდის
გარკვეული მნიშვნელობიდან.



ნახ.10.2. ხელსაწყოს სკალების სახეები: ა) სწორხაზოვანი; ბ) რკალური; გ) წრიული

თვითმწერ ხელსაწყოებში გამოიყენება ლენტური და დისკური დიაგრამის ქაღალდები (ნახ.10.3).

ლენტური ქაღალდი სრულდება რულონის სახით სიგანით 40-400 მმ და სიგრძით 10-30 მ. ქაღალდზე დატანილია სწორკუთხა საკოორდინატო ბადე, ამასთან, სიგანეზე გადადებულია გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობა, ხოლო სიგრძეზე – გასული დროის მნიშვნელობა. დისკური ქაღალდი მისაღდება 160-300 მმ დიამეტრით. იგი მომარაგებულია პოლარული საკოორდინატო ბადით კონცენტრული წრეხაზების სახით, რომლებიც იკეფებიან რადიალური რკალებით. კონცენტრული წრეხაზები შეესაბამებიან გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობებს, ხოლო რადიალური რკალები – დროის ნიშნებს. სეკენებების ჩაწერა წარმოებს წერტილოვანი ხაზით ან უწყვეტი ხაზით.



ნახ.10.3 დიაგრამის ქაღალდი თვითმწერი გამზომი ხელსაწყოებისთვის: ა) დისკური, ბ) ლენტური: 1 - გასაზომი სიდიდეების ხაზი, 2 - დროის ხაზი.

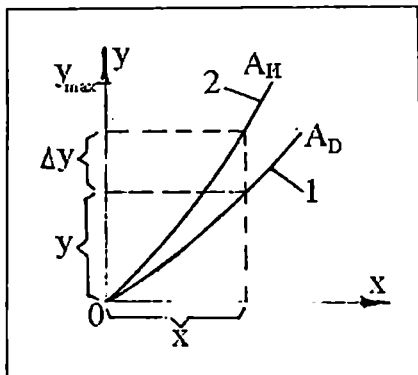
უწყვეტი ჩაწერა ხორციელდება კალმით, ხოლო წერტილოვანი ჩაწერა - ისრით ან კვერით (პატარა ჩაქუჩი), რომელიც პერიოდულად მიეჭირება ქაღალდს. დიაგრამის ქაღა-

ლდის გადასადგილებლად გამოიყენება მექანიკური ან ელექტრული ამპრაი. უწყვეტი ჩაწერის დრო შეიძლება იყოს რამდენიმე წუთიდან, რამდენიმე დღე-ღამემდე, ღენტის გადაადგილების სინქარისაგან დამოკიდებულებით, რომელსაც ადგენს მომსახურე პერსონალი.

§3. ცდომილებები გაზომვისა და ავტომატური კონტროლის დროს

ნებისმიერი გაზომვის დროს მისი შედეგი რამდენადმე განსხვავდება გასაზომი სიდიდის ნამდვილი მნიშვნელობიდან, ე.ი. ადგილი აქვს ცდომილებას. ხელსაწყოების ჩვენებების ცდომილობები გამოწვეულია რიგი მიზეზებით. სოგი ცდომილება დამახასიათებელია თვითონ ხელსაწყოსათვის და დამოკიდებულია მისი კონსტრუქციისაგან, გაზომვის მეთოდისაგან, სხეები დამოკიდებულია პირობებსე, რომელშიც წარმოებს გაზომვა.

ამრიგად, ცდომილება ეწოდება გამოჩეალი სიდიდის y ცვლილებას, რომელიც აღიძერება ელემენტს შიგა თვისებების ცვლილების (გაცეეა, მასალის დაბერება და სხე.) ან მისი მუშაობის გარე პირობების (მომცველი ტემპერატურის, მკეებავი ძაბვის შეცვლა და სხე.) ცვლილების შედეგად. ცდომილების აღძერის დროს იცვლება ელემენტის მახასიათებელი (მრუდი 2 ნახაზზე 10.4). ანსხეეებენ აბსოლუტურ, ფარდობით და დაყვანილ ფარდობით ცდომილებებს.



ნახ.10.4. ცდომილების განსაზღვრა

გაზომვის აბსოლუტური ცდომილება ეწოდება სხვაობას სიდიდის გაზომვით A_M და ნამდვილ A_H მნიშვნელობას შორის. გასაზომი სიდიდის ნამდვილ მნიშვნელობად დებულ ბენ მნიშვნელობას, რომელიც განისაზღვრება სანიმუშო ხელსაწყოების საშუალებით. ამრიგად, აბსოლუტური ცდომილება

$$\Delta = A_M - A_H. \quad (10.2)$$

n -ჯერ გაზომვების შემთხვევაში გამოითვლება ცდომილების საშუალო კვადრატული მნიშვნელობა ($\Delta_{\text{საშ}}$).

$$\Delta_{\text{საშ}} = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}}. \quad (10.3)$$

გაზომვის ფარდობითი ცდომილება ε ეწოდება აბსოლუტური ცდომილების შეფარდებას გასაზომი სიდიდის ნამდვილ მნიშვნელობასთან:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{A_H} \cdot 100\%. \quad (10.4)$$

აბსოლუტური ცდომილების Δ მუდმივობის დროს ფარდობითი ცდომილება (ε) მით უფრო მეტია, რაც უფრო ნაკლებია გასაზომი სიდიდის ნამდვილი მნიშვნელობა (A_H).

იმდენად, რამდენადაც გაზომვის ჩვეულებრივ შემთხვევებში აბსოლუტური ცდომილება მნიშვნელოვნად ნაკლებია გაზომილი სიდიდის მნიშვნელობაზე, ე.ი. $\Delta \ll A_H$ 10.2-დან A_H -ს მნიშვნელობის გათვალისწინებით 10.4-ში გვექნება

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{A_H} = \frac{\Delta}{A_H - \Delta} = \frac{\Delta}{A_H \left(1 - \frac{\Delta}{A_H}\right)}. \quad (10.5)$$

10.5 ფორმულაში $\frac{\Delta}{A_H}$ მნიშვნელობა შეიძლება უბუნებელყოთ, ვინაიდან $\Delta \ll A_H$. მაშინ

$$\varepsilon \approx \frac{\Delta}{A_H}, \quad (10.6)$$

ე.ი. ფარდობითი ცდომილების გამოთვლის დროს აბსოლუტური ცდომილება შეიძლება შევაფარდოთ ხელსაწყოს ნვენებას.

ტექნიკური გაზომვების პრაქტიკაში კმაყოფილდებიან სიზუსტით, რომელიც მიიღწევა პირობის დროს, რომ ცდომილება არ გამოდის განსაზღვრული ზღვრებიდან. ხელსაწყოების თითოეული ტიპისათვის სახელმწიფო სტანდარტით დამტკიცებული ტექნიკური ნორმებით, დასაშვებია ცდომილებების ნვენებების განსაზღვრული უდიდესი სიდიდე. ამასეა დამოკიდებული ხელსაწყოების სიზუსტის კლასი. განსაზღვრული სიზუსტის კლასის ხელსაწყოების ძირითადი დაყვანილი ცდომილება სკალის სამუშაო დიაპაზონში პროცენტებში არ უნდა აღემატებოდეს რიცხვების რიგიდან - $1 \cdot 10^n$; $1.5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2.5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$, სადაც $n=1; 0; -1; -2; -3; \dots$ - ამორჩეულ შესაბამის სიზუსტის კლასს.

სიზუსტის კლასი მიეკუთვნება ხელსაწყოს მეტროლოგიური პარამეტრების რიცხვს.

ხელსაწყოების სკალაზე რიცხვები, რომლებიც უნვენებენ სიზუსტის კლასს, შემოხაზულია წრეხაზით. ეს რიცხვები აღნიშნავენ ხელსაწყოს დასაშვებ დაყვანილ ფარდობით ცდომილებას. დაყვანილი ფარდობითი ცდომილება ეწოდება პროცენტებში გამოსახულ ნორმალურ პირობებში მყოფი ხელსაწყოს უდიდეს შესაძლო აბსოლუტური ცდომილების ფარდობას ხელსაწყოს ნომინალურ სიდიდესთან. ნომინალური სიდიდე ეწოდება ხელსაწყოს გაზომვის ხედა ზღვარს (სკალის მაქსიმალური მნიშვნელობა).

დაყვანილი ფარდობითი ცდომილება

$$\beta = \frac{\Delta}{N} 100\%, \quad (10.7)$$

სადაც N არის ხელსაწყოს ნომინალური სიდიდე.

აბსოლუტური ცდომილების (Δ) მუდმივობის დროს დაყვანილი ფარდობითი ცდომილება (β), აგრეთვე, მუდმივია.

ფარდობითი და დაყვანილი ფარდობითი ცდომილება წარმოადგენს უგანსომილებო სიდიდეს. დაყვანილი ფარდობითი ცდომილება ყველაზე ხშირად გამოიყენება ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ელემენტების სიზუსტის შესაფასებლად.

ცდომილება მისი გამომწვევი მიზეზებისაგან დამოკიდებულიებით, ატარებს სხვადასხვა დასახელებას: ტემპერატურული ცდომილება, სიხშირული ცდომილება, ცდომილება ძაბვის მერყეობისაგან და სხვ. კერძოდ, ცდომილება გამოწვეული ელემენტის მახასიათებლების (ველილებით დროთა განმავლობაში, იწოდება არასტაბილურობად.

ხელსაწყოების მნიშვნელოვან მახასიათებელს მათი მგრძნობიარობის გარდა (იხ. ფორმულა 10.1) წარმოადგენს დანაყოფის ფასი.

გამზომი ხელსაწყის დანაყოფის ფასი ეწოდება სიდიდეს, რომელიც მგრძნობიარობის შებრუნებულია

$$C = \frac{1}{S}. \quad (10.8)$$

დანაყოფის ფასი განსაზღვრავს გასაზომი სიდიდის ერთეულების რიცხვს გამზომი ხელსაწყოს სკალის ერთ დანაყოფზე.

მგრძნობიარობის ცნება არ უნდა აეურიოთ მგრძნობიარობის ზღურბლის ცნებას.

გარე და შიგა მიზეზების მოქმედების შედეგად ელემენტს შეიძლება გააჩნდეს ე.წ. მგრძნობიარობის ზღურბლი.

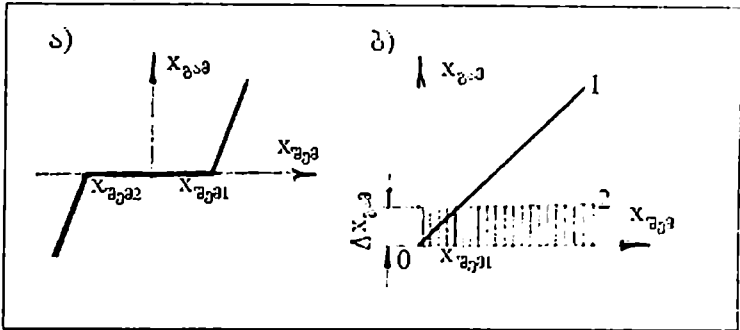
მგრძნობიარობის ზღურბლი ეწოდება შემავალი სიდიდის (გასაზომი) გადახრის მინიმალურ (აბსოლუტური სიდიდით) მნიშვნელობას, რომელიც იწვევს გამომავალი სიდიდის (ხელსაწყოს ჩვენების) წინასწარ ცნობილ ცვლილებას.

შეიძლება არსებობდეს ორი სხვადასხვა მიზეზი მგრძნობიარობის ზღურბლის წარმოსაქმნელად. ძრავებში, აღმასრულებელ ორგანოებში, რელესა და სხვა მსგავს ელემენტებში ხახუნის, მკვდარი სველის (დუფტის) ან ჰისტერეზისის (არაწრფივობა) არსებობისას შემავალი სიდიდის შეცვლის დროს ზოგიერთ ზღვრებში გამომავალი სიდიდე რჩება უცვლელი. გარდამსახებში, გამაძლიერებლებში და სხვა მსგავს ელემენტებში შემავალი სიდიდის მუდმივობის დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს გამომავალი სიდიდის რაღაც ცვლილებას მისი არასტაბილურობის (ჩამოცოცება ან “დრეიფი”), ხმაურის, დაბრკოლების სახით.

ელემენტის უმარტივესი მახასიათებელი პირველი შემთხვევისათვის (ხახუნის არსებობისას) ნაჩვენებია ნახაზზე 10.5ა.

როდესაც $x_{ჟი}$ იმყოფება სახდერებში $x_{ჟი1}$ -დან $x_{ჟი2}$ -მდე, გამომავალი სიდიდე $x_{გაგ}$ რჩება მუდმივი და ნულის ტოლი. თუ სიდიდე $x_{ჟი}$ გამოდის ამ სახდერებიდან, მაშინ $x_{გაგ}$ იწყებს ცვლილებას. $x_{ჟი1}$ და $x_{ჟი2}$ მნიშვნელობებს ეწოდება მგრძნობიარობის ზღურბლი. ინტერვალ $\Delta x_{ჟი}$ მგრძნობიარობის ზღურბლებს შორის იწოდება არა მგრძნობიარობის ზონად. მეკვარი სვლის (ლუფტის) ან რელეური თვისებების არსებობისას მახასიათებლები ხდება ორნიშნა. ამასთან, მათ, აგრეთვე, გააჩნიათ მგრძნობიარობის ზღურბლები და არა-მგრძნობიარობის ზონა.

მეორე შემთხვევისათვის (ხმაურის არსებობისას ელემენტის გამოსასვლელზე) უმარტივესი მახასიათებელი ნახევრები ნახაზზე 10.5ბ.



ნახ.10.5. მგრძნობიარობის ზღურბლი: ა) ხასუნის არსებობისას; ბ) ხმაურის არსებობისას გასასვლელზე

დაეუშვათ, ხმაურის არარსებობისას შემაველ და გამო-მაველ სიდიდეებს შორის დამოკიდებულება გამოისახება მახასიათებლით 1, ხოლო ხმაურის დონე, რომელიც არ არის დამოკიდებული შემაველი სიდიდისაგან, გამოისახება მახასიათებლით 2. ხმაურს აქვს შემთხვევითი ხასიათი, მაგრამ არ აღემატება $\Delta x_{გაგ}$ სიდიდეს. ამიტომ თუ $x_{ჟი} < x_{ჟი1}$, გამომავალი სიდიდე $x_{გაგ} \leq \Delta x_{გაგ}$ შეიძლება წარმოიქმნას როგორც $x_{ჟი}$ -ის მოქმედებით, ისე ხმაურის მოქმედებით. თუ გამოსასვლელზე წარმოიქმნება სიდიდე $x_{გაგ} > \Delta x_{გაგ}$, ეს უჭკველია წარმოად-

გენს შესასვლელზე $x_{\text{ჰო}}$ -ის არსებობის შედეგს. წინასწარ არ არის ცნობილი გამოსასვლელზე გეაქვს თუ არა ხმაური, მაგრამ ყველა შემთხვევაში როცა $x_{\text{ჰო}} > x_{\text{ჰო}}$ გამოსასვლელზე წინასწარ ცნობილია, რომ წარმოიქმნება $x_{\text{გა}} > \Delta x_{\text{გა}}$. ამიტომ $x_{\text{ჰო}}$ -ის სიდიდე შეიძლება ჩაითვალოს მგრძნობიარობის 'ზღურბლად' (პრაქტიკულად ჩვეულებრივ მგრძნობიარობის ზღურბლად ღებულობენ სიდიდეს, რომელიც რამდენადმე აღემატება $x_{\text{ჰო}}$). მგრძნობიარობის 'ზღურბლის ასეთი განსაზღვრა მეორე შემთხვევისათვის წარმოადგენს არსებითად გამოსასვლელი სიდიდის არასტაბილურობის (ხმაური, დაბრკოლება, დრეიფი) დაყენანს შესასვლელზე.

თანაბარი სკალის დროს ხელსაწყოს მგრძნობიარობა მუდმივია. არათანაბარსკალიან ხელსაწყოებს გაანწიათ ცვლადი მგრძნობიარობა სკალის სხვადასხვა უბნებისათვის.

ხელსაწყოების დამზადების დროს სკალებს აგრადუირებენ (ან ამოწმებენ) სანიმუშო ხელსაწყოების დახმარებით ნორმალური პირობების დროს, ე.ი. გარემოს ტემპერატურა უნდა იყოს 20°C , ატმოსფერული წნევა 760 მმ ვერცხ. წყლის სვეტი, იგი დაყენებული უნდა იქნეს ხელსაწყოს სკალაზე მითითებულ მდგომარეობაში და არ უნდა განიცადდეს გარე მაგნიტური ველის მოქმედებას (დედამიწის მაგნიტური ველის გარდა). ამ პირობებიდან გადახრა იწვევს ხელსაწყოს ცდომილებას. ხელსაწყოს პასპორტში ან ინსტრუქციაში სვეულებრივ მიეთითება პირობები, რომელშიაც შესაძლებელია ხელსაწყოს ნორმალური ექსპლოატაცია ხელსაწყოს კლასით დაშვებული ცდომილებით. ხელსაწყოები პერიოდულად ექმედებარებიან შემოწმებასა და დადადებას (ვადეები დგინდება სპეციალური სამსახურების მიერ).

შევნიშნავთ, რომ გამოსომი ხელსაწყოების მახასიათებლები ბევრად არის დამოკიდებული გაზომვების გამოყენებულ მეთოდებზე. ავტომატური კონტროლის სისტემებში ყველაზე ხშირად გამოიყენება შემდეგი მეთოდები: ნულოვანი, ზომასთან შედარება, უშუალო შეფასება, დაპირისპირება, დამთხვევის და სხვ.

ნულოვანი მეთოდი ემყარება ხელსაწყოზე ფიზიკური სიდიდის ზემოქმედების ნულოვან მნიშვნელობაზე დაყენანის იდეას. მეთოდი რეალიზდება სარეგულირებელი ზომის და

შედარების მოწყობილობის (ნულლოვანი – ორგანოს) დახმარებით, გაზომვის ასეთი სქემის მაგალითია გაწონასწორებული ელექტრული ხიდი.

ზომასთან შედარების მეთოდი უზრუნველყოფს გასასწომი სიდიდის შედარებას აღწარმოებით ზომასთან (მაგალითად, მასალის მასის გაზომვა ბერკეტულ სასწორზე გამაწონასწორებელი საწონებით).

უშუალო შეფასების მეთოდი განსაზღვრავს გასასწომი სიდიდის მნიშვნელობის უშუალოდ გამსომი ხელსაწყოთა ახათველი მოწყობილობის მიხედვით (მანევრებადი ხელსაწყოები – ეოლტმეტრი, ამპერმეტრი, ციფრული გამსომი ხელსაწყოები და ა.შ.).

დაპირისპირების მეთოდი ეფუძნება ერთდროულ ურთიერთქმედებაზე სხვადასხვა მიმართულებით გასასწომი სიდიდის, შესადარებელი ხელსაწყოთა და აღწარმოებითი ზომის (მაგალითად, ტვირთის აწონვა ტოლმხრიან სასწორებზე, ამ შემთხვევაში ტვირთის მასა განისაზღვრება გამაწონასწორებელი საწონების მასების ჯამით).

დამთხვევის მეთოდი ადარებს გასასწომ სიდიდეს აღწარმოებით ზომასთან, სკალების ნიშნების დამთხვევის ან პერიოდული სიგნალების გამოყენებით (მაგალითად, ელექტროძრავას როტორის ბრუნვის სიჩქარის გაზომვა სტრობოსკოპით).

§4. წნევისა და ვაკუუმის გაზომვა

1. საერთო ცნობები წნევისა და ვაკუუმის გაზომვის შესახებ

წნევის ქვეშ იგულისხმება ძალა, მოქმედი ზედაპირის ერთეულზე ზედაპირის მართობულად. წნევის ერთეულად ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაში СИ მიღებულია წნევა, რომელიც იქმნება 1 ნიუტონის ძალის მიერ, რომელიც მოქმედებს ერთ კვადრატულ მეტრ ფართობზე – ნ/მ² (პასკალი). ვინაიდან ეს ერთეული ძალიან მცირეა, პრაქტიკული ანგარიშებისათვის რეკომენდებულია წნევის ერთეული კილონიუტონი ან მეგანიუტონი ერთ კვადრატულ მეტრზე – კნ/მ² (1000 ნ/მ²) ან მეგანიუტ/მ² (10⁶ ნ/მ²).

ტექნიკაში, აგრეთვე, სარგებლობენ წნევის ისეთი ერთეულებით, როგორცაა წყლის სვეტის მილიმეტრი (მმ.წყ.სვე) (ეს არის წნევა, რომელსაც აწარმოებს 11 მმ წყლის ვერტი-

კალური სვეტი ჰორიზონტალურ ზედაპირზე), ვერცხლის წყლის მილიმეტრი (მმ.ვერცხ.წყ.სვ.) (ეს არის წნევა, რომელსაც აწარმოებს 1 მმ სიმაღლის ვერცხლისწყლის ვერტიკალური სვეტი ჰორიზონტალურ ზედაპირზე), კგ/სმ².

წნევის ერთეული CGS სისტემაში არის 1 დნ/1 სმ² - 1 დნ/სმ².

წნევის ეს ერთეულები დაკავშირებულია ერთმანეთთან შემდეგი თანაფარდობით:

$$\frac{1 \text{ კგძ}}{1 \text{ სმ}^2} = 1 \frac{\text{კგძ}}{\text{სმ}^2} = 98066.56/\text{მ}^2 = 0.980665 \text{ ბარი} = 735.56 \text{ მმ ვერცხ.წყ.სვ. (0}^\circ\text{C-ის}$$

დროს)=10000 მმ წყ.სვ. (40°C-ის დროს);

1 ბარი \approx 1.02 კგძ/სმ²=100027.836/მ²;

1 მმ ვწყ. სვ.=13.595 მმ წყ. სვ.=133.32 ნ/მ²;

1 მმ წყ. სვ.=9.80665 ნ/მ² \approx 9.81 ნ/მ²;

1 ნ/მ²(პასკალი) \approx 0.102 მმ წყ. სვ.;

$$1 \text{ კგძ/სმ}^2 = 980000 \text{ დნ/სმ}^2 = 98 \cdot 10^4 \cdot \frac{10^{-5} \text{ ნ}}{10^{-4} \text{ მ}^2} = 0.98 \cdot 10^5 \text{ ნ/მ}^2 \approx 10^5 \text{ ნ/მ}^2$$

წნევა 1 კგძ/სმ² იწოდება ტექნიკურ ატმოსფეროდ ან უბრალოდ ატმოსფეროდ და აღინიშნება ატ ან *am*. ატმოსფერული წნევის გაელენას განიცდის დედამიწის ზედაპირზე მდებარე ყველა სხეული (ტანი). ეს არის დედამიწის სფეროზე გარს შემორტყმული ჰაერის წონით (ატმოსფეროთი) გამოწვეული წნევა.

ფიზიკური ატმოსფერო (ნორმალური ატმოსფერო) ტოლია 760 მმ ვერცხლის წყლის სვეტისა (ზღვის დონეზე), 1,013 ბარი ან 10,332 მ წყლის სვეტისა 0⁰-ისა და სიმძიმის ძალის აჩქარების დროს 980,665 სმ/წ². აღინიშნება ატმ ან *amm*. ვინაიდან ფიზიკური ატმოსფერო არ არის დაკავშირებული ერთეულთა არცერთ სისტემასთან, ამიტომ იგი არის წმინდა პირობითი სიდიდე და როგორც წნევის ერთეული არ გამოიყენება. 1ფიზ.ატმ.=1,033 კგძ/სმ²=10,332წყ.სვ. (40°C-ის დროს)=

$$10332 \frac{\text{კგძ}}{\text{სმ}^2} = 10333 \text{ მმ.წყ.სვ. (40}^\circ\text{C-ის დროს)} = 101325 \text{ ნ/მ}^2. \text{ (ცხადია, რომ}$$

წნევა 1 $\frac{\text{კგძ}}{\text{სმ}^2}$ რიცხობრივად უდრის 1მმ წყ.სვ. სიმაღლეს. ვერ-

ცხლის წყლის სვეტის სიმაღლე, რომელიც შეესაბამება წნევას 1 კგძ/მ² იქნება იმდენჯერ ნაკლები წყლის სვეტის სიმაღლეზე, რამდენჯერაც ვერცხლის წყალი მძიმეა წყალზე

(ვერცხლის წყლის ხვედრითი წონა ტოლია 13600 კგ/მ³), ე.ი. 1მმ ვერცხლის წყლის სვეტისა ტოლია 13,6მმ წყლის სვეტისა. 1მმ ვ.წყ.სვ. = 13.6გ/სმ³ · 1მმ = 13.6მგ/სმ³ · 0.1სმ = 1.36გ/სმ² = $= 1.36 \cdot 10^{-3} \frac{\text{კგ}}{\text{სმ}^2} = 0.00136 \text{კგ/სმ}^2 = 0.00136 \text{ატ.}$

მაგრამ 1 ატმ.=1.033ატ. აქედან 1ატ = $\frac{1}{1.033}$ ატმ = 0.96ატმ. 1მმ ვ.წყ.სვ. = 0.00136ატ = 0.00136 · 0.96ატმ = 0.00131ატმ. 1ატ = 10მ. წყლის სვეტის 4⁰C-ის დროს, ან 1 ატ=735.56 მმ. ვ.წყ.სვ. 0⁰C-ის დროს.

ამრიგად, წნევა იზომება ტექნიკურ ატმოსფეროებში (ატ), ვერცხლის წყლის მილიმეტრებში (მმ ვ.წყ.სვ.) და წყლის სვეტის მილიმეტრებში (მმ წყ. სვ.). გაიშვიათება (ვაკუუმეტრული წნევა) ჩვეულებრივ იზომება ვერცხლის წყლის სვეტის მილიმეტრებში ან წყლის სვეტის მილიმეტრებში.

სამრეწველო დანადგარებში წნევა (ვაკუუმი) იქმნება ხელოვნურად, როდესაც ეს აუცილებელია ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალური მიმდინარეობისათვის. წნევის ქვეშ იმყოფება ორთქლი ქვაბში, აირი (მაგალითად ჟანგბადი) ბალონში. ორთქლის და აირის წნევა ამ შემთხვევებში იქნება ატმოსფერულზე მაღალი. წნევის ქვეშ ატმოსფერულზე მაღლა იმყოფება, აგრეთვე, ჰაერი, რომელიც ვენტილატორით მიეწოდება ღუმელის საცეცხლურში. ეს წნევა აუცილებელია იმისათვის, რათა დაძლეული იქნეს სათბობის წინაღობა ცეცხლრიკის ცხაურაზე, მიწოდებული იქნეს საცეცხლურში ჰაერის განსახდგრული რაოდენობა, საკმარისი წვის ნორმალური პროცესისათვის. ქვამლსადენში ჩვეულებრივ კვამლწოვისა და მილის დახმარებით იქმნება უმნიშვნელო ვაკუუმი (გაიშვიათება) ღუმელში წნევის ვარდნის, ე.ი. წვეის შესაქმნელად, რომელიც წვის პროცესში წარმოქმნილი კვამლის აირების არინებას ემსახურება. წვეის შესუსტებას კვამლსადენში მიყვავართ წვის პროდუქტების არასრულ არინებასთან საცეცხლურის სივრციდან და, როგორც შედეგი წვის პროცესის დარღვევასთან და პერსონალის შესაძლო მოწამვლასთან. საღუმელე დანადგარებში წვეის სიდიდე

შეადგენს 80-150 მმ წყ.სვ. (785-1470 ნ/მ²), ხოლო საქვაბუებში აღწევს 250-300 მმ.წყ.სვ. (2450-2940 ნ/მ²).

წნევისა და გაიშვიათების გაზომვა და კონტროლი განუხრელად არის დაკავშირებული წარმოების თანამედროვე ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალურად წარმართვასთან.

ანსხვავებენ წნევის შემდეგ სახეებს:

1. ატმოსფერული - $P_{ატმ}$ (წვენი მომცველი ჰაერის წნევა);
2. ჭარბი წნევა - $P_{ჭარ}$ (ატმოსფერულ წნევაზე მაღალი)

$$P_{ჭარ} = P_{აბს} - P_{ატმ};$$

3. ვაკუუმი - $P_{ვაკ}$ (ატმოსფერულ წნევაზე დაბალი) $P_{ვაკ} = P_{ატმ} - P_{აბს}$;

4. აბსოლუტური წნევა - $P_{აბს}$ (სრული წნევა, რომლის ქვეშ იმყოფება სითხე, ორთქლი ან აირი, ატმოსფერული წნევის გათვალისწინებით $P_{აბს} = P_{ჭარ} + P_{ატმ}$ იგი აღინიშნება *ამათი*. ყველა საანგარიშო ფორმულაში, როგორც წესი, გამოყენებულია აბსოლუტური წნევა.

ჭარბი წნევა $P_{ჭარ} = \frac{F}{S}$, სადაც F არის ძალა; S - ფართობი, რომელზედაც მოქმედებს ძალა F .

სითხისათვის ან აირისათვის ეს ფორმულა შეიძლება გარდაქმნილი იქნეს შემდეგნაირად. თუ $F = G = \mathcal{W}$ ხოლო $V = S \cdot h$, მაშინ

$$P_{ჭარ} = \frac{F}{S} = \frac{G}{S} = \frac{\mathcal{W}}{S} = \frac{\gamma \cdot S \cdot h}{S} = \gamma \cdot h, \text{ ე.ი. } P_{ჭარ} = \gamma \cdot h,$$

სადაც

G არის სხეულის (ტანის) წონა; γ - ტანის ხვედრითი წონა; h - სიმაღლე; V - ტანის მოცულობა.

წნევისა და ვაკუუმის გასაზომად გამოიყენება ხელსაწყოები:

1. ბარომეტრები, ზომავენ ატმოსფერულ წნევას;
2. მანომეტრები, ზომავენ წნევას ატმოსფერულზე მაღალს (ჭარბ წნევას);
3. ვაკუუმეტრები, ზომავენ წნევას ატმოსფერულზე დაბალს - გაიშვიათებას;
4. მანოვაკუუმეტრები, ზომავენ წნევასაც და გაიშვიათებასაც;

5. დაწნევის საზომები, ზომავენ აირების მცირე ჭარბ წნევებს (ჩვეულებრივ 2500 მმ წყ. სვ. ან 0,245 ბარი);

6. წვეასაზომები, ზომავენ მცირე გაიშვიათებას (აირის ვაკუუმეტრულ წნევას);

7. წვეადაწნევის საზომები, ზომავენ მცირე წნევებს და გაიშვიათებებს.

8. დიფერენციალური მანომეტრები, ზომავენ ორი წნევის სხვაობას (წნევათა სხვაობას), ე.ი. დეპრესიას.

მოქმედების პრინციპის მიხედვით წნევის გასაზომი ხელსაწყოები იყოფიან ოთხ ძირითად ჯგუფად:

1. წნევის გაზომვა სითხის სვეტით გაწონასწორების გზით, რომლის სიმაღლეც წარმოადგენს წნევის განმსაზღვრელ სიდიდეს;

2. წნევის გაზომვა დრეკადი ელემენტების (მილისებრი ზამბარა, მემბრანა, სილფონი) დეფორმაციის გაზომვის გზით;

3. წნევის გაზომვა ტვირთის წონით გაწონასწორების გზით, რომელიც მოქმედებს განსაზღვრული ფართობის დეგუშზე;

4. წნევის გაზომვა ზოგიერთი მასალის ელექტრული, მაგნიტური და სხვა თვისებების (პიეზოკრისტალის ელექტრული წინაღობის ცვლილების) გაზომვის გზით, რომლებიც დამოკიდებულია წნევაზე.

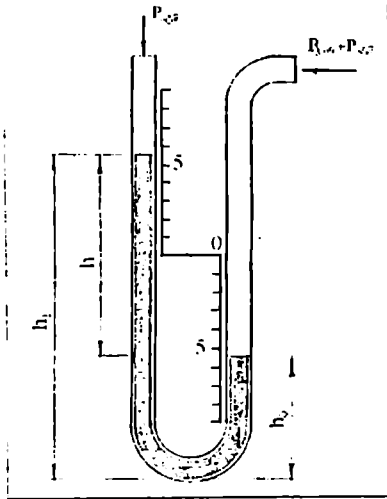
2. სითხიანი ხელსაწყოები წნევისა და ვაკუუმის გასაზომად

სითხიანი მანომეტრები და ვაკუუმეტრები მუშაობენ გასაზომი წნევის სამუშაო სითხის სვეტის წნევით გაწონასწორების პრინციპით. მუშა სითხეებად მიიღება: ეერცხლის წყალი ხვედრითი წონით $\gamma = 13.546$ (გპ/სმ³ 20°C-ის დროს); წყალი $\gamma = 0.998$; ეთილის სპირტი $\gamma = 0.790$; ნავთი $\gamma = 0,820$; გლიცერინი - $\gamma = 1,257$ და სხვ.

სითხიან მანომეტრებს მიეკუთვნება: U - ბრი, ჯამიანი, დახრილი მილაკით, "რგოლებრი სასწორი", ტივტივა და ზარხუფიანი. სითხიან მანომეტრებს გააჩნიათ მაჩვენებლების საკმარისად მაღალი სიზუსტე. ქვემოთ მოცემულია მოკლე მიმოხილვა.

სითხიანი მანომეტრებიდან ყველაზე მარტივია U-ბრი (ორმილიანი) მანომეტრი. ეს არის მინის მილაკი მოხრილი ასო U ფორმით. მილაკის სიმაღლის ნახევრამდე იგი ივსება

სითხით და მავრდება სკალიან დაფაზე. გასასომად მილაკის ერთი ბოლო უერთდება სიერცეს, რომელშიც იზომება წნევა, ხოლო მეორე ბოლო დატოვებული უნდა იქნეს ღიად. შედეგად, თუ იზომება ატმოსფერულზე მაღალი წნევა ერთ მილაკში სითხე დაიწევს, ხოლო მეორეში აიწევს. გაიშვიათუბის გასომების შემთხვევაში მოხდება საპირისპიროდ. სითხის დონეთა სხვაობა h განსაზღვრავს წნევას (ნახ.10.6).



ნახ.10.6. ორ მილიან (U-ბრი) მანომეტრის სქემა

ეს აიხსნება შემდეგნაირად. თუ სითხე იმყოფება წონასწორობაში, ძალა, რომელიც მოქმედებს მარცხენა მილაკში, ტოლია მარჯვენა მილაკში მოქმედი ძალისა, ე.ი.

$$P_{აბ} + h_1 \gamma = P_{ბა} + P_{აბ} + h_2 \gamma,$$

საიდანაც

$$P_{ბა} = h_1 \gamma - h_2 \gamma = \gamma(h_1 - h_2), \quad (10.9)$$

სადაც γ არის მუშა სითხის ხვედრითი წონა.

წყლის შემთხვევაში $\gamma = 1 \text{ კგ/დმ}^3$, ამიტომ

$$P_{ბა} = h_1 - h_2 = h,$$

სადაც h არის მუშა სითხის სიმაღლეთა სხვაობა მილაკებში.

h სიმაღლე მონომეტრში არ არის დამოკიდებული მილაკის ფორმაზე და კვეთზე. იგი დამოკიდებულია მხოლოდ წნევაზე და სითხის მოცულობით წონაზე.

თუ მანომეტრში გამოყენებულია არა წყალი, არამედ სხვა სითხე, ჩვენებების გადაანგარიშება წყ. სვ. მმ-ში შესაძლებელია ფორმულით:

$$h_1 = h_{\text{წყ}} \frac{\gamma_{\text{წყ}}}{\gamma_1}, \quad (10.10)$$

სადაც

h_1 არის სითხის ფაქტობრივად გაზომილი დონეთა სხვაობა;

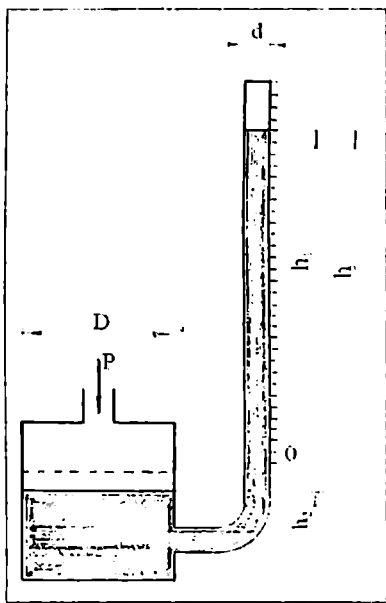
$h_{\text{წყ}}$ – გასაზომი წნევა, მმ წყ. სვ. (ან ნ/მ²);

γ_1 – მანომეტრში ჩასხმული სითხის ხევედრითი წონა;

$\gamma_{\text{წყ}}$ – წყლის ხევედრითი წონა.

U-რი მანომეტრით შესაძლებელია, აგრეთვე, წნეკათა სხვაობის გაზომვა ორ სივრცეში; ამისათვის ერთი მილაკი უერთდება ერთ სივრცეს, მეორე მილაკი მეორე სივრცეს. სითხის დონეთა სხვაობა გეიზენებს დეპრესიის სიდიდეს, ე.ი. წნეკათა სხვაობას. ასეთ ხელსაწყოს ეწოდება დიფერენციალური მანომეტრი, ანუ დიფმანომეტრი. U-რი მანომეტრის ნაკლს წარმოადგენს ორი ათვლის აუცილებლობა და ჩვენებების შეკრება, აგრეთვე, ათვლის გაძნელება მილაკებში სითხის დონეთა რყევის გამო. მილაკის დიამეტრი უნდა იყოს არა ნაკლები 4-6 მმ-ისა, რათა ადგილი არ ჰქონდეს დონის შესამჩნევ დამახინჯებას სითხის მინასთან კაპილარული შეჭიდულობის გამო.

უფრო მარტივსა და მოსახერხებელს წარმოადგენს ჯამიანი (ერთ მილაკიანი) მანომეტრი, რომელშიც მითითებული ნაკლოვანებები აღმოფხვრილია. ჯამიანი მანომეტრის ერთი მილაკი გაფართოებულია, ხოლო მეორე მილაკი ისეთივეა, როგორც U-რი მანომეტრისა. ჯამისა და მილაკების დიამეტრებს შორის ასეთი თანაფარდობაა $D=(10+20)d$. D და d ნაჩვენებია ნახაზზე 10.7.



ნახ.10.7. ჯამიანი (ერთ მილაკიანი) მანომეტრის სქემა

წნევის გაზომვის დროს გასაზომ სივრცესთან მიერთებულია ფართო მილაკი, ხოლო წვრილი მილაკის ბოლო დატოვებულია ღიად; თუ გასაზომი წნევა აღემატება ატმოსფერულს, სითხის დონე ფართო ჭურჭელში ცოტა დაიწევეს, ხოლო წვრილ მილაკში სითხის დონე მნიშვნელოვნად აიწევეს. გასაზომი წნევა განისაზღვრება h სიმაღლით

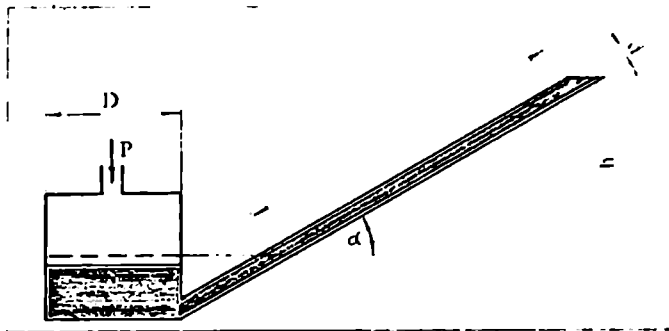
$$h = h_1 + h_2$$

ვინაიდან $h_2 \ll h_1$ -ზე, ამიტომ h_2 შეიძლება უგულებელვყოთ და წნევის სიდიდის ათვლა მოვახდინოთ მხოლოდ წვრილი მილაკის მიხედვით, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს გაზომვას.

სითხიანი მანომეტრები მარტივია მოწყობილობის მიხედვით, იაფი; ზუსტი და მათი ჩვენებები მუდმივია. მაგრამ ისინი არ მზადდება 2-3 ბარზე მეტი წნევის გასაზომად, რადგან გაზომვის ზღვრების ზრდასთან ერთად იზრდება მილაკის ზომა, გასათვალისწინებელია, აგრეთვე, მინის სიმტკიცეც. არ არის რეკომენდებული, ასევე, სითხიანი მანომეტრების გამო-

ყენება 100მმ.წყ.სე. 981 ნ/მ²-ზე ნაკლები წნევის გასაზომად, გაზომვაში დიდი უზუსტობების გამო.

მცირე წნევებისა და გაიშვიათებების გასაზომად (რამდენიმე ათეული მმ.წყ.სე.) გამოიყენება სითხიანი მიკრომანომეტრები დახრილი მილაკით. ეს არის ჯამიანი მანომეტრი, რომლის წვრილი მილაკი განლაგებულია პორიზონტისადმი 8-50° კუთხით (ნახ.10.8).



ნახ.10.8. მანომეტრის სქემა დახრილი მილაკით

გამზომი მილაკისათვის დახრილი მდგომარეობის მიცემა ამაღლებს გაზომვის სიზუსტეს, რადგანაც რაც უფრო ნაკლებია დახრის კუთხე α , გასაზომი წნევის იმავე მნიშვნელობის დროს ხელსაწყო სკალის სიგრძე უნდა იყოს მეტი; სხვანაირად რომ ვთქვათ, სკალის მილიმეტრების რიცხვი, რომელიც შეესაბამება 1 მმ.წყ.სე. (9,81 ნ/მ²) წნევას, იქნება მით უფრო მეტი, რაც უფრო მცირეა დახრის კუთხე.

დახრილი მიკრომანომეტრით განსაზღვრული წნევა

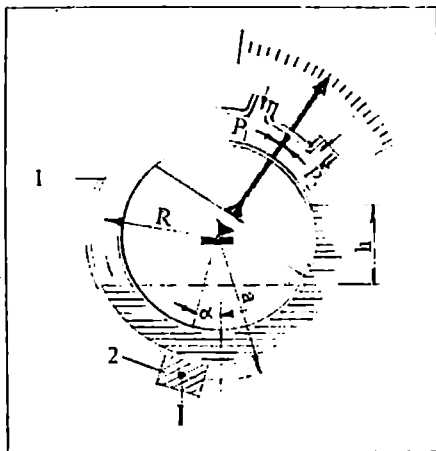
$$P = h \cdot \gamma = n \cdot \gamma \cdot \sin \alpha. \quad (10.11)$$

მუშა სითხედ გამოიყენება სპირტი ან წყალი.

მიკრომანომეტრი მზადდება წნევის გასაზომად 15-150მმ.წყ.სე. 147-14706/მ²-დე.

“რგოლებრი სასწორი” წარმოადგენს სითხით შევსებულ დრუ რგოლს. ზედა ნაწილში რგოლს აქვს ტიხარი (ნახ.10.9). წნევის თანაბრობისას რგოლის ორივე სიდრუეში სითხე განლაგდება რგოლურ მილაკში (1) ერთ დონეზე; გამაწონასწორებელი ტვირთი (2) იკავებს საშუალო შეეულ მდგომარეობას და ისარი დგება ნულზე. წნევის მიყვანისას სითხე გა-

დაადგილდება წნევათა სხვაობის $\Delta P = P_1 - P_2$ მოქმედებით, ნახევარი რგოლი ხდება უფრო მძიმე და აბრუნებს ხელსაწყოს რგოლსა და ისარს მარჯვნივ.



ნახ.10.9 რგოლური სასწორების სქემა

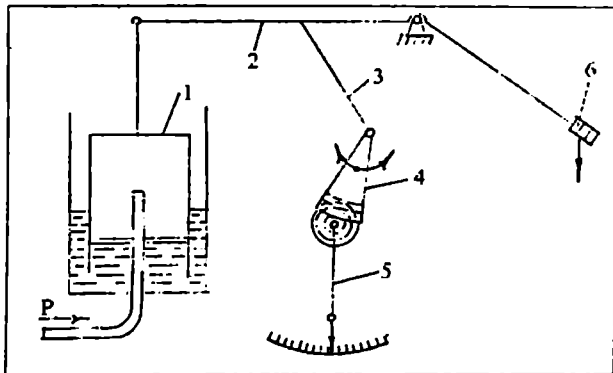
გასაზომი წნევათა სხვაობა რგოლის წონასწორობის დროს განისაზღვრება ტოლობით

$$P_1 - P_2 = \frac{Ga}{Rf} \cdot \sin \alpha, \quad (10.12)$$

სადაც α არის რგოლის მობრუნების კუთხე; f – რგოლის შიგა განივკვეთის ფართობი; R – რგოლის საშუალო რადიუსი; G – ტვირთის წონა; a – დაშორება რგოლის ცენტრიდან ტვირთის სიმძიმის ცენტრამდე.

სითხის მიერ შექმნილი მაბრუნე მომენტი, წონასწორდება ტვირთის მიერ შექმნილი მომენტი. საცველელი ტვირთი ხელსაწყოს ზღვრების შეცვლის საშუალებას იძლევა. “რგოლური სასწორი”-ს ტიპის მანომეტრები მუშაობენ, როგორც დაწნევის საზომები, წვეასაზომები, წვეადაწნევის საზომები და დიფერენციალური მანომეტრები. “რგოლური სასწორი”-ს ტიპის მანომეტრები მზადდება მაჩვენებელი, თვითმწერი და სკალისგარეშე ელექტროგარდამსახით. წყლიანი და ზეთიანი რგოლური მანომეტრების გაზომვის ზღვარი 2500 ნ/მ^2 -ს შეადგენს, ხოლო ვერცხლისწყლიანი რგოლური მანომეტრის – $0,25$ ბარს; სიზუსტის კლასი $1,0-1,5$.

ზარხუფიან მანომეტრში წნევა მიიყვანება ზარხუფის (1) ქვეშ, რომელიც ჩაყურსულია სითხეში (ნახ.10.10). ზარხუფი აიწევა თუ წნევა ატმოსფერულზე მაღალია, ან დაეწევა ქვევით, თუ წნევა ატმოსფერულზე დაბალია. ამასთან ბერკეტი (2) გადაადგილდება და შემაერთებელი მჭიმის (3) დახმარებით მოაბრუნებს სექტორულ მექანიზმს (4) (კბილანა სექტორი და კბილანა თვალი), რომლის ღერძზეც დამაგრებულია ისარი (5). მომენტი, შექმნილი ზარხუფით, წონასწორდება ტიერთის (6) მიერ შექმნილი მომენტი.



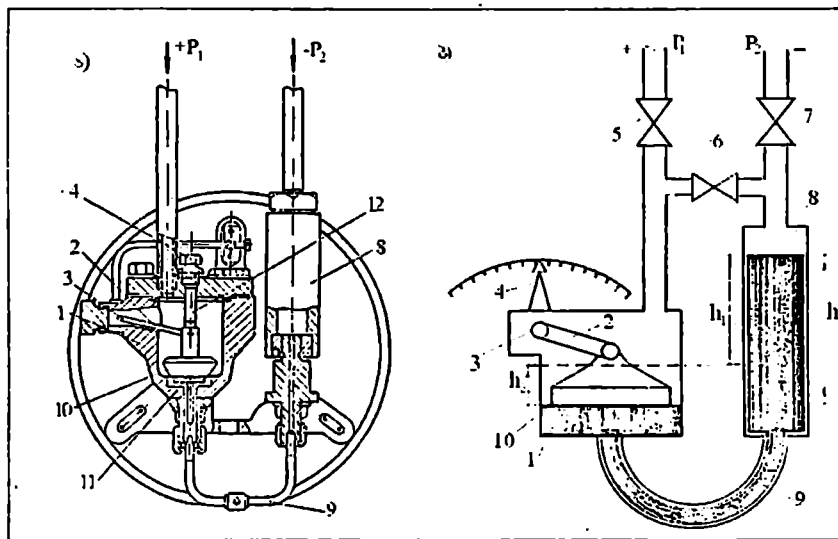
ნახ.10.10. ზარხუფიანი მანომეტრი

ზარხუფიანი მანომეტრი გამოიყენება წნევათა დაბალ ვარდნილზე, ჩვეულებრივ 750 ნ/მ^2 -მდე (მუშა სითხე: წყალი ან ზეთი) და 4000 ნ/მ^2 -მდე (მუშა სითხე - ვერცხლისწყალი).

ტივტივა მანომეტრები მეტწილად გამოიყენება როგორც დიფერენციალური ორი წნევის სხვაობის გასაზომად. მრეწველობაში იყენებენ ვერცხლისწყლიან ტივტივა მექანიკურ დიფმანომეტრებს. ტივტივა დიფმანომეტრები შეიძლება, აგრეთვე, გამოყენებული იქნეს ჭარბი წნევის და გაიშვიათების გასაზომად. ისინი პოულობენ გამოყენებას სხვადასხვა სითხეებისა და აირების დონისა და ხარჯის გასაზომ მოწყობილობებში.

ხელსაწყო შედგება ორი პერმეტიული ფოლადის ჭურჭლისაგან: ტივტივა ჭურჭლისაგან (1), რომელთანაც მიიყვანება მეტი წნევა. ამ ჭურჭელს ეწოდება პლიუსის ჭურჭელი და აღინიშნება ნიშნით "+", და ჭურჭლისაგან (8), რომელთანაც მიიყვანება ნაკლები წნევა. ამ ჭურჭელს ეწოდება მინუსის

ჭურჭელი და აღინიშნება ნიშნით “-“, მინუსის ჭურჭელი არის საცვლელი, ფართო ტივტივა ჭურჭელში ვერცხლისწყლის ზედაპირზე ცურავს ფოლადის ტივტივა (10), რომელიც სახსრულად არის დაკავშირებული ბერკეტის (2) და ღერძის (3) დახმარებით ხელსაწყოს ისართან (4). 11 არის დამცველი სარქველი; 12 - არეტირი, ტივტივას მისაჭერად ჭურჭლის ფსკერთან. (ნახ.10.11).



ნახ.10.11. ტივტივა მექანიკური დიფმანომეტრი: ა) დიფმანომეტრის სქემა; ბ) დიფმანომეტრის მოწყობილობა

როდესაც დიფმანომეტრში იქმნება წნევის ვარდნილი $P_1 - P_2$ პლიუსის ჭურჭელში ვერცხლისწყალი ეშვება h_2 სიმაღლეზე და გამოიდევნება მინუსის ჭურჭელში (8). მინუსის ჭურჭელში მუშა სითხე აიწევა h_1 სიმაღლეზე (რადგანაც $P_2 < P_1$ -ზე). წნევათა სხვაობა $P_1 - P_2$ წონასწორდება ვერცხლისწყლის სვეტის წონით სიმაღლით h .

$$h = h_1 + h_2 = P_1 - P_2.$$

ვერცხლისწყლის მოცულობა, რომელიც გამოიდევნება პლიუსის ჭურჭლიდან, მინუსის ჭურჭელში წნევის ნებისმიერი მაქსიმალური ვარდნისას ყოველთვის რჩება მუდმივი. ამასთან, ტივტივაჭურჭლის შიგა დიამეტრი და ტივტივას სელა,

აგრეთვე, რჩება უცვლელი. საცვლელი მინუსის ჭურჭლები მოცემული დიფმანომეტრისათვის სრულდება წნევათა ვარდნილისათვის 40-დან 1000 მმ.ვერცხ.წყ. სექტამდე (5330-133206/შ) რვა სხვადასხვა ზომის.

ნახაზზე 5, 6, 7 არის ნემსისებრი ვენტილები. სამუშაო მდგომარეობაში ვენტილი 6 დაკეტილია. ხელსაწყოს გამორთვისას, თავდაპირველად იხსნება გამათანაბრებელი ვენტილი 6, რითაც თანაბრდება წნევა ჭურჭლებში, ხოლო შემდეგ იკეტება საკეტი ვენტილები 5 და 7.

ხელსაწყოს ჩართვისას თავიდან იხსნება საკეტი ვენტილები გახსნილი გამათანაბრებელი ვენტილის დროს, ხოლო შემდეგ გამათანაბრებელი იკეტება. ჩართვისა და გამორთვის ასეთი წესის წყალობით ხელსაწყო დაცულია უეცარი ბიძგებისაგან, რომელთაც შეუძლიათ ვერცხლისწყლის ამოტყორცნის გამოწვევა.

განხილული ტიპის ტივტივა დიფმანომეტრები გამოდის როგორც მექანიკური ხელსაწყოები, ისე გარდამსახებით მაჩვენებლების ელექტრული და პნევმატიკური დისტანციური გადამცემისათვის მეორად ხელსაწყოებზე (რამდენიმე ასეულ მეტრ მანძილზე).

მექანიკური დიფმანომეტრები გამოიყენება, როდესაც მანძილი გაზომვის ადგილიდან ხელსაწყომდე არ აღემატება 50მ. ხელსაწყოები გამოდის მაჩვენებელი, თვითმწერი, ინტეგრატორის გარეშე და ინტეგრატორით.

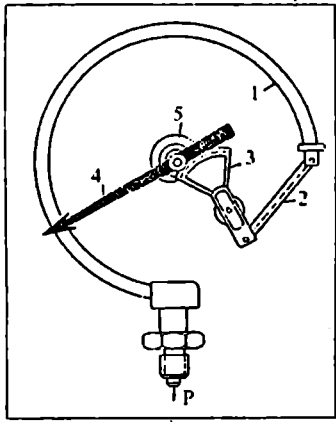
ტივტივა დიფმანომეტრების ყველა მოდიფიკაციისათვის ტივტივას სელა წნევის ზღვრული ვარდნილის დროს ტოლია 30,5 მმ, ტივტივაჭურჭლის შიგა დიამეტრი 78 მმ. ხელსაწყოს საშუალებით გაზომილი წნევის მაქსიმალური ვარდნილი შეიძლება შეიცვალოს, საცვლელი მინუსის ჭურჭლის შერჩევით.

3. ზამბარიანი მანომეტრები

ზამბარიანი მანომეტრები და ვაკუუმეტრები წარმოადგენენ ტექნიკურ ხელსაწყოებს, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ჭარბი წნევისა და ვაკუუმის გასაზომად. ზამბარიანი მანომეტრებს შეუძლიათ წნევის გაზომვა ფართო საზღვრებში, მარტივია კონსტრუქციულად, იაფია, საიმედოა ექსპლოატაციაში. ტექნიკურ მანომეტრებში და ვაკუუმეტრებში ჩვეულებრივ გამოიყენება დრეკადი ზამბარები: ერთხეველიანი მილოვანი ზამბარა, მრავალხეველიანი პელი-

კოიდალური ზამბარა, ბრტყელი გოფირებული მემბრანა, ჰარმონიკის სახის სილფონური მემბრანა.

ხელსაწყოები ერთხვეულიანი მილოვანი ზამბარით (ბურდონის მილით) ფართოდ გამოიყენება როგორც მანომეტრები და როგორც ვაკუუმეტრები (ნახ.10.12). ხელსაწყოები მზადდება სიზუსტის შემდეგი კლასებით: 0,5; 1; 1,5; 2,5 და 4.



ნახ.10.12. ზამბარიანი მანომეტრის 'სქემა

ნახაზზე აღნიშნულია - ერთი ბოლოდან დარჩილული ერთხვეულიანი მილოვანი ზამბარა ელიფსური ან ოვალური კვეთით (1), რომელიც მეორე ბოლოთი დამაგრებულია საჭერელაში, რომელიც თავის მხრივ შეერთებულია წნევის გასაზომ ჭურჭელთან. (2) არის სატარი კბილანა სექტორის (3) მოსაბრუნებლად. (4) ისარი. (5) სპირალური ზამბარა განკუთვნილი კბილანამოდებაში ლუფტის ასარინებლად. ჭარბი წნევის მოქმედებით მილი (1) იმართება და აბრუნებს ისარს.

ზამბარიანი მანომეტრები გამოდის სამი ტიპის: ტექნიკური, საკონტროლო და სანიმუშო.

საკონტროლო მანომეტრი გადასატანია და გათვალისწინებულია პერიოდულად წნევის უფრო ზუსტი გაზომვებისათვის, აგრეთვე, ტექნიკური მანომეტრების შესამოწმებლად უშუალოდ მათი დაყენების ადგილზე.

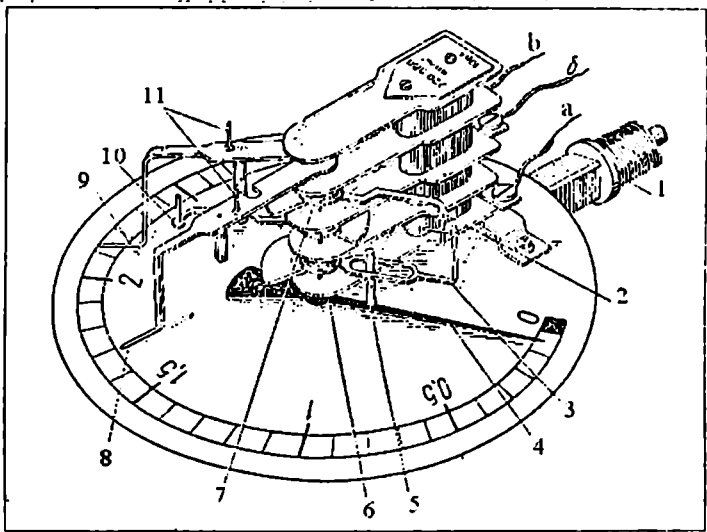
სანიმუშო მანომეტრებს იყენებენ ტექნიკური და საკონტროლო მანომეტრების შესამოწმებლად, აგრეთვე, წნევის გასაზომად ლაბორატორიებში, როდესაც აუცილებელია გან-

საკუთრებით ზუსტი ჩვენებები. სანიმუშო მანომეტრის სკალა დაყოფილია 100 ან 300 თანაბარ დანაყოფად.

ერთხვეულიანი ზამბარიანი მანომეტრები მოხდდება ჩვენებების ელექტრული და პნევმატური გადაცემით მანძილებზე (დისტანციური მანომეტრები).

ელექტრულ დისტანციურ მანომეტრებში გამოიყენება გადაცემის დიფერენციალურ-ტრანსფორმატორული სისტემა, ხოლო პნევმატურ დისტანციურ მანომეტრებში გადაცემის სისტემა საქშენი-საფარი.

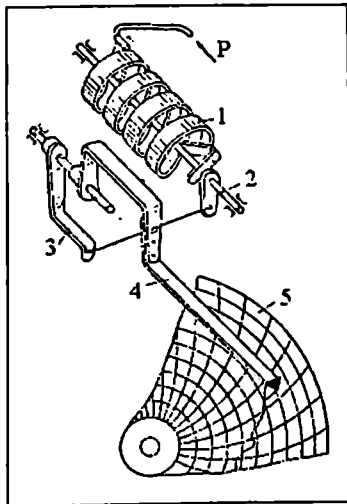
წნევის მოცემული მნიშვნელობების მიღწევის სიგნალიზაციისათვის გამოიყენება ელექტროკონტაქტური მანომეტრები კონტაქტური მოწყობილობით (ნახ.10.13)



ნახ.10.13. ელექტროკონტაქტური მანომეტრი (ЭКМ): 1 - შტუცერი; 2,3,10 ბერკეტი; 4 ისარი; 5,11 - წიკრი; 6 - სპეციალური დგარი; 7 - ზამბარა; 8,9 - საკონტროლო ისრები; a, b, c - საღენები

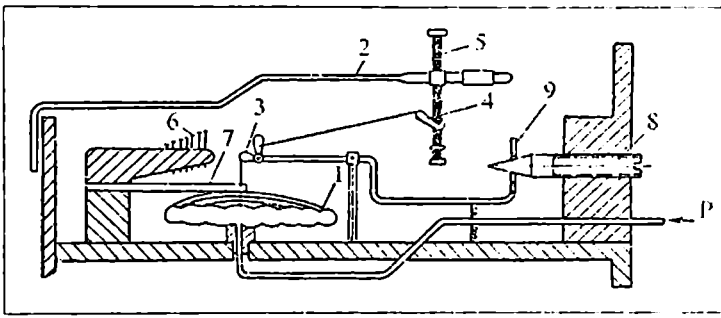
ელექტროკონტაქტური მანომეტრები გამოდის ჩვენებების ზედა ზღვრებით: მანომეტრები 1600 კგ/სმ² (1570 ბარი)-დე; მანოვაკუუმეტრები - წნევის მანომეტრული სკალის მიხედვით 25 კგ/სმ² (24,5 ბარი)-დე, ხოლო ვაკუუმეტრული სკალის მიხედვით - 760 მმ. ვერცხ. წყ. სვეტი (1,013 ბარი).

მრავალხვეულიანი ჰელიკოიდალური სამბარიანი ხელსაწყოების მუშა ორგანოს წარმოადგენს მრავალხვეულიანი მილოვანი სამბარა, რომლის შიგა დიამეტრი ტოლია 30 მმ; ხვეულების რიცხვი მერყეობს 6-დან 9-მდე. სამბარის დიდი სიგრძის შედეგად მის თავისუფალ ბოლოს შეუძლია გადაადგილდეს 15 მმ-მდე, რის შედეგადაც ასეთი სამბარის განხვევის (დაშლის) კუთხე შეადგენს 30-60°. სამბარის მიერ განვითარებული დიდი ძალები, იძლევიან არა მხოლოდ მაჩვენებელი ისრის გადაადგილების შესაძლებლობას, არამედ ისრისაც, რომელსაც აქვს ჩვენებების ჩამწერი კალამი, აგრეთვე, განხორციელებს ჩვენებების დისტანციური გადაცემა. მრავალხვეულიანი ჰელიკოიდალური მილოვანი სამბარები გამოყენებულია, კერძოდ, თვითჩამწერ მანომეტრებში (ნახ.10.14), რომლებშიც დისკი დიაგრამის ქალაქით გადაადგილდება სინქრონული ელექტროძრავით ან საათის მექანიზმით. ხელსაწყოები გამოდის დისკის ბრუნვის სიჩქარით 1 ბრუნვა 8 საათში, 1 და 3 დღე-ღამეში.

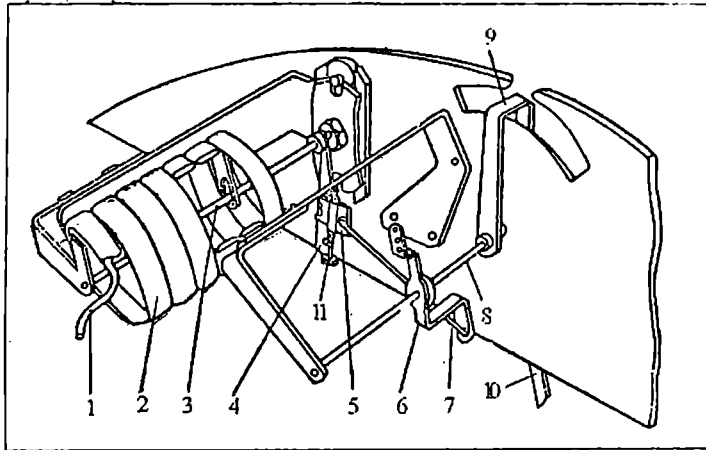


ნახ.10.14. ჰელიკოიდალური სამბარიანი თვითმწერი მანომეტრის სქემა: 1 – ჰელიკოიდალური სამბარა; 2 – გადამცემი მექანიზმი; 3 – ბერკეტი; 4 – საჭერი; 5 – თანაბრად მოძრავი დიაგრამის ქალაქი

ბრტყელი გოფირებული მემბრანიანი ხელსაწყოები გამოიყენება დაწნევის, წვეის და წვეადაწნევის გასაზომად. ნახაზზე 10.15 მოცემულია მემბრანული დაწნევაზომის სქემა. ნახაზზე 10.16 წარმოდგენილია თვითჩამწერი მანომეტრის კვანძის სქემა მრავალხვიური მილისებრი სამბარით.

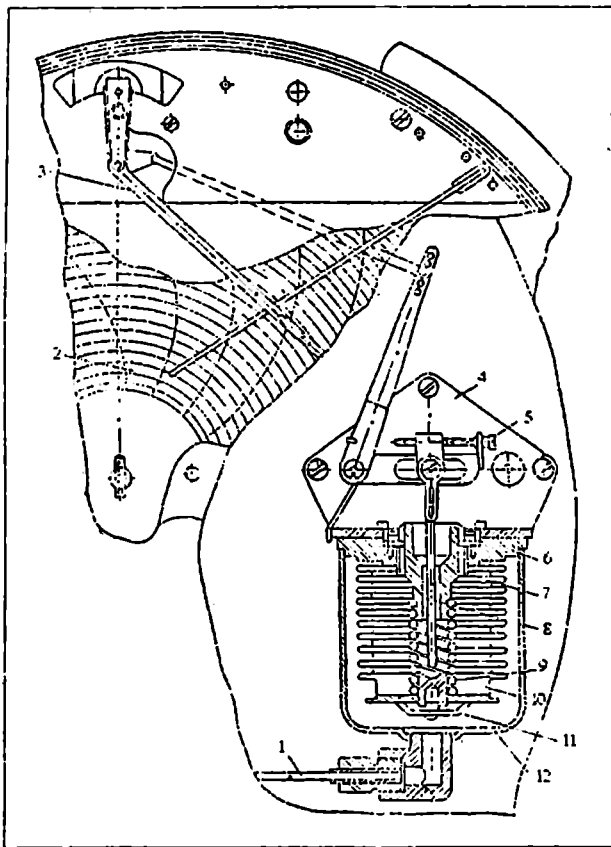


ნახ.10.15. მემბრანული მანომეტრის სქემა: 1 - გოფირებული მემბრანა; 2 - ისარი; 3 - მუხლა ბერკეტი; 4 - ბერკეტი; 5 - ისრის ღერძი; 6 - საყენებელი ხრახნი; 7 - ფირფიტოვანი ზამბარა; 8 - ხრახნი; 9 - საყრდენი ბერკეტი



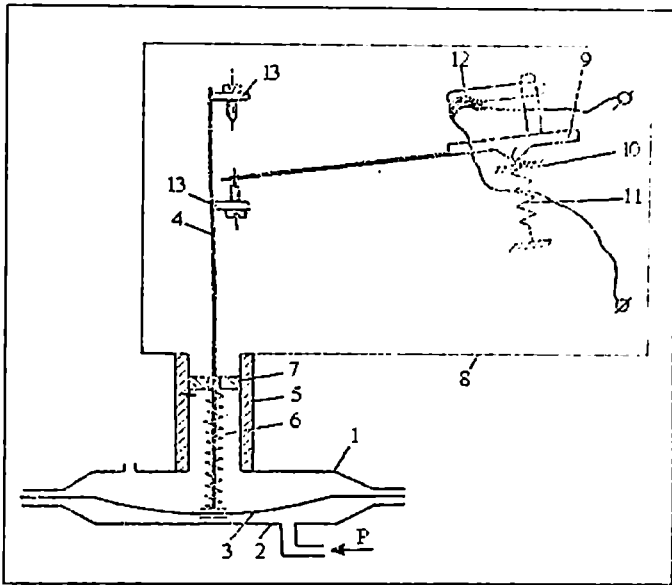
ნახ.10.16. ჩამწერი მანომეტრის კვანძის სქემა: 1 - კაპილარი; 2 - მრავალხვიური მილისებრი ზამბარა; 3 - ღერძი; 4 - ბერკეტი; 5 - ურიკა; 6 - სამართი; 7 - საწვევი; 8 - ღერძი; 9 - კალამი; 10 - ისარი კალამით; 11 - ხრახნი

ჰარმონიკული მემბრანიანი თვითმწერი სილფონური მანომეტრის სქემაა ნაჩვენები ნახაზზე 10.17. სილფონური მანომეტრები გამოიყენება იქ, სადაც მოითხოვება სითხის, ორთქლის, აირის ან შეკუმშული ჰაერის წნევის განუწყვეტელი კონტროლი. სილფონური ხელსაწყოების გამოშვება ხდება სიზუსტის კლასით 1,0 და 1,6.



ნახ.10.17. ჰარმონიკულ მემბრანაიანი თვითმწერი სილფონური მანომეტრის სქემა: 1 - კაპილარი; 2 - დისკური დიაგრამა; 3 - ბერკეტი; 4 - კრონშტეინი; 5 - მომართვის სრახნი; 6 - უძრავი დაფა; 7 - მილისი; 8 - ჭოკი; 9 - სპირალური ზამბარა; 10 - სილფონი; 11 - სილფონის ფსკერი; 12 - სილფონური კვანძი

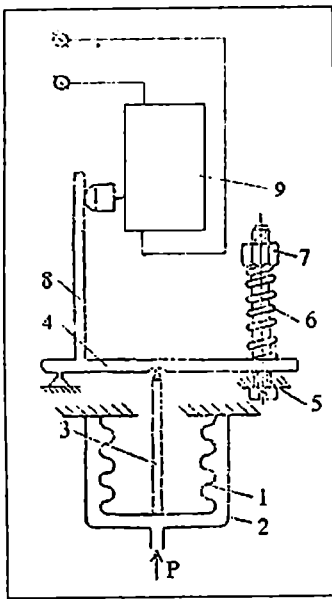
სხვადასხვა ტექნოლოგიურ დანადგარებში ზოგჯერ აუცილებელია მხოლოდ წნევის მაქსიმალურად დასაშვები სიდიდის ცოდნა. ამ მიზნით იყენებენ სპეციალურ მოწყობილობას, რომელიც ატარებს წნევის რელეს სახელწოდებას. წნევის ვარდნის მემბრანული სიგნალიზატორის სქემა ნაჩვენებია 10.18 ნახაზზე. იგი განკუთვნილია ელექტრული სიგნალის გამოსამუშავებლად ჰაერის ან აირის წნევის ამალღების ან დაწევის დროს. იგი გამოდის აწყობის სხვადასხვა ზღვრებით 0,01 კგ/სმ²-ზე.



ნახ.10.18. წნევის ვარდნის სიგნალიზატორის CPDM სქემა: 12 - სახურაფები; 3 - ტყაფის მემბრანა; 4 - ჭოკი; 5 - მილი; 6 - ზამბარა; 7 - ქანჩი; 8 - რელეს კორპუსი; 9 - მხრეული; 10 - საყრდენი; 11 - სპირალური ზამბარა; 12 - ვერცხლისწყლის გადამროთველი; 13 - ბერკეტი სარგებულობის მართვის მეშვეობით.

ნახაზზე 10.19 მოცემულია წნევის ვარდნის სილფონური სიგნალიზატორის სქემა, რომელიც მემბრანული სიგნალიზატორის ანალოგიურია, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ მგრძობიარე ელემენტს მემბრანის ნაცვლად მასში წარმოადგენს სილფონი. სილფონური სიგნალიზატორი გამოდის აწყობის ზღვრებით 8 კგ/სმ²-დე.

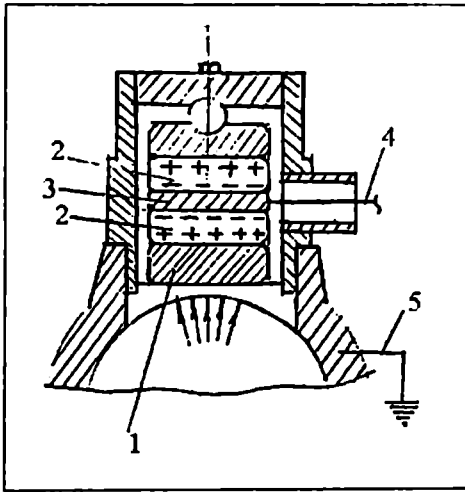
ტექნიკურ გაზომვებში სარგებლობენ, აგრეთვე, ელექტრული წინაღობის, პიეზოელექტრული, მაგნიტოსტრიქციური, თბური, იონიზაციური და რადიაქტიური პრინციპებით მომუშავე ხელსაწყოებით. შეენიშნავთ, რომ ელექტრული ხელსაწყოები ეფექტურია დიდი წნევისა და ღრმა ვაკუუმის გასაზომად.



ნახ.10.19. წნევის რელეს PD
 სქემა: 1 - სილფონი; 2 - კო-
 ლოფი; 3 - ჭოკი; 4 - კრონ-
 შტეინი; 5 - ხრახნი; 6 - ზამ-
 ბარა; 7 - ქანჩი; 8 - ბერ-
 კეტი; 9 - საკონტაქტო მო-
 წყობილობა

10.20 ნახაზზე ნაჩვენებია პიესოელექტრული მანომეტრი, რომელშიც გამოყენებულია პიესოელექტრული ეფექტომექანიკური ძაბვების მოქმედებით სოგიერთ პიესოელექტრიკის (კვარცი, ტიტანატბარია, ტურმალინი) წახნაგებზე ელექტრული მუხტის წარმოქმნა. მისი შენარჩუნება ხდება მხოლოდ იზოლაციის გადინების არ არსებობის შემთხვევაში, ე.ი. გამზომის უსასრულოდ დიდი წინააღობის დროს, რაც პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამიტომ, ასეთი ტიპის გარდამქმნელები გამოიყენება მხოლოდ ცვლადი წნევების გასაზომად (რომელთა დროსაც მუდმივად წარმოიქმნება პიესოელექტრიკის წახნაგებზე მუხტები), რაც განპირობებულია პიესოელექტრული გარდამსახების მაღალი საკუთარი სიხშირით, ისინი გამოიყენება აირების წნევის გასაზომად შიგაწვის ძრავებში, ქვემეხების ლულებში და სხვ.

10.20 ნახაზზე აღნიშნულია კვარცის ფირფიტა (1), მემბრანა (2) წნევის მისაღებად პიესოელექტრიკზე გადასაცემად, შემონაფენი ფოლგისაგან (3) სიგნალის მოსახსნიელად, გამომყვანი კაბელი (4) და გამტარი (5).



ნახ.10.20. პიეზო-
ელექტრული მა-
ნომეტრის სქემა

4. წნევისა და გაკუუმის გასაზომი ხელსაწყოების დაყენებისა და ექსპლოატაციის ძირითადი წესები

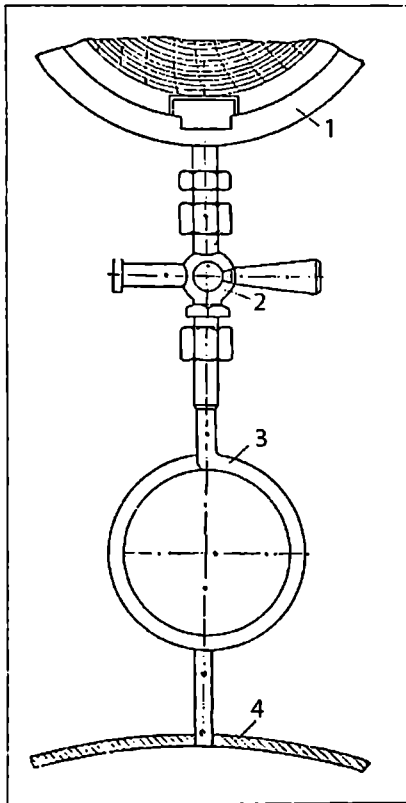
წნევისა და გაკუუმის გასაზომ ხელსაწყოთა ჩვენებების სიზუსტე დამოკიდებულია არა მხოლოდ თვით ხელსაწყოთა წესიერ მდგომარეობაზე, არამედ მათი დაყენებისა და ექსპლოატაციის სისწორეზე.

ხელსაწყო დაყენებული უნდა იქნეს ისეთ ადგილზე, რომ მისი სკალა (ან დიაგრამა) კარგად ჩანდეს სამუშაო ადგილიდან და ხელსაწყოთან შეიძლებოდეს თავისუფლად მისვლა.

მანომეტრების ექსპლოატაცია 60°C -ზე მეტი ტემპერატურის დროს დაუშვებელია, ამიტომ, ხელსაწყოების მომცველი გარემოს ტემპერატურისაგან დასაცავად საჭიროა მათი დაყენება უფრო დაბალი ტემპერატურების სონაში; თუ ეს შეუძლებელია, მაშინ გახურებული კედლები იზოლირებული უნდა იქნეს ხელსაწყოთაგან. მაღალი ტემპერატურის მქონე სითხის ან ორთქლის წნევის გაზომვის აუცილებლობის დროს მანომეტრის წინ დაყენდება დამცველი სიფონური მილაკი, რომლის დანიშნულებაა გაზომვის დროს მანომეტრში ცხელი ორთქლის ან სითხის შეღწევისაგან დაცვა.

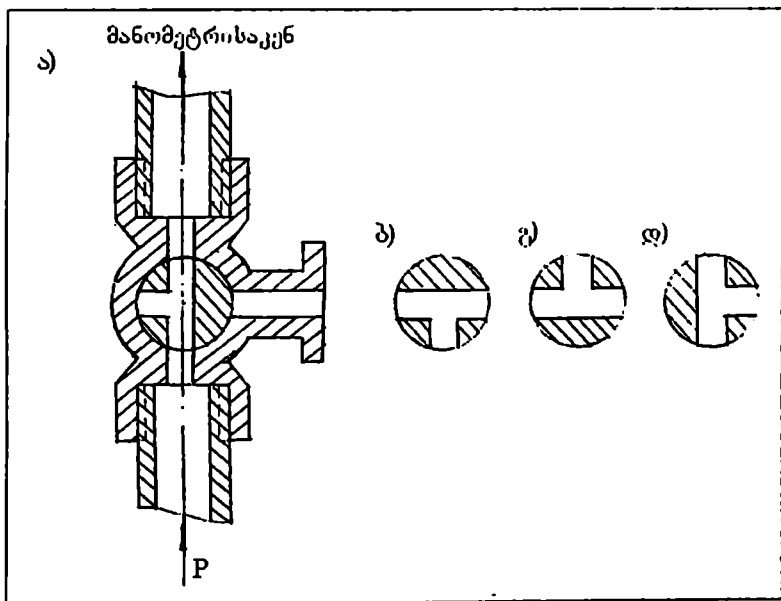
სიფონური მილაკი შეიძლება იყოს U-რი ან რგოლური (ნახ.10.21). სიფონურ მილაკში (3) წარმოიქმნება ჰიდრაულიკური დახშვები კონდენცირებული და გაგრილებული სითხისაგან, რომელიც იცავს ხელსაწყოს გადახურებისაგან. სიფონურ მილაკში კონდენსატის არარსებობის დროს მას ავსებენ რაიმე ნეიტრალური სითხით.

10.21 ნახაზზე მოყვანილია ზამბარიანი მანომეტრის (1) ორთქლსადენის კედელზე (4) დაყენების სქემა. სქემაზე ციფრით (2) აღნიშნულია სამსვლიანი ონკანი, რომელიც დაყენებული მანომეტრის ჩვენებების სისწორის შემოწმების საშუალებას იძლევა, სამსვლიანი ონკანის მიღტურთან მიერთებული საკონტროლო მანომეტრის საშუალებით.



ნახ.10.21. მანომეტრის დაყენების სქემა სამსვლიანი ონკანითა და სიფონური მილაკით

სამსვლიანი ონკანის საცობმა შეიძლება მიიღოს ოთხი მდგომარეობა (ნახ.10.22). მდგომარეობა ა) ონკანის საცობის მუშა მდგომარეობა; ამ დროს მანომეტრი შეერთებულია მილაკით (5) გასაზომ გარემოსთან, ხოლო ნახევრეტი მილტუნში გადახურულია. მდგომარეობა ბ) შეესაბამება გაქრევას ჭუჭყის მოსაცილებლად: აირი (ან ორთქლი) შემაერთებელი მილაკის (5) და მილტუნში ნახევრეტით გადის ატმოსფეროში და თან გააქვს ჭუჭყი; მდგომარეობა გ) საკონტროლო მანომეტრი უერთდება სამსვლიანი ონკანის მილტუნს და ხდება სამუშაო მანომეტრის შემოწმება. მანომეტრის ჩვენებების შემოწმებამდე საჭიროა შესრულდეს ნულზე შემოწმება. ამისათვის ხელსაწყო გამოირთება გასაზომი გარემოდან და უერთდება ატმოსფეროს. მდგომარეობა დ) ისრის (ან კალმის) ნულოვანი მდგომარეობის შემოწმების და საკონტროლო მანომეტრის მიერთების შემდეგ სამსვლიანი ონკანის საცობის ნარნარი მობრუნებით უერთებთ გამოსაცდელ და საკონტროლო მანომეტრებს გასაზომ გარემოს.



ნახ.10.22. ჭრილი სამსვლიან ონკანზე

თუ მანომეტრების ჩვენებები ემთხვევა ან განსხვავდებიან გაზომვის მოცემულ 'ზღვარზე დაშვების ტოლი სიდიდით, გამოცდა ამით მთავრდება. წინააღმდეგ შემთხვევაში, გამოსაცდელი მანომეტრი დემონტირდება, ხოლო მისი რეგულირება ხორციელდება ლაბორატორიაში.

შემაერთებული მილაკი (5) წნევის შერჩევისათვის არ უნდა გამოდიოდეს სივრცის შიგნით, რომელშიც იზომება წნევა, ამასთან წნევის შერჩევის ადგილი უნდა იყოს სავსებით ჰერმეტიკული, ვინაიდან შეწოვები (გაიშვიათების გაზომვის დროს) ან გაღინებები (წნევის გაზომვის დროს) მნიშვნელოვნად ამახინჯებენ ხელსაწყოების ჩვენებებს. შეერთების ადგილების გამკვრივებისათვის გამოიყენება შუასადებები ტყავისაგან, ტყვიისაგან, წითელი სპილენძისაგან ან ძაფისაგან. მანძილი ხელსაწყოდან წნევის შერჩევის ადგილამდე ხელსაწყოს ჩვენებების დამახინჯებების თავიდან ასაცილებლად უნდა იყოს მინიმალური.

მანომეტრების ექსპლოატაციის დროს სახელმწიფო სტანდარტით ზღვრულად დასაშვები მუშა წნევა არ უნდა აღემატებოდეს გაზომვების ზედა ზღვრის 3/4 მუდმივი წნევის* დროს და გაზომვების ზედა ზღვრის 2/3 გასასომი გარემოს ცვლადი წნევის დროს.

§5. ტემპერატურის გაზომვა

1. ძირითადი ცნობები ტემპერატურის გაზომვის შესახებ. გაზომვის მეთოდებისა და ხელსაწყოების კლასიფიკაცია

ტემპერატურა ეწოდება სიდიდეს, რომელიც ახასიათებს ნივთიერების გახურებულობის ხარისხს. მოლეკულური კინეტიკური თეორიის თანახმად სხეულისათვის გადაცემული თბური ენერჯია, რომელიც მისი ტემპერატურის ამადლებას იწვევს, გარდაიქმნება მოლეკულების მოძრაობის ენერჯიაში. ამ ენერჯიის გაზომვა უშუალოდ, როგორც სიგრძის, წონის ან მოცულობის შეუძლებელია, ამიტომ იგი არ შეიძლება გამოსახული იქნეს ზომის აბსოლუტურ ერთეულებში (ტემ-

* "მუდმივი წნევის" ქვეშ იგულისხმება წნევა, რომელიც იცვლება სიჩქარით არა უმეტესი 1%-ისა, წამში გაზომვების ზღვრების აბსოლუტური მნიშვნელობების ჯამიდან.

პერატურის გასაზომად არ არსებობს ნიმუში). მაშასადამე, სხეულის ტემპერატურის გაზომვა შეიძლება მხოლოდ როგორც ტემპერატურების სხვაობა ორ სხეულს შორის, რომლებიც იმყოფება სითბოს გაცვლის პირობებში, ელემენტარულად რა ერთ-ერთი მათგანის ტემპერატურას პირობით ნულის ტოლად.

ითვლება, რომ სხეული, რომელიც გაცემს სითბოს, უფრო გამთბარია და გაანინია უფრო მაღალი ტემპერატურა შედარებით სხეულთან, რომელიც ღებულობს ამ სითბოს. თუ სითბოს გადაცემა ერთი სხეულიდან მეორეზე არ ხდება, მაშინ სხეულები იმყოფებიან თბური წონასწორობის მდგომარეობაში და ამ სხეულების ტემპერატურები თანაბარია.

სხეულის ტემპერატურის შეცვლის დროს იცვლება მისი ფიზიკური თვისებებიც: მოცულობა (სიგრძე), წნევა ჩაკეტილ მოცულობაში, ელექტრული წინაღობა, თერმოელექტროდამოძრაებელი ძალა წრედის ჩაკეტილ კონტურში, გახურებული სხეულების, მათი ფერის გამოსხივების ინტენსივობა (მთლიანი ან ინტეგრალური; ერთფერი ან მონოქრომატული) და სხვ. სხეულების ეს თვისებები უდევთ საფუძვლად ტემპერატურის გასაზომ ხელსაწყოებს.

მაგრამ, ხშირად ნივთიერების ფიზიკური თვისებები, რომლის ტემპერატურასაც ჩვენ ეზომავთ, შეიძლება დამოკიდებული იყოს რამდენიმე სიდიდეზე, ამასთან, ეს დამოკიდებულება შეიძლება აღმოჩნდეს არა ერთნიშნა, რთული. ამიტომ, ნივთიერების ტემპერატურის განსასაზღვრავად ჩვეულებრივ იყენებენ ე.წ. გამზომ სხეულს – თერმომეტრულ ნივთიერებას, რომლისთვისაც კარგად არის შესწავლილი მისი ფიზიკური თვისებების ტემპერატურაზე დამოკიდებულება. ამასთან, გამზომი სხეული, უშუალო შეხებაში მოჰყავთ გასაზომ სხეულთან. უფრო გახურებულ ნივთიერებასთან შეხების შედეგად გამზომი სხეული გარკვეული დროის შემდეგ შედის მასთან თბურ წონასწორობაში.

სამშენებლო მასალების მრეწველობაში, ისე როგორც მრეწველობის ბევრ სხვა დარგში, ტემპერატურა წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს, რომელიც ახასიათებს სხეულის ან მთლიანად პროცესის მდგომარეობას. იმისათვის, რომ ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობდეს ნორმალურად და ეკონომიკურად უფრო ხელსაყრელად,

უმეტეს შემთხვევებში აუცილებელია პროცესის თბური რეჟიმის მუდმივი კონტროლი. ასეთ პროცესებს მიეკუთვნება ცემენტის კლინკერის მიღება, მინის ხარშვა, კერამიკული ნაკეთობების გამოწვა და შრობა, ასბესტოცემენტისა და რკინა-ბეტონის ნაკეთობათა გამაგრება და სხვ.

სახელმწიფო სტანდარტით გათვალისწინებულია ორი ტემპერატურული სკალის გამოყენება: საერთაშორისო პრაქტიკული ტემპერატურული სკალა და თერმოდინამიკური ტემპერატურული სკალა*.

საერთაშორისო პრაქტიკულ ტემპერატურულ სკალაზე ტემპერატურა აღინიშნება t სიმბოლოთი და გამოისახება $^{\circ}\text{C}$ (ცელსიუსის გრადუსი). თერმოდინამიკური ტემპერატურის სიმბოლოა T და გამოისახება კელვინის გრადუსებში $^{\circ}\text{K}$.

საერთაშორისო პრაქტიკული ტემპერატურული სკალა დაფუძნებულია ექვს აღწარმოებით ტემპერატურაზე (პირველადი მუდმივი წერტილები):

ჟანგბადის დუდილის წერტილი	-182,97 $^{\circ}\text{C}$.
წყლის სამმაგი წერტილი (წონასწორობის ტემპერატურა ყინულსა, თხიერი წყლისა და წყლის ორთქლს შორის)	+0,01 $^{\circ}\text{C}$
წყლის დუდილის წერტილი..	+100,00 $^{\circ}\text{C}$
გოგირდის დუდილის წერტილი.	+444,60 $^{\circ}\text{C}$
ვერცხლის გამაგრების წერტილი	+960,80 $^{\circ}\text{C}$
ოქროს გამაგრების წერტილი	+1063,00 $^{\circ}\text{C}$

ეს წერტილები განსაზღვრულია ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს 760მმ.ვ.წყ.სვ.=10,13256/მ² (გარდა წყლის სამმაგი წერტილისა). შუალედი წერტილები განისაზღვრება ინტერპოლიაციის გზით.

თერმოდინამიკური ტემპერატურული სკალა აგებულია თერმოდინამიკის მეორე კანონის შესაბამისად (სხეულის ტემპერატურა პროპორციულია სითბოს რაოდენობისა, რომელსაც იგი შეიცავს).

ნებისმიერი სხეულისათვის, რომელიც ასრულებს კარნოს ციკლს, სამართლიანია ტოლობა

* თერმოდინამიკური ტემპერატურული სკალა, რეკომენდებული იქნა 1848 წელს ინგლისელი ფიზიკოსის უილიამ კელვინის (ტომსონის) მიერ.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

სადაც

Q_1 არის სხეულის მიერ გამათბობელისაგან მიღებული სითბო; Q_2 – სხეულის მიერ გამაცივებლისათვის გადაცემული სითბო; T_1, T_2 – შესაბამისად გამათბობელის და გამაცივებლის ტემპერატურებია.

თუ არ არის სითბო, მაშინ სხეულის ტემპერატურა ნულის ტოლია. თერმოდინამიკური ტემპერატურული სკალის ამ საწყის წერტილს ეწოდება აბსოლუტური ნოლი. მეორე წერტილად აღებულია წყლის სამმაგი წერტილი (მდგომარეობა, როდესაც წონასწორობაში იმყოფება ერთბაშად სამი ფაზა – ყინული, წყალი, ორთქლი), რომელიც 0,01 გრადუსით მაღლაა ყინულის დნობის წერტილზე. ზომისა და წონის გენერალურმა კონფერენციამ 1954 წელს წყლის სამმაგ წერტილს მიაწერა მნიშვნელობა 273,16°K ასო K აქ დგას იმიტომ, რომ თერმოდინამიკურ სკალას უწოდეს კელვინის სკალა. თერმოდინამიკური ტემპერატურული სკალა მიღებულია ძირითადად. თერმოდინამიკური ტემპერატურის კელვინის გრადუსი წარმოადგენს საერთაშორისო ერთეულთა სისტემის (СИ) ძირითად ერთეულს.

მაგრამ თერმოდინამიკური ტემპერატურული სკალის აღწარმოება (რომლის დაგრადუირებისათვის იყენებენ აირის თერმომეტრს) წარმოადგენს მნიშვნელოვან სიძნელეს. ამიტომ ტემპერატურის პრაქტიკული გაზომვებისათვის გათვალისწინებულია საერთაშორისო პრაქტიკული ტემპერატურული სკალის გამოყენება, რომელიც განისაზღვრება ზომისა და წონის მე-11 გენერალური კონფერენციის დებულების შესაბამისად, რომელიც მიღებული იქნა 1960 წელს.

ტემპერატურა საერთაშორისო პრაქტიკული ტემპერატურული სკალის გრადუსებში (t) შეიძლება გამოსახული იქნას თერმოდინამიკური ტემპერატურული სკალის გრადუსებში (T) ფორმულით

$$T = (t + 273.16^{\circ})^{\circ}K. \quad (10.13)$$

ტემპერატურას თერმოდინამიკური ტემპერატურული სკალის გრადუსებში (T), გამოსახულს საერთაშორისო პრაქტიკული ტემპერატურული სკალის გრადუსებში (t) აქვს სახე

$$t = (T - 273.16)^{\circ}\text{C}. \quad (10.14)$$

ტექნიკის სხვადასხვა დარგში ჩვეულებრივ გვიწევს სხეულების ტემპერატურის გაზომვა მეტად დიდ ინტერვალში, მაგალითად - 200-დან $+6000^{\circ}\text{C}$ -მდე. ტემპერატურების გასაზომად გამოიყენება სხვადასხვა მოწყობილობისა და მოქმედების პრინციპის მქონე ხელსაწყოები, რომლებიც შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

1. გაფართოების თერმომეტრები ტემპერატურის გაზომვის ზღვრით - 200-დან $+500^{\circ}\text{C}$ -მდე;

2. მანომეტრული თერმომეტრები ტემპერატურების გასაზომად საზღვრებში - 60-დან $+550^{\circ}\text{C}$ -მდე;

3. წინაღობის ელექტრული თერმომეტრები ტემპერატურების გასაზომად საზღვრებში - 200-დან $+650^{\circ}\text{C}$ -მდე;

4. თერმოელექტრული პირომეტრები* (თერმოწყვილები) ტემპერატურების გასაზომად საზღვრებში - 50-დან $+2000^{\circ}\text{C}$ -მდე;

5. გამოსხივების პირომეტრები - რადიაციული - 20-დან $+3000^{\circ}\text{C}$ -მდე, ოპტიკური $+800$ -დან $+6000^{\circ}\text{C}$ -მდე, ფოტოელექტრული $+600$ -დან $+2000^{\circ}\text{C}$ -მდე.

2. გაფართოების თერმომეტრები

ტემპერატურა არის სამშენებლო წარმოების და საინჟინრო სისტემების ბევრი ტექნოლოგიური პროცესის ერთ-ერთი მთავარი პარამეტრი.

ხელსაწყოს ან მოწყობილობას, განკუთვნილს ტემპერატურის გასაზომად მისი სიგნალად გარდაქმნის გზით, რომელიც წარმოადგენს ტემპერატურის ცნობილ ფუნქციას, ეწოდება თერმომეტრი.

თერმომეტრის მგრძობიარე ელემენტი - ეს არის ხელსაწყოს ძირითადი ნაწილი, რომელიც თბურ ენერგიას გარდაქმნის სხვა ფიზიკურ სიდიდეთ ტემპერატურის შესახებ ინფორმაციის მიღების მიზნით.

თერმომეტრების მგრძობიარე ელემენტები და გარდამსახები არის კონტაქტური (ყენდება ტემპერატურის გაზომვის ზონაში) და არაკონტაქტური (ყენდება ტემპერატურის

* ხელსაწყოები ტემპერატურების გასაზომად 660°C -მდე იწოდებიან თერმომეტრებად, ხოლო უფრო მაღალი ტემპერატურების გასაზომად - პირომეტრებად.

გაზომვის ზონის გარეთ). არაკონტაქტური მოწყობილობები განკუთვნილია მაღალი ტემპერატურების გასაზომად და, როგორც ვიცით, იწოდებიან პირომეტრებად. ასეთი ხელსაწყოების მგრძობიარე ელემენტს წარმოადგენს მოწყობილობა, რომელიც რეაგირებს თბურ ან სინათლის ნაკადზე.

ტექნიკაში ხშირად გამოიყენება გაფართოების თერმომეტრები, რომლებიც ეფუძნებიან სხეულების მოცულობით გაფართოებას გახურების დროს ან რაც უფრო ხშირად გვხვდება, მისი ერთ-ერთი ხაზოვანი ზომის, მაგალითად, სიგრძის შეცვლას.

გაფართოების თერმომეტრები იყოფა სამ ჯგუფად:

1. სითხიანი მინის თერმომეტრები, რომელთა მოქმედება ემყარება მინის ჭურჭელში მოთავსებული სითხის თბურ გაფართოებას;

2. ღეროვანი, ანუ დილატომეტრიული თერმომეტრები, რომელთა მოქმედება ემყარება მყარი ტანების ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტების სხვაობას. ამ თერმომეტრებმა ვერ მიიღო გავრცელება, როგორც დამოუკიდებელმა გამზომმა ხელსაწყომ; ისინი გამოიყენება ცალკეული კვანძის სახით ავტომატური რეგულირების სისტემებში.

3. ბიმეტალური თერმომეტრები ემყარებიან იმავე პრინციპს, რასაც ღეროვანები. ბრტყელი (ან სპირალური) ფირფიტა, რომელიც მზადდება ორი ლითონისაგან, ხისტად არიან შეერთებული ერთმანეთთან, ხაზოვანი გაფართოების სხვადასხვა კოეფიციენტებით, ტემპერატურის შეცვლის დროს იღუნება. გაღუნვის სიდიდის მიხედვით, რომელიც გადაეცემა თერმომეტრის გამზომ მოწყობილობას, იღებენ ინფორმაციას გარემოს ტემპერატურის შეხახებ. ბიმეტალური თერმომეტრები დამოუკიდებელი გამზომი ხელსაწყოს სახით არ გამოიყენება. ისინი გვხვდება ავტომატური რეგულირების სისტემებში კვანძების სახით.

სითხიანი თერმომეტრები გამოიყენება ტემპერატურების (-190°C-დან +650°C-მდე) გასაზომად. ამ თერმომეტრებმა მიიღო ფართო გავრცელება, როგორც ლაბორატორიულ, ისე ტექნიკურ გაზომვებში. სითხიანი თერმომეტრების ფართო გავრცელება აიხსნება მათი სიმარტივით და გაზომვის სიადვილით.

სითხიანი თერმომეტრების ჯგუფს მიეკუთვნება ვერცხლისწყლის და სპირტის თერმომეტრები.

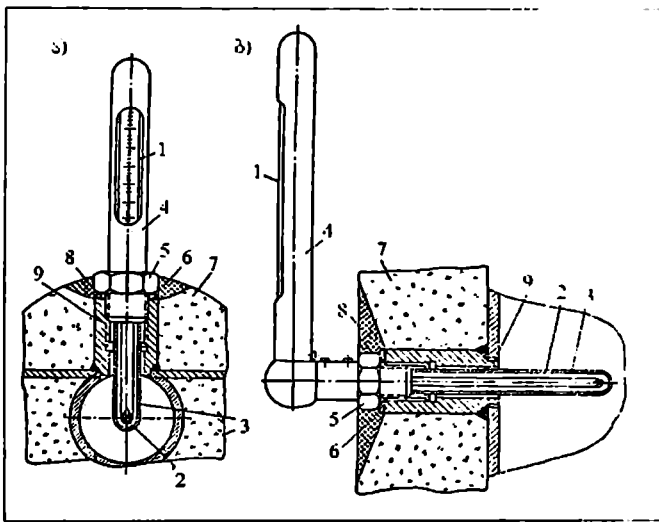
ვერცხლისწყლის მინის თერმომეტრები გამოიყენება დაბალი ტემპერატურების გასაზომად, რადგან ვერცხლისწყლის გამაგრების ტემპერატურაა $-38,85^{\circ}\text{C}$. -30°C -ზე დაბალი ტემპერატურების გასაზომად გამოიყენება გაფართოების თერმომეტრები ორგანიული სითხეებით.

ორგანიული სითხეების თბოტევადობა 10-15-ჯერ მაღალია, ვიდრე ვერცხლისწყლისა, რაც ქმნის გაზომვების დიდ ინერციულობას. თერმომეტრულ ორგანიულ სითხეებად გამოიყენება ტოლუოლი -90°C -მდე, ეთილის სპირტი -100°C -მდე და პენტანი -190°C -მდე. ეს სითხეები მინას ასველებს, რაც ამცირებს გაზომვის სიზუსტეს. მათი მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტები არამდგრადია, რაც იწვევს სკალების არათანაბარსომიერებას.

დიდი გავრცელება მიიღო ვერცხლისწყლის თერმომეტრებმა, რომელთა დახმარებითაც შეიძლება გაზომილი იქნას ტემპერატურა საზღვრებში -30 -დან $+650^{\circ}\text{C}$ -მდე. ვერცხლისწყლის თერმომეტრები (ნახ.10.23) მარტივია მოწყობილობით. თერმომეტრების დასამზადებლად გამოიყენება სპეციალური სიცხემიდეგი მინა, ტემპერატურის გასაზომად ზღვრებში -30 -დან $+550^{\circ}\text{C}$ -მდე და კვარცისაგან ტემპერატურული ზღვრებისათვის 550° -დან 650°C -მდე. მაღალტემპერატურიანი თერმომეტრის კაპილარში ვერცხლისწყალი იმყოფება აზოტის ჭარბი წნევის ქვეშ (ვერცხლისწყლის დუდილის წერტილის ხელოვნურად ამალღების მიზნით), რათა ვერცხლისწყალი დაცული იქნეს აორთქლებისაგან, მისი გახურების გამო. თერმომეტრში წნევა აღწევს 23 კგ/სმ^2 . ვერცხლისწყალი არ ასველებს მინას, ნორმალურ ატმოსფერულ წნევაზე რჩება თხევად მდგომარეობაში ტემპერატურის ფართო ინტერვალში (-38°C -დან $+357^{\circ}\text{C}$ -მდე). მართალია, ხასიათდება შედარებით დაბალი თერმული გაფართოების კოეფიციენტით ($0,00018$), მაგრამ ზემოთ აღნიშნული თვისებები მას ხდის შეუცვლელ თერმომეტრულ სითხედ.

დანიშნულებისაგან დამოკიდებულებით თერმომეტრები მზადდება ხამი სახის: ტექნიკური, ლაბორატორიული და სანიმუშო.

ტექნიკური თერმომეტრები მზადდება ჩადგმული სკალით, დიდი დიამეტრის კაპილარით და ვიწრო კუდის ნაწილით. თერმომეტრის სიგრძე და მისი ბოლოს ფორმა სხვადასხვანაირია; ეს უკანასკნელი შეიძლება იყოს სწორი და მოხრილი 90° , 120° , 135° -იანი კუთხით.

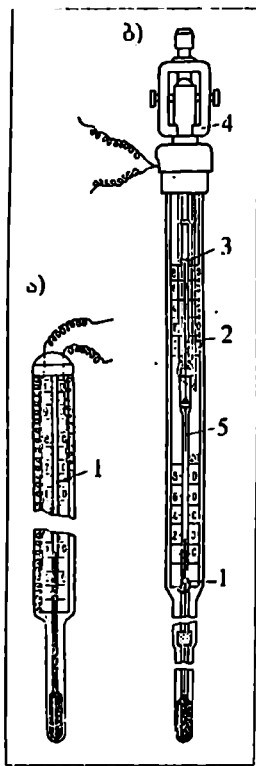


ნახ.10.23. ტექნიკური ვერცხლისწყლის თერმომეტრები: ა) პირდაპირი, დაყენებული მილსადენზე ან ლითონის ბადეზე; ბ) კუთხური 90°, დაყენებული ლითონის კედელზე; 1 - თერმომეტრის ზედა ნაწილი; 2 - თერმომეტრის ბოლოვანა; 3 - დამცავი არმატურის ჯიბე; 4 - არმატურის გარე ნაწილი; 5 - მილყელი; 6 - შუასადები; 7 - იზოლაცია; 8 - იზოლაციის ამოვსება; 9 - ნუერი.

ლაბორატორიული ვერცხლისწყლის თერმომეტრები გამოდის, როგორც ჩადგმული სკალით, ისე კაპილარზე დატანილი სკალით. ეს თერმომეტრები უფრო სუსტია ტექნიკურ თერმომეტრებთან შედარებით.

სანიმუშო თერმომეტრების დანიშნულებაა ტექნიკური თერმომეტრების შემოწმება და დაგრადუირება. მათ გააჩნიათ დანაყოფის ფასი 0,01; 0,1; 0,2°. მათი დამზადება ხდება ჩვეულებრივ ხუთი თერმომეტრის კომპლექტის სახით; რომლებიც ხურავს ზღვრებს -30-დან -302°C-მდე.

ვერცხლისწყლის და სპირტის თერმომეტრები ძალიან მარტივია მოწყობილობის მიხედვით და ექსპლუატაციაში, იძლევიან შედარებით სუსტ ჩვენებებს ტემპერატურების გაზომვის დროს, მაგრამ გააჩნიათ ამასთან რიგი ნაკლავანებებისა. ისინი მყიფეა, გააჩნიათ განსაზღვრული ინერცია ჩვენებებში, გაზომვების წარმოებისას კაპილარში ვერცხლისწყლის ან სპირტის მენისკის ცუდი ხილვადობის გამო მათთვის მოითხოვება კარგი განათება.



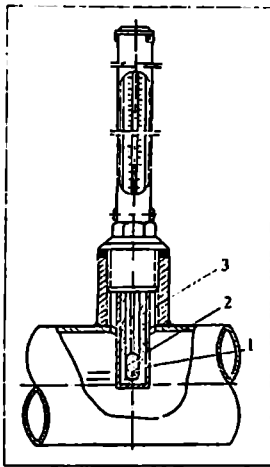
ნახ.10.24. ვერცხლის-წყლის კონტაქტური თერმომეტრები: ა) უძრავი კონტაქტით; ბ) მოძრავი კონტაქტით: 1 - კონტაქტი; 2 - სარკი; 3 - ფოლადის ქანჩი; 4 - მუდმივი მაგნიტი; 5 - საკონტაქტო მავთული

(64%Fe+36% Ni) ან კერამიკისაგან. მილაკს (აქტიურ ღეროს) ამზადებენ ფერადი ლითონებისაგან (სპილენძი, თითბერი) ან ფოლადისაგან.

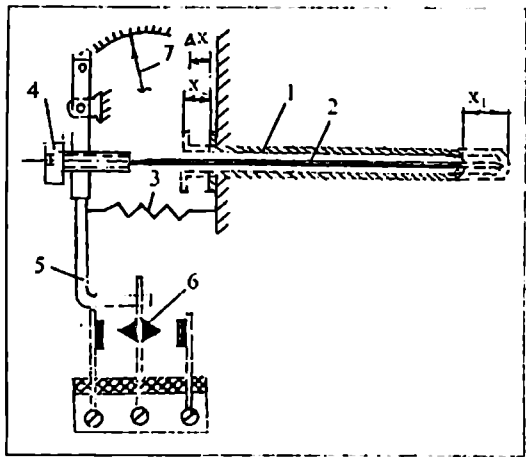
ვერცხლისწყლის მინის საკონტაქტო თერმომეტრი კონსტრუქციულად ტექნიკური თერმომეტრის ანალოგიურია და განსხვავდება მისგან მხოლოდ კაპილარში მირჩილული (ნახ.10.24ა) ან მოძრავი (ნახ.10.24ბ) კონტაქტებით 1 ნიკელის ან პლატინისაგან.

ნახაზზე 10.25 მოცემულია ტექნიკური თერმომეტრის დაყენება ბუდეებში.

2. დილატომეტრული თერმომეტრი (ნახ.10.26) შედგება მილაკისაგან (1) და ღეროსაგან (2). ღერო ჩამონტაჟებულია მილაკში და მიეჭირება მილაკის ქვედა ტორს ზამბარით (3). დილატომეტრიული თერმომეტრის ჩაშვებისას მილაკით გასაზომ გარემოში ღერო (2) გრძელდება ნაკლებად, ვიდრე მილაკი, ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტების სხვაობის ხარჯზე. ტემპერატურის ცვლილებისას ღეროს (2) გადაადგილება იწვევს მასზე დამაგრებული ისრის (7) გადაადგილებას. გადამცემი მოწყობილობები (4) და (5) ზამბარის (3) მოქმედებით გადაადგილებენ კონტაქტს (6). მილაკის ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტი 10-20-ჯერ აღემატება ღეროს ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტს, რომელიც დამზადებულია იანუარისაგან



ნახ.10.25. ტექნიკური თერმომეტრების დაყენება ბუდეებში: 1 - თერმომეტრი; 2 - დამცავი გაზნა; 3 - სპილენძის ნაქლიბი



ნახ.10.26. ღეროვანი ტიპის დილატომეტრული თერმომეტრი

თუ ტემპერატურის ცვლილება შეადგენს $\Delta t (^{\circ}\text{C})$ ელემენტის დაგრძელება განისაზღვრება ფორმულით

$$x = \alpha_1 l \Delta t, \quad (10.15)$$

სადაც

α არის ელემენტის მასალის ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტი $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

l — ელემენტის სიგრძე, მმ.

მაშინ შეიძლება ჩაიწეროს:

მილაკისათვის

$$x_2 = \alpha_2 l_2 \Delta t,$$

ღეროსათვის

$$x_1 = \alpha_1 l_1 \Delta t$$

და, მაშასადამე:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = \alpha_2 l_2 \Delta t - \alpha_1 l_1 \Delta t = (\alpha_2 l_2 - \alpha_1 l_1) \Delta t. \quad (10.16)$$

ეს გამოსახულება გამოხატავს ფაქტს, რომ მილაკი გადაადგილდება მარცხნივ, ხოლო ღერო გადაადგილდება მარჯვნივ.

თუ მივიღებთ $l = l_2 = l_1$, რაც გამომდინარეობს კონსტრუქციიდან, მაშინ $K = l(\alpha_{12} - \alpha_{11})$, სადაც K არის კოეფიციენტი, რომელიც გამოსახავს ელემენტის მგრძობიარობას მმ⁰C-ში. ეს კოეფიციენტი დამოკიდებულია ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტების სხვაობაზე, ხოლო მილაკის l თავისუფალი ბოლოს გადაადგილების დამოკიდებულება მილაკის ტემპერატურისაგან წარმოადგენს მხოლოდ ელემენტის სტატიკურ მახასიათებელს იმ პირობით, რომ გასასვლელში გარემოს ტემპერატურა ტოლია მილაკის ტემპერატურისა.

დილატომეტრიული თერმომეტრები გამოდის გასომეების ზღვრებზე 500⁰C-მდე. მათ უპირატესობებს მიეკუთვნება მაღალი საიმედოობა და დიდი ძაღვები, რომლებიც ვითარდება მგრძობიარე ელემენტით. უკანასკნელი საშუალებას იძლევა დილატომეტრებში ჩაშენდეს საკონტაქტო მოწყობილობები და ისინი გამოყენებული იქნეს თერმოსიგნალიზატორებად და თერმოგარდამსახებად ტემპერატურის ავტომატური რეგულირებისა და კონტროლის სისტემებში (ნახ.10.26).

3. ბიმეტალური თერმომეტრები. ორი ლითონის ფირფიტა ხაზოვანი გაფართოების სხვადასხვა კოეფიციენტით, შედუღებული ერთმანეთს შორის, ქმნის ბიმეტალურ მგრძობიარე ელემენტს (ნახ.10.27ა). ტემპერატურის ცვლილებისას ბიმეტალური ფირფიტის თავისუფალი ბოლო გადაადგილდება ლითონის მხარეს ხაზოვანი გაფართოების ნაკლები კოეფიციენტით, ხოლო ღუნვის კუთხის $\Delta\varphi$ ცვლილება პროპორციულია ტემპერატურის ცვლილებისა:

$$\Delta\varphi = K\Delta t.$$

ფირფიტის ბოლოს გადაადგილება გადახრის მკვირვ კუთხეებისას განისაზღვრება ფორმულით :

$$\Delta x = 0.75 \frac{Kl}{h} \Delta t, \quad (10.17)$$

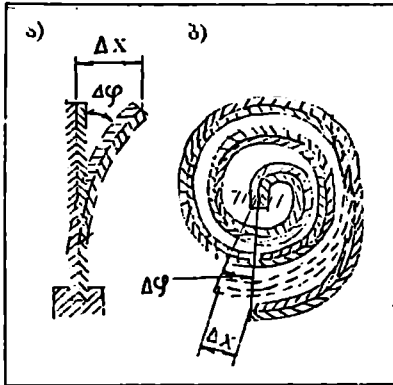
სადაც

h არის ფირფიტის სისქე, მმ.

l - ფირფიტას სიგრძე, მმ;

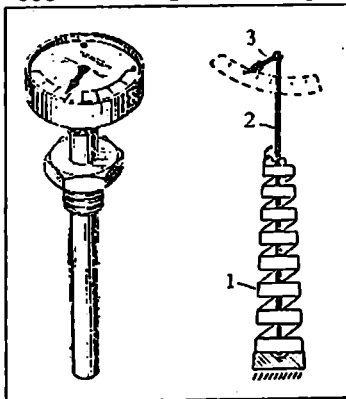
K – მგრძნობიარობის კოეფიციენტი, მმ/°C.

მგრძნობიარობა შეიძლება ამაღლდეს ელემენტის სიგრძის ხარჯზე, კერძოდ სპირალური ელემენტების გამოყენების გზით (ნახ.10.27ბ).



ნახ.10.27. გაფართოების გარდამსახები: ა) ბიმეტალური; ბ) სპირალური

ნახაზზე 10.28 მოცემულია ბიმეტალური თერმომეტრის საერთო ხედი და სქემა. ბიმეტალური ფირფიტა შესრულებულია სპირალის (1) სახით, რომელიც ერთი ბოლოთი ხისტად არის მიმაგრებული ხელსაწყო კორპუსთან. ფირფიტას მეორე ბოლო ბერკეტი 2-ის დახმარებით შეერთებულია ისართან (3). გასაზომი ტემპერატურის ზემოქმედებით სპირალი განეხევა ამა თუ იმ მხარეს და გადაადგილებს ისარს.

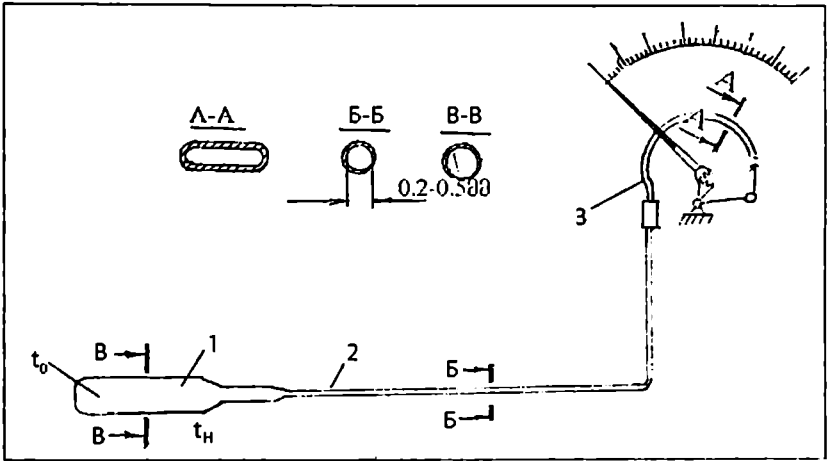


ნახ.10.28. ბიმეტალური თერმომეტრი: ა) საერთო ხედი; ბ) სქემა

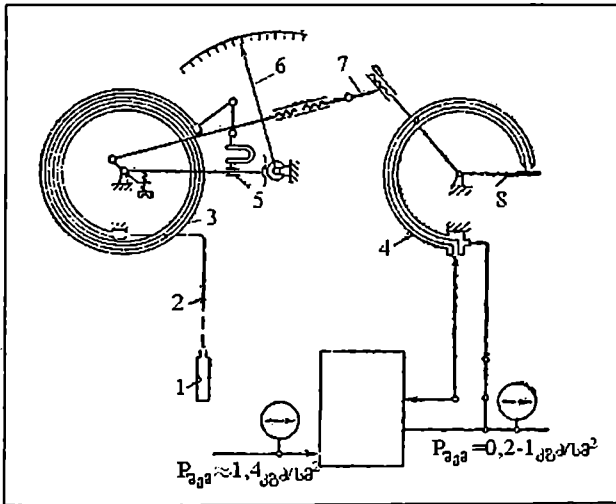
ხაზოვანი გაფართოების დიდი კოეფიციენტის მქონე ლითონად იყენებენ თითბერს, ხოლო ხაზოვანი გაფართოების ნაკლები ტემპერატურული კოეფიციენტის ლითონს ყველაზე ხშირად წარმოადგენს ინვარი (რკინანიკელის შენადნობი). ორივე ლითონს ადულებენ ერთად, შემდეგ გლინავენ სპჭირო სისქემდე და თერმულად ამუშაებენ.

4. მანომეტრული თერმომეტრები

მანომეტრული თერმომეტრი (ნახ.10.29) მიეკუთვნება ტემპერატურის გარდამსახებს არაელექტრული სიდიდით გამოსახულელზე. მისი მუშაობის პრინციპი ემყარება მანომეტრული სამბარის (3) (დრეკად ელემენტად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, აგრეთვე, მემბრანა, სილფონი და სხვ.). დრეკადი დეფორმაციის დამოკიდებულებას თერმობალონში (1) სითხის (ნეულებრივ ვერცხლის წყლის, იშვიათად ქსილოლის და მეთილის სპირტის), აირის (აზოტი ან ჰელიუმი) ან ორთქლის (ქლოროვანი მეთილი, გოგირდოვანი ანჰიდრიდი, ეთილის სპირტი, ტოლუოლი, პროპანი და სხვ.) წნევაზე, რომელიც გასაზომ გარემოში ტემპერატურის ცვლილებისას იცვლება. თერმობალონი (1) და მანომეტრული სამბარი (3) ერთმანეთთან კაპილარული მილაკით (2) შეერთებული ქმნიან ჰერმეტიულ სისტემას, შეესებულს ადვილადადულებადი სითხით ან აირით. გასაზომ გარემოში ტემპერატურის (t_н) შეცვლის დროს სითხე ან აირი ფართოვდება და წნევა სისტემაში მაღლდება, რის შედეგადაც მანომეტრული სამბარის თავისუფალი ბოლო და მასთან დაკავშირებული ისარი გადაიხრება. სამბარის განხვევა გრძელდება იქამდე, სანამ მასზე მოქმედი ძალვა, განსახლერული წნევათა სხვაობით თერმოსისტემაში წნევასა და გარე ატმოსფერულ წნევას შორის, არ გაწონასწორდება სამბარის დრეკადი დეფორმაციის ძალით. ისრის ნაცვლად შეიძლება იყოს კალამი. მაშინ სკალის ნაცვლად მეორად ხელსაწყოზე მოთავსებული იქნება ქაღალდის დისკური დიაგრამა, რომელიც დებულობს ბრუნვას საათის მექანიზმისაგან ან სინქრონული ელექტროპრაევისაგან გაზომვის ერთ, ორ და სამ წერტილზე; ასეთი თერმომეტრი იწოდება თვითმწერად. ტემპერატურის ცვლილების მრუდი მიიღება დისკოს ბრუნვითი მოძრაობისა და კალმის გადამხრული გადაადგილების შეკრებით. მანომეტრული თვითმწერი ხელსაწყოები გამოდის, აგრეთვე, პნევმატიკური მარეგულირებელი მოწყობილობით (ნახ.10.30).



ნახ.10.29. მანომეტრული თერმომეტრი: 1 - თერმოზღალონი; 2 - კაპილარული მილაკი; 3 - მანომეტრული ზამზარა



ნახ.10.30. მანომეტრული თერმომეტრის ტიპ სქემა პნევმო-გარდამსახით: 1 - თერმოზღალონი; 2 - შეზაერთებელი კაპილარი; 3 - მგრძობიარე ელემენტი; 4 - ჩვენებების დისტანციურად გადასაცემი პნევმატიკური მოწყობილობა; 5 - გადამცემი მექანიზმი; 6 - ისარი; 7 - ბერკეტების სისტემა

მანომეტრული თერმომეტრების უპირატესობაა მანძილზე (60 მეტრამდე) გაზომვების შესაძლებლობა. აირით ავსებული მანომეტრული თერმომეტრებისათვის დადგენილია მოქნილი კაპილარის შემდეგი სიგრძეები: 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40 და 60 მ. კაპილარის შიგა დიამეტრია 0,2-0,5 მმ. ღირსებას მიეკუთვნება, აგრეთვე, გაზომვის მაღალი სიზუსტე და აფეთქება უსაფრთხოება. მანომეტრული თერმომეტრის მუშაობის მაქსიმალური დასაშვები წნევაა 60 კგ/სმ² (59 ბარი).

სითხიანი მანომეტრული თერმომეტრის ჩვენებებზე გავლენას ახდენს მანომეტრული სამზარის და კაპილარის ტემპერატურა, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია მომცველ გარემოს ტემპერატურაზე. ამ გავლენის შესამცირებლად იყენებენ ბიმეტალურ კომპენსატორს, რომლის ბიმეტალური ფირფიტა გაანგარიშებულია ისე, რომ მისი გაღუნვის სიდიდე კომპენსირებას უკეთებს სამზარის ბოლოს გადახრის სიდიდეს, რომელიც გამოწვეულია მომცველი გარემოს ტემპერატურის ცვლილებით.

ყველაზე მეტი გავრცელება მანომეტრული თერმომეტრებიდან მიიღო აირიანმა თერმომეტრებმა, რომელთა ჩვენებებიც თითქმის არ მახინჯდება კაპილარისა და მანომეტრის ტემპერატურის რყევისაგან და, მაშასადამე, არ საჭიროებენ საკომპენსაციო მოწყობილობებს.

აირიანი თერმომეტრის მუშაობა ემყარება შარლის კანონს

$$P_t = P_0(1 + \beta t), \quad (10.18)$$

სადაც

P_t არის აირის წნევა საბოლოო ტემპერატურის დროს;

P_0 - აირის წნევა საწყისი ტემპერატურის დროს;

β - თერმული კოეფიციენტი $\beta = \frac{1}{273.16}$ 1/გრად;

t - საბოლოო ტემპერატურა °C-ში;

დამოკიდებულება წნევასა და ტემპერატურას შორის გამოისახება ფორმულით:

$$P_0 = \frac{\Delta P}{\beta(t - t_0)}, \quad (10.19)$$

სადაც t_0 არის საწყისი ტემპერატურა °C-ში;

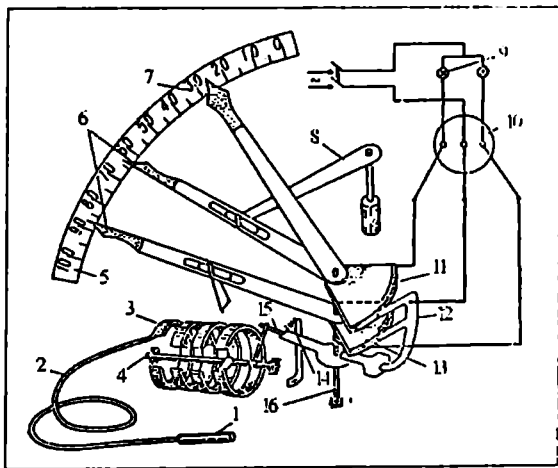
$\Delta P = P_t - P_0$ - წნევათა სხვაობა.

თუ მანომეტრული თერმომეტრი გაანგარიშებულია წნე-
ვითა სხვაობაზე $\Delta P = 50$ კგ/სმ² და ტემპერატურის ცვლილე-
ბაზე 0-დან 500°C-მდე, მაშინ საწყისი წნევა (10.19) ფორმულის
თანახმად შეადგენს

$$P_0 = \frac{50}{\frac{1}{273.16} \cdot 500} = 27.3 \text{ კგ/სმ}^2.$$

მანომეტრული თერმომეტრების საერთო ნაკლს წარმო-
ადგენს მოთხოვნა მათი აბსოლუტური პერმეტიულობის შესახებ.

სამშენებლო მასალების ქარხნებში ხშირად გაცხელება
თერმომეტრული სიგნალიზატორები, რომელთა საშუალებით
ხორციელდება ტემპერატურის გასომევა და ელექტრული იმ-
პულსის მიწოდება ფაქტიური ტემპერატურის გადახრისას
მოცემული მნიშვნელობიდან. თერმომეტრი წარმოადგენს
ორთქლის მანომეტრულ თერმომეტრს ელექტროკონტაქტური
მოწყობილობით. თერმომეტრის კინემატიკური სქემა წარ-
მოდგენილია ნახაზზე 10.31.



ნახ.10.31 მანომეტრული თერმოსიგნალიზატორის სქემა: 1 - თერ-
მობალონი; 2 - კაპილარი; 3 - მილისებრი ზამბარა; 4 - ღერძი; 5 -
სკალა; 6 - მაჩვენებლები; 7 - ისარი; 8,15 - სამართი; 9 - სასიგნალო
ნათურები; 10 - გადასასვლელი ხუნდი; 11 - ყვითელი მაჩვენებლის
სექტორი; 12 - გადასაადგილებელი საკონტაქტო მუსი; 13 - წითელი
მაჩვენებლის სექტორი; 14 - უპუქცივითა ზამბარა; 16 - ისრის ღერძი

მანომეტრული თერმომეტრების დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ თერმობალონი, კაპილარი და გამოსომი ხელსაწყო დაკომპლექტებულია ერთად და მათი ერთმანეთისაგან დაცილება აკრძალულია; უფრო მეტიც, კაპილარის დაზიანებამ შეიძლება დაარღვიოს ჰერმეტიულობა და გამოიყვანოს სისტემა მწყობრიდან.

თერმობალონის დაყენება ხდება დაახლოებით გასასომი გარემოს ნაკადის შუაში, თუ ნაკადის წნევა და სიჩქარე მცირეა და გარემო არ არღვევს თერმობალონს (ე.ი. არაა-გრესიულია), მაშინ არ იყენებენ დამატებით დამცველ გარსს, წინააღმდეგ შემთხვევებში თერმობალონს ათავსებენ სპეციალურ დამცველ გილზაში.

თერმომეტრული დანადგარის მონტაჟის დროს განსაკუთრებით აკურატულად უნდა იქნეს გაყვანილი კაპილარი, რათა არ დაირღვეს სისტემის ჰერმეტიულობა ან არ დაეცოს კაპილარი. ამასთან. დაკავშირებით, არ შეიძლება მკვეთრი გადაღუნებისა და დარტყმების დაშვება; სიმრუდის რადიუსი ღუნების ადგილებში არ უნდა იყოს ნაკლები 20 მმ. კაპილარის გაყვანა ხდება ისევე, როგორც ელექტრული სადენებისა, კედელზე ან საამქროს კონსტრუქციაზე და მაგრდება კავებით; აუცილებლობის შემთხვევაში ათავსებენ მილში. კაპილარის გაყვანის დროს საჭიროა მაღალი ტემპერატურისა და სახურებელი მოწყობილობების ადგილების არიდება, რომელთა გავლენაც კაპილარის ტემპერატურაზე ზრდის გაზომვების ცდომილებებს.

მანომეტრული თერმომეტრების ექსპლოატაციის დროს აუცილებელია არანაკლებ თვეში ერთხელ ჩატაროეს მათი შემოწმება სამუშაო ადგილზე და არანაკლებ ორჯერ წელიწადში ლაბორატორიაში. შემოწმება ხდება მანომეტრული თერმომეტრის ჩვენებების შედარებით საკონტროლო ვერცხლისწყლის თერმომეტრთან. თერმოსისტემის ჰერმეტიულობის დარღვევის შემთხვევაში ხელსაწყო უნდა გაიგზავნოს შესაკეთებლად და შესამოწმებლად ლაბორატორიაში.

5. წინაღობის ელექტრული თერმომეტრები

სამშენებლო პრაქტიკაში დანერგილია გაორთქლების კამერების, ავტოკლავების, გამოწვის ღუმელების, შემავესებლების შტაბელების, საკისრების ტემპერატურის ავტომატური

კონტროლი, რისთვისაც გამოიყენება ავტომატური კონტროლის სხვადასხვა ხელსაწყო.

გარდამსახებად მათში გამოიყენება წინაღობის თერმომეტრები. გარდამსახი მოქმედებს გამტარის (ან ნახევარგამტარის) წინააღობის დამოკიდებულებაზე ტემპერატურისაგან. ამ გარდამსახის აღწერილობა მოყვანილია მეორე თავის მე-7 პარაგრაფში.

ინერციულობის ხარისხის მიხედვით წინააღობის თერმომეტრები იყოფა 3 ჯგუფად: მაღალინერციული (10 წუთი), ჩვეულებრივი ინერციის (3 წუთი), მცირე ინერციული (20 წამი).

წინააღობის ელექტრული თერმომეტრის (ნახ.10.32) სიბოზს მგრძნობიარე ელემენტს წარმოადგენს წერილი მავთული (სპილენძის დიამეტრით 0,1 მმ ან პლატინის, დიამეტრით 0,05-0,07 მმ) (1), რომელიც სპირალურად არის დახვეული ორ ძაფად კარკასზე (2) და მოთავსებულია ჩალითაში (3). კარკასი ჩვეულებრივ მზადდება ფაიფურისაგან, კვარცისაგან, ქარსისაგან ან პლასტმასისაგან. მავთულის სიგრძე, კვეთი და ელექტრული წინააღობა 0°C ტემპერატურის დროს მკაცრად არის განსაზღვრული.

მეორადი ხელსაწყო და დენის წყარო მიერთებულია მომჭერებზე (4).

წინააღობის თერმომეტრის წინააღმდეგობის გაზომვით შეიძლება ზუსტად იქნეს განსაზღვრული მისი ტემპერატურა. წინააღობის თერმომეტრების მგრძნობიარობა განისაზღვრება იმ მასალის წინააღმდეგობის ტემპერატურული კოეფიციენტით, რომლისგანაც არის დამზადებული თერმომეტრი, ე.ი. თერმომეტრის წინააღობის ფარდობითი ცვლილებით მისი გაზურებისას 1° -ით.

დამოკიდებულება ლითონების ელექტრულ წინააღობასა და მათ ტემპერატურას შორის შეიძლება გამოისახოს ფორმულით:

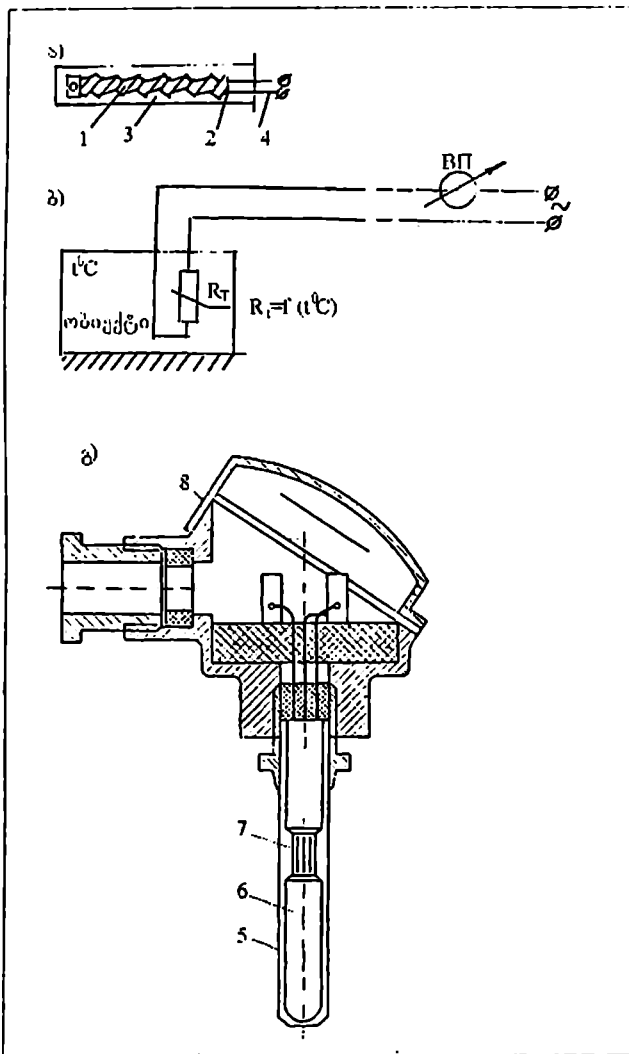
$$R_{t_1} = R_0(1 + \alpha t_1), \quad (10.20)$$

სადაც

R_{t_1} - არის გამტარის წინააღობა t_1 ტემპერატურის დროს; ომებში;

R_0 - იგივე t_1 ტემპერატურის დროს ომებში;

α - წინააღობის ტემპერატურული კოეფიციენტი.



ნახ.10.32. TCN-5072 ტიპის წინააღმდეგობის პლატინური თერმომეტრი: ა) თერმოწინააღმდეგობის საერთო ხედი; ბ) წინააღმდეგობის ჩართვის გამართივებული სქემა; გ) თერმომეტრის კონსტრუქცია. 5 - დამცავი ვაზნა; 6 - მგრძობიარე ელემენტი (წინააღმდეგობის თერმომეტრი); 7 - კერამიკული მიწვევით იზოლირებული ვერცხლის გამომყვანები; 8 - თერმომეტრის თავი კლემის სუნდით

წინააღმდეგობის თერმომეტრის მგრძობიარობა $I\sqrt{R}$ სიდიდის პროპორციულია, სადაც I არის დენი თერმომეტრის წრედში, ამპერებში; R – თერმომეტრის წინააღმდეგობა, ომებში.

ნახაზზე 10.32ბ ნაჩვენებია თერმოწინააღმდეგობის გამარტივებული ჩართვის სქემა, ხოლო ნახაზზე 10.32გ პლატინის წინააღმდეგობის თერმომეტრის კონსტრუქცია.

წინააღმდეგობის თერმომეტრების გაბარიტები: დიამეტრი 14-18მმ, სიგრძე 425-1550 მმ, ჩაფლული ნაწილის სიგრძე 350-1300მმ.

სპილენძის თერმომეტრების წინააღმდეგობაა 53 ომი, პლატინისა 46 ომი.

სპილენძის თერმომეტრები გამოიყენება -50 -დან $+180^{\circ}\text{C}$ -მდე ტემპერატურების გასაზომად, ხოლო პლატინისა $+600^{\circ}\text{C}$ -მდე.

მავთულის თერმომომეტრების გარდა სულ უფრო ფართო გავრცელებას ღებულობს ნახევარგამტარული თერმოწინააღმდეგობები (თერმისტორები). ისინი ხასიათდებიან არაწრფივი სტატიკური მახასიათებლით, მაღალი მგრძობიარობით ტემპერატურის ცვლილებებისადმი და დიდი საწყისი წინააღმდეგობით. ჩვეულებრივ 20°C -ის დროს თერმისტორის საწყისი წინააღმდეგობა რამდენიმე კილომი სიდიდით განისაზღვრება.

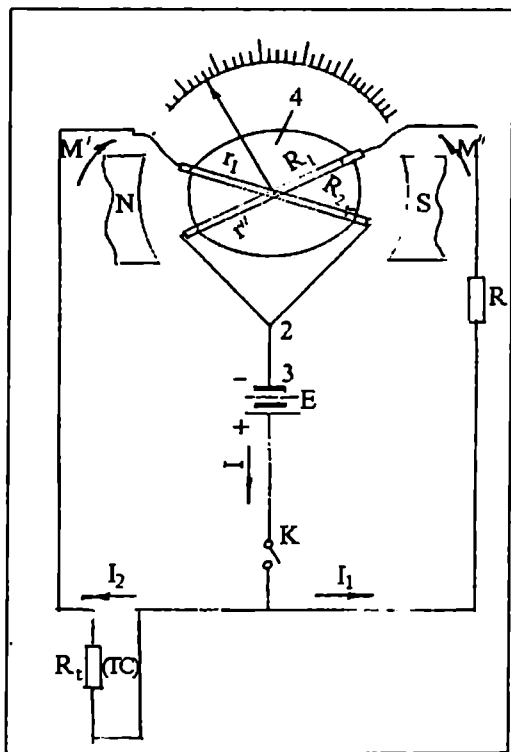
თერმისტორების არსებით ნაკლს წარმოადგენს მათი ნომინალური პარამეტრების გაფანტვა, რაც ამწელებს ხელსაწყოების სერიულ გამოშვებას მათი გამოყენებით.

წინააღმდეგობის თერმომეტრთან კომპლექტში შეუძლიათ იმუშაონ ელექტროგამზომ ხელსაწყოებს, რომლებიც აფიქსირებენ წინააღმდეგობის ცვლილებას; ლოგომეტრებსა და ავტომატურ ელექტრონულ ხიდებს.

ლოგომეტრები წარმოადგენენ მაგნიტოელექტრულ ხელსაწყოებს, რომელთა მოძრავი სისტემა შედგება ერთმანეთთან მახვილი კუთხით განლაგებული და ერთ საერთო ღერძზე ხისტად დამაგრებულ ორი r და r' ჩარჩოსაგან. ჩარჩოები გვხვდება კარკასული და უკარკასო. ჩარჩოებს შეუძლიათ თავისუფლად შემობრუნება ღერძზე, ხელსაწყოთა ისართან ერთად. ერთერთი ჩარჩო წარმოადგენს მამბრუნს, ხოლო მეორე ჩარჩო უკუქმედს. მამბრუნი მომენტი იქმნება მუდმივი მაგნიტის მაგნიტური ველისა და დენიანი გამტარის (ჩარჩოს) ურთიერთქმედების შედეგად. ხელსაწყოები გვხვდება გარე და შიგა მაგნიტით. სისტემა გარე მაგნიტით წარმოადგენილია ნახაზზე 10.33. მაგნიტი ასეთი სისტემისათვის სრულდება მა-

საღისაგან დიდი კოერცეტიული ძალით. მაგნიტური სისტემის საპაერო ღრეო შეადგენს 1...2 მმ. მუდმივი მაგნიტის მაგნიტურ ველში პოლუსების ბუნიკებით NS', მოთავსებულია ელიფსური ფორმის რკინის გულარი (4). როგორც სკემიდან ჩანს, ჩარჩოს მოძრავი სისტემა ბრუნავს ღრეოში NS მაგნიტის ბუნიკებსა და გულარს შორის. ღრეოს სიგანე ჩარჩოს ბრუნვის გზაზე ცვალებადია, რის შედეგადაც მაგნიტური ველიც იქნება ცვალებადი: იქ სადაც ღრეო ნაკლებია, მაგნიტური ველი იქნება უფრო ძლიერი და პირიქით. ეს აუცილებელია იმისათვის, რომ ჩარჩოზე მოქმედი მომენტი ხელსაწყოს მოძრავი ნაწილის გადახრის კუთხის ცვლილებისას შესაბამისად შეიცვალოს. ჩარჩოების კოჭები დახვეულია ისეთნაირად, რომ მათში გამავალი დენი ქმნის ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მიმართულ მაბრუნ მომენტებს. r' ჩარჩოს გრაგნილში გამავალი დენი I_1 ქმნის საათის ისრის მიმართულებით მოქმედ მაბრუნ მომენტს M' ; დენი $I_2 - M''$ მაბრუნ მომენტს, რომელიც მიმართული იქნება საწინააღმდეგო მხარეს. ჩარჩოებში მომენტების მიმართულება განისაზღვრება მხოლოდ მათში დენის მიმართულებით. ლოგომეტრის დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ ხელსაწყოს მოძრავი ნაწილის წონასწორობის მდგომარეობა განისაზღვრება არა მათში დენის სიდიდით, არამედ ორ გრაგნილში გამავალი დენების ფარდობით. ლოგომეტრის ძირითად ღირსებას წარმოადგენს ხელსაწყოს ჩვენებების დამოუკიდებლობა მკეებავი ძაბვის სიდიდისაგან. თუ წინაღობები R და TC (თერმოწინაღობა) ტოლია, მაშინ $I_1=I_2$, ხოლო $M'=M''$ თერმომეტრის TC R_t წინაღობის გაზრდის დროს (გახურების შედეგად) I_2 დენის სიდიდე შემცირდება, ამასთან ერთად შემცირდება M' მომენტიც, რის შედეგადაც ჩარჩოები დაიწყებენ მობრუნებას საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ჩარჩო r'' , რომელშიც მიედინება დიდი ძალის დენი, ხვდება უფრო ფართო ღრეოს არეში, სადაც მაგნიტური ველი სუსტია, ხოლო ჩარჩო r' პირიქით, ხვდება უფრო მძლავრი ველის არეში. რადგან მაბრუნ მომენტები M'' და M' პირდაპირპროპორციულია მაგნიტური ველის დაძაბულობისა, M'' მომენტის სიდიდე დაიწყებს შემცირებას, ხოლო M' მომენტის სიდიდე პირიქით, ზრდას. ჩარ-

ჩოები r' და r'' იმყოფებიან რა არათანაბარი მაგნიტური ინდუქციის ველებში, ისინი კვლავ დაუბრუნდებიან წონასწორობის მდგომარეობას. ეს მოხდება მაშინ, როდესაც M' და M'' მომენტები სიდიდით გაუტოლდებიან ერთმანეთს. თუ შეიცვლება წრედის ძაბვა, მაშინ r და r'' ჩარჩოებში შეიცვლება დენის სიდიდე ერთდროულად, რადგან ჩარჩოები შეერთებულია პარალელურად; I_1 და I_2 დენების თანაფარდობა დარჩება ადრინდელი და მოძრავი სისტემის მდგომარეობა არ შეიცვლება. ხელსაწყო ისრის მობრუნების კუთხე იქნება $R_t(TC)$ წინაღობის პროპორციული და არ იქნება დამოკიდებული ქსელის ძაბვაზე.



ნახ.10.33. ლოგომეტრის ელექტრული სქემა

მოძრავ ნაწილზე მოქმედი მომენტებისათვის გვაქვს გამოსახულებები:

$$M' = K_1 F_1(\alpha) I_1; \quad M'' = K_2 F_2(\alpha) I_2 \}, \quad (10.21)$$

სადაც $K_1 = S_1 \omega_1$; $K_2 = S_2 \omega_2$; $F_1(\alpha)$ და $F_2(\alpha)$ – ფუნქციები, რომლებიც განსაზღვრავენ $B(\alpha)$ დამოკიდებულებას ღრეწოში ორივე ჩარჩოსათვის. წონასწორობის დროს $M = M''$, ე.ი. $K_1 F_1(\alpha) I_1 = K_2 F_2(\alpha) I_2$. აქედან

$$\frac{F_1(\alpha)}{F_2(\alpha)} = \frac{K_2 I_2}{K_1 I_1} \quad \text{ან} \quad F(\alpha) = K \left(\frac{I_1}{I_2} \right),$$

სადაც $F(\alpha) = \frac{F_1(\alpha)}{F_2(\alpha)}$; $K = \frac{K_1}{K_2}$.

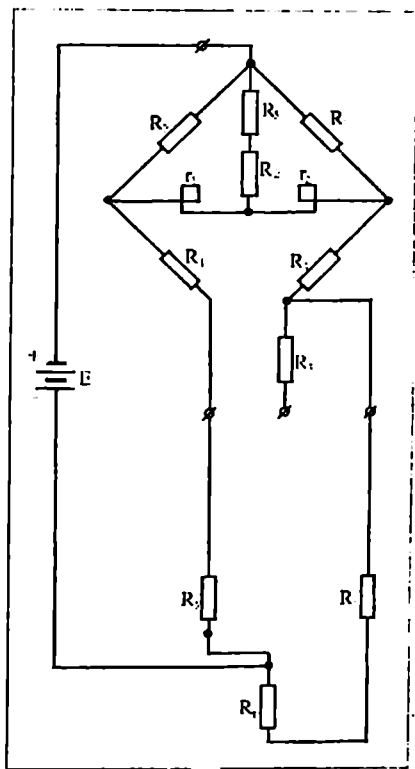
შებრუნებული ფუნქციისათვის გვექნება გამოსახულება

$$\alpha = F \left(\frac{I_1}{I_2} \right), \quad (10.22)$$

რომელიც წარმოადგენს სისტემის ძირითად განტოლებას. მაშასადამე, ლოგომეტრი ზომავს ჩარჩოებში დენის ძალების შეფარდებას. ისრის გადახრის კუთხე დამოკიდებულია მხოლოდ გასაზომ R_i წინაღობაზე და არ არის დამოკიდებული სქემის კვების ძაბვაზე.

მოყვანილ ფორმულებში აღნიშნულია: α – ჩარჩოს გადახრის კუთხე ნეიტრალური მდგომარეობიდან; B – ინდუქცია ღრეწოში; ω – ჩარჩოს ხვეულების რიცხვი; I – დენის ძალა; S – ჩარჩოს ფართობი.

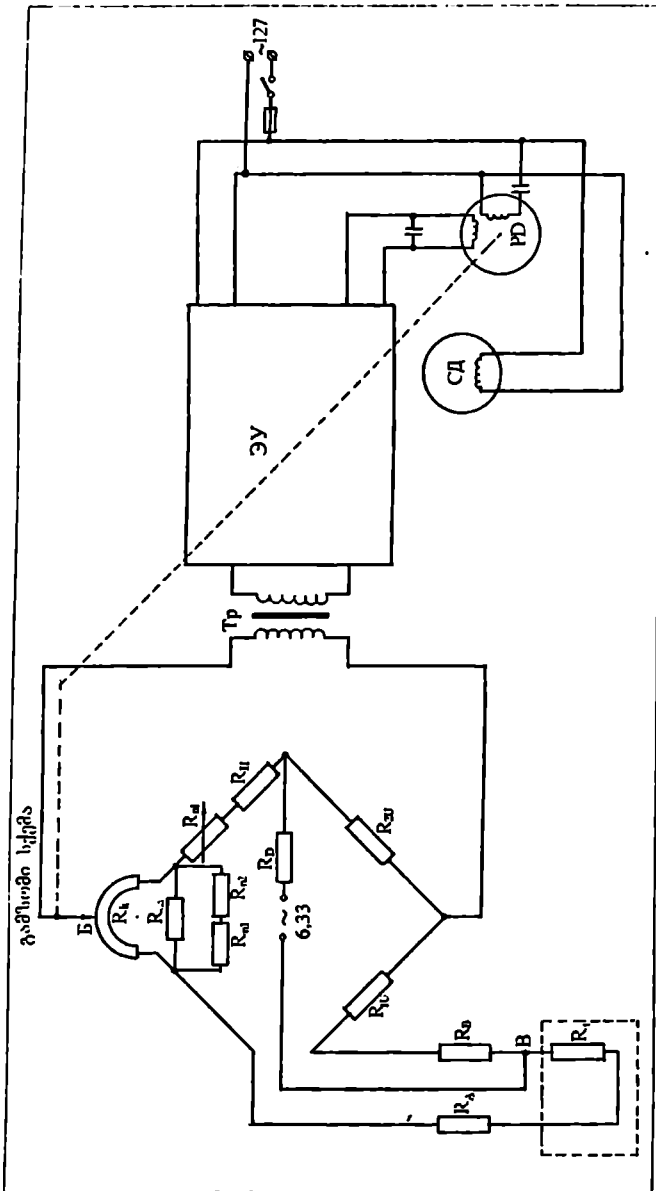
ნახაზზე 10.34 მოცემულია პირომეტრიული კომპლექტის წინაღობის თერმომეტრთან და ЛПР-53 დოგომეტრთან შეერთებების პრინციპული ელექტრული სქემა. ეს არის ხიდური გამზომი სქემა, რომელშიც ლოგომეტრი ასრულებს გამზომი ხელსაწყო როლს. ხიდური სქემის გამოყენება ზრდის მოწყობილობის მგრძნობიარობას და ამარტივებს სქემის მორგებას სხვადასხვა გრადუირების წინაღობის თერმომეტრებისათვის. ნახაზზე R_y არის მათანაბრებელი კოჭები; R_1, R_2, R_3 და R_6 – ხიდის მუდმივი მხრები; R_4 – თერმომეტრის ცვლადი წინაღობა; R_4 და R_5 – წინაღობები, განკუთვნილი ტემპერატურული კომპენსაციისათვის და მოძრავი სისტემის მობრუნების კუთხის შესაცვლელად; r_1 და r_2 – ლოგომეტრის ჩარჩოების წინაღობები; R_3 – ეტალონური კოჭა; E – კვების წყარო.



ნახ.10.34. პირომეტრიული კომპლექტის წინაღობის თერმომეტრთან და ლოგომეტრთან შეერთების პრინციპული ელექტრული სქემა

ლოგომეტრის გამზომი, მოწყობილობის კეება ხორციელდება აკუმულატორული მშრალი ბატარეიდან ან 4 ვოლტი მუდმივი ძაბვის ქსელური წყაროებიდან. ППр-53 ტიპის ლოგომეტრის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე არ აღემატება 0,9 ვატს. ხაზის წინაღობა შეადგენს 5 და 15 ომს. ტემპერატურის გაზომვის ზღვრები მოწყობილობის დახმარებით ППр-53 ტიპის ლოგომეტრთან შეადგენს -200 -დან $+500^{\circ}\text{C}$ -მდე.

10.35 ნახაზზე წარმოდგენილია ЭМД ტიპის ცვლადი დენის ავტომატური ელექტრონული გამზომი ხიდის პრინციპული სქემა. ხელსაწყოს ძირითადი კვანძებია: გამზომი სქემა; გამაძლიერებელი ЭУ (ძაბვისა და სიმძლავრის გამაძლიერებელი); რევერსიული ძრავა РД და სინქრონული ძრავა СД. გაწონასწორებული ხიდის ერთ-ერთ მხარში ჩართულია წინაღობის თერმომეტრი R_t .



ნახ.10.35. Σ MD ტიპის ცვლადი დენის ავტომატური ელექტრონული გამზომი ხიდის პრინციპული სქემა

5. თერმოელექტრული პირომეტრები (თერმოწყვილები)

თერმოწყვილის, როგორც გარდამსახის მოქმედების პრინციპი გადმოცემული იყო მეორე თავის მეექვსე პარაგრაფში. ახლა განვიხილოთ თერმოწყვილის მოწყობილობა.

ტექნიკაში მილიოლტმეტრს მასთან მიერთებული თერმოწყვილით უწოდებენ თერმოელექტრულ პირომეტრს.

ყველაზე მეტად გავრცელებულია თერმოწყვილები, რომელთა გამტარებიც (თერმოელექტროდები) დამზადებულია სპეციალური შენადნობებისაგან (იხ. ცხრილი 10.1). (თერმოწყვილების გრადუირების აღნიშვნაში პირველი ჩვეულებრივ მიეთითება დადებითი ელექტროდი, ხოლო მეორე – უარყოფითი).

პრაქტიკაში განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება თერმოწყვილი ქრომელალუმელი, რომელიც კარგად მუშაობს დამუანგავ გარემოში და რამდენადმე უარესად – აღმდგენ გარემოში. ქრომელი წარმოადგენს შენადნობს: 89% ნიკელი (Ni), 9,8% ქრომი (Cr), 1% რკინა (Fe) და 0,2% მარგანეცი (Mn). ალუმელის შემადგენლობაა: 94% Ni და 6% Al, Mn, Si. კოპელის შემადგენლობაა: 56% Cu და 44% Ni.

სტანდარტით დადგენილ თერმოწყვილებს გარდა გამოიყენება თერმოწყვილები კონსტანტანის საფუძველზე: სპილენძი-კონსტანტანი, რკინა-კონსტანტანი.

მაღალი ტემპერატურების გასაზომად სხვადასხვა აგრესიული გარემოს პირობებში გამოიყენება თერმოწყვილი ბორიდისა და ცირკონიუმ კარბიდისაგან (cZrB და ZrC). ასეთ თერმოწყვილებს გააჩნიათ წრფივი მახასიათებელი და 1800°C-ის დროს ანვითარებენ 16მვ-დე თერმო ე.მ.ძ. თერმოგარდამქმნელი შედგება არმატურისაგან (მილი, მილტუჩი, თავი), რომელშიც იდგმება თერმოწყვილი. თერმოწყვილის სამუშაო ბოლო იზოლირებულია მილისაგან ფაიფურის ან კვარცის ბუნიკით. სამუშაო ტემპერატურისაგან დამოკიდებულებით თერმოწყვილი იზოლირებულია აზბესტით, კვარცის მილებით ან ფაიფურის მძივებით. თერმოწყვილი უერთდება მანქნებულს (მილიოლტმეტრს ან ავტომატურ კომპენსატორს) იზოლირებული შემაერთებელი სადენებით, რომელსაც დამაგრებელი თერმოელექტროდები (საკომპენსაციო სადენები) ეწოდება. დამაგრებელი სადენები თერმოწყვილებისათვის არაკუთილშობილი ლითონებისაგან მზადდება იმავე მასალებისაგან,

ფართოდ გავრცელებული თერმოწყვილები, რომელთა გამტარებიც დამზადებულია სპეციალური შენადნობებისაგან

№ რაიონი	თერმოწყვილი	გრადუირების აღნიშვნა	თერმოკმ.პ. მე. როდესაც $t_1=100^{\circ}\text{C}$ და $t_2=0^{\circ}\text{C}$.	გასაზომი ტემპერატურის ზედა ზღვარი, $^{\circ}\text{C}$	
				ხანგრძლივი გაზომვა	ხანმოკლე გაზომვა
1	პლატინა-პლატინა როდიუმი (10%Rh)	ΠΠ-1	0,643	1300	1600
2	ქრომელ-ალუმელი	XA	4,1	1000	1300
3	ქრომელ-კოპელი	XK	6,95	600	800
4	ვოლფრამ-რენიუმი	BP 5/20	—	2200	2500

რისგანაც დამზადებულია თერმოწყვილის თერმოელექტროდები. თერმოწყვილებისათვის კეთილშობილი ლითონებისაგან გამოიყენება დამაგრძელებელი თერმოელექტროდები ΠΠ და სპილენძის შენადნობისაგან. თერმოწყვილისათვის ქრომელი – ალუმელი დამაგრძელებელი თერმოელექტროდები შეიძლება დამზადდეს სპილენძისა და კონსტანტანისაგან.

დამაგრძელებელი თერმოელექტროდები (საკომპენსაციო სადენები) უნდა აკმაყოფილებდეს ორ პირობას: 1. ტემპერატურების დიაპაზონში 0 100°C მათ უნდა გააჩნდეთ გარდაქმნის ისეთივე ფუნქცია ($y=f(x)$, სადაც x და y არის შემავალი და გამომავალი სიდიდეების მნიშვნელობები), როგორც ძირითად თერმოწყვილს. 2. დამაგრძელებელი თერმოელექტროდების თერმოწყვილთან მიერთების ადგილებს უნდა ჰქონდეთ ერთნაირი ტემპერატურა.

არა სამუშაო ნარჩილების ტემპერატურა შეიძლება სტაბილიზირებული იქნეს თერმოწყვილის ბოლოების მიერთებით მილივოლტმეტრთან ან გამზომ სქემასთან.

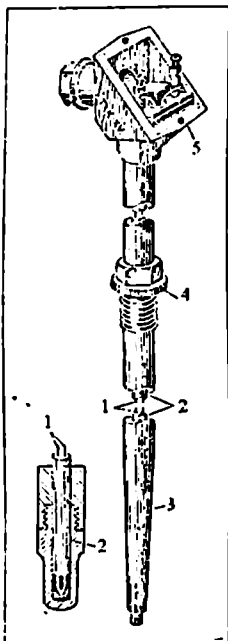
თერმოლუქვილების თერმოელექტროდების მასალებს წავე-
ენებათ დიდი მოთხოვნები. მთავარ მოთხოვნებს წარმოადგენს
შედარებით დიდი თერმო ე.მ.მ. შექმნა (წყვილში სხვა მასა-
ლასთან); რაც უფრო დიდია თერმო ე.მ.მ. მით უფრო ნაკლებ-
ბად მგრძობიარე შეიძლება იყოს მეორადი ხელსაწყო. შე-
სადარებელ თერმოელექტროდად (ანუ როგორც ამბობენ ნორ-
მალურ ელექტროდად) მიღებულია პლატინის თერმოელ-
ექტროდი. ეს აიხსნება იმით, რომ პლატინას აქვს დნობის
მაღალი ტემპერატურა (1779°C), შედარებით ადვილად მთილება
ქიმიურად სუფთა სახით და გაანინა თერმოელექტროული თვი-
სებების მუდმივობა.

თერმოლუქვილებისათვის მეტად მნიშვნელოვან თვისებას
წარმოადგენს ურთიერთშენაცვლებადობა. ურთიერთშენაცვ-
ლადებად ითვლება თერმოლუქვილები, რომლებსაც ერთნაირ
ტემპერატურულ პირობებში შეუძლიათ განავითარონ ერთ-
ნაირი თერმო ე.მ.მ., და მაშასადამე შეუძლიათ იმუშაონ მო-
ცემული გრადუირების ერთიდაიმავე გამზომ ხელსაწყოსთან.
თუ თერმოლუქვილი არაურთიერთშენაცვლებადია, საჭირო
ხდება ხელსაწყოს გადაგრადუირება, რაც რთული და არასა-
სურველია.

თერმოლუქვილის კონსტრუქციული შესრულება სხვადასხ-
ვანაირია. იგი განისაზღვრება დამკვეთი მილისა და ისოლა-
ციის მასალის სახით. თერმოლუქვილის ელექტროდები მზად-
დება მავთულისაგან დიამეტრით 0,5-დან 3,2 მმ-მდე. თერმო-
ელექტროდები შეერთებულნი არიან მხოლოდ სამუშაო ბო-
ლოში, მთელ დანარჩენ ნაწილში ისინი ერთმანეთისაგან
ისოლირებულნი არიან.

თერმოლუქვილი ტემპერატურის გასაზომ გარემოსთან
კონტაქტის სახის მიხედვით გვხვდება ჩასაყვინთი და სედა-
პირული. ჩასაყვინთი გამოიყენება ტემპერატურის კონ-
ტროლის მიზნით გარემოს შიგნით (სიდრმეში), ხოლო სედა-
პირული – რაიმე სედაპირის ტემპერატურის კონტროლისათ-
ვის. სედაპირული ტიპის თერმოლუქვილების დასახელებას ემა-
ტება ასო Π.

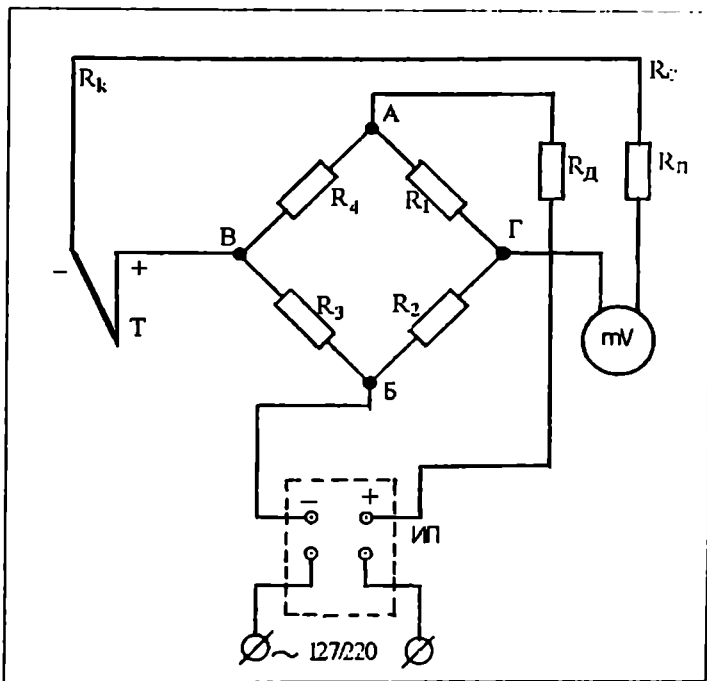
10.36 ნახაზზე მოყვანილია თერმოლუქვილის კონსტრუქცია,
შესრულებული არაკეთილშობილი ლითონებისაგან.



ნახ.10.36. თერმოწყვილის კონსტრუქცია, შესრულებული არაკეთილშობილი თერმოელექტროდებისაგან: 1 - თერმოელექტროდები; 2 - ფაიფურის მილაკი ან მძივი; 3 - დამცავი ჩალითა; 4 - უძრავი მილყელი; 5 - თერმოწყვილის თავი

თერმოწყვილის წრედში გამზომი ხელსაწყოს ჩვეულებრივი წესით ჩართვის დროს თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლოები განლაგებულია მისი თავის ნაწილში (5) ნახ.10.36. ვინაიდან თავის ნაწილის ტემპერატურის შენარჩუნება მუდმივ და დაბალ სიდიდეზე ჩვეულებრივ მაღალი გასაზომი ტემპერატურების ზონაში საკმაოდ ძნელია, ამიტომ თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლოები გადააქვთ მუდმივი და დაბალი ტემპერატურის ზონაში, რისთვისაც, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, იყენებენ ე.წ. საკომპენსაციო სადენებს. გარდა ამისა, გამოტანილ ცივ ნარჩილს უკეთდება თბური იზოლაცია მაღალი თბური ინერციით. გამოიყენება, აგრეთვე, სპეციალური საკომპენსაციო კოლოფები ცივი ნარჩილის ტემპერატურის რყევების ავტომატური კომპენსაციისათვის.

10.37 ნახაზზე მოცემულია თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლოების ტემპერატურის ავტომატური კომპენსაციის სპეციალური მოწყობილობა, რომელიც შედგება რამდენიმე წინააღობისაგან და ქმნის ხიდურ სქემას.



ნახ.10.37. თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლოების ტემპერატურის ავტომატური კომპენსაციის სპეციალური მოწყობილობის სქემა

წინააღმდეგობები R_1 , R_2 , R_3 და R_4 შეერთებულია გაუწონასწორებელ გამზომ ხიდში; წინააღმდეგობები R_1 , R_2 , R_3 და R_4 შესრულებულია მანგანინის მავთულისაგან, ხოლო R_k წინააღმდეგობა – სპილენძის მავთულისაგან. წინააღმდეგობების სიდიდეები შერჩეულია იმგვარად, რომ მომცველი გარემოს ტემპერატურის დროს $20^{\circ}C$, B და Γ წერტილებს შორის პოტენციალთა სხვაობა ნულის ტოლია. ამ შემთხვევაში ხიდი არ ახდენს გაფლენას გასაზომ ე.მ.პ-ის სიდიდეზე. მომცველი გარემოს (თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლოების) ტემპერატურის შეცვლის დროს იცვლება თერმოწყვილის თერმო ე.მ.პ. იზრდება ტემპერატურის $20^{\circ}C$ -ზე დაბლა დაწვევისას და მცირდება ტემპერატურის $20^{\circ}C$ -ზე ზევით ამაღლებისას; ერთდროულად იცვლება R_k წინააღმდეგობის სიდიდე, რომელიც კლებულობს ტემპერატურის $20^{\circ}C$ -ზე დაბლა დაწვევისას და მატულობს ტემპერა-

ტურის ამადლებსას 20°C -ზე ზევით. მაშასადამე, ეს გადახრები (კვლიან B და Γ წერტილებს შორის პოტენციალთა სხვაობას სხვადასხვა მიმართულებით და პრაქტიკულად ურთიერთკომპენსირებას ახდენენ. BF დიაგონალში ჩართულია თანმიმდევრობით თერმოწვეილი T, საკომპენსაციო სადენები R_K , მომრგებელი წინალობა R_n და მილივოლტმეტრი mV. მომრგებელი წინალობის R_n დანიშნულებაა გარე ხაზის წინალობის მორგება იმ სიდიდემდე, რომელიც ნანევენებია მილივოლტმეტრის სკალაზე.

საკომპენსაციო კოლოფი იკეებება მუდმივი დენის ძაბვით 4ვ. ამისათვის იგი მიერთებულია კეების წყაროსთან ИП-მოწყობილობასთან, რომელიც შედგება დამწვეი ტრანსფორმატორისაგან, სელენური გამმართველისა და მომრგებელი წინალობისაგან.

მცირე სიდიდის თერმო ე.მ.დ. გაზომვისას, რომელიც აღიძვრება თერმოწვეილში, პირდაპირი მეთოდით, ე.ი. ჩვეულებრივი მილივოლტმეტრით, გაზომვების ცდომილება შეიძლება იყოს საკმაოდ დიდი. ეს ცდომილება აღიძვრება შემაერთებელი (საკომპენსაციო) სადენების წინალობის ცვლილების, გადასასვლელი კონტაქტების, გამწოში ხელსაწყოთა ჩარხოს, სამბარების სიხისტისა და საკისრებში ხახუნის ცვლილების, მუდმივი მაგნიტის განმაგნიტების ხარჯზე, გარე მაგნიტური ველების გაეფენით და ა.შ.

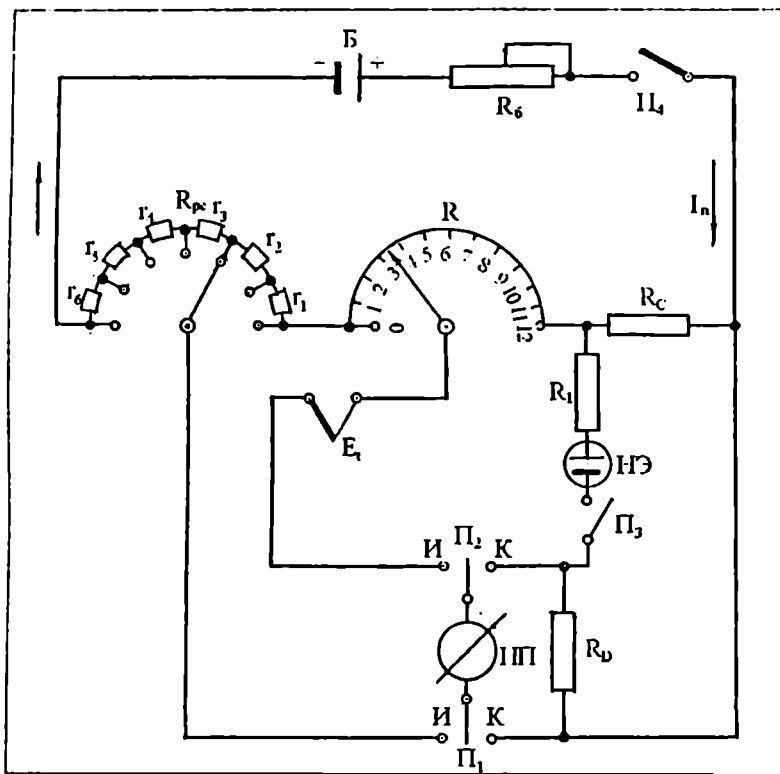
ამიტომ, გამოიყენება გაზომვის უფრო სრულყოფილი და ზუსტი კომპენსაციური მეთოდები, რომელთა დროსაც ხელსაწყოთა ჩვენება არ არის დამოკიდებული ზემოთ ჩამოთვლილ ფაქტორებზე და განისაზღვრება მხოლოდ თერმოწვეილის სამუშაო ნარჩილის ტემპერატურით.

ე.მ.დ. გაზომვის კომპენსაციური ანუ პოტენციომეტრული მეთოდი განხილულია მესამე თავში. მცირე ე.მ.დ. გასაზომად კომპენსაციური მეთოდით გამოიყენება ხელსაწყოები, რომლებსაც პოტენციომეტრები ეწოდება.

პოტენციომეტრები გვხვდება ხელით მართვით და ავტომატური. არაავტომატური პოტენციომეტრები ხელით მართვით გამოიყენება ტემპერატურის გასაზომად ლაბორატორიულ პირობებში და სამრეწველო ხელსაწყოების ჩვენებების შესამოწმებლად. პოტენციომეტრებით შესაძლებელია ტემპერატურის გაზომვა ერთ ან რამდენიმე წერტილში, ამიტომ მათ აქო-

ფენ ერთწერტილოვან და მრავალწერტილოვანად (3, 6, 12 და 24 წერტილი). საკონტროლო წერტილების გადართვა ხდება ხელით ან ავტომატურად, პოტენციომეტრები გამოდის როგორც მანევრებელი, თვითმწერი და მარეგულირებელი ხელსაწყოები. ავტომატური თვითმწერი და მარეგულირებელი პოტენციომეტრები განკუთვნილია ტემპერატურის უწყვეტი გაზომვის, ჩაწერისა და რეგულირებისათვის.

განვიხილოთ $\Pi\Pi$ ტიპის ხელით მართვის გადასატანი პოტენციომეტრის მოწყობილობა. იგი გათვალისწინებულია თერმოწყვილების, მილივოლტმეტრებისა და ავტომატური პოტენციომეტრების შესამოწმებლად სამუშაო აღვილებზე. $\Pi\Pi$ ტიპის გადასატანი პოტენციომეტრის სქემა მოყვანილია 10.38 ნახაზზე. ნახაზზე აღნიშნულია: R_p - რეოქორდის წინაღობა; R_{Σ} - სექციონირებული წინაღობა ექვსი საფეხურით (r_1-r_6); R_c - შესადარებელი წინაღობა; ამ წინაღობის მიხედვით ხდება მკვებავი დენის ძალის I_n მომართვა ნორმალური ელემენტების $H\Xi$ მიხედვით. R_1 წინაღობა წარმოადგენს დამცველს; იგი განკუთვნილია ნორმალური ელემენტის დასაცავად პოლიარიზაციისაგან. R_f - ცველადი წინაღობა, რომლითაც წარმოებს მკვებავი დენის ძალის მუდმივობის რეგულირება. R_d - დამშუნიტველი წინაღობა ნულოვანი ხელსაწყოს HI დასამშვიდებლად და მისი მგრძობიარობის შესამცირებლად მუშა დენის დაყენების დროს. B - მშრალი ელემენტი ძაბვით 1,2-1,5 ვ - დენის წყარო, E_1 - თერმოწყვილი. ჩამრახები Π_1, Π_2, Π_3 და Π_4 გამოსახული სქემაზე სხვადასხვა ადგილზე, რეალურ სქემაში გაერთიანებულია ერთ ორპოლუსიან ფირფიტოვან ჩამრახში. ჩამრახს აქვს სამი მდგომარეობა: 1. ნულოვანი მდგომარეობა, რომლის დროსაც ჩამრახები Π_1 და Π_2 იმყოფებიან საშუალო მდგომარეობაში, ხოლო Π_3 და Π_4 - განრთულია; 2. საკონტროლო მდგომარეობა სამუშაო დენის დასადგენად, ამ დროს ჩამრახები Π_1 და Π_2 იმყოფებიან K მდგომარეობაში, ხოლო Π_3 და Π_4 - ჩართულია; 3. სამუშაო მდგომარეობა, ამ დროს Π_1 და Π_2 იმყოფებიან H მდგომარეობაში, ჩამრახი Π_3 - განრთულია, ხოლო Π_4 - ჩართულია.

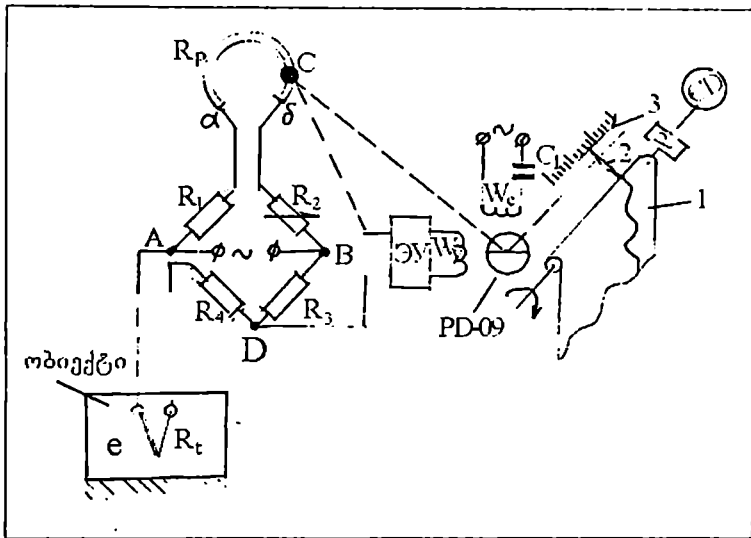


ნახ.1038. $\Pi\Pi$ ტიპის გადასატანი პოტენციომეტრის სქემა

პოტენციომეტრის მთელი სქემა კონსტრუქციულად დამონტაჟებულია ებონიტის პანელზე; პანელი, ნორმალური ელემენტი და ბატარეა მოთავსებულია ხის ყუთში და აღჭურვილია სახელურით გადატანისათვის.

ნახაზზე 10.39 მოყვანილია ავტომატური თვითმწერი ელექტრონული პოტენციომეტრის (ავტომატური კომპენსატორის) გამარტივებული სქემა. სქემაზე აღნიშნულია: \mathcal{E} - ფაზამგრძობიარე გამაძლიერებელი, R_{pc} - რეოქორდა, დიაგრამის ღენტა (1), ჩამწერი ურიკა და ისარი (2), სკალა (3), რედუქტორი (P) და სინქრონული ძრავა (CD) პოტენციომეტრის მუშაობას საფუძვლად უდევს გაზომვის კომპენსაციური მე-

თოდი, რომლის არსივ მდგომარეობს იმაში, რომ თერმოქვილის ე.მ.დ. e კომპენსირდება U_{CD} ძაბვით, რომელიც იხსნება ხიდის CD დიაგონალიდან. ხიდის მხრებში ჩართულია წინაღობები R_1, R_2, R_3, R_4 და რეოქორდა. R_p , რომლის ძვრიაც დაკავშირებულია ორფაზა კონდენსატორულ რევერსიულ ძრავასთან P .



ნახ.10.39. ავტომატური თვითმწერი ხიდის გამართიეებული სქემა

გარემოს ტემპერატურის გაზომვისას იცვლება თერმოქვილის ე.მ.დ, რის შედეგადაც ელექტრონული გამაძლიერებლის $\mathcal{E}Y$ შესასვლელში მიეწოდება ძაბვა $\Delta U = U_{CD} - e$. ელექტრონული გამაძლიერებელი შედგება ძაბვის გამაძლიერებლისა YH და სიმძლავრის გამაძლიერებლისაგან YM . სიმძლავრის გამაძლიერებლის გამოსასვლელი მიეწოდება ასინქრონული რევერსიული ძრავას სტატორის ერთ-ერთ გრავნილში. ძრავას როტორი კინემატიკურადაა დაკავშირებული რეოქორდის ძვრისთან, დიაგრამის საწერ კალამთან და სკალის ისართან. ΔU ძაბვის გავლენით ძრავა PD იწყებს ბრუნვას და რეოქორდის ძვრის გადაადგილებს იქამდე, სანამ U_{CD} ძაბვა არ გაუტოლდება თერმოქვილის ე.მ.დ. ამ

დროს PD ძრავას ბრუნვა შეწყდება. ისარი და კალამი ჩერდებიან ტემპერატურის ერთნაირ ნიშნულებზე სკალისა და დიაგრამის მიხედვით. ხელსაწყოს ისრის მდებარეობის მიხედვით, განსჯიან გარემოს ტემპერატურის შესახებ.

როგორც კი თერმოწყვილის წრედში წარმოიქმნება დისბალანსი, ე.ი. სხვაობა თერმოწყვილის ე.მ.ძ-სა და მის გამაწონასწორებელ რეოქორდის ძაბვას შორის, გამაძლიერებელი ამოქმედებს რევერსიულ ძრავას, რომელიც დაბრუნდება საჭირო მხარეს წონასწორობის მიღწევამდე. ამასთან გამაძლიერებლის რეაქცია იმდენად სწრაფია, რომ იგი შეიძლება ჩაითვალოს პრაქტიკულად უინერციოდ.

რევერსიული ძრავას გარდა სქემაში გათვალისწინებულია კიდევ სინქრონული ძრავა CD, რომლის დანიშნულებაცაა დიაგრამის ქაღალდის გადაადგილება.

თანამედროვე ხელსაწყოებში ბატარეის B და ნორმალური ელემენტის H₂ ნაცვლად ჩადგმულია კვების სტაბილიზებული წყარო ИПС, რომელიც აგებულია კაჟიანი სტაბილიტრონების D-809 საფუძველზე. ИПС კვებას ხელსაწყოს გამზომ ხიდს სტაბილური ძაბვით, რაც აუჩქარებს ხელსაწყოს მუშაობას. ამ შემთხვევაში არ მოითხოვება ხელსაწყოს ჩართვა კონტროლის რეჟიმში, რადგან სტაბილიზატორის გამოსასვლელში უზრუნველყოფილია მუდმივი და დროში სტაბილური ძაბვა 2 ვოლტის სიდიდით.

მოყვანილი ხიდური სქემისათვის წონასწორობის პირობა ჩაიწერება ასეთი სახით:

$$(R_1 + R_{pa}C)R_3 = (R_1 + R_4)(R_2 + R_{p\phi}C), \quad (10.23)$$

სადაც

R_1, R_3 და R_4 – ხიდის მხრების მუდმივი წინაღობებია;

R_1 – თერმოწინაღობა (ტემპერატურის გარდამსახი);

R_2 – ცვლადი წინაღობა;

$R_{pa}C$ და $R_{p\phi}C$ – რეოქორდის უბნები.

როდესაც (10.23) გამოსახულების მარცხენა ნაწილი ტოლია მარჯვენა ნაწილის, მაშინ ხიდური სქემა გაწონასწორებულია და ЭУ გამაძლიერებლის შესასვლელში სიგნალი არ მიეწოდება, ძრავა PD-09 უძრავია და დიაგრამის ლენტზე, რომელიც ღებულობს დამოუკიდებელ მოძრაობას სინქრო-

ნული ძრავისაგან (CD) დამწვევი რედუქტორით (P), ჩამწვერი ურიკა (I) ხაზაგს სწორ ხაზს.

თუ ობიექტში ტემპერატურა შეიცვლება, დაირღვევა ხიდური სქემის წონასწორობის პირობა, გამაძლიერებლის შესასვლელში მიეწოდება სიგნალი, რომლის სიდიდე და ნიშანი დამოკიდებულია ობიექტში ტემპერატურის ცვლილებაზე. ეს სიგნალი ძლიერდება გამაძლიერებელში და მიეწოდება ძრავას PD-09 მმართველ გრაფინელში W_γ თავისი მუშაობის დროს ძრავა PD-09, ერთის მხრივ, გადააადგილებს ძერიას რეოქტორდზე და ხიდურ სქემას აწონასწორებს, ხოლო მეორეს მხრივ, ანიჭებს მოძრაობას ჩამწვერ ურიკას, რის შედეგადაც გრაფიკის ხაზი დიაგრამის ლენტაზე გადაიხრება.

ამრიგად, ობიექტში ტემპერატურის ყველა ცვლილება აღიქმება გარდამსახის მიერ და გამოჰყავს წონასწორობიდან ხიდური სქემა, რომელიც შემდეგ ავტომატურად წონასწორდება PD-09 ძრავას დახმარებით. ტემპერატურის ეს ცვლილება აისახება ხელსაწყოს ჩამწვერი ნაწილით.

6. გამოსხივების პირომეტრები

პირომეტრი ეწოდება ხელსაწყოს, რომელიც განკუთვნილია მყარი და გამდნარი სხეულების ტემპერატურის გასაზომად 400-6000°C-ის ინტერვალში თბური გამოსხივების მიხედვით. პირომეტრი წარმოადგენს ტემპერატურის უკონტაქტო გამზომს, ე.ი. ხელსაწყო არ საჭიროებს უშუალო კონტაქტს გაზომვის ობიექტთან. აუცილებელია მხოლოდ ისეთი პირობების უზრუნველყოფა, რომლის დროსაც ობიექტის თბური გამოსხივება, რომლის ტემპერატურაც იზომება, ხელეობდეს პირომეტრის ობიექტივში.

მოქმედების პრინციპის მიხედვით ანსხვავებენ პირომეტრებს:

ა) რადიაციულს (ჯამური, სრული გამოსხივების), რომელშიც გამოიყენება სრული გამოსხივების (ჯამური თბური და სინათლის) ენერჯიის გაზომვა;

ბ) მონოქრომატიულს (სიკაშკაშის პრინციპზე დამყარებული), რომელიც მუშაობს ტალღების სიგრძის საკმაოდ ვიწრო არეში;

გ) ფერადს, რომლითაც რეგისტრირდება სპექტრულ სიკაშკაშეთა ფარდობა ტალღის ორი სიგრძის დროს;

დ) სპექტრომეტრიულს.

დანიშნულების მიხედვით პირომეტრები გვხვდება:

ა) სამრეწველო;

- ბ) ლაბორატორიული;
- გ) პრეციზიული;

გასასოში ტემპერატურის მიხედვით:

- ა) დაბალტემპერატურიანი;
- ბ) მაღალტემპერატურიანი;
- გ) მრავალსტადიანი.

ტალღების სიგრძის არის მიხედვით:

- ა) ინფრაწითელი;
- ბ) სინათლისა;
- გ) ულტრაიისფერი.

ავტომატურ პირომეტრებს, რომელშიც თბური გამოსხივების მიმღებს წარმოადგენს ფოტოელემენტი, ფოტოდოდი ან ფოტოწინაღობა, ეწოდება ფოტოპირომეტრი. ფოტოპირომეტრი ეფუძნება სხეულის მიერ სრული გამოსხივებიდან შუქფილტრის მეშვეობით ფორმირებული სინათლის ნაკადის ინტენსივობასა და ფოტოდენს შორის კავშირს. ტემპერატურის გაზომვა სწრაფად ხორციელდება, ამასთანავე შესაძლებელია ჩვენებათა დისტანციური გადაცემა, სიგნალიზაციისა და ჩაწერის უზრუნველყოფა.

ცხრილში 10.2 მოყვანილია ტემპერატურის გაზომვის შესაძარებელი მონაცემები სხვადასხვა სახის გამოსხივების პირომეტრისათვის.

ცხრილი 10.2

ტემპერატურის გაზომვის შესაძარებელი მონაცემები სხვადასხვა სახის გამოსხივების პირომეტრისათვის

№	ტემპერატურის გაზომვის სახე	ტემპერატურა, °C						ცხოვრობა, %	
		-273	0	1000	2000	3000	10000		
1	რადიაციული			—					5
2	მონოქრომატიული			—				1	2
3	ფერადი			—				1	5
4	სპექტრომეტრული			—				5	10
5	ფოტოელექტრული			—					1

გამოსხივების პირომეტრების მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში. თანაბარი ტემპერატურის დროს სხვადასხვა სხეულს გააჩნია სხვადასხვა გამოსხივება. ყველაზე მეტი გამოსხივება აქვს ე.წ. აბსოლუტურად შავ სხეულს, ე.ი. სხეულს, რომელიც შთანთქავს ყველა მასზე დაცემულ სხივს.

გამოსხივების პირომეტრის სკალის დაგრადუირება ხდება აბსოლუტურად შავი სხეულის ტემპერატურის გასაზომად. ვინაიდან რეალური სხეულები არ წარმოადგენენ აბსოლუტურად შავს, ამიტომ პირომეტრის ნვენებები იქნება შემცირებული, რის გამოც წარმოიქმნება აუცილებლობა შესწორების შეტანისა გამოსხივების არასისრულეზე. გამოსხივების თვისებების მიხედვით აბსოლუტურად შავ სხეულს უახლოვდება ჩაკეტილი საცეცხლეს სივრცე, ამიტომ ტემპერატურის გაზომვა სხვადასხვა ღუმელების საცეცხლურებში გამოსხივების პირომეტრებით საკმაოდ ზუსტია შესწორებების შეუტანლად.

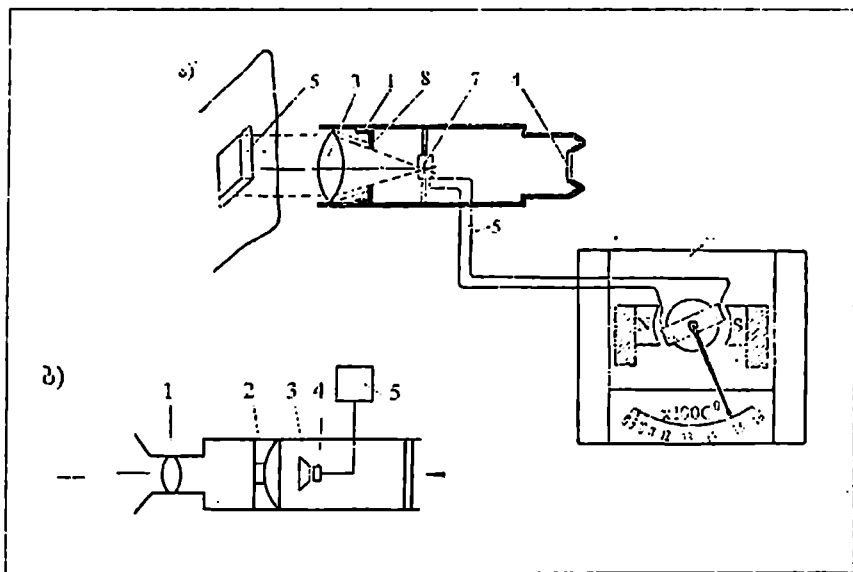
10.40ა ნახაზზე ნაჩვენებია რადიაციული პირომეტრის სქემა. სქემაში შედის: ტელესკოპი (1), მეორადი ხელსაწყო (2) (მილივოლტმეტრი ან პოტენციომეტრი), შემაერთებული საღუნები (5), თერმომგრძნობიარე ელემენტი (7), ლინზა (3), ოკულარი (4), გაზომვის ობიექტი (6) და დიაფრაგმა (8). გამომსხივებლებად გამოიყენება: ნახერეტი ღუმელის წყობაში, ღუმელის წყობის ან თადის შიგა ზედაპირი სავარგარო მილაკის ფსკერი და ა.შ.

ტელესკოპის კონსტრუქციის მიხედვით რადიაციული პირომეტრები იყოფა რეფლექტორულად და რეფრაქტორულად. რეფლექტორულ ტელესკოპში გამოსხივებული ნაკადი გახურებული სხეულიდან ფოკუსირდება მგრძნობიარე ელემენტზე სფერული სარკის დახმარებით, ხოლო რეფრაქტორულ ტელესკოპში – მინის ლინზის დახმარებით. 10.40ა ნახაზზე გამოსახული ტელესკოპი წარმოადგენს რეფრაქტორულს. იგი მუშაობს მილივოლტმეტრთან ან ელექტრონულ პოტენციომეტრთან კომპლექტში.

ტელესკოპის ობიექტივი ვიზირდება გამომსხივებელზე ისეთნაირად, რომ სხივების ნაკადი გამომსხივებლიდან გადის ობიექტივის ლინზაში და ფოკუსირდება ტელესკოპის მგრძნობიარე ელემენტზე (7) დიაფრაგმის (8) გავლით. დიაფრაგმის დანიშნულებაა გამოსხივების თბური ნაკადის შეზღუ-

ღუღვა. დიაფრაგმის გავლენა იკვლევა ტელესკოპის გრძივი ღერძის გასწვრივ გადაადგილებისას. დიაფრაგმის დაყენების ადგილს არჩევს ტელესკოპის ქარხანა-დამამზადებელი მისი ტარირების დროს.

მგრძნობიარე ელემენტი წარმოადგენს ვარსკელაისებურ თერმობატარეას, რომელიც შედგება ერთმანეთთან თანმიმდევრობით შეერთებული მინიატურული თერმოწყვილებისაგან, რომელთა სამუშაო ნარჩილები გაშავებულია გამოსხივების მხრიდან. თერმოწყვილები მოთავსებულია ტელესკოპის ოპტიკური სისტემის ფოკუსში. შემაერთებული სადენები (5) თერმობატარეიდან მიმართულია გამზომ ხელსაწყოსაკენ.



ნახ.10.40. რადიაციული პირომეტრის გამარტივებული სქემა: ა) რეფრაქტორული ტელესკოპით 1 - ტელესკოპი, 2 - მეორადი ხელსაწყო, 3 - ლინზა, 4 - ოკულარი, 5 - შემაერთებული სადენები, 6 - გაზომვის ობიექტი, 7 - თერმომგრძნობიარე ელემენტი, 8 - დიაფრაგმა; ბ) რეფლექტორული ტიპის რადიაციული პირომეტრის სქემა: 1 - ოკულარი, 2 - სფერული სარკე-ობიექტივი, 3 - სარკე, 4 - თერმოწყვილი, 5 - მარეგისტრირებელი აპარატურა

10.40ბ ნახაზზე ნაჩვენებია რეფლექტორული ტიპის რადიაციული პირომეტრის გამარტივებული სქემა. პირომეტრი შედგება სფერული სარკისაგან (2), რომლითაც თბური სხივები ფოკუსირდება მგრძნობიარე ელემენტზე (4). სიგნალი მგრძნობიარე ელემენტიდან რეგისტრირდება გამზომი ხელსაწყოთი (5). სფერული სარკის (2), სარკის (3) და ოკულარის (1) დახმარებით პირომეტრი ვიზირდება გამოსაკვლევე ობიექტზე.

რადიაციული პირომეტრების საიმედო მუშაობისა და ჩვენებების სისწორის უზრუნველსაყოფად მათი მონტაჟის დროს აუცილებელია შემდეგი ძირითადი მოთხოვნების შესრულება:

ა) გამომსხივებლის დიამეტრი ტოლი უნდა იყოს ტელესკოპსა და გამომსხივებელს შორის მანძილის არა ნაკლები 1/20-სა;

ბ) მანძილი გამომსხივებლიდან ტელესკოპამდე უნდა შეადგენდეს 0,5-1,1 მ. ამ მანძილიდან მიიღება მანძილი ტელესკოპიდან გაზომვის ობიექტამდე სიბრტყეში წყობის შიგამხრიდან დამოუკიდებლად მანძილისაგან გახურებულ უბნამდე, რომლის ტემპერატურაც იზომება;

გ) ტელესკოპი დაყენებული უნდა იქნეს ისეთნაირად, რომ თერმოელემენტი იმყოფებოდეს გამომსხივებლის გამოსახულების ცენტრში და მთლიანად იხურებოდეს მისგან.

ნებისმიერი გავარვარებული სხეულის ტემპერატურის ზრდის კვალბაზე მისი ნათების სიკაშკაშე იზრდება, ხოლო ფერი იცვლება. თუ შევადარებთ ერთმანეთს გამოსხივების სხვადასხვა ხვედრით სიმძლავრეებს ყოველთვის ერთიდაიგივე მონოქრომატულ [(ე.ი. ერთი ფერი ჩვეულებრივ ტალღის სიგრძით $\lambda=0,65$ მკ (წითელი სინათლე)] სხივებში, ეს სიმძლავრეები იქნება დამოკიდებული გავარვარებული სხეულების ტემპერატურაზე.

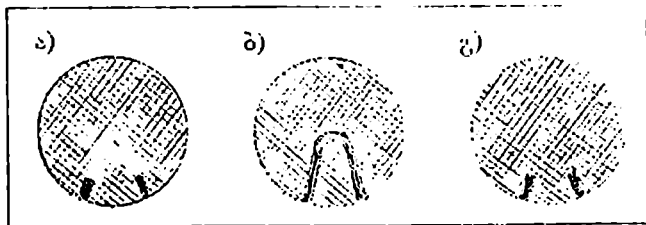
დამოკიდებულება გამოსხივების ხვედრით სიმძლავრეს (ე.ი. სიმძლავრე, გამოსხივებული სხეულის ზედაპირის ერთეულის მიერ დროის ერთეულში), გამოსხივების ტალღის სიგრძესა (ე.ი. გამოსხივების ფერი) და გამომსხივებლის ტემპერატურას შორის განისაზღვრება პლანკის კანონით.

ვინაიდან სიკაშკაშის აბსოლუტური მნიშვნელობის გაზომვა ძნელია, ამიტომ ოპტიკურ პირომეტრში ათავსებენ სიკაშკაშის ეტალონს (ძაფს), რომლისთვისაც წინასწარ ხელოვნურ აბსოლუტურად შავ სხეულთან შედარების წესით

დადგენილია სიკაშკაშის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან. ძაფის სიკაშკაშესთან ადარებენ სხეულის სიკაშკაშეს, რომლის ტემპერატურასაც ზომავენ.

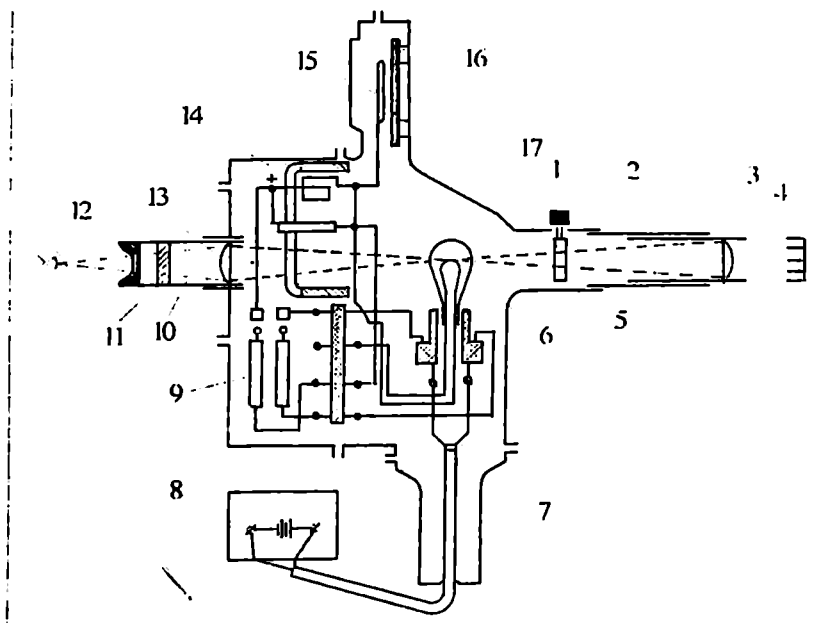
პირომეტრის ოპტიკური სისტემა საშუალებას იძლევა ნათურის ძაფი ინახოს გავარვარებული სხეულის გამოსახულების ფონზე. ვარვარის დენის ცვლილებით ძაფის სიკაშკაშის დაყვანის შედეგად გავარვარებული სხეულის სიკაშკაშესთან დამოხვევამდე (ფოტომეტრიული წონასწორობა), შეიძლება ვამტკიცოთ, რომ რადგანაც მონოქრომატული სიკაშკაშეები თანაბარია, თანაბარია ტემპერატურებიც, ხოლო რადგან ეტალონის ვარვარების ტემპერატურა ყოველთვის ცნობილია, ცნობილი იქნება სხეულის გასაზომი ტემპერატურაც. მონოქრომატული სიკაშკაშეების თანაბრობის მიღწევის მომენტი დამკვირვებლის თვალით დიდი სიზუსტით განისაზღვრება.

ფოტომეტრიული წონასწორობის მიღწევა, დამკვირვებლის მიერ აღიქმება, როგორც ნათურის ძაფის გაქრობა სხეულის გამოსახულების ფონზე. ამასთან დაკავშირებით ხელსაწყო ატარებს ქრობადძაფიანი პირომეტრის სახელწოდებას. ფოტომეტრიული წონასწორობის (სიკაშკაშეების თანაბრობა) მიღწევის შემდეგ წარმოებს გაზომვის ობიექტის სიკაშკაშის ტემპერატურის გაზომვა ხელსაწყოს სკალის მიხედვით. პირომეტრული ნათურის ძაფის გამოსახულებები გამოსაკვლევი გავარვარებული სხეულის ფონზე ნაჩვენებია 10.41 ნახაზზე.



ნახ.10.41. ძაფის გამოსახულება გავარვარებული ტანის ფონზე: ა) ძაფის ტემპერატურა გამოსაკვლევი გავარვარებული ტანის ტემპერატურაზე მეტია; ბ) ძაფის ტემპერატურა გამოსაკვლევი გავარვარებული ტანის ტემპერატურაზე ნაკლებია; გ) ძაფის ტემპერატურა გამოსაკვლევი გავარვარებული ტანის ტემპერატურის ტოლია

10.42 ნახაზზე მოცემულია ოპტიკური პირომეტრის პრინციპული სქემა. იგი განკუთვნილია გახურებული სხეულების ზედაპირის ტემპერატურის მხოლოდ პერიოდული გაზომვებისათვის.



ნახ.10.42 ოპტიკური პირომეტრის პრინციპული სქემა

ელექტროგამზომ ხელსაწყოს წარმოადგენს მაგნიტო-ელექტრული სისტემის ვოლტმეტრი. იგი ირთვება ნათურის პარალელურად; სკალა დაგრადუირებულია უშუალოდ გავარვარებული სხეულის ტემპერატურის გრადუსებში. კვების წყაროს წარმოადგენს ტუტე აკუმულატორი.

კორპუსში (1) დამონტაჟებულია ობიექტივის მილი (2), რომლის შიგნით შეუძლია სრიალი გამოსაწევ ტუბუს (3), მასში დამაგრებული ობიექტივის ლინზით (4). ოპტიკური მილის დანიშნულებაა გავარვარებული სხეულის, რომლის ტემპერატურაც იზომება გამოსახულების შექმნა პირომეტრულ ნათურის (6) ძაფის სიბრტყეში. დამასუსტებელი შექვილტრი

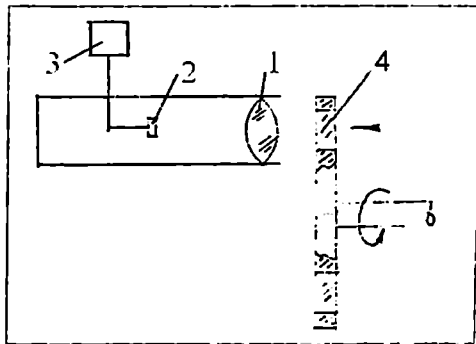
(5) შეჭყავთ მხედველობის არეში 1200-ზე მაღალი და 2000°C-მდე ტემპერატურის გაზომვისას. ამრიგად, მანქანებელი ხელსაწყო (17) ციფერბლატს (16) გააჩნია ორი სკალა 800-1400°C და 1200-2000°C-მდე ტემპერატურის გასაზომად. რეოსტატი არის რგოლური. რგოლის (14) შემობრუნებისას საათის ისრის მიმართულებით ვარვარების დენი იზრდება. ეს ხდება იმიტომ, რომ რეოსტატის მუსი (9), დაკავშირებული რგოლთან (14), ამცირებს ნათურის წრედში შეყვანილი რეოსტატის წინაღობას. (10) არის ოკულარი; (13) ოკულარის ღინსა; (11) წითელი შუქიფილტრი; (12) გამოსასვლელი დიაფრაგმა. ხელსაწყო სტარი (7) შესრულებულია ფურცლოვანი რკინისაგან. ნათურის ენერგიით კვება ხორციელდება აკუმულატორით (8).

ხელსაწყოთი სარგებლობის წესია, რეოსტატის რგოლის (14) მობრუნებით, საათის ისრის მიმართულებით, სკემაში ირთება დენი და ნათურის ძაფის ვარვარი მიიყვანება დაახლოებით 1000°C-ით. მიემართოთ ტელესკოპი რაიმე ზედაპირზე და თვალების მიდებით ოკულარის გამოსასვლელ დიაფრაგმაზე (12), ნელნელა გადავადგილოთ ოკულარის ტუბუსი (10), მანამ, სანამ ნათურის (6) ძაფი არ იქნება დანახული სავსებით მკაფიოდ. შემდეგ გარსაკრის მობრუნებით მხედველობის არეში შეიყვანება წითელი შუქიფილტრი. შემდეგ, თუ გასაზომი ტემპერატურა მეტია 1400°C, შეიყვანება დამასუსტებელი შუქიფილტრი (5). ახლა ტელესკოპი საჭიროა მიიმართოს სხეულზე, რომლის ტემპერატურაც უნდა გაიზომოს და თვალების განლაგებით ოკულარის დიაფრაგმის (12) საპირისპიროდ, ხელით ნელა გადავადგილოთ ტუბუსი (3), მანამ, სანამ სხეულის გამოსახულება არ იქნება დანახული სავსებით მკაფიოდ ერთდროულად ნათურის (6) ძაფთან. ნათურის ძაფის სიკაშკაშის შეცვლით რეოსტატის რგოლის (14) მობრუნებით, მიგაღწევთ იმას, რომ ნათურის ძაფის შუა უბანი გაქრება სხეულის გამოსახულების ფონზე. ამის შემდეგ გაზომილ ტემპერატურას ავოვლით ისრის (15) მდგომარეობის მიხედვით ციფერბლატზე (16).

ხელსაწყო ოპტიკური სისტემა საშუალებას იძლევა ტემპერატურა გაზომილი იქნეს 0,7-დან 50 მ-მდე გაზომვის ობიექტიდან.

10.43 ნახაზზე წარმოდგენილია ფოტოელექტრული ფერადი პირომეტრის გამარტივებული სკემა. თბური სხივები

მუდმივი კუთხური სიჩქარით მბრუნავ დისკზე დამაგრებული ფილტრების (7) გავლის შემდეგ, ობიექტივით (2) ფოკუსირდება მგრძობიარე ელემენტზე (6). მგრძობიარე ელემენტი შეიძლება იყოს ფოტოელემენტი ან ფოტოწინააღობა. მგრძობიარე ელემენტიდან გამოსული სიგნალი მიეწოდება მარეგისტრირებელ მოწყობილობაზე (5), რომელიც შედგება გამაძლიერებლებისაგან, სინქრონული დეტექტორისა (მუშაობს სინქრონულად დისკთან შუქფილტრებით) და ლოგოამეტრისაგან.



ნახ.10.43. ფოტოელექტრული ფერთი პირომეტრის გამარტივებული სქემა: 1 - სფერული სარკობიექტივი, 2 - ფოტოელემენტი, 3 - მარეგისტრირებელი აპარატურა, 4 - შუქფილტრი მბრუნავ დისკოზე

§6. სითხეების, ორთქლისა და აირების რაოდენობისა და ხარჯის გაზომვა

1. საერთო ცნობები ნივთიერების ხარჯისა და რაოდენობის გაზომვის შესახებ

ნივთიერების რაოდენობისა და ხარჯის გაზომვა აუცილებელია ცალკეული ოპერაციების ტექნოლოგიური რეჟიმის დასაცავად; რეჟიმისა, რომელიც მოითხოვს ნედლეულის, ნახევარფაბრიკატების, დამხმარე მასალების განსაზღვრულ დოზირებას. მაგალითად, ბეტონის მომზადების პროცესში განსაზღვრული რაოდენობით შეერევა ერთმანეთს ცემენტი, მაგარი შემავსებლები და წყალი; მინის წარმოებაში შიხტის შემადგენლობაში მკაცრად განსაზღვრული პროპორციით შედის ქვიშა, დოლომიტი, კირქვა, სოდა, სულფატი, ნახშირი, წყალი.

ნედლეული მასალების ხარჯს აქვს არსებითი გავლენა პროდუქციის თვითღირებულებაზე. გარდა ამისა, სამშენებლო

მასალების წარმოებაში მეტად მნიშვნელოვანია ორქთლის, აირის, წყლის, შეკუმშული ჰაერის და სხვ. ხარჯის აღრიცხვა, რომელიც მეტად მნიშვნელოვანია, როგორც ტექნოლოგიის დასაცავად, ასევე პროდუქციის თვითღირებულებაზე გაეღენის თვალსაზრისით. უეჭველია მეტად მნიშვნელოვანია, აგრეთვე, გამოშვებული პროდუქციის რაოდენობის სწორი აღრიცხვა. ამრიგად, ნივთიერების ხარჯისა და რაოდენობის გაზომვა წარმოადგენს მეტად მნიშვნელოვანს, როგორც საწარმოო პროცესის კონტროლისათვის, ასევე მისი მართვისათვის.

ნივთიერების რაოდენობის ქვეშ იგულისხმება ნივთიერების ჯამური მოცულობა ან წონა, რომელიც გაედინება მილსადენში დროის ნებისმიერ შუალედში.

ნივთიერების ხარჯი ეწოდება ნივთიერების რაოდენობას, რომელიც გადის მილსადენში დროის ერთეულში.

ნივთიერების რაოდენობის გაზომვის ობიექტები გაზომვის მეთოდების თვალსაზრისით კლასიფიცირდება სამ ჯგუფად: 1) სითხეები, ორთქლი და აირი; 2) ფხვიერი მყარი ტანები; 3) ცალობითი მყარი მასალები.

სითხის, ორთქლის და აირის რაოდენობისა და ხარჯის გასაზომი ხელსაწყოები არის ორი ტიპის: ა) რაოდენობის მრიცხველები და ბ) ხარჯმზომები.

მრიცხველები ზომავენ ნივთიერების ჯამურ მოცულობას ან წონას, რომელიც გაედინება მილსადენში დროის ნებისმიერ შუალედში. ისინი აღჭურვილი არიან საანგარიშო მექანიზმებით.

ხარჯმზომები ზომავენ ნივთიერების მოცულობით ან წონით ხარჯს დროის ერთეულში. თუ ხარჯმზომზე დაყენებული იქნება მაინტიგრებელი (შემაჯამებელი) მოწყობილობა, მაშინ ხარჯმზომით შეიძლება გაზომილი იქნეს, აგრეთვე, ნივთიერების ჯამური მოცულობა ან წონა, რომელიც გაედინება მილსადენში დროის ნებისმიერ შუალედში, ე.ი. მისი რაოდენობა.

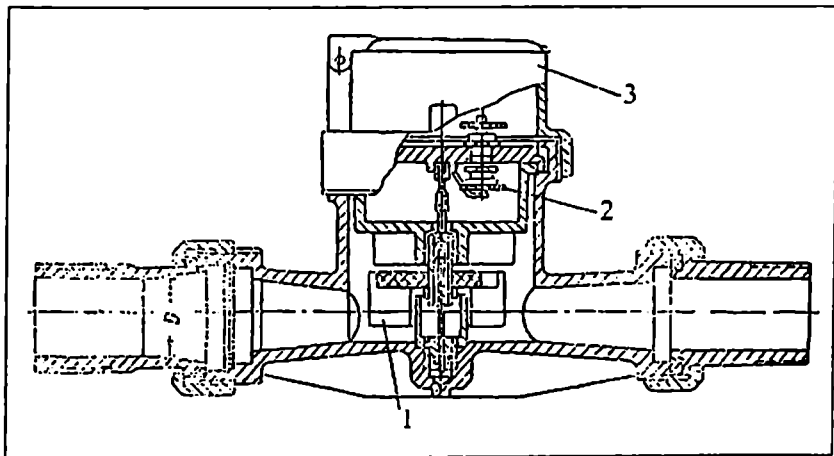
აირების, ჰაერისა და სითხეების უმეტესი ნაწილის ხარჯი იზომება მოცულობით ერთეულებში, ე.ი. მ³/სთ ან მ³/წთ (ზოგჯერ გამოიყენება ერთეულები ლ/წთ და ლ/წ). ორთქლის და ზოგჯერ სითხეების ხარჯი იზომება წონით ერთეულებში კგ/სთ ან ტ/სთ).

მოქმედების პრინციპის მიხედვით მრიცხველები გვხვდება სიჩქარითი, მოცულობითი და წონითი. გასაზომი გარემოს მიხედვით მრიცხველები იყოფიან სითხეების მრიცხველებად და აირების მრიცხველებად.

ხარჯმზომები იყოფიან: 1) ხარჯმზომები წნევის (კვალე-ბადი ვარდნილით); 2) ხარჯმზომები წნევის მუდმივი ვარდნი-ლით; 3) დაწნევის მილაკები და ანემომეტრები; 4) ხარჯმზო-მები ბრუნვის სიჩქარეში გარდაქმნით; 5) ინდუქციური ხარჯმზომები; 6) ხარჯმზომები ფხეიერი მასალებისა და შლამისათვის (მასობრივი ხარჯმზომები).

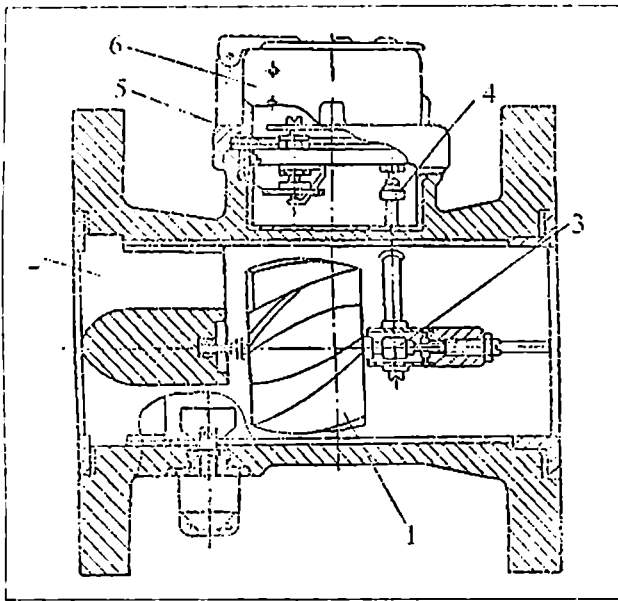
2. მრიცხველები

ა) სიჩქარითი მრიცხველები გამოიყენება წყლის, აგრეთ-ვე, სხვა არა აგრესიული სითხეებისა და თხევადი სათბობე-ბის რაოდენობის გასაზომად. სიჩქარითი მრიცხველები გვხვდება ფრთიანი და სპირალური ტრიალათი, ნახა'სები 10.44, 10.45.



ნახ.10.44. ფრთიანი ტრიალა წყალმზომის სქემა: 1 - ფრთიანი ტრიალა; 2 - გადამცემი მოწყობილობა; 3 - სათვლელი მექანიზმი

ამ ხელსაწყოების მოქმედება ემყარება იმას, რომ ტრი-ალა მოთავსებული სითხის ნაკადში, ბრუნავს ბრუნვათა რიცხვით, რომელიც ნაკადის სიჩქარის პროპორციულია.



ნახ.10.45. სპირალური ტრიალა წყალმზომის სქემა: 1 - ტრიალა; 2 - საკისარი; 3 - ჭიახრახნი; 4 - კბილანა; 5 - შუალედი მექანიზმი; 6 - მთვლელო

ვინაიდან ხელსაწყოვს გასასვლელი კვეთი უცვლელია, ტრიალას ბრუნთა რიცხვი პროპორციული იქნება სითხის Q მოცულობის, რომელიც გაედინება მილის კვეთში დროის ერთეულში:

$$Q = 3600 \cdot v_{\text{საშ}} \cdot F \text{ მ}^3/\text{სთ}, \quad (10.24)$$

სადაც

$v_{\text{საშ}}$ არის ნივთიერების მოძრაობის საშუალო სიჩქარე მ/წ;
 F - ნაკადის განივკვეთი მ^2 .

ტრიალას ბრუნვის სიჩქარე პროპორციული იქნება, აგრეთვე, ნაკადის საშუალო სიჩქარისა, ე.ი.

$$n = c \cdot v_{\text{საშ}}, \quad (10.25)$$

სადაც n არის ტრიალას ბრუნთა რიცხვი 1 წ-ში.

c - მუდმივი კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს ხელსაწყოვს თვისებებს.

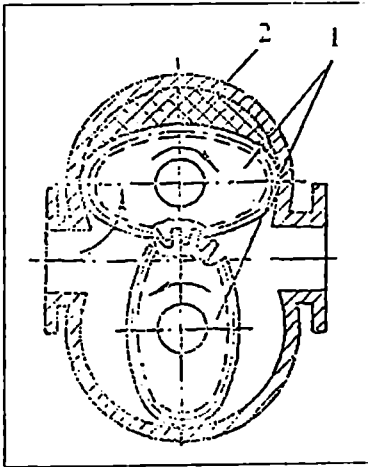
თუ გავითვალისწინებთ $V_{საშ}$ გამოსახულებას 10.24 ფორმულიდან 10.25 ფორმულაში მივიღებთ

$$n = c \frac{Q}{3600F} \quad (10.26)$$

მაშასადამე, ტრიალას ბრუნთა რიცხვი პროპორციულია სითხის ხარჯისა.

სინქარითი მრიცხველები შეიძლება დაყენებული იქნეს ხაზებზე, რომლებშიც წნევა არ აღემატება 10 კგ/სმ². მრიცხველების მწარმოებლურობა მერყეობს 0,5-დან 1700მ³/სთ-ში. გაზომვის დასაშვები ცდომილება შეადგენს 2-3%.

ბ) მოცულობითი მრიცხველების დანიშნულებაა სითხის რაოდენობის გაზომა. კონსტრუქციის მიხედვით ისინი იყოფიან კბილანურ, როტაციულ და დგუშიან მრიცხველებად.

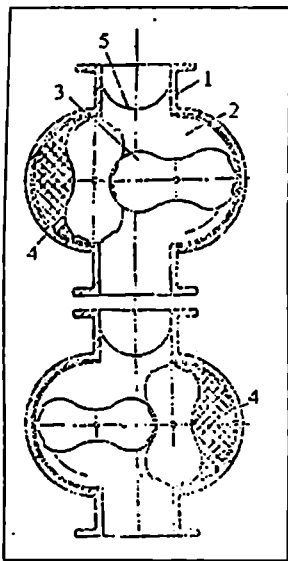


ნახ.10.46. კბილანური მრიცხველის СВШ სქემა:
1 - ოვალური კბილანები;
2 - მოცულობა კედელსა და კბილანას შორის

ფიან კბილანურ, როტაციულ და დგუშიან მრიცხველებად.

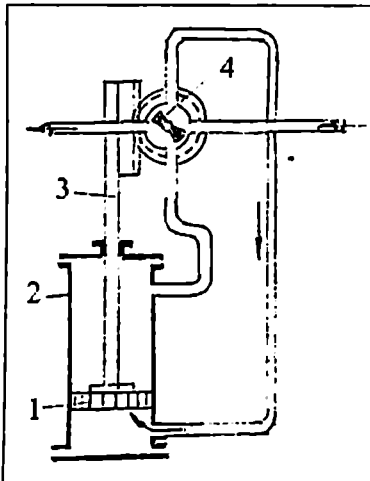
კბილანური მრიცხველები (ნახ.10.46) გამოიყენება ძირითადად ბლანტი და ნაკლებად ბლანტი სითხეების რაოდენობის გასაზომად - 20-დან +60°C ტემპერატურის დროს. ასეთი მრიცხველების მწარმოებლურობა შეადგენს 2000 ლ/სთ-ში. მათი სიზუსტის კლასია 0,5.

როტაციული მრიცხველები (ნახ.10.47) განკუთვნილია არააგრესიული განწმედილი აირების რაოდენობის გასაზომად 0,25-1000მ³/სთ საზღვრებში. მათ ამონტაჟებენ ვერტიკალურ აირსადენებში 50-150მმ დიამეტრით. ამ ხელსაწყოების დასაშვები ცდომილებაა 2%.



ნახ.10.47. როტაციული მრიცხველის PC მუშაობის სქემა: 1 - მილყელი; 2 - მუშა კამერა; 3 - ფრთა; 4 - კამერის უბანი

დგუშიანი მრიცხველები (ნახ.10.48) ხასიათდება მაღალი სიზუსტით (დასაშვები ცდომილება 1%). გამოიყენება სითხეების რაოდენობის გასასომად.



ნახ.10.48. დგუშიანი მრიცხველის სქემა: 1 - დგუში; 2 - ცილინდრი; 3 - ტოკი; 4 - ოთხსვლიანი ონკანი

მოცულობითი მრიცხველების ექსპლოატაციის პროცესში მათ ჩვენებებში საჭიროა შესწორების შეტანა აირის ტემპერატურისა და წნევის გადახრაზე, თუ ეს სიდიდეები განსხვავდებიან მაგრადუირებლებისაგან.

შესწორება აირის წნევის სიდიდის შეცვლაზე საანგარიშო სიდიდიდან იანგარიშება ფორმულით

$$\Delta P = \frac{P_{\text{უიკ}}}{10332}, \quad (10.27)$$

სადაც $P_{\text{ფაქტ}}$ არის აირის აბსოლუტური ფაქტიური წნევა წყლის სვეტის მილიმეტრებში. შესწორება ტემპერატურის გადახრაზე საანგარიშო სიდიდიდან განისაზღვრება ფორმულით

$$\Delta T = \frac{293}{T_{\text{ფაქტ}}}, \quad (10.28)$$

სადაც $T_{\text{ფაქტ}} = 273 + t$ არის მრიცხველში გაელილი აირის აბსოლუტური ფაქტიური ტემპერატურა;

t - არის ტემპერატურა $^{\circ}\text{C}$.

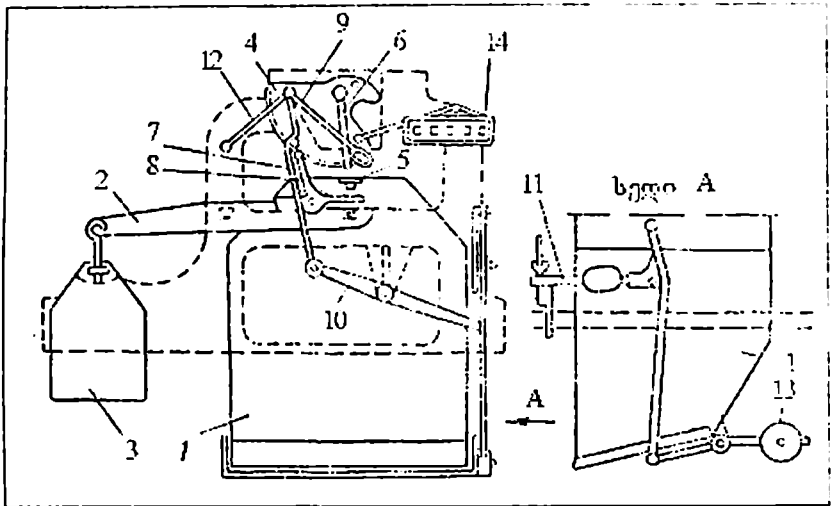
საერთო შესწორება ტოლია

$$\Delta Q_{\text{საერთო}} = \Delta P \cdot \Delta T \quad (10.29)$$

ბ) წონითი მრიცხველები გამოიყენება ფხვიერი მასალების რაოდენობის გასაზომად. ისინი გეხედება ბერკეტული არა ავტომატური და ავტომატური სასწორების სახით.

არა ავტომატური სასწორები ნაკლებად გამოსადეგია თანამედროვე სამრეწველო საწარმოებისათვის; ჩვენებების რეგისტრაციის არარსებობა, აწონვის შედეგების დამოკიდებულება მწონავისაგან, მუშაობის მცირე სიჩქარე - ყველა ეს ნაკლოვანება განაპირობებს ავტომატურ აწონვაზე გადასვლას.

ავტომატური სასწორები გეხედება პორციული და უწყვეტი აწონვის. პორციული სასწორი შეიძლება იყოს ჩამიიანი (ნახ.10.49) და პლატფორმიანი (ნახ.10.50). უწყვეტი აწონვის სასწორები იყოფა კონვეირულ და მკვებაე სასწორებად (ნახ.10.51).

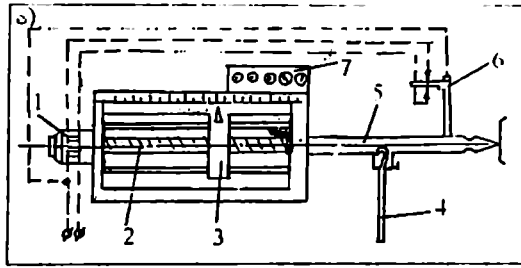


ნახ.10.49. პორციული სასწორის სქემა: 1 - ჩამჩა; 2 - მხრეული; 3 - საწონების ნაკრები; 4 - სექტორული საფარი; 5 - კონტრბრუნის; 6 - ჭოკი; 7 - ბერკეტი; 8 - სამხსარიანი ბერკეტი; 9 - საწვეი; 10,11 - ბერკეტი; 12 - საწვეი; 13 - საპირწონე ტვირთი; 14 - მრიცხველი

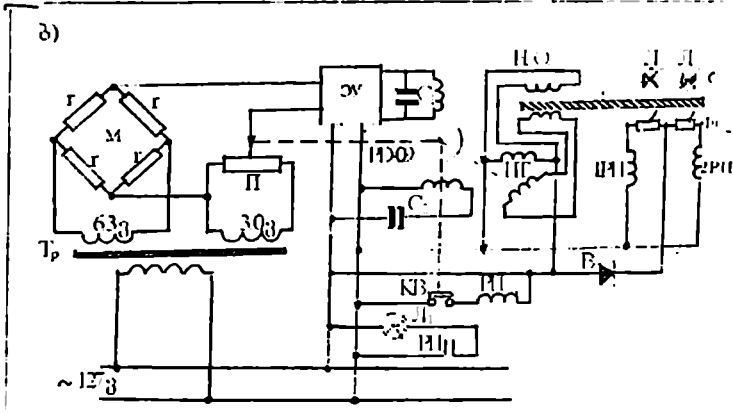
10.50ა ნახაზზე პლატფორმა თავისუფლად ეყრდნობა ბერკეტულ სისტემას, რომელიც ძალურას (4) საშუალებით დაკავშირებულია უღელთან (5), რომელზედაც დამაგრებულია რვეერსიული ელექტროძრავას (1) წრედის საკონტაქტო მოწყობილობა (6). როცა უღელი (5) პორიზონტალურ მდგომარეობაშია, ელექტროძრავა გამორთულია; სასწორზე წონის შეცვლისას უღელი (5) გადაიხრება და ჩართავს რომელიმე კონტაქტს, ელექტროძრავა ჩაირთება და ამოქმედებს საველ ხრახნს (2), რომელიც გადაადგილებს საწონს (3), მანამ, სანამ არ გაწონასწორდება პლატფორმის წონა. საწონის წონასწორული მდებარეობა რეგისტრირდება როტაციული მრიცხველის (7) საშუალებით.

10.50ბ ნახაზზე მოცემულია ავტომატური საავტომობილო სასწორის სქემა. პლატფორმა ამ შემთხვევაში ეყრდნობა ოთხ ტენზომეტრულ გარდამსახს, რომლებიც ჩართული არიან ხიდურ სქემაში. ხიდი M იკვებება $n,3$ ვ ძაბვის ცვლადი დენით, ხიდის მეორე დიაგონალიდან იხსნება დებალანსის

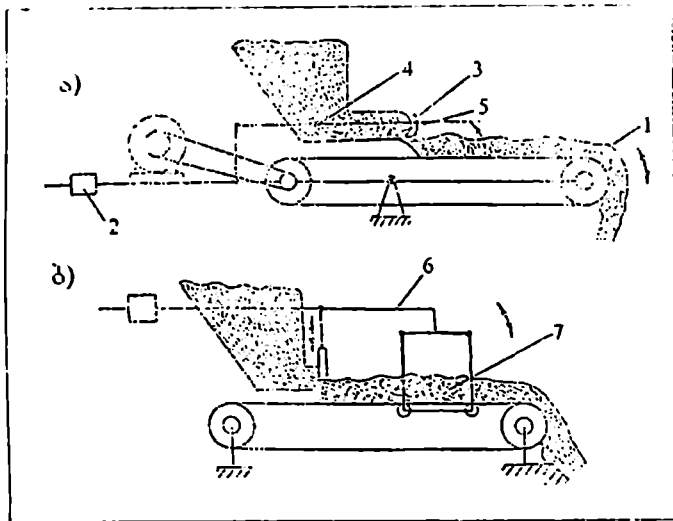
ძაბვა, რომელიც მიეწოდება ელექტრონულ გამაძლიერებელზე ΣY , ხოლო ამ უკანასკნელის გამოსასვლელი ძაბვა – რევერსულ ძრავას $PD-09$. როდესაც სასწორზე მანქანა არ არის, ძრავა $PD-09$ უძრავია. სასწორის დატვირთვისას წარმოიქმნება დებალანსის ძაბვა და ძრავა იწყებს ბრუნვას. ამ უკანასკნელის ლილვთან დაკავშირებულია მოსაბრუნებელი ტრანსფორმატორის PT მეორადი გრაგნილი, პოტენციომეტრის Π ცოცია და ბოლო გამომრთველის KB კონტაქტი. ძრავის ბრუნვისას პოტენციომეტრის ცოცია გადაადგილდება დებალანსის ძაბვის აღმოფხვრის მიმართულებით. როდესაც იგი დაყვანილი იქნება ნულზე, ძრავი გაჩერდება. პოტენციომეტრის ცოციას გადაადგილება პროპორციულია გასაზომი წონისა.



ნახ.10.50ა. პლატფორმიანი პორციული ავტომატური სასწორის სქემა



ნახ.10.50ბ. ავტომატური საავტომობილო სასწორის სქემა



ნახ.10.51. უწყვეტი აწონვის სასწორები: ა) კონვეიერული: 1 - კონვეიერი; 2 - ტვირთი; 3 - საკეტი; 4 - ბრუნვის ღერძი; 5 - ძაბრი; ბ) მკვებავი: 6 - მხრული; 7 - საკონტროლო უბანი

ანალოგიურად მუშაობს ავტომატური სასწორი, რომელიც ითვალისწინებს კონვეიერზე გადაადგილებული მასალის წონას. განსხვავება მექანიკური ნაწილის მოწყობაშია.

3. ხარჯმზომები წნევის ცვალებადი ვარდნილით

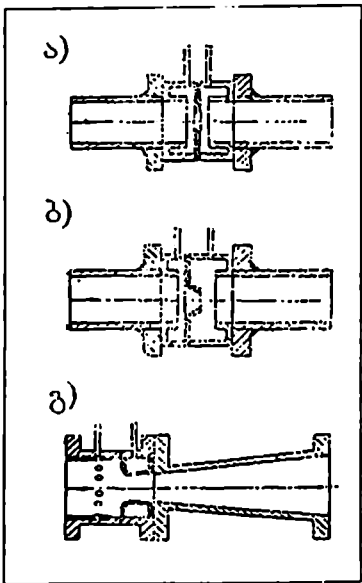
სითხეების, აირებისა და ორთქლის ხარჯის გაზომვის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული წესია ხარჯის გაზომვა წნევის ცვალებადი ვარდნილით. წნევის ვარდნილი პროპორციულია ნივთიერების ნაკადის სინქარისა მილსადენში მოთავსებულ ნაკადის გადინების სპეციალურ შემავიწროებელ მოწყობილობაში.

ხარჯის გასაზომი ხელსაწყოების კომპლექტში წნევის ცვალებადი ვარდნილის მეთოდით შედის: შემავიწროებელი მოწყობილობა, ხარჯმზომი - დიფერენციალური მანომეტრი, რომელიც ზომავს წნევის ვარდნილს შემავიწროებელ მოწყობილობაში, და შემავრთველი ხაზები შემავიწროებელ მოწყობილობასა და დიფმანომეტრს შორის.

ცვალებადი ვარდნილის ხარჯმზომები გამოსადეგია ერთგვაროვანი სითხის, აირის ან ორთქლის პრაქტიკულად

ნებისმიერი ხარჯის გასაზომად, საკონტროლო გარემოს მნიშვნელოვანი წნევისა და სხვადასხვა ტემპერატურის დროს. შემავიწროვებელი მოწყობილობის სომების შეცვლით, შეიძლება ვცვალოთ ხარჯის გაზომვების ზღვრები. გაზომვების ზღვრები, აგრეთვე, შეიძლება ვარირებული იქნეს დიფმანომეტრით გაზომილი წნევის ვარდნილის ცვლილებით.

ხარჯის გასაზომად წნევის ცვალებადი ვარდნილის მეთოდით მილსადენში, რომელშიც გაედინება თხიერი ან აირისმაგვარი ნივთიერება, აყენებენ შემავიწროვებელ მოწყობილობას (დიაფრაგმას, საქშენს, ვენტურის საქშენს), რომელიც კმნის ნაკადის ადგილობრივ შევიწროებას (ნახ.10.52). წნევის პოტენციალური ენერჯის ნაწილის კინეტიკურ ენერჯიაში გადასვლის შედეგად ნაკადის საშუალო სიჩქარე შევიწროებულ კვეთში იზრდება, რის შედეგადაც სტატიკური წნევა მოცემულ კვეთში ხდება ნაკლები, სტატიკურ წნევაზე შემავიწროვებელი მოწყობილობის წინ. ამ წნევათა სხვაობა (წნევის ვარდნილი) მით უფრო მეტია, რაც უფრო მეტია გადინებული ნივთიერების ხარჯი. მაშასადამე, წნევათა სხვაობა შეიძლება გამოდგეს ხარჯის ზომად.



ნახ.10.52. ხარჯის გასაზომად გამოყენებული შემავიწროვებელი მოწყობილობები: ა) კამერული დიაფრაგმა, ბ) საქშენი, გ) ვენტურის საქშენი

არა კუმშვადი სითხის ხარჯსა და წნევის ვარდნილს შორის დამოკიდებულება შეიძლება დადგენილი იქნეს ბერნულის განტოლებისა და ჭაელის უწყვეტობის განტოლების გამოყენებით.

ნაკადის ორი კვეთისათვის (I და II ნახაზზე 10.53), რომლებშიც სტატიკური წნევა რჩება მუდმივი მთელს კვეთში, ზემოთ ნახსენებ განტოლებებს მილსადენისათვის ექნებათ სახე:

$$\frac{P_1'}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{P_2'}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2}, \quad (10.30)$$

სადაც P_1', v_1, ρ_1 არის შესაბამისად აბსოლუტური სტატიკური წნევა, საშუალო სიჩქარე და სითხის სიმკვრივე I-I კვეთში;

P_2', v_2, ρ_2 - იგივე II-II კვეთში.

რადგან სითხის სიმკვრივე, რომელიც გადის შემაკვიწროვებელ მოწყობილობაში, პრაქტიკულად შეიძლება ჩაითვალოს უცვლელად ($\rho_1 = \rho_2 = \rho$), ამიტომ

$$\frac{P_1'}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{P_2'}{\rho} + \frac{v_2^2}{2}; \quad (10.31)$$

$$\frac{P_1'}{\rho} - \frac{P_2'}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2};$$

$$P_1' - P_2' = \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2). \quad (10.32)$$

10.32 გამოსახულებიდან

$$v_2^2 - v_1^2 = \frac{2}{\rho}(P_1' - P_2'). \quad (10.33)$$

ჭაელის უწყვეტობის განტოლებიდან

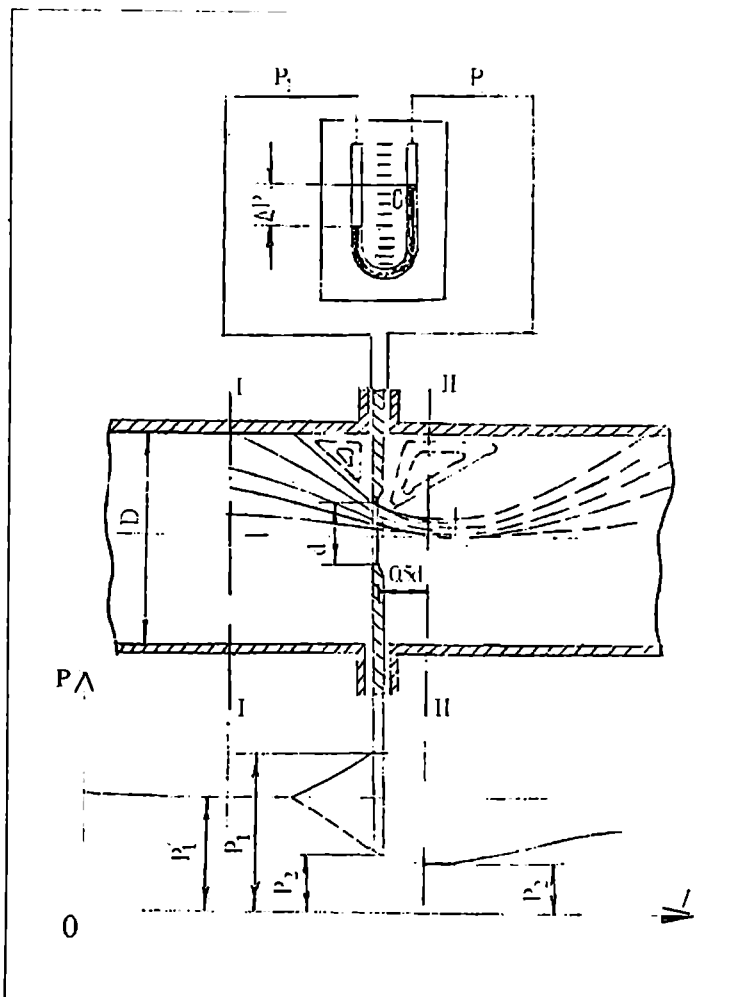
$$v_1 F_1 = v_2 F_2. \quad (10.34)$$

გვექნება

$$v_1^2 = \frac{v_2^2 F_2^2}{F_1^2}.$$

ჩაესვათ v_1^2 10.33-ში:

$$v_2^2 - \frac{v_2^2 F_2^2}{F_1^2} = \frac{2}{\rho}(P_1' - P_2');$$



ნახ.10.53. შემაფიწროვებელი მოწყობილობით მომუშავე დიფერენციალური ხარჯის გაზომვის სქემა

$$v_2^2 \left(1 - \frac{F_2^2}{F_1^2}\right) = \frac{2}{\rho} (P_1' - P_2');$$

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1' - P_2')}. \quad (10.35)$$

მოცულობითი ხარჯისათვის გვაქვს

$$Q = F_1 v_1 = F_2 v_2 = \frac{F_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1' - P_2')}. \quad (10.36)$$

იმასთან დაკავშირებით, რომ სითხის მოცულობითი ხარჯი ორივე კვეთში ერთნაირია (იხ. განტოლება 10.36), ხოლო ნაკადის განივკვეთის ფართობი I-I მეტია კვეთი II-II ფართობზე, ე.ი. $F_2 > F_1$, სიჩქარე I-I კვეთში იქნება ნაკლები, ვიდრე II-II კვეთში ($v_1 < v_2$), ხოლო

$$\frac{v_1^2}{2} \ll \frac{v_2^2}{2}. \quad (10.37)$$

10.37 უტოლობა გამოწვეულია ნაკადის ხვედრითი კინეტიკური ენერჯიის გაზრდით I-I კვეთიდან II-II კვეთისაკენ, რაც განაპირობებს

$$\frac{P_1'}{\rho} > \frac{P_2'}{\rho} \text{ და } P_1' > P_2'. \quad (10.38)$$

ამრიგად, წნევა შემავიწროვებელ მოწყობილობაში იქნება ნაკლები, ვიდრე მილსადენის დანარჩენ ნაწილში.

10.36 განტოლება არ ითვალისწინებს სიჩქარეების არათანაბარ განაწილებას ნაკადის კვეთის მიხედვით, რაც განპირობებულია რეალური სითხის სიბლანტის გავლენით და მისი ხახუნით მილსადენთან და შემავიწროვებელ მოწყობილობასთან. პრაქტიკულად წნევის ვარდნილი ისომება უშუალოდ შემავიწროვებელი მოწყობილობის ტორსებთან, ხოლო ნაკადის კვეთის F_2 ფართობის ნაცვლად გამოიყენება შემავიწროვებელი მოწყობილობის ნახერცის ფართობი F_0 .

თუ ზემოთ ჩამოთვლილ გადახრებს გავითვალისწინებთ α კოეფიციენტის შემოყვანით, რომელსაც ხარჯის კოეფი-

ციენტის ეწოდება, მაშინ მოცულობითი ხარჯის განსასახ-
 ლერავი განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

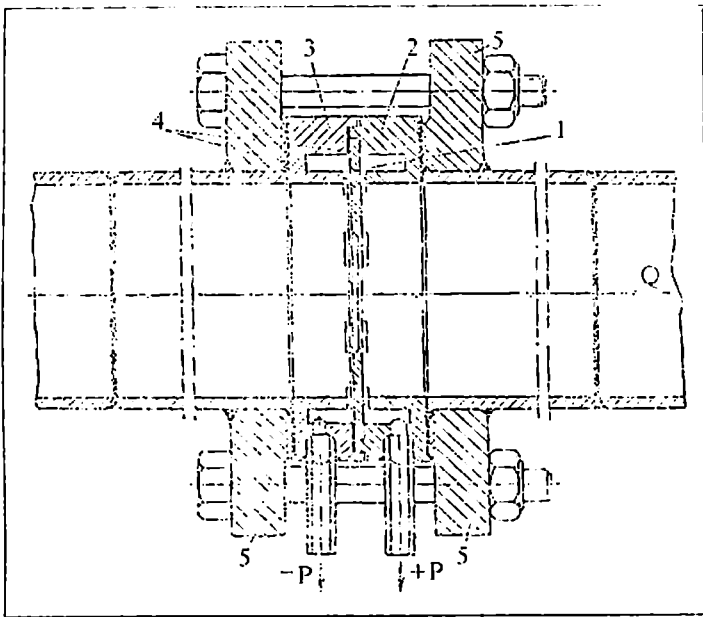
$$Q' = \alpha F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P'} \text{ ,მ}^3/\text{წ.} \quad (10.39)$$

სადაც $\Delta P'$ არის წნევის ვარდნილი, გასომილი უშუალოდ
 შემავიწროვებელი მოწყობილობის ტორსებთან კვმ/სმ² (ნ/მ²),
 F_0 – შემავიწროვებელი მოწყობილობის ნახერქტის ფართობი
 სმ² (მ²)-ში; ρ – სითხის სიმკვრივე კგ/მ³-ში.

ხარჯის კოეფიციენტი არ არის დამოკიდებული მილსა-
 დენში გამავალი ნივთიერების გეარობაზე. იგი დამოკიდებუ-
 ლია შემავიწროვებელი მოწყობილობის ტიპზე და რეინოლდ-
 სის რიცხვზე. მცირე ხარჯების გაზომვა 50 მმ-ზე ნაკლები
 დიამეტრის მილსადენებში, აგრეთვე, პულსირებადი ნაკადე-
 ბის ხარჯების გაზომვა ამ ხელსაწყოების დახმარებით საკ-
 მარისად ძნელია; ასეთი გაზომვებისათვის აუცილებელია
 სპეციალური მეთოდები და მოწყობილობები.

შემავიწროვებელ მოწყობილობებზე 50მმ და ზევით დია-
 მეტრის მილსადენებისათვის გამოიყენება დიფრაგმები და
 საქშენები. შემავიწროვებელი მოწყობილობის დიამეტრი და
 ვარდნილის სიდიდე აუცილებელი ხარჯის დროს განისა-
 ღვრება ანგარიშით მონაცემების საფუძველზე, რომლებიც
 ახასიათებენ გასაზომ ნაკადს.

ხარჯის გასაზომი დიფრაგმები მზადდება ორი ტიპის: 1)
 უკამერო მილსადენებისათვის 400 მმ-ზე მეტი დიამეტრით; 2)
 კამერული (ნახ.10.54) მილსადენებისათვის დიამეტრით 50-დან
 400 მმ-მდე. მილსადენებში 50 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრით
 ხარჯის გასაზომად დიფრაგმები არ გამოიყენება, რადგან
 მათში ნაკადის ხახუნი კედლებთან იმდენად დიდია, რომ
 მახინჯდება დამოკიდებულება წნევის ვარდნილსა დიფრაგ-
 მამდე და დიფრაგმის შემდეგ და ხარჯს შორის.



ნახ.10.54 კამერული დიაფრაგმა: 1 - დისკი; 2,3 - რგოლური კამერები; 4 - შუასადები; 5 - მილტუჩი

ნორმალური დიაფრაგმა წარმოადგენს ფოლადის დისკს, რომლის სისქეც იმყოფება საზღვრებში 3-დან 12 მმ-მდე მილსადენის დიამეტრისაგან დამოკიდებულებით, რომელშიც იგი თავსდება. დისკის ცენტრში ამოჭრილია მრგვალი ნახვრეტი, რომელსაც კვეთში ორი პროფილი აქვს - ცილინდრული და კონუსური. დიაფრაგმის დისკი ჩაეჭირება მილტუჩებს შორის ისეთნაირად, რომ ცილინდრული ნაწილი განლაგებულია გასაზომი გარემოს ნაკადის შესვლის მხრიდან, ხოლო ნახვრეტის კონუსური ნაწილი გამოსარხული კონუსის სახით 45° -ნი კუთხით, განადგურებულია ნაკადის გამოსვლის მხრიდან.

კამერული დისკური დიაფრაგმა განსხვავდება უკამეროსაგან რგოლური კამერების არსებობით, რომლებიც გათვალისწინებულია სტატიკური წნევის გასაზომად უშუალოდ დიაფრაგმის სიბრტყეებთან.

შემავიწროვებელი მოწყობილობა შეიძლება დაყენებული იქნეს მხოლოდ მილსადენის სწორ უბანზე ამ უბნის სივრ-

ცეში მდებარეობისაგან დამოუკიდებლად. სითხის ხარჯის ან წყლის ორთქლის ხარჯის გაზომვისას დიფმანომეტრი რეკომენდებულია დაყენებული იქნეს შემავიწროვებელი მოწყობილობის ქვევით; აირის ხარჯის გაზომვის დროს დიფმანომეტრის დაყენება ხდება შემავიწროვებელი მოწყობილობის ზევით.

ხარჯის გასაზომი დიფერენციალური მანომეტრი იყოფა:

1. დანიშნულების მიხედვით გადასატანად და სტაციონარულად. გადასატან დიფმანომეტრებად ყველაზე ხშირად სარგებლობენ U-ს მაგვარი სითხური მანომეტრებოთ (ნახ.10.10).

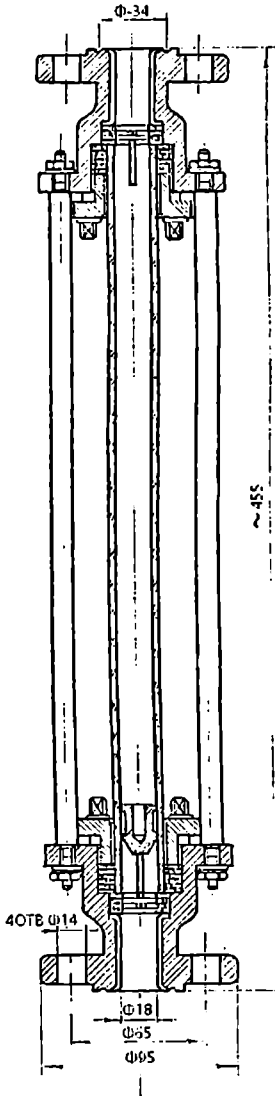
2. ჩვენებების გადაცემის წესის მიხედვით დიფმანომეტრი – ხარჯმზომები იყოფიან მექანიკურ, ელექტრულ და პნევმატიკურად.

დიფმანომეტრები ელექტრული ან პნევმატიკური გადაცემით გამოიყენება ხარჯის გაზომვის აუცილებლობისას დიდ მანძილზე შემავიწროვებელი მოწყობილობის დაყენებიდან. დიფმანომეტრები ჩვენებების პნევმატიკური გადაცემებით გამოიყენება ფეთქება და ხანძარსაფრთხო საწარმოო პირობებში, რომლის დროსაც ხელსაწყოების გამოყენება ელექტრული კვებით დაუშვებელია.

4. ხარჯმზომები წნევის მუდმივი ვარდნილით

სითხეების ან აირების ხარჯის გაზომვა მუდმივი ვარდნილის მეთოდით დაფუძნებულია გასაზომი ნივთიერების აღმავალი ნაკადის წნევის გაწონასწორებაზე ტივტივას წონით, რომელიც იმყოფება შეწონილ მდგომარეობაში.

ხარჯმზომის მაგალითს წნევის მუდმივი ვარდნილით წარმოადგენს როტამეტრი. იგი გამოიყენება სითხეებისა და აირების ხარჯის გასაზომად მილსადენის ვერტიკალურ უბნებზე. როტამეტრში ნივთიერების ხარჯი გარდაიქმნება ნივთიერების მოძრაობის კინეტიკური ენერჯის ხარჯზე ტივტივას (2) გადაადგილებაში. როტამეტრის კორპუსი (1) წარმოადგენს მინის ან ლითონის მილაკს მცირე კონუსურობით, რომელიც ზევით ფართოვდება (ნახ.10.55). როტამეტრის ტივტივას აქვს ცილინდრული ფორმა ქვემოთ კონუსური ნაწილით. სითხე ან აირი, მოძრაობის დროს ხვდება რა ტივტივას ფსკერს, კარგავს კინეტიკური ენერჯის ნაწილს. წნევა ტივტივას ქვეშ ხდება მეტი, ვიდრე მის ზემოთ. წნევათა სხვაობა წონასწორდება ტივტივას წონით. ხარჯის გაზრდის დროს



ნახ.10.55. როტამეტრის სქემა

წნევა ტივტივას ქვევით იზრდება და იგი გადაადგილდება. რგოლური ღრწო კონუსურ კორპუსსა და ტივტივას შორის იზრდება. ამის წყალობით წნევათა სხვაობა კლებულობს ადრინდელ მნიშვნელობამდე და კვლავ წონასწორდება ტივტივას წონით, მაგრამ უკვე ახალ, უფრო მაღალ მდგომარეობაში.

ვინაიდან ტივტივას წონა არ იცვლება მისი ზევით და ქვევით გადაადგილების დროს, უცვლელი იქნება სტატიკური წნევათა სხვაობაც ტივტივაზე და მის შემდეგ (წნევის ვარდნილი), რადგან სახელდობრ წნევათა ამ სხვაობას აწონასწორებს ტივტივა. ამ მიზეზების ძალით ეწოდება როტამეტრებს ხარჯმზომები მუდმივი ვარდნილით.

ხელსაწყოს სკალა თანაბარია და გრადუირდება ხარჯის ერთეულებში. იმისათვის, რომ ტივტივა არ ეხებოდეს მილაკის კედლებს და რომ ამგვარად არ ახდენდნენ გავლენას ხახუნის ძალები ტივტივას მდებარეობაზე, ტივტივას ზედაპირზე გაკეთებულია ხრახნული არხები; გასასომი ნივთიერების ნაკადის მოძრაობის დროს ტივტივა ყოველთვის ბრუნავს, რის გამოც იგი ორიენტირებულია ნაკადის შუაში და არ ეხება მილაკის კედლებს.

მოცულობითი ხარჯი Q

როტამეტრისათვის შეიძლება განისაზღვროს განტოლებიდან

$$Q = 3600\alpha F \sqrt{\frac{2gv(\rho - \rho_n)}{\rho_n \cdot f}} \text{ მ/სთ.} \quad (10.40)$$

სადაც

F არის რგოლური ღრეჩოს კვეთის ფართობი მ²-ით;

g - სიმძიმის ძალის აჩქარება მ/წ².

ρ - ტივტივას მასალის სიმკვრივე კგ/მ³-ში;

ρ_n - იგივე გასაზომი გარემოსი კგ/მ³-ში;

v - ტივტივას მოცულობა მ³-ით;

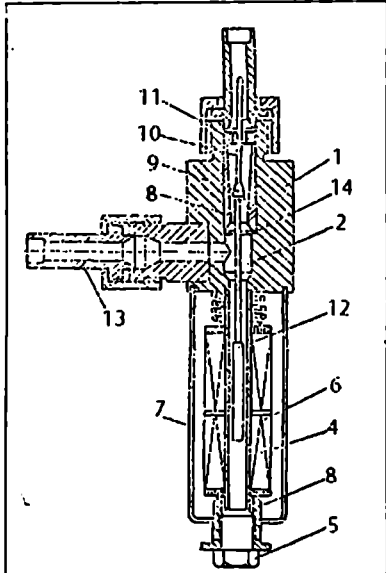
f - ტივტივას უდიდესი განივკვეთის ფართობი მ²-ით;

α - ხარჯის კოეფიციენტი (განისაზღვრება ექსპერიმენტული გზით როტამეტრის გრადუირების დროს).

მრეწველობა უშვებს როტამეტრის რამდენიმე ტიპს (PC, PЭД, PПД).

მაჩვენებელი როტამეტრები მინის მილაკით (PC) გამოიყენება აირებისა და გამჭვირვალე სითხეების ხარჯის გასაზომად. გასაზომი გარემოს წნევა ამასთან არ უნდა აღემატებოდეს 6კგ/სმ² (5,88 ბარი). ტივტივა ამ როტამეტრებში

დამზადებულია უჟანგავი ფოლადისაგან, დურალუმიანის ან ებონიტისაგან. PC ტიპის როტამეტრები ჰაერისათვის სომავენ ხარჯს 0,006-დან 40მ³/სთ; იგივე ტიპის როტამეტრები წყლისათვის-0,25-დან 3000ლ/სთ. PC ტიპის როტამეტრების სი-



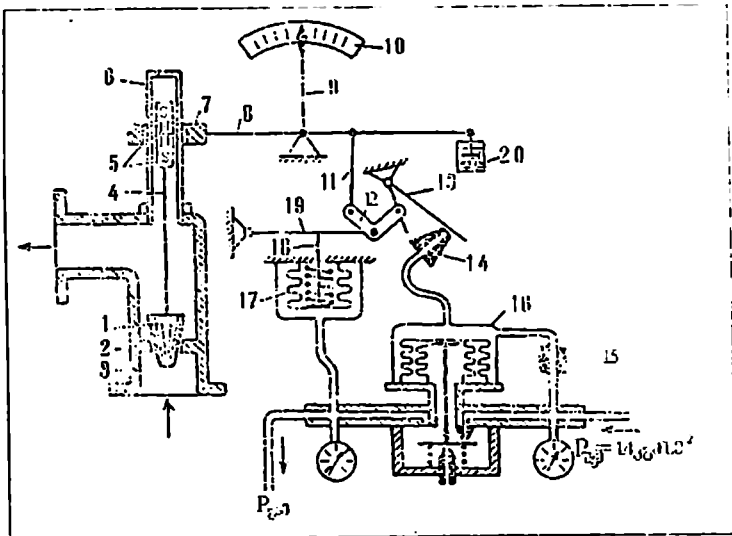
ნახ.10.56. როტამეტრის PЭД სქემა: 1 - ლითონის კორპუსი; 2 - კამერა; 3 - კონუსური მილი; 4 - მიმმართველი მილაკი; 5 - ყრუ საცობი; 6 - ინდუქციური კოჭა; 7 - გარსაცმი; 8 - ქანჩი; 9 - ტივტივა; 10 - ღერო; 11,14 - საბჯენი საყელური; 12 - ინდუქციური გარდამსახი; 13 - შტუცერი

ზუსტის კლასია 2,5. წნევის ვარდნილი მათში შეადგენს 8-95 მმ წყ.სე. (1068-12630 ნ/მ²).

როტამეტრი P3D (ნახ.10.56) წარმოადგენს უსკალო ხარჯის გარდამსახს და დიფერენციალურ-ტრანსფორმატორულ გარდამქმნელს. ხელსაწყო მუშაობს მეორად დიფერენციალურ-ტრანსფორმატორულ ხელსაწყოებთან ЭПИД, ДС და სხვ. კომპლექტში, რომელიც მეორე თავში იყო განხილული.

P3D როტამეტრების რამდენიმე მოდელი გამოდის პირობითი გასასვლელის დიამეტრით: 40, 70, 20 და 8 მმ და ხარჯებზე 25-დან 16000 ლ/სთ-ში.

როტამეტრი PPD (ნახ.10.57) წარმოადგენს სკალიან გარდამსახს ჩვენებების პნევმატიკური დისტანციური გადაცემის მოწყობილობით. ხელსაწყო მუშაობს კომპლექტში АУС და "Старт"-ის სისტემის პნევმატიკურ ხელსაწყოებთან. PPD როტამეტრები გათვლილია ხარჯების გაზომვის 'ხდვრებზე 160-დან 16000 ლ/სთ-ში.



ნახ.10.57. PPD როტამეტრის სქემა ჩვენებების პნევმატიკური დისტანციური გადაცემის მოწყობილობით: 1 - ტივტივა; 2 - დიაფრაგმა; 3 - კორპუსი; 4 - ღერო; 5,7 - მაგნიტი; 6 - ცილინდრული ვაზნა; 8 - ბერკეტი; 9 - ისარი; 10 - სკალა; 11,12 - ბერკეტი; 13 - საფარი; 14 - საქშენი; 15 - მუდმივი დროსელი; 16 - სილფონური გამაბლიერებელი; 17 - სილფონი; 18 - ჭოკი; 19 - შუალედური ბერკეტი; 20 - დემფერი

5. დაწნევის მილაკები (პნევმომეტრები) და ანემომეტრები

დაწნევის მილაკები და ანემომეტრები გამოიყენება ნაკადის მოცულობითი ხარჯის გასაზომად. ამ მიზნით იხმდება ნაკადის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, რისთვისაც მილსადენის განივკვეთი იყოფა რამდენიმე ტოლ ფართობად (f) და დაწნევის მილაკით იზომება თითოეული ფართობის ცენტრში $v_{საშ}$ სიჩქარე. შემდეგ სიჩქარე მრავლდება თითოეულ ფართობზე. ნაკადის მოცულობითი ხარჯი $Q = \sum v_{საშ} \cdot f \cdot \rho / \gamma$. თითოეულ ფართობში აუცილებელია ნაკადის მოძრაობის სიჩქარის განსაზღვრა ორჯერ მაინც. სიჩქარეებს შორის დიდი განსხვავების შემთხვევაში გაზომვების რიცხვი უნდა გაიზარდოს. მიღებული სიჩქარეებიდან გამოითვლება საშუალო არითმეტიკული.

სიჩქარის გასაზომად გვაქვს ფორმულა

$$v = \sqrt{\frac{P_{დინამიკ} \cdot 2g}{\gamma}} \text{ მ/წ,} \quad (10.41)$$

სადაც $P_{დინამიკ}$ არის დინამიკური წნევის სიდიდე კგ/მ².

g – სიმძიმის ძალის აჩქარება – მ/წ².

γ – ნაკადის ხვედრითი წონა – კგ/მ³.

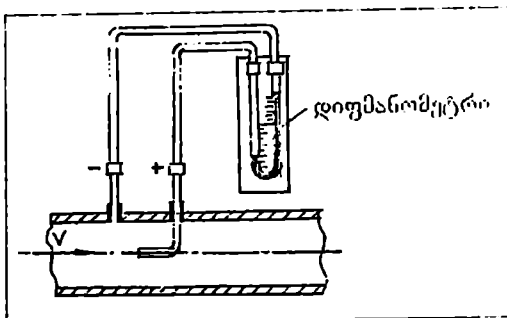
დინამიკური წნევა გამოითვლება

$$P_{დინამიკ} = P_{მთლ.} - P_{სტატიკ.} \quad (10.42)$$

$P_{მთლ.}$ – სრული წნევაა და განისაზღვრება პიტოს მილით;

$P_{სტატიკ.}$ – სტატიკური წნევაა.

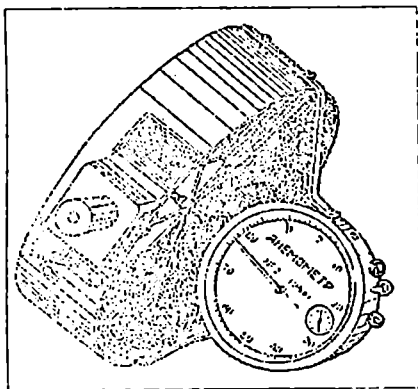
ნახ.10.58-ის მიხედვით შეიძლება გაზომილი იქნეს დინამიკური წნევის სიდიდე. მოცულობითი ხარჯი $Q = 3600v \cdot F \cdot \rho^3/სთ$, სა. აც F არის ნივთიერების ნაკადის განივკვეთის ფართობი მ²-ში.



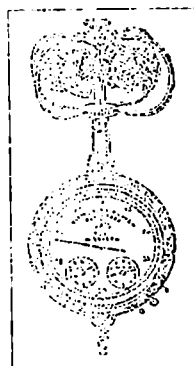
ნახ.10.58. პნევმომეტრული მილით დინამიკური წნევის გაზომვის სქემა

დაწნევის მილაკებით ხარჯის გაზომვის ღირსება მდგომარეობს მის სიადვილეში, ნაკადის წნევის უმნიშვნელო დანაკარგებსა და სამუშაოს შესრულების შედარებით დაბალ ღირებულებაში. პრაქტიკაში მან მაინც ვერ კპოვა ფართო გავრცელება მაღალი წნევის მილგაყვანილობებზე ოპერაციების შესრულების მოუხერხებლობის და სხვ. გამო.

აირის ნაკადის სიჩქარეების დროს 0,5-დან 10 მ/წ-მდე – გამოიყენება ფრთებიანი ანემომეტრები, ხოლო სიჩქარეებისათვის 1-დან 20 მ/წ-მდე – ფიალისებრი ანემომეტრები (ნახ.10.59, ნახ.10.60). კონსტრუქციულად ფიალისებრი ანემომეტრი განსხვავდება ფრთებიანისაგან იმით, რომ მას ფრთების ნაცვლად აქვს ოთხი ნახევარსფერული ფიალა.



ნახ.10.59. ACO-3 ანემომეტრის საერთო ხედი



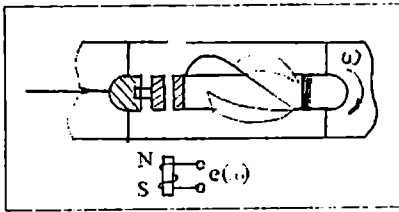
ნახ.10.60. ფიალისებრი ანემომეტრი

საშუალო სიჩქარის გაზომვა ხდება არა წერტილების მიხედვით, როგორც დაწნევის მილაკებით, არამედ მთელი კვეთის მიხედვით მილსადენში აირის მოძრაობის საშუალო სიჩქარის განსაზღვრის შემდეგ, მილსადენის განივკვეთის ფართობზე მისი გადამრავლებით იანგარიშება აირის ხარჯი. აირის მოძრაობის სიჩქარის სწორი, დაუმახინჯებელი მნიშვნელობის მისაღებად სარგებლობენ პასპორტით, რომელიც თან ერთვის თითოეულ ანემომეტრს.

6. ხარჯმზომები ბრუნვის სინქარეში გარდაქმნით

ხარჯმზომები განკუთვნილია სითხის ან აირის მოცულობითი ხარჯის გასაზომად. ხარჯმზომის გარდამსახი წარმოადგენს მილის ნაჭერს, რომელშიც დაყენებულია ღერძული ტურბინა. მილში სითხის ნაკადის მოქმედებით ტურბინის როტორი ბრუნავს ხარჯის პროპორციული სინქარით.

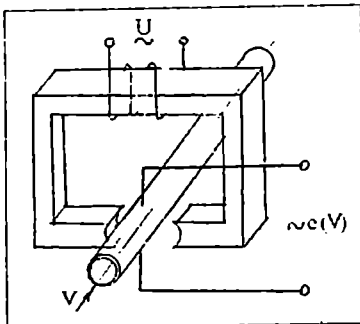
როტორის ბრუნვა მექანიკური გზით გადაეცემა მრიცხველ მექანიზმს ან გარდაიქმნება ელექტრული რხევების სიხშირეში, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახაზზე 10.61. ამ შემთხვევაში როტორი და მილი მზადდება არამაგნიტური მასალისაგან. როტორში იწნეხება ღერო მაგნიტორბილი მასალისაგან. ამავ კვეთში მილის გარე ზედაპირზე განლაგებულია კოჭა მუდმივი მაგნიტით. როტორის ბრუნვის დროს კოჭაში ინდუქცირდება ე.მ.ძ., რომლის სიხშირეც ორჯერ აღემატება როტორის ბრუნვებს წამში. გამზომ ხელსაწყოდ შეიძლება გამოყენებული იქნეს ელექტრონული სიხშირეზომი.



ნახ.10.61. ხარჯმზომის სქემა ბრუნვის სინქარეში გარდაქმნით

7. ინდუქციური ხარჯმზომები

ხარჯმზომი დაფუძნებულია მაგნიტური ნაკადის პერპენდიკულარულად მოძრავ გამაყალი სითხის ნაკადში ე.მ.ძ. ინდუქცირებაზე (ნახ.10.62).



ნახ.10.62. ინდუქციური ხარჯმზომის სქემა

ხარჯმზომის გარდამსახი შედგება არაელექტროგამტარი მილისაგან, რომელიც იმყოფება ელექტრომაგნიტის მაგნიტურ ველში და იკვებება ცვლადი დენით. მაგნიტური ველის პერპენდიკულარულად მილში ჩამონტაჟებულია ორი ელექტროდი.

მილში სითხის მოძრაობის დროს ელექტროდებზე წარმოიქმნება ე.მ.პ., რომელიც სითხის მოძრაობის სიჩქარის პროპორციულია:

$$e = B \cdot v \cdot d, \quad (10.43)$$

სადაც

B არის პოლუსებს შორის მაგნიტური ინდუქცია;

v – სითხის სიჩქარე;

d – მილის შიგა დიამეტრი.

ვინაიდან მილის განიეკეთის ფართობი

$$F = \frac{\pi d^2}{4},$$

(10.43) გამოსახულება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით

$$e = 4 \cdot \frac{B \cdot F \cdot v}{\pi d} = \frac{4BQ}{\pi d}.$$

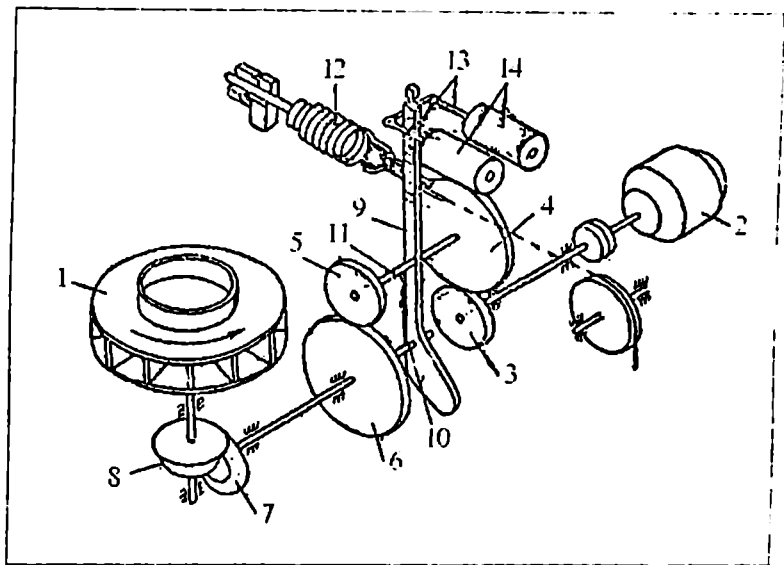
$$\text{აქედან მოცულობითი ხარჯი } Q = \frac{\pi \cdot e \cdot d}{4B}. \quad (10.44)$$

ინდუქციური ხარჯმზომი პრაქტიკულად უინერციოა და შეიძლება გამოყენებული იქნეს როგორც დახურულ მილსადენებში, ისე ღია კალაპოტებში. ე.მ.პ., ინდუქცირებული ელექტროდებზე, ჩვეულებრივ არ აღემატება 10MB ამიტომ გამზომ ხელსაწყოდ აუცილებელია ელექტრონული ხელსაწყოს გამოყენება. ასეთი მოწყობილობების ცდომილება შეადგენს 1,0...2,5%.

8. ხარჯმზომები ფხვიერი მასალებისა და შლამისათვის (მასობრივი ხარჯმზომები)

ავტომატური ხარჯმზომი მოწყობილობა პულპისმაგვარი და ფხვიერი მასალებისათვის წარმოდგენილია ნახაზზე 10.63. ამ ხელსაწყოს საფუძვლად უდევს მასობრივი ხარჯის გაზომვის პრინციპი მომენტის მიხედვით, რომელიც აუცილებელია მასალის ნაკადისათვის აჩქარების მისანიჭებლად. ინ-

ერციის ძალების მომენტის გასასომად გამოყენებულია ორ-საფეხურიანი პლანეტარული რედუქტორი.



ნახ.10.63 მასობრივი ხარჯშომის კინემატიკური სქემა

ხარჯშომის ნაკადის მგრძობიარე ელემენტი (1) წარმოადგენს დისკს, რომლის ზედაპირზეც რადიალურად ფრთებია განლაგებული. მგრძობიარე ელემენტი ბრუნვაში მოდის მუდმივი სიჩქარით ელექტროძრავით (2), პლანეტარული რედუქტორის კბილანების (3-6) და წყვილი კონუსური კბილანებით (7 და 8). ელექტროძრავის ლილვიდან კბილანით (3) მოძრაობა გადაეცემა მოდებაში მყოფ კბილანას (4), რომლის ლილვიც დაყენებულია სატარის (9) საკისრებში. რადგანაც სატარი (9) დაყენებულია საკისრებში ლილვი (10) კონსოლზე, ლილვ 11-ს კბილანებთან (4 და 5) ერთად შეუძლია შემობრუნება ნაკადის მგრძობიარე ელემენტის ღერძის მიმართ. როდესაც საკონტროლებელი მასალა გადის ნაკადის მგრძობიარე ელემენტზე, წარმოიქმნება ინერციის ძალები, რომლებიც მოქმედებენ რადიალურად განლაგებულ ფრთებზე და ქმნიან ნაკადის მგრძობიარე ელემენტის ლილვზე მარეზულტირებელ მგრეხ მომენტს M.

დამოკიდებულება მგრეს მომენტსა M და მასობრივ ხარჯს Q_M შორის კუთხური სინქარისა ω და ნაკადისმგრძობიარე ელემენტის რადიუსის R დროს განისაზღვრება განტოლებით $M = Q_M \cdot \omega \cdot R$. ამ განტოლებიდან გამოდის, რომ მოცემული რადიუსისათვის R ნაკადის მგრძობიარე ელემენტის მუდმივი სინქარის დროს მგრეხი მომენტი ლილვზე, იქნება მასობრივი (წონითი) ხარჯის Q_M სომა. მგრეხი მომენტი M პლანეტარული რედუქტორის რგოლების გავლით გარდაიქმნება ძალვაში, რომელიც მოდებულ სატართან, იწვევს მის შემობრუნებას ნაკადის მგრძობიარე ელემენტის ღერძის მიმართ. სატარი ბრუნდება და წერდება მაშინ, როდესაც გამზომი სამბარის (12) უკუმოქმედი ძალვა გააწონასწორებს მომენტს, რომელიც იწვევს სატარის მობრუნებას. სატარის მობრუნების დროს მასთან სახსრულად დაკავშირებული ინდუქციური კოჭას (14) გულარი (13) გადაადგილდება სიგნალის დისტანციურად გადასაცემად მგორად მარეგისტრირებელ ან მარეგულირებელ ხელსაწყოზე.

§7. თხევადი, მყიფე და ნატეხოვანი მასალების დონის გაზომვა და კონტროლი

1. დონის გაზომვა. ძირითადი დებულებები და მეთოდების კლასიფიკაცია

წარმოების ავტომატიზაციის დროს ავტომატურ მოწყობილობებს გადაეცემა ფიზიკური სიდიდეების გაზომვის ფუნქცია, რომლებიც ახასიათებენ ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობას, მოცემულ დონეზე მათ შენარჩუნებას ან მათ შეცვლას ტექნოლოგიური რეჟიმის შესაბამისად.

თხევადი, მყიფე და ნატეხოვანი მასალების დონის გაზომვა და კონტროლი – ერთ-ერთი კერძო ამოცანაა, რომლის გადაწყვეტაც ხდება ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატიზაციის დროს.

მასალების დონის გაზომვა წარმოადგენს ნივთიერების რაოდენობის გაზომვის მეთოდს. დონის გაზომვა წარმოებს საცავებში: ბუნკერებში, რეზერვუარებში საწვავისათვის, ცემენტის სილოსებში, წყალსაწნე ბაკებში და ა.შ.

დონის კონტროლი მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ ნივთიერების რაოდენობის ფიქსაციისათვის მოცემულ ტევადო-

ბაში, არამედ მისი ავტომატურად შენარჩუნებაში განსასდერულ მნიშვნელობაზე. მაგალითად, მინასახარში ღუმელის ნორმალური ექტსპლოატაციისათვის მეტად მნიშვნელოვანია მინამასის დონის მუდმივად შენარჩუნება, რადგან მისი რყევა გაფლენას ახდენს მინის ხარისხზე, აგრეთვე, მინის ღენტიის სისქეზე, მანქანით მისი გაჭიმვისას. აქ გამოყენებული დონ-მზომები მინამასის დონის ± 0.2 მმ სასდერებში შენარჩუნების საშუალებას იძლევიან.

დღეისათვის არსებული დონმზომები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან მოქმედების პრინციპით, გამოყენების სფეროს სახით, გაზომვის სიზუსტით და კონსტრუქციით.

აღნიშნულის მიუხედავად, ყველა გამოყენებული დონ-მზომი შეიძლება დაყოფილი იქნეს გასაზომი ნივთიერების სახის მიხედვით თხევადი მასალებისა და მყიფე მასალების დონის გასაზომ ხელსაწყოებად, ეიზუალურად და გაზომვით.

ეიზუალური ტექნიკური ხელსაწყოები მოქმედებენ როგორც ზიარჭურჭლები (მინის მილაკში, რომელიც შეერთებულია ჭურჭელთან, სითხის დონე ისეთივეა, როგორც ჭურჭელში).

დონის გასაზომად გაზომვის პრინციპით ანსხვავებენ ხელსაწყოებს:

1. ტიეტივა და ტივარა – მგრძნობიარე ელემენტს წარმოადგენს გასაზომ სითხეში მცურავი ან მთლიანად ჩაძირული ტიეტივა ან ტივარა;

2. წნევის (ტიეტივა, სილფონური, მემბრანული) – დამყარებული მუშა სითხის სვეტის წნევის გაზომვაზე;

3. მანომეტრები ან დიფერენციალური მანომეტრები (ტიეტივა, მემბრანული), რომლებშიც გასაზომ რეზერვუარში და გამათანაბრებელ ჭურჭელში სითხის სვეტით შექმნილი წნევა წონასწორდება საკეტი სითხის სვეტის წნევით ან ხელსაწყოს მექანიზმით (მემბრანის ან ზამბარას დრეკადი დეფორმაციით);

4. ტეეადური – გამოყენება გარდამსახის ელექტრული ტეეადობის ცვლილება გასაზომი გარემოს დონის შეცვლის დროს;

5. რადიექტიური – დამყარებულია ობიექტში გამდინარე ნაკადის გამოსხივების ცვლილებაზე დონის შეცვლის დროს (გაზომვის ობიექტი გაიჭირება რადიექტიური გამოსხივების

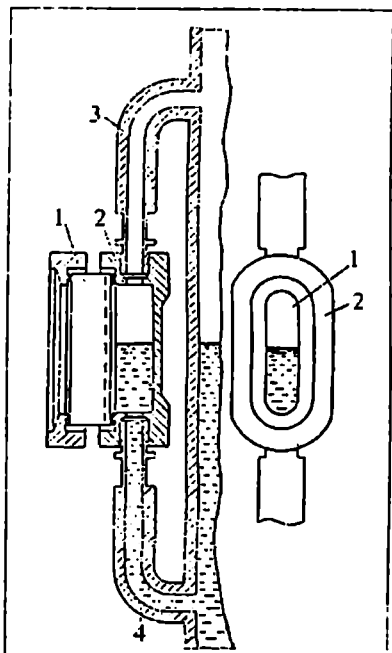
წყართოი Ⴑ სხიეებოთ, რომლებიც შოთინტქმება ნიეთიერეების მიერ; შოთანტქმა მით უფრო ძლიერიი, რაც მეტია ნიეთიერეების სიმკერიეე; გაზომვის ობიექტი თაესდება წყაროსა და გამოსხიეების მიმლებს შორის; ვინაიდან Ⴑ სხიეების შოთანტქმა სოთხის მიერ მეტია, ვიდრე ჰაერის მიერ, შოთანტქმის სიდიდის მიხედვით, რომელიც რეგისტრირდება გამოსხიეების მიმლეების მიერ (დადგინდება სოთხის ან მყარი ფხვიერი ნიეთიერეების დონე).

ამრიგად, დონის გაზომეა დაიყვანემა მასალის მდებარეობის უშუალო თვალყურის დევნებაზე, ან დონის გარდაქმნაზე წნეეის სიგნალად, ელექტრულ ან რადიოაქტიურ სიგნალად. ძირითადი მგრძნობიარე ელემენტეები (გარდაამსახები), მითითებული დონმზომების კლასიფიკაციაში, განხილულია მეორე თავში.

დონის გასაზომად გამოყენებული ხელსაწყოები შეიძლება ორ ძირითად ჯგუფად დაიყოს: ზღვრული დონის მანვენებლეები და დონმზომები. დონმზომები თაეის მხრივ შეიძლება დაიყოს გაზომვის ვიწრო და ფართო დიაპაზონის ხელსაწყოებად. დონმზომებს გაზომვის ვიწრო დიაპაზონით გაანინათ სკალის შუაში ნულოვანი წერტილი, რომელიც შეესაბამება დონის საჭირო სიმაღლეს, და დანაყოფები, რომლებიც უჩვენებენ გადახრებს ნორმალური დონიდან ნულიდან ორივე მხარეს. მეორე ჯგუფის დონმზომებს, აქეთ ერთმხრივი სკალა. სკალის დანაყოფები ამ შემოთხვევაში უჩვენებენ დონის სიმაღლეს ჭურჭლის ფსკერიდან.

2. ვიზუალი დონმზომები

ვიზუალური დონმზომები გამოიყენება სოთხეების დონის გასაზომად. ისინი აგებულია ზიარჭურჭლეების პრინციპის მიხედვით. დონმზომს აქვს მინა (1), რომელიც მაგრდება იმ ანგარიშით, რომ მისი შუაგული იმყოფებოდეს საჭირო დონის სიმაღლეზე. ამასთან, მინის სიმაღლე უნდა წედებოდეს დონის რყეეის მთელ ზონას. მინა ჩამაგრებულია ლითონის პატრონაში (2), მილაკების (3 და 4) დახმარებით, რომლებიც მიერთებულია ბაკთან (ქვაბთან და სხვ.), რომელშიც სოთხის დონე უნდა გაიზომოს (ნახ.10.64). ხელსაწყოს ზღვრული სიგრძე 1500 მმ-ს აღწევს.

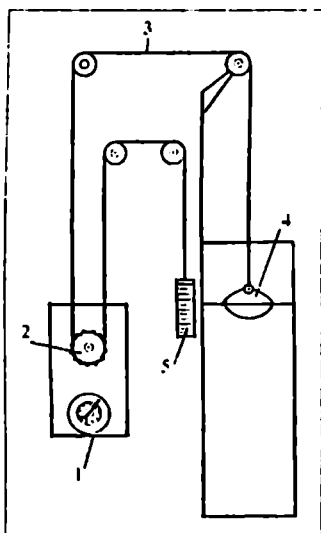


ნახ.10.64. ვიზუალური დონმზომის სქემა სითხისათვის

3. ტივტივა დონმზომები

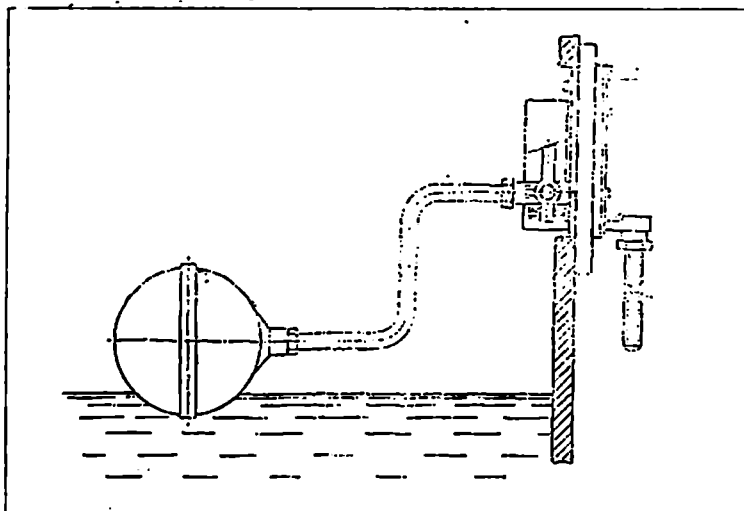
ყველაზე ფართო გავრცელება სითხის დონის გასაზომად მიიღო ტივტივა დონმზომებმა. ტივტივა, რომელიც ხელსაწყოს მგრძობიარე ელემენტია ჩვეულებრივ ლითონის ჭურჭელს წარმოადგენს, რომლის მოცულობითი წონა გასაზომი სითხის მოცულობით წონაზე ნაკლებია, რის გამოც ტივტივა ყოველთვის სითხის ზედაპირზეა და გადაადგილდება მისი დონის შეცვლასთან ერთად. ბერკეტების ან ტროსების სისტემის დახმარებით ტივტივას გადაადგილება გადაეცემა ხელსაწყოს, რომლის ჩვენებების მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ სითხის დონეზე.

ნახ.10.65 სქემატურად არის ნაჩვენები ღია ჭურჭელში სითხის დონის გაზომვის ხერხი. სითხის დონის შეცვლის დროს ტივტივა გადაადგილდება; ამასთან გორგოლაჭი (2) მობრუნდება და ბრუნვით მოძრაობაში მოიყვანს ხელსაწყოს ისარს, რომლის სკალაც გრადუირდება სიგრძის ერთეულებში.



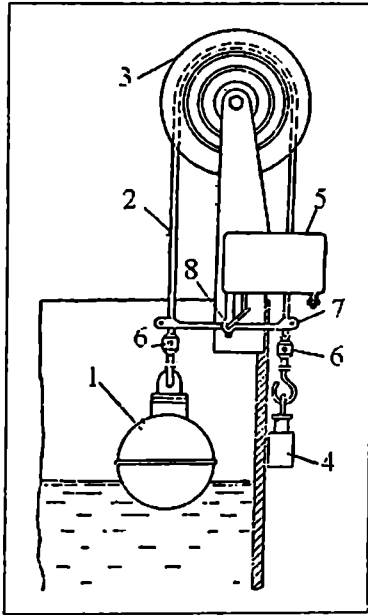
ნახ.10.65. სითხის
დონის გაზომვა ღია
ჭურჭელში

ნახ.10.66 მოყვანილია სითხის დონის ტივტივა სიგნალიზატორის სქემა. სითხის დონის ზედა ან ქვედა საკონტროლო მდებარეობის მიღწევისას ტივტივა ჩართავს სიგნალიზაციის მოწყობილობას.



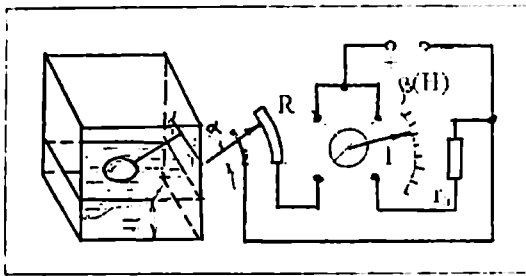
ნახ.10.66. ტივტივა დონზომის CY-ს სქემა

ღია რეზერვუარებში წყლის დონის უდერეული მნიშვნელობების სიგნალიზაციისათვის იყენებენ ტივტივა რელეს PM (ნახ.10.67), რომელიც გათვალისწინებულია წყლის დონის ორი მდებარეობის კონტროლისათვის 0,5-დან 10 მ-მდე საზღვრებში. კონტაქტების გადართვა წარმოებს ქუროების (6) დახმარებით სითხის მიერ მოცემული ქვედა ან ზედა დონის მიღწევისას. გადამრთველი ვერცხლის წყლის კონტაქტები შეიძლება იქნენ გამოყენებული სითხის დონის მდებარეობის სიგნალიზაციის წრედებში.



ნახ.10.67. ტივტივა დონზომის PM-ის სქემა: 1 - ტივტივა; 2 - გვარლი; 3 - ბლოკი; 4 - საპირწონე ტვირთი; 5 - რელე; 6 - ქურო; 7 - ბერკეტი; 8 - ღერძი

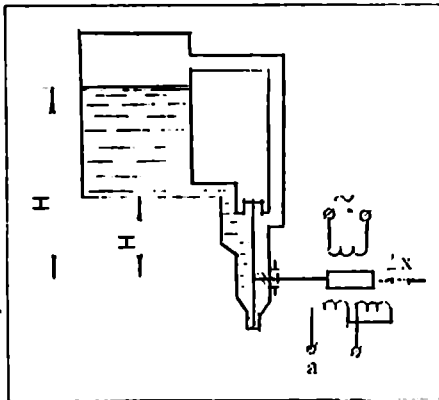
ნახაზზე 10.68 წარმოდგენილია სითხის დონის გაზომვა ცისტერნაში, ტივტივას დახმარებით. გასაზომი დონის სიმაღლე H აღიქმება ტივტივათი, რომელიც ბერკეტით დაკავშირებულია რეოსტატული გარდამქმნელის $R(\alpha)$ ღერძთან. რეოსტატის წინაღობა, ჩართული გამზომ სქემაში, დამოკიდებულია დონის H მნიშვნელობაზე. ამიტომ გამზომ ხელსაწყოდ გამოყენებული ლოგომეტრის სკალა, გრადუირდება გასაზომი დონის მნიშვნელობებში.



ნახ.10.68. ცისტერნაში სითხის დონის გაზომვის სქემა

4. წნევის გაზომვის პრინციპით მომუშავე დონმზომები

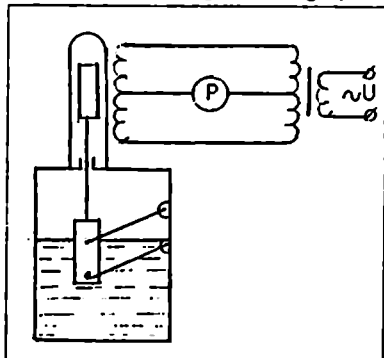
მემბრანული დონმზომი განკუთვნილია დახურულ რეზერვუარებში სითხის დონის გასაზომად. ხელსაწყო მოქმედების პრინციპი ეფუძნება სითხის ჰიდროსტატიური სვეტის წნევის გაწონასწორებას მემბრანის დრეკადი დეფორმაციის ძალით. მემბრანა შეერთებულია გადაადგილების დიფერენციალურ-ტრანსფორმატორული გარდამსახის გულართან, ამიტომ შეიძლება მიღებული იქნეს დონის ელექტრული ანათვალი მეორად ხელსაწყოზე ან სიგნალი, დაკავშირებული სითხის სვეტის განსაზღვრულ დონესთან (ნახ.10.69).



ნახ.10.69. მემბრანული დონმზომი

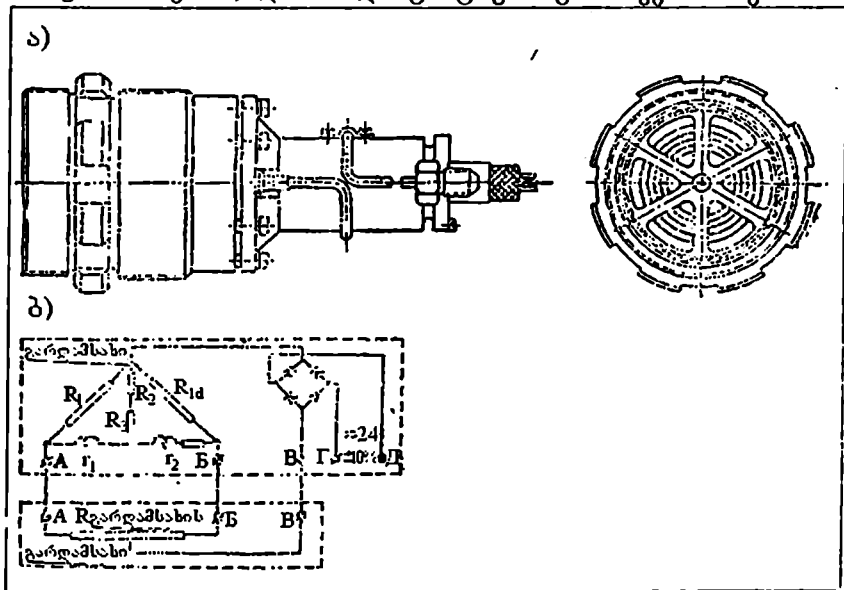
გარდამსახის კონსტრუქცია ცველადი ჩაძირვის ტივტივათი ნაჩვენებია ნახაზზე 10.70. ტივტივა, დამაგრებული ორ სახსარზე გაწონასწორებულია ზამბარით. ზამბარის დეფორმაცია დამოკიდებულია სითხის სვეტზე და გადაეცემა

გადაადგილების ტრანსფორმატორული გარდამსახის გუ-
 ლარს, რომელიც ჩართულია დონის გასაზომ სქემაში.



ნახ.10.70. გარდამსახის
 კონსტრუქცია ცვლადი
 ჩაძირვის ტიპისათვის

სითხის დონის ელექტრული მაჩვენებელი (ნახ.10.71) გათ-
 ვალისწინებულია თხევადი მასალების (წყლის, ნავთობის,
 მазუთის, ზეთის) დონის დისტანციური გაზომვებისათვის.



ნახ.10.71. სითხის დონის მაჩვენებელი УУЖЭК-56: ა) საერთო
 ხედი; ბ) პრინციპული სქემა

ხელსაწყო შედგება ელექტრული გარდამსახისაგან, რომელიც აღიქვამს სითხის სვეტის ჰიდროსტატიკურ წნევას და გამზომისაგან.

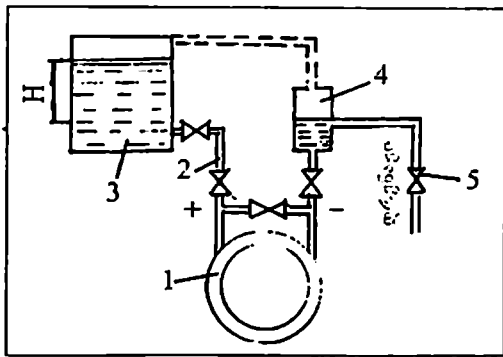
ხელსაწყოს მოქმედება ემყარება მემბრანის დრეკად თვისებებს, რომელიც იღუნება სითხის სვეტის წნევის ზემოქმედებით და ამ გაღუნვას გარდაქმნის გადამცემი მექანიზმის და პოტენციომეტრის მეშვეობით გარდამსახისა და გამზომის წრედებში ომური წინააღმდეგობის ცვლილებაში. სქემის ელემენტების ომური წინააღმდეგობის ცვლილება იწვევს დენის სიდიდეების ცვლილებას, რომელიც გაედინება მაგნიტო-ელექტრული ლოგომეტრ-გამზომის ჩარჩოში. გამზომის ისარი გადაიხრება წნევის შეცვლის პროპორციული კუთხით და უჩვენებს გამზომ სკალაზე წნევის სიდიდეს წყლის სვეტის მეტრებში.

მემბრანა აღიქვამს ატმოსფეროსა და სითხის სვეტის წნევას. ატმოსფეროს წნევის კომპენსაციის მიზნით გარდამსახის შიგა სიღრუე შეერთებულია ატმოსფეროსთან მილაკით.

5. სითხის დონის გაზომვა დიფერენციალური მანომეტრით

დიფერენციალური მანომეტრით შესაძლებელია სითხის დონის გაზომვა ტურტლებში, რომლებიც იმყოფებიან წნევის ქვეშ და მის გარეშეც. გასაზომი დონის დიაპაზონი ძალიან ფართოა: რამდენიმე მილიმეტრიდან რამდენიმე მეტრამდე. გარდა ამისა, გაზომვის შედეგები შეიძლება გადაცემული იქნეს სხვადასხვა წესით (პნევმატიკური, ელექტრული და ა.შ.) მანძილზე.

ნახაზზე 10.72 მოყვანილია ღია რეზერვუარში სითხის დონის გაზომვის პრინციპული სქემა დიფმანომეტრის დახმარებით. ასეთი სქემა გამოიყენება, მაგალითად, დონის გასაზომად წყალსაწნევი კოშკების რეზერვუარებში. დიფმანომეტრი (1) ფოლადის მილაკის (2) დახმარებით მიერთებულია რეზერვუართან (3), რომელშიც დონეს ზომავენ. წნევის ვარდნილის სიდიდე დიფმანომეტრის კამერებში ტოლია რეზერვუარში სითხის სვეტის წნევისა და განსაზღვრავს რეზერვუარის შევსების დონეს H.



ნახ.10.72 დიფ-
მანომეტრის მიერ-
თების სქემა ღია
ჭურჭელში სით-
ხის დონის გასა-
ზომად

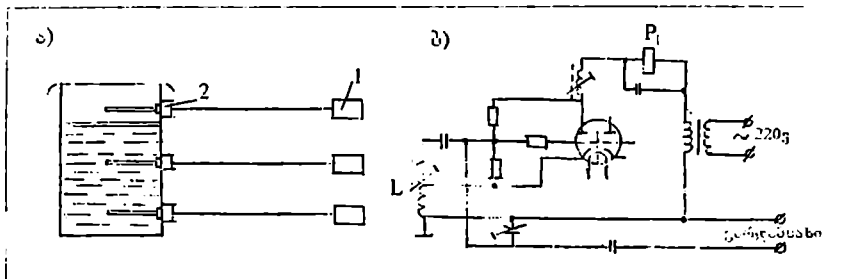
ჩვეულებრივ დიფმანომეტრს აყვებენ რეზერვუარის ფსკერს ქვევით. ამასთან დაკავშირებით დიფმანომეტრის ჩვენებაზე სითხის სვეტის გაელენის აღმოსაფხვრელად შემაერთებულ მილაკში აყენებენ გამათანაბრებელ ჭურჭელს (4). მას აესებენ იმავე სითხით, რაც რეზერვუარშია. ღია რეზერვუარში დონის გაზომვის დროს გამათანაბრებელ ჭურჭელს აყენებენ მინიმალური დონის ნიშნულზე და აერთებენ სედა ნაწილში ატმოსფეროსთან, ხოლო გამათანაბრებელ ჭურჭელში სითხის დონის მუდმივად შესანარჩუნებლად იგი აღჭურვილია ჩამოსხმით დრენაჟში ვენტილის (5) საშუალებით. წნევის ქვეშ მყოფ რეზერვუარში სითხის დონის კონტროლის დროს, გამათანაბრებელი ჭურჭელი, აგრეთვე, უერთდება რეზერვუარს, მხოლოდ სედა ნაწილში (ნაჩვენებია პუნქტირით).

6. ტევადური დონზომები

დონის ტევადური სიგნალიზატორი განკუთვნილია რეზერვუარებში, ბუნკერებში და ა.შ. მასალის დონის მდებარეობის კონტროლისა და სიგნალიზაციისათვის. საკონტროლებელი გარემო შეიძლება იყოს თხევადი, გრანულირებული, წერილნატეხოვანი და სხვა მასალები.

დონის სიგნალიზატორი შედგება ელექტრონული ბლოკისა და გარდამსახისაგან, რომლებიც კაბელითაა შეერთებული. ნახაზზე 10.73ა ნაჩვენებია სამი სიგნალიზატორის დაყენება ბაკზე დონის სამი მდებარეობის კონტროლირებისათვის.

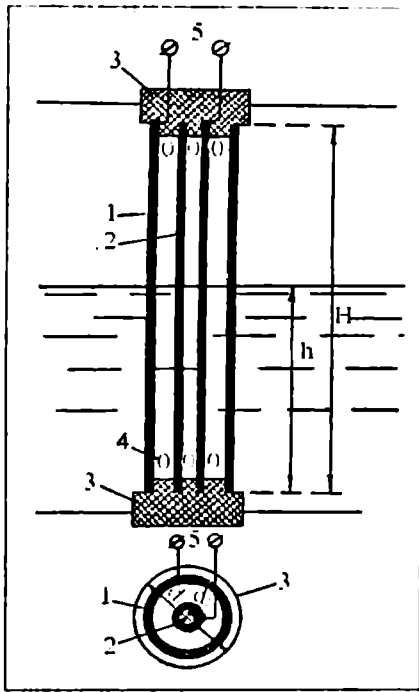
ხელსაწყოს ელექტრონული ბლოკი (ნახ.10.73ბ) შედგება მაღალი სიხშირის გენერატორისაგან, რომელიც აგებულია ელექტრონულ ნათურაზე და ელექტრულად დაკავშირებულია ტევადურ გარდამსახთან.



ნახ.10.73. დონის სიგნალიზატორი 3CY : ა) ხელსაწყოს დაყენების სქემა; ბ) ხელსაწყოს ელექტრონული სქემა; 1 - ელექტრონული ბლოკი; 2 - გარდამსახი

დონის სიგნალიზატორის მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია გარდამსახის ელექტროდის ტევადობის სიდიდის ცვლილებაზე გარემოს დონის ცვლილებისაგან დამოკიდებულებით. გარდამსახის ტევადობის შეცვლა 2-5პფ (პიკოფარადი) იწვევს მაღალსიხშირულ რხევათა შეწყვეტას და ნათურის ანოდური დენის მკვეთრად გაზრდას, რის გამოც ამოქმედდება ნათურის ანოდურ წრედში ჩართული რელე P_1 ; და მაშასადამე, ჩაირთება ან განირთება რელეს კონტაქტები. დონმზომის გენერატორის აწყობა ხდება ხელსაწყოს გაზომვის ობიექტზე დაყენების დროს.

10.74. ნახაზზე მოყვანილია სითხის დონმზომი გარდამსახის გამარტივებული სქემა. გარდამსახი თავსდება მთლიანად სითხის დონის გასაზომ ჭურჭელში. იგი შედგება ორი ან რამდენიმე სხვადასხვა დიამეტრის მილისაგან, რომლებიც კონცენტრულადაა განლაგებული და იზოლირებულია ერთმანეთისაგან.



ნახ.10.74. სითხის დონეში ტევადური გარდასახვის სქემა: 1 - კონდენსატორის გარე ელექტროდი; 2 - შიდა ელექტროდი; 3 - იზოლატორი; 4 - ხერელები კონდენსატორის ელექტროდებში; 5 - შემაერთებელი სადენები

მიღებითა და სითხით წარმოქმნილი ჯამური ტევადობა კონდენსატორისა ტოლი იქნება

$$C = C_1 + C_2, \quad (10.45)$$

სადაც C_1 არის კონდენსატორის ქვედა ნაწილის ტევადობა, რომელიც დაკავებულია სითხით; C_2 - კონდენსატორის ზედა ნაწილის ტევადობა, რომელიც შევსებულია ჰაერითა და სითხის ორთქლით.

C , C_1 და C_2 ტევადობები სითხის დონესთან დამოკიდებული არიან გამოსახულებებით [10].

$$C = \frac{\epsilon_{\text{სითხ}} \cdot h}{1.81 \ln \frac{d_1}{d_2}} + \frac{\epsilon_{\text{ჰაერ}} \cdot (H - h)}{1.81 \ln \frac{d_1}{d_2}} = C_0 + S_1 \cdot h, \quad (10.46)$$

სადაც

$\epsilon_{\text{სითხ}}$ და $\epsilon_{\text{ჰაერ}}$ სითხისა და ჰაერის დიელექტრიკული შეღწევადობა;

d_1 და d_2 – გარე და შიდა მიღების მუშა დიამეტრები;

H – მიღების მთლიანი სიგრძე;

h – სითხის გასაზომი დონე;

$$C_0 = \frac{\varepsilon_{\text{ჰაერ}} \cdot H}{1.81 \ln \frac{d_1}{d_2}} - \text{ცარიელი ჭურჭლის შემთხვევაში გარ-}$$

დამსახის საწყისი ტევადობა

$$S_1 = \frac{\varepsilon_{\text{სითხ}} - \varepsilon_{\text{ჰაერ}}}{1.81 \ln \frac{d_1}{d_2}} - \text{გარდამსახის მგრძობიარობა ტოლია}$$

ტევადობის ნაზრდისა სითხის დონის სიმაღლის ერთეულსე. ბენზინისა და ნავთისათვის $\varepsilon_{\text{სითხ}}=2$, ჰაერისათვის $\varepsilon_{\text{ჰაერ}}=1$, ხოლო წყლისათვის $\varepsilon_{\text{სითხ}} \approx 80$.

* აღნიშნული გარდამსახი გამოიყენება მანქანის სათბობის ავზში სითხის დონის გასაზომად.

7. რადიაქტიური დონმზომები

დონის გასაზომად იყენებენ რადიაქტიურ გამოსხივებას, კერძოდ გამა-გამოსხივებას. გაზომვები დაფუძნებულია იმაზე, რომ სხივების გავლისას ნივთიერებაში მათი ინტენსივობა ეცემა. გამა-გამოსხივების წყარო და მიმღები განლაგებულია ჭურჭლის სხვადასხვა მხრიდან, რომელშიც იზომება დონე.

ნახ.10.75ა მიხედვით რადიაქტიური გამოსხივების წყარო განლაგებულია ჭურჭლის ერთ მხარეს, ხოლო მიმღები – მის მეორე მხარეს, საკონტროლებელი ტევადობის გასწვრივ. დონის ცვლილების დროს იცვლება მრიცხველზე მოხვედრილი გამა-კვინტების რაოდენობა. ეს მეთოდი დონის უწყვეტი კონტროლის განხორციელების შესაძლებლობას იძლევა.

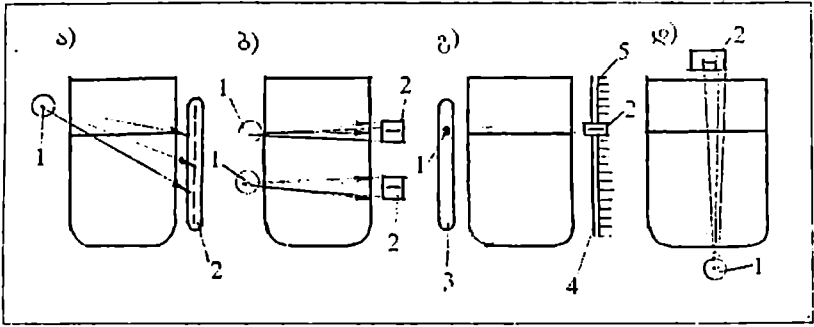
• დონის რელეს მოქმედების პრინციპი (ნახ.10.75ბ) ეფუძნება საკონტროლებელი მასალის და ჰაერის სხვადასხვა შთანთქმის უნარიანობას. ამ შემთხვევაში ტევადობის ორი მხრიდან მოცემულ დონეებზე მონტაჟდება გამოსხივების წყარო და მიმღები.

თუ მასალა იმყოფება საკონტროლებელი დონის ქვევით, მრიცხველზე ხედება გამა-გამოსხივების დიდი ნაკადი. თუ გამა-გამოსხივების ნაკადის გზაზე აღმოჩნდება საკონტროლებელი მასალა, გამა-გამოსხივების ნაკადი მოხვედრილი მრიცხველზე მკვეთრად მცირდება. გამოსხივების ნაკადის ცვლილება იწვევს ელექტრონული რელეს ამოქმედებას და შესაბამისი სიგნალების მიწოდებას.

ჩვეულებრივ აწარმოებენ ზედა და ქვედა დონეების კონტროლს, რისთვისაც იდგმება ორი რელე.

ნახაზზე 10.75გ მოცემულია დონის უწყვეტი კონტროლის სქემა მოძრავი სისტემის დახმარებით, რომელიც უთვალთვალებს მასალას ჭურჭელში. წყარო და მიმღები გადაადგილდებიან სვეტებზე სერვოდრავების საშუალებით. როდესაც წყარო (1) და მიმღები (2) იმყოფება ჰაერისა და საკონტროლებელი ნივთიერების გაყოფის ხაზზე, ისინი უძრავია თუ ნივთიერების საკონტროლებელი დონე დაიწვეს, მაშინ გამა-კვანტების რაოდენობა მიმღებზე (მრიცხველზე) გაიზარდება, რაც გამოიწვევს სერვოდრავის ჩართვას და გამოსხივების წყაროსა და მიმღების დაშვებას გარემოთა გამყოფ ხაზამდე. მასალის დონის აწევისას სერვოდრავა ირთვება საწინააღმდეგო მიმართულებით, რის შედეგადაც გამოსხივების წყარო და მიმღები გადაადგილდებიან ზევით გაყოფის ხაზისაკენ. სვეტებზე (3,4) გამოსხივების წყაროსა და მიმღების მდებარეობის მიხედვით ადგენენ სკალაზე (5) საკონტროლებელ დონეს. ასეთი პრინციპით მომუშავე დონმზომები, დონის გადაადგილების კონტროლის საშუალებას იძლევა 7მ-მდე.

ზოგიერთ შემთხვევაში მასალის დონის კონტროლი შესაძლებელია გამოსხივების წყაროს განლაგებისას, როგორც ნაჩვენებია 10.75დ ნახაზზე. გამა-კვანტების რაოდენობა მრიცხველზე დაიწყებს შემცირებას ჭურჭელში მასალის დონის ამაღლებასთან ერთად. ამ სქემის ნაკლია – მცირე მგრძობიარობა და იშვიათად გამოიყენება. ყველაზე გამოყენებად სქემას დონის კონტროლისათვის წარმოადგენს ნახ.10.75ბ წარმოდგენილი სქემა.



ნახ.10.75. დონის რადიექტიური გაზომვის სქემები: 1 - გამოსხივების წყარო; 2 - გამოსხივების მიმღები; 3,4 - სვეტები; 5 - სკალა

რადიექტიური გამოსხივების წყაროს შეუძლია მანეწეზემოქმედების მოხდენა მომსახურე პერსონალ'სე, ამიტომ საჭიროებს შესაბამის დაცვას. ხელსაწყოს დამკვაი ტყეიის გარსი უნდა იყოს სისქით 3 სმ, ხოლო ფოლადისა - 5 სმ.

შემოსხივების დასაშეები დოზა ადამიანისათვის ხანგრძლივი მუშაობისათვის განისაზღვრება

$$P = \frac{5.8 \cdot 10^{-2}}{t}, \quad (10.47)$$

სადაც t არის ყოველდღიური შემოსხივების დრო, სთ.

დოზის სიმძლავრე წყაროს აქტიურობის მიხედვით შეადგენს

$$P_{\text{ფ}} = \frac{A \cdot K_v}{r^2},$$

სადაც

A არის აქტიურობა ბეკერელებში, B_k .

r - მანძილი წყაროდან, მ;

K_v - მუდმივა, რომელიც ტოლია დოზის სიმძლავრისა, კულონი კილოგრამზე (KJ/KG) ერთ საათში, რომელსაც კმნის იზოტოპის წერტილოვანი წყარო აქტიურობით $3.7 \cdot 10^7 B_k$ მისგან 1 სმ-ის მანძილზე.

გამოსხივების მიმღებებად გამოიყენება: საიონიზაციო კამერები (დამყარებულია აირის იონიზაციის პრინციპზე); აირგანმუხტვის მრიცხველები (დაფუძნებულია აირის იონი-

ზაციის პრინციპზე); სცინტილა(ციური მრიცხველები (ემ-
ყარება ლუმინოფორების ნათების მოვლენას მათი შემო-
სხივების დროს - ლუმინესცენციას. ამგვარი ნივთიერებები
იწოდება ფოსფორებად ანუ სცინტილატორებად).

რადიაქტიური დონმზომების უპირატესობას წარმოადგენს
გაზომების უკონტაქტობა, რაც ანთავისუფლებს ტექნოლო-
გიურ აპარატებს მათში გამზომი მოწყობილობების შეყ-
ვანისაგან, ხოლო მგრძობიარე ელემენტებს - გასაზომ გა-
რემოსთან უშუალო შეხებისაგან.

დაწვრილებით რადიაქტიური გარდამსახების შესახებ
იხილე მეორე თავში.

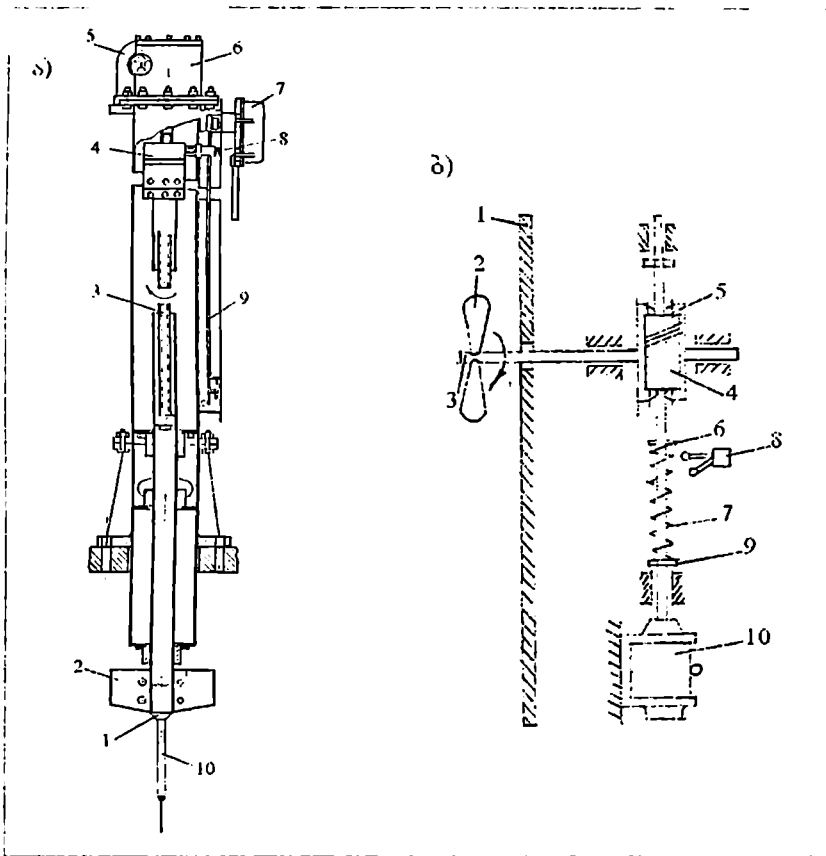
8. მყიფე და ნატეხოვანი მასალების დონმზომები

მყიფე და ნატეხოვანი მასალების დონის გაზომვა მნიშვნე-
ლოვნად ძნელია, ვინაიდან ისინი არ წარმოქმნიან პორისონტა-
ლურ ზედაპირს ტვეადობაში, მათი ქცევა არ ემორჩილება
პასკალის კანონს, ეს მასალები შეიძლება შეეწებოს კედლებთან
ან წარმოქმნან თაღები, შესაძლებელია დატვირთვისა და განტ-
ვირთვის დროს გარდამსახების დაზიანება და სხვ.

აღნიშნული სიძნელებები ზღუდავენ შესაძლო პრინციპ-
ების რიცხვს, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნენ
ასეთი დონმზომების შესაქმნელად.

მყიფე და ნატეხოვანი მასალების დონმზომები გეხვდება
უწყვეტი თვალთვალისათვის ტვეადობაში მასალის დონ-
ისადმი (ნახ.10.76) და სასიგნალო (დონის რელი), რომლებიც
გამოსცემენ სიგნალს მასალის მიერ განსაზღვრული დონის
მიღწევისას (ნახ.10.77).

ელექტროძრავა (5) რედუქტორის (6) საშუალებით განუ-
წყვეტლივ აბრუნებს სავალ ხრახნს (3) მრავალსველიანი
კუთხეილით (ნახ.10.76ა). ხრახნი (3) ჩახრახნილია ქანში (4),
რომელიც დამაგრებულია მილთან (1); მილს ქვევით მოწყო-
ბილი აქვს ფრთოვანა (2) და ცეცი (10). თუ ფრთოვანა არ
ეხება მასალას, მაშინ სავალი ხრახნის (3) ბრუნვისას მილი
(1), აგრეთვე, ბრუნავს იმავე სიჩქარით. როდესაც ფრთოვანა
შეეხება მასალას, მაშინ მილი განიცდის წინაღობას თავისი
ბრუნვისადმი; იგი იწყებს ბრუნვას უფრო ნელა, ვიდრე
ხრახნი და სიჩქარეების განსხვავების ხარჯზე მილი ქანთან
ერთად სავალ ხრახნზე აიწევს ზევით იქამდე, სანამ ფრთო-
ვანა არ გამოვა მასალიდან. როდესაც ფრთოვანა ეხება მა-
სალას და მილი გადაადგილდება ღერძის გასწვრივ, ქანის



ნახ.10.76. მექანიკური დონზომი: ა) ПУС-1800 ტიპის; ბ) მბრუნავი ნიჩბით

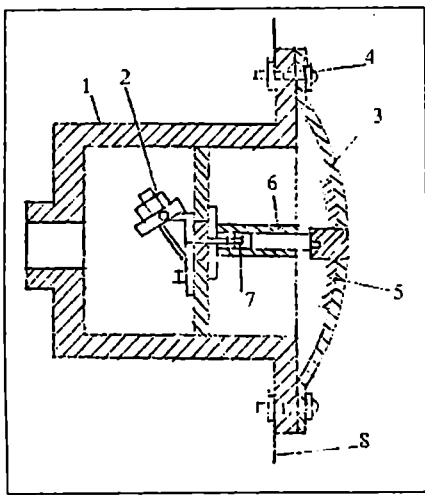
გორგოლაჭი (8) გადახრის პროფილირებულ სახაზაეს (9) მაჩვენებელი ისრით. ქანჩის გადაადგილების დროს სახაზაევი გადაიხრება გორგოლაჭის (8) მიერ მეტად ან ნაკლებად. სახაზაევის გადახრა გადაეცემა პნევმატიკური მოწყობილობის საფარს (7). ამასთან შეიცვლება შეკუმშული ჰაერის წნევა, რომელიც მიეწოდება მეორად ხელსაწყოს. (მეორად ხელსაწყოდ შეიძლება გამოყენებული იქნეს სიღვინური მანომეტრი გაზომვის ზღვრით 1 კგძ/სმ²-მდე).

ПУС ტიპის განხილული დონმზომი მზადდება დონის გაზომვის ზღვრებზე 0-დან 1800 მმ-მდე; დასაშვები ცდომილება ± 150 მმ. ელექტროძრავას კეება ხორციელდება ცვლადი დენით 220ვ, პნევმატური სისტემის კეება - 1კგ/სმ^2 (0,981ბარი) წნევის ქვეშ მყოფი ჰაერით.

ნახაზზე 10.76ბ ნაჩვენებია დონმზომის სქემა მბრუნავი ნიჩბით. დონმზომი მაგრდება სილოსის გვერდით კედელზე. დონმზომი შედგება ელექტროძრავისაგან (10), რომელიც ჭიახრახნისა და ჭიაკბილანას (5) საშუალებით ბრუნვას გადასცემს ნიჩბებს (2), რომლებიც მოწყობილია ბუნკერის კედელში (1) გამავალ ლილეზე (3). ძრავას ლილეზე ორი დისკია: გადასაადგილებელი (6) და საბრჯენი (9), რომელთა შორის დაყენებულია ზამბარა (7). მასალის მიერ ნიჩბების (2) დონის მიღწევისას იზრდება მომენტი ჭიახრახნის ლილეზე და წარმოებს უკანასკნელის ღერძული გადაადგილება. მიღლისის მოქმედებით, რომელზედაც დამჯდარია ჭიახრახნი, გადასაადგილებელი დისკო (6) გადაინაცვლებს და ჩართავს ბოლო გამომრთველის (8) კონტაქტს. ირთება სიგნალიზაციის წრედში.

მასალის დონის დაწევისას ნიჩაბი თავისუფლდება, ჭიახრახნი და ბოლო გამომრთველი ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში.

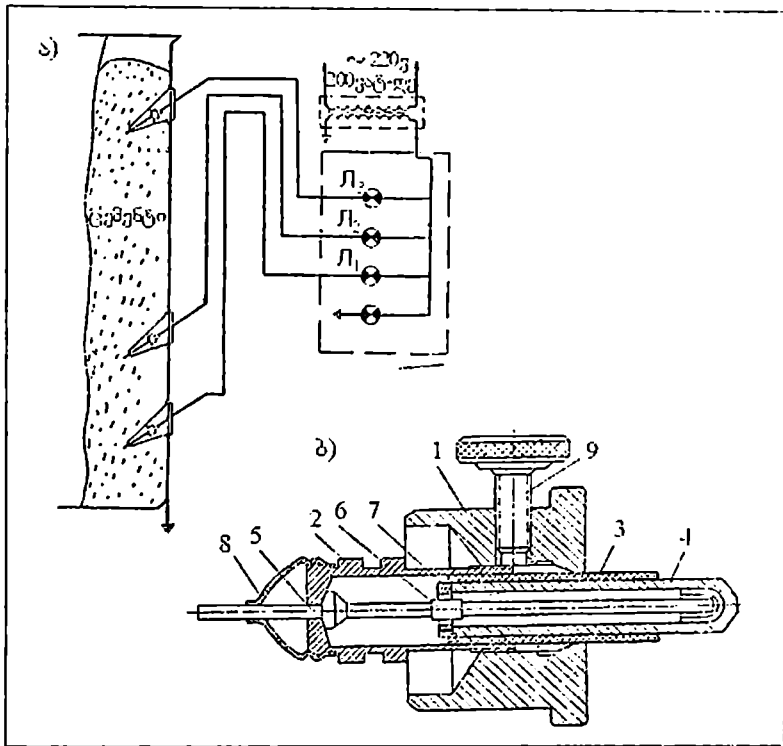
ფხვიერი მასალის დონის ავტომატური კონტროლის სისტემისათვის ტევალობებში ხშირად გამოიყენება დონის მემბრანული რელე (ნახ.10.77). იგი განლაგებულია კორპუსში (1), რომელიც მიმაგრებულია ბუნკერის კედელზე (8). მგრძნობიარე ელემენტს წარმოადგენს რეზინის დიაფრაგმა (3), რომელიც მიეჭირება ბუნკერის კედელს რგოლური ზესადებით (4). დიაფრაგმა ეყრდნობა ლითონის დისკოს (5). დამწოლი ღეროს (6) და ზამბარის (7) მოქმედებით დიაფრაგმის გამოწნევა ხდება ბუნკერის ცენტრისაკენ. ბუნკერის მასალით შევსებისას დიაფრაგმა დისკოსთან ერთად გადაადგილდება მარცხნივ და დამწოლი ღეროს (6) საშუალებით იმოქმედებს მოსაბრუნებელ ბერკეტზე ვერცხლისწყლის კონტაქტებით (2). სიგნალი მიეწოდება კონტროლის სისტემაზე ან დანადგარის მართვაზე ტევალობაში მასალის მისაწოდებლად.



ნახ.10.77. მემბრანული დონზომი

ბუნკერების ფხვიერი მასალით შევსების დისტანციური კონტროლი შეიძლება განხორციელდეს მოწყობილობებით კონტაქტური სისტემით (ნახ.10.78). ბუნკერის კედელში სხვადასხვა სიმაღლეზე თანმიმდევრობით აყენებენ სპეციალურ საკონტაქტო მოწყობილობებს, რომლებთანაც მიერთებულია სასიგნალო ნათურები Π_1 , Π_2 , Π_3 , რომლებიც იმყოფებიან სადისპეტჩერო პულტზე. კონტაქტების ჩართვა ხდება მათზე ფხვიერი მასალის დაწნევით. ანთებული ნათურები პულტზე საშუალებას იძლევა საფეხურების მიხედვით მიედევნოს თვალყური ბუნკერების შევსებას.

გარდამსახი (ნახ.10.78ბ) შედგება კორპუსისაგან (1), ჭიქისა (2) და ჩასადგმელი მილისასაგან (3) საკონტაქტო მილაკით (4). მოქნილ ცეცხს (5) და საკონტაქტო მილაკს (4) აქვთ კონტაქტები (6 და 7), რომელთა ჩართვაც ხდება ცეცხის გაღუნვის დროს. მოქნილი ცეცხის შესასვლელი ჭიქაში (2) დაცულია რეზინის ხუფით (8), რომელიც იცავს კონტაქტებს მტერისა და ტენის მოხვედრისაგან. გარდამსახი მაგრდება დონის მაჩვენებლის ბუდეში ხრახნით (9). დონის მაჩვენებლების დაყენების ადგილის შერჩევა ხდება ბუნკერის ფორმისა და მათში მასალის მოძრაობისაგან დამოკიდებულებით.



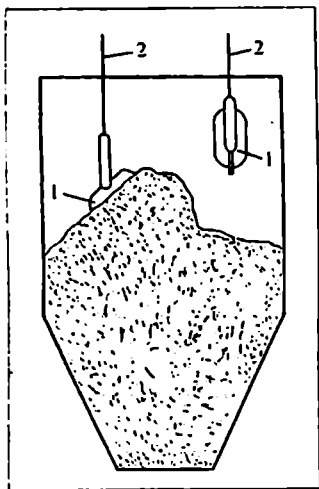
ნახ.10.78. კონტაქტური ღონმზომი: ა) დანადგარის სქემა; ბ) გარდამსახის სქემა

ღონის მაჩვენებელი ბუნკერებში ცემენტითა და ქვიშით ამოქმედდება ქვედა ფენების დაჯდომის შედეგად ღონმზომის ცეცის დაფარვისას მასალით სიმაღლეზე: ცემენტისათვის 200-500 მმ; ქვიშისათვის 150-300 მმ.

ღონის მაჩვენებელი ბუნკერებში ხრეშითა და ღორღით ამოქმედდება ზედა ფენების დაცურებისაგან ჩატვირთვის დროს, აგრეთვე, მასალის მოძრაობისაგან მის განტვირთვის დროს.

ნახაზზე 10.79 მოყვანილია ღონის სიგნალიზატორის პრინციპული სქემა ვერცხლისწყლის კონტაქტების გამოყენებით. გარდამსახს წარმოადგენს ალუმინის ვაზნა (1), რომელშიც მოთავსებულია ვერცხლისწყლის კონტაქტი, რომელიც

განლაგებულია სიმძიმის ცენტრის ცოტა ზევით ტროსზე ან კაბელზე (2). ვაზნაზე არის სიბრტყეები. როდესაც მასალა მიადწევს ვაზნის დონეს, ეს უკანასკნელი დაიხრება და ჩართავს ვერცხლისწყლის კონტაქტს. ეს ჩართვა ითვლება სიგნალად მასალის მიერ ვაზნის ჩამოკიდების ადგილის (ე.ი. განსაზღვრული დონის) მიღწევის შესახებ.



ნახ.10.79. დონის სიგნალიზატორის სქემა

§8. ხარისხობრივი ბაზომეტრი

1. ზოგადი ცნობები ტენიანობის გაზომვის შესახებ
სამშენებლო ინდუსტრიის საწარმოებში მოკლ რიგ ტექნოლოგიურ პროცესებში სერიოზული ადგილი უკავია ნედლეულის და მზა პროდუქციის ტენიანობის გაზომვას ან გაკონტროლებას. ასე, მაგალითად, ბეტონისა და დუღაბის მოსამზადებლად საჭიროა გავითვალისწინოთ, როგორც მათი საკუთარი ტენიანობა, ასევე შემავსებელი მასალების (ქვიშა, ხრეში) ტენიანობა. თაბაშირბეტონის ტიხარი ფორმირების შემდეგ საგლინი დგანიდან გამოდის 33% ტენიანობით, ხოლო მზა ნაკეთობას უნდა გააჩნდეს 8% ტენიანობა. ნაკეთობის შრობის პროცესში წარმოებს ზედმეტი ტენის მოცილება,

ამასთან, შრობის სწორი გაკონტროლებისათვის ტენიანობა აუცილებელია გაზომილი იქნეს.

ცნობები ახლად მომზადებული ბეტონის წყალცემენტ ფაქტორის შესახებ საშუალებას იძლევა კორექტირებული იქნეს თბოტენიანობითი დამუშავების პროცესი რკინაბეტონის ნაკეთობათა გარანტირებული ხარისხის მისაღებად. ფართო გავრცელება მიიღო ნიმუშის გამოშრობის მეთოდი. მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში. ნიმუშები (კუბები ზომით 2000X200X200 ან 150X150X150 მმ) ეუმშავაზე გამოცდის შემდეგ იმსხვრევა ცალკეული ნატეხების სიმსხომდე არა უმეტესი 20 მმ. მიღებული მასალიდან გადაირჩევა გასაშუალებული სინჯი წონით 1 კგ. სინჯს აშრობენ საშრობ კარადაში მუდმივ წონამდე 105-110°C ტემპერატურის დროს (სინჯის მუდმივ წონად ითვლება წონა, რომლის დროსაც ორ თანმიმდევრობით აწონვათა შორის სხვაობა გამოშრობის შემდეგ ინტერვალთ 4 საათი არ აღემატება 0,5% სინჯის წონისაგან).

მსუბუქი ბეტონის ტენშემცველობა გამოითვლება სი-
 უხუსტით 0,1%-მდე ფორმულით

$$U = \frac{G}{G_0} \cdot 100 = \frac{G_1 - G_0}{G_0} \cdot 100, \quad (10.48)$$

სადაც

G_1 არის გასაშუალებული სინჯის წონა, გ;

G_0 – გამომშრალი სინჯის წონა, გ;

G – ტენის წონა, გ.

უკანასკნელ დროს აღნიშნული მეთოდის ნაცვლად ფართოდ გამოიყენება ელექტროფიზიკური და რადიოფიზიკური მეთოდები ტენიანობის განსასაზღვრავად, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ანალიზის სისწრაფე. ტენიანობის გასაზომად გამოიყენება სპეციალური გამზომი ხელსაწყოები, რომლებიც ეფუძნება ტენიანობის გაზომვის შემდეგ მეთოდებს: ფსიქრომეტრული მეთოდი, კონდუქტომეტრული მეთოდი, ტევადური მეთოდი, ნეიტრონული მეთოდი, ზემალაღი სიხშირის მეთოდი, ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის მეთოდი და სხვები.

ულტრაბგერითი და ზემალაღი სიხშირის გარდამსახების შესახებ იხილეთ მეორე თავში.

მასალაში ტენის შემცველობა ხასიათდება ორი სიდიდით – ტენშემცველობითა და ტენიანობით.

ტენშემცველობა განისაზღვრება სხეულში არსებული ტენის მასის შეფარდებით აბსოლუტურად მშრალი სხეულის მასასთან, ე.ი.

$$U = \frac{M}{M_0}, \quad (10.49)$$

სადაც

U არის ტენშემცველობა;

M – ტენის მასა;

M_0 – აბსოლუტურად მშრალი სხეულის მასა.

ტენიანობა განისაზღვრება სხეულში არსებული ტენის მასის შეფარდებით ტენიანი მასალის მასასთან, ანუ

$$\omega = \frac{M}{M_1} = \frac{M}{M_0 + M} = \frac{1}{\frac{1}{U} + 1} = \frac{U}{1 + U}. \quad (10.50)$$

სადაც M_1 არის ტენის შემცველი მასალის მასა.

ჩვეულებრივ, თეორიულ გამოკვლევებში და ანგარიშებში ტენის შემცველობის გათვალისწინება ხდება ტენშემცველობით U , ხოლო საწარმოო პირობებში და ექსპერიმენტულ სამუშაოებში იმავე მიზნით სარგებლობენ ტენიანობით - ω .

ჰაერში და აირებში წყლის ორთქლის შემცველობის (მაგალითად, რკინბეტონის ნაკეთობათა ქარხნების გასაორთქლ კამერებში) დასახასიათებლად სარგებლობენ აბსოლუტური და ფარდობითი ტენიანობის ცნებებით.

სიდიდეს, რომელიც იზომება 1მ^3 ჰაერში მოთავსებული წყლის ორთქლის რაოდენობით (გრამობით), აბსოლუტური ტენიანობა ეწოდება.

აბსოლუტური ტენიანობა არ განსაზღვრავს ჰაერის სიმშრალეს ან ტენიანობას, რადგან ორთქლის ერთი და იგივე რაოდენობა სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში სხვადასხვანაირად დაატენიანებს ჰაერს. კერძოდ, რაც დაბალია ტემპერატურა, ორთქლის გარკვეული რაოდენობა უფრო მეტად დაატენიანებს ჰაერს. ამიტომ სარგებლობენ ფარდობითი ტენიანობის ცნებით.

ფარდობითი ტენიანობა ეწოდება აბსოლუტური ტენიანობის ფარდობას მოცემულ ტემპერატურაზე 1მ^3 ჰაერის გამაჯერებელი ორთქლის რაოდენობასთან.

ფარდობითი ტენიანობა

$$\varphi = \frac{\gamma_{\text{პარც}}}{\gamma_{\text{გაზაჯ}}}, \quad (10.51)$$

სადაც

$\gamma_{\text{პარც}}$ არის აბსოლუტური ტენიანობა;

$\gamma_{\text{გაზაჯ}}$ - ჰაერის გამაჯერებელი ორთქლის რაოდენობა.

რადგან $\gamma_{\text{პარც}} < \gamma_{\text{გაზაჯ}}$, ამიტომ $\varphi < 1$ და ფარდობით ტენიანობას გამოსახავენ პროცენტობით:

$$\varphi = \frac{\gamma_{\text{პარც}}}{\gamma_{\text{გაზაჯ}}} \cdot 100\%. \quad (10.52)$$

პრაქტიკული ანგარიშების დროს სარგებლობენ შემდეგი მიახლოებითი დამოკიდებულებით:

$$\varphi = \frac{\gamma_{\text{პარც}}}{\gamma_{\text{გაზაჯ}}} \approx \frac{P_{\text{პარც}}}{P_{\text{გაზაჯ}}}, \quad (10.53)$$

სადაც

$P_{\text{პარც}}$ არის აირში ორთქლის პარციალური წნევა;

$P_{\text{გაზაჯ}}$ - აირის მოცემული ტემპერატურის დროს გარემოს გამაჯერებელი ორთქლის წნევა.

ორთქლს, რომელიც დინამიკურ წონასწორობაშია თავის სითხესთან, ნაჯერი ორთქლი ეწოდება, ხოლო ტემპერატურას, რომელზეც ჰაერში არსებული ორთქლი გამაჯერებელი ხდება, ნამის წერტილი ჰქვია. ზმს გარდამსახის მოქმედება დამყარებულია მასალის ტენის შემცველობასა და მასალის მიერ ზმს ენერჯის შთანთქმის სიდიდის ურთიერთდამოკიდებულებაზე. გაჭვირვის მეთოდით ტენიანობის განსაზღვრისას ტენის შემცველობა გამოისახება ფორმულით

$$\varphi = \frac{N}{N + \left(\frac{\gamma_{\text{მრალ}}}{\gamma_{\text{წი}}}\right)(\delta \cdot D - N)}, \quad (10.54)$$

სადაც

φ არის ფარდობითი ტენიანობა, %-ობით;

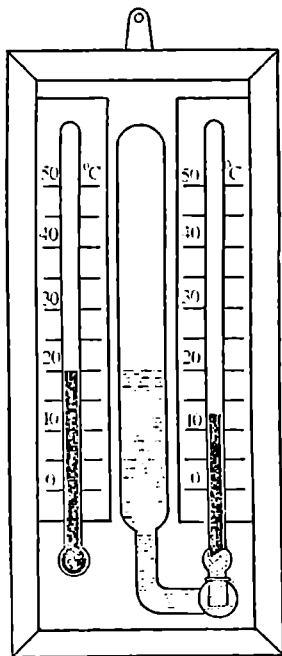
N - ზმს რადიოტალღების შესუსტების სიდიდე (დბ);
 ბ - მანალის ნიშნულის სისქე, სმ.

$\gamma_{\text{წი}}, \gamma_{\text{მშრალ}}$ - წყლისა და მშრალი მასალის სიმკვრივე, გ/სმ³.

D - წყლის დიელექტრიკული კოეფიციენტი.

2. ტენიანობის გაზომვა ფსიქრომეტრული მეთოდით

აღნიშნული მეთოდი გამოიყენება ჰაერის და აირების ტენიანობის გასაზომად. ფსიქრომეტრი შედგება ერთ ფუძესე დამაგრებული ორი თერმომეტრისაგან (ნახ.10.80). თერმომეტრების რეზერვუარები შევსებულია ტოლუოლით ან ვერცხლისწყლით. ერთ-ერთი თერმომეტრის რეზერვუარზე დამაგრებულია პატრუქი თხელი ქსოვილისაგან (ბატისტისაგან). ეს პატრუქი უწყვეტად სველდება წყლით სპეციალური ჭურჭლიდან, რომელიც დამაგრებულია იმავე ფუძესე, რაზედაც



ნახ.10.80. ფსიქრომეტრი

თერმომეტრები. ამრიგად, ერთი თერმომეტრი ყოველთვის მშრალია და მისით ზომავენ აირის (ჰაერის) ტემპერატურას, მეორე თერმომეტრი ყოველთვის ტენიანია; ამ თერმომეტრის ჩვენება ყოველთვის ნაკლებია მშრალი თერმომეტრის ჩვენებაზე, რადგან სველი ქსოვილიდან ტენის აორთქლების შედეგად ხდება თერმომეტრის გაცივება. რაც უფრო მცირეა აირის (ჰაერის) ტენიანობა, ე.ი. რაც უფრო მშრალია აირი, მით უფრო ინტენსიურად მოხდება აორთქლება და მით მეტი იქნება სხვაობა მშრალი და ტენიანი თერმომეტრების ჩვენებებს შორის.

თერმომეტრების ჩვენებების ჯორ და ტენ მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს აირის ფარდობითი ტენიანობა

(%-ში):

$$\varphi = \frac{P_{\text{გაჯ.ორთქ.}}}{P_{\text{წყ.ორთქ.}}} \cdot 100, \quad (10.55)$$

სადაც

$P_{\text{გაჯ.ორთქ.}}$ არის გაჯერებული ორთქლის პარციალური წნევა მშრალი თერმომეტრის ლურ ტემპერატურის დროს (განისაზღვრება ცხრილიდან);

$P_{\text{წყ.ორთქ.}}$ - წყლის ორთქლის წნევა, გამოითვლება ფორმულით

$$P_{\text{წყ.ორთქ.}} = P_{\text{გაჯ.ორთქ.}} - CP_{\text{პარ.}}(t_{\text{პარ.}} - t_{\text{ტერ.}}). \quad (10.56)$$

აქ $P_{\text{პარ.}}$ არის ატმოსფერული წნევა;

C - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე, მათ შორის აირის მოძრაობის სინქარესზე.

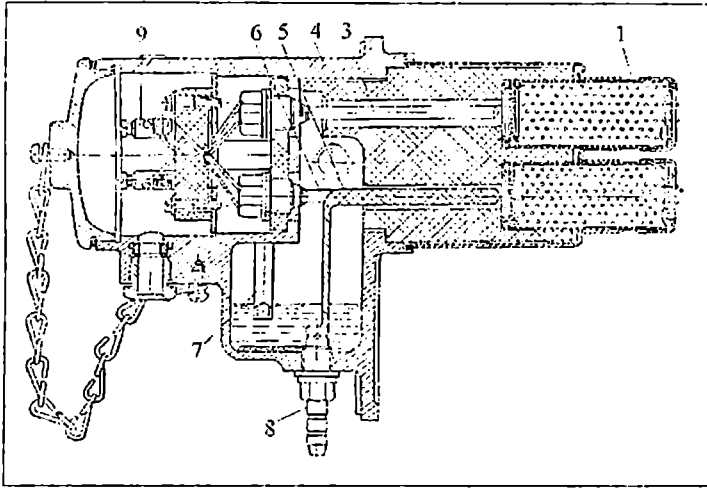
შედგენილია ცხრილები, რომელთა მიხედვითაც შეიძლება განისაზღვროს აირის ფარდობითი ტენიანობა მხოლოდ მშრალი და ტენიანი თერმომეტრების ჩვენებების საფუძველზე. ამ შემთხვევაში არაეითარი გამოთვლების შესრულება არ არის საჭირო.

ტენიანობის განუწყვეტლივ გასაზომად გამოიყენება ავტომატური ფსიქრომეტრი. ხელსაწყო შედგება გარდამსახისა და მეორადი ხელსაწყოსაგან - ცვლადი დენის ელექტრონული ავტომატური ხიდისაგან, რომელიც იკვებება ცვლადი დენით ძაბვით 6,3ვ. გარდამსახის შემადგენლობაში შედის მავთულიანი ან ნახევარგამტარული (რომელთა ღირსებაა მათი ჩვენებების მომცველი გარემოს ტემპერატურისაგან დამოუკიდებლობა) წინაღობის ორი თერმომეტრი, რომელთაგან ერთ-ერთი სველდება წყლით. წინაღობის თერმომეტრები ჩართულია ხიდის სქემაში. ხელსაწყოს სეალა გრადუირდება ფარდობითი ტენიანობის პროცენტებში.

პოტენციალთა სხვაობა, მოხსნილი ხიდის დიაგონალიდან, დამოკიდებულია მშრალი და სველი თერმომეტრების ტემპერატურების სხვაობაზე, ე.ი. ჰაერის ტენიანობაზე. იგი მიეწოდება გამაძლიერებლის შესასვლელში. გაძლიერებული ძაბვა მიიყვანება რევერსიულ ძრავასთან PD-09. ეს უკანასკნელი იწყებს ბრუნვას და გადააადგილებს რეოქორდის ცოცხას იქამდე, სანამ არ იქნება აღდგენილი ხიდის წონას-

წორობა. ცოცია დაკავშირებულია სკალაზე მოძრავ მანქანებელ ისართან.

ნახაზზე 10.81 მოცემულია ავტომატური ფსიქრომეტრის სქემა. სქემაზე აღნიშნულია: 1 - ფილტრი; 2 - სადები; 3 - მშრალი თერმომეტრი; 4 - კორპუსი; 5 - თხელი ქსოვილი; 6 - სველი თერმომეტრი; 7 - მილაკი; 8 - ნიპელი; 9 - საკლემო მომჭერი.



ნახ.10.81. ДВП-03 ტიპის ფსიქრომეტრული გარდამსახი

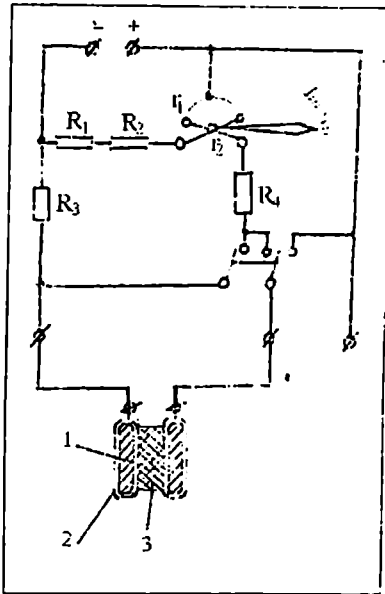
3. ტენიანობის გაზომვა კონდუქტომეტრიული მეთოდით

ხელსაწყოების მოქმედების პრინციპი მასალების ტენიანობის გასაზომად კონდუქტომეტრიული მეთოდით ეფუძნება მუდმივი დენის წრედში ჩართული საკონტროლო მასალის დიექტრული წინააღმდეგობის ცვლილებას მისი ტენიანობის შეცვლის დროს. ხელსაწყო შედგება ნახშირის გარდამსახების (1) კომპლექტისაგან მინაბოჭკოში (2), განცალკევებულები ებონიტის ფილებისაგან (3). გარდამსახები თავსდება გარემოში, რომლის ტენიანობაც უნდა გაიზომოს. ნახშირის გარდამსახები სადენებით დაკავშირებულია მეგომეტრთან ელექტრული წინააღმდეგობის გასაზომად.

ტენიანობის გაზომვების დიაპაზონი ირყევა მაქსიმალური ჰიგროსკოპიულობიდან საველე ტენტევალობამდე. ელექტრული ტენიანობების ნაკლოვანებებს მიეკუთვნება მათი ჩვენებე-
572

ბის დამოკიდებულება მარილების შემცველობის (ველილე-
ბაზე და არაწრფივი დამოკიდებულება წინააღობისა ტენიანო-
ბისაგან.

კონდუქტომეტრული ტენზომომის სქემა მოცემულია 10.82
ნახაზზე.



ნახ.10.82. rBP-53 ტიპის
კონდუქტომეტრული ტენ-
ზომი

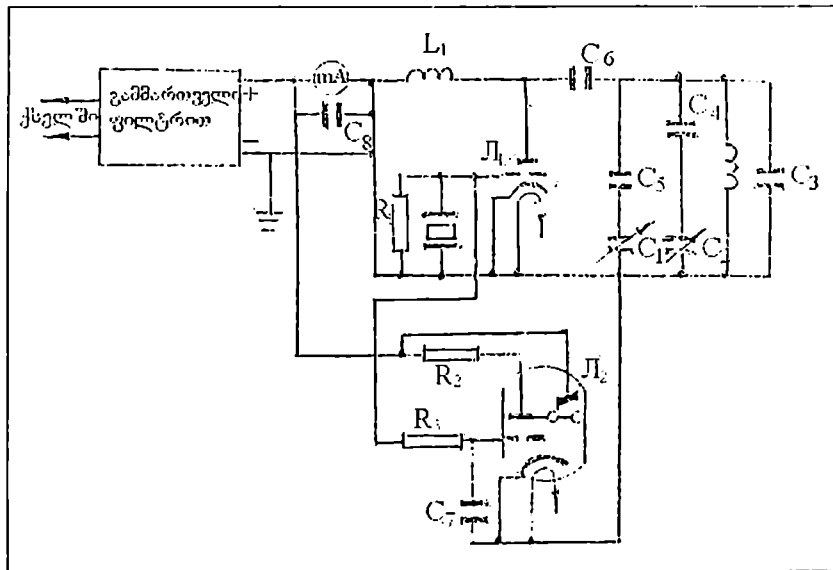
კონდუქტომეტრულ ტენზომომებს მიეკუთვნება მერქნის
ტენზომომი. იგი საშუალებას იძლევა გაზომილი იქნეს ტე-
ნიანობა 6-დან 100%-მდე. გაზომვა წარმოებს ორ ქვედიაპა-
ზონში 6-დან 20მდე და 20-დან 100%-მდე. პირველ ქვედიაპა-
ზონში ტენიანობის მცირე სიდიდესთან დაკავშირებით ირო-
ვება ელექტრონული გამაძლიერებელი; მეორეზე გაზომვა
ხორციელდება ხიდური სქემის საშუალებით მუდმივი დენის
ომმეტრთან. ვინაიდან ხელსაწყოს ჩვენება დამოკიდებულია
მერქნის ჯიშზე, მისი გრადუირება წარმოებს ფიჭვის მიხედ-
ვით. ხის სხვა ჯიშების ტენიანობის განსასაზღვრავად,
ახორციელებენ გადაანგარიშებას სპეციალური ცხრილების
მიხედვით. ხელსაწყოში არის ნემსისებრი გარდამსახი, რო-
მელიც ერჭობა მერქანში. გაზომვის სიზუსტე პირველ
ქვედიაპაზონში $\pm 3\%$, მეორეში $-10-12\%$. გაზომვის სიზუსტის

შემცირება ტენიანობის გაზრდასთან ერთად აისხნება ტენში სხვადასხვა მინარეების გავლენით. ხელსაწყო იკვებება აკუმულატორული ბატარეით. მის დასამუხტავად გათვალისწინებულია გამმართველი მოწყობილობა, რომელიც იკვებება ცვლადი დენის ქსელიდან 220ვ.

4. ტენიანობის გაზომვა ტევადური მეთოდით

ამ მეთოდის დროს მასალის ტენიანობას აფასებენ ცვლადი დენის წრედში ჩართული კონდენსატორის ტევადობის ცვლილების მიხედვით, რომლის შემონაფენებს შორის ათავსებენ საკონტროლო მასალას.

ტევადური ტენზომომის სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 10.83. ტენზომომი არის მაღალი სიხშირის (Π_1) ნათურული გენერატორი მერხევი კონტურით, რომელიც შედგება ინდუქციური კოჭასაგან (Z) და ცვლადი ტევადობისაგან (C_1).



ნახ.10.83. ВП-1 (НИИжелезобетона) ტიპის ტენზომომის ელექტრული სქემა
კონდენსატორი C_3 წარმოადგენს მასალის, მაგალითად ქვიშის, ტენიანობის გარდამსახს. კონდენსატორი C_2 ზანკუთენილია საწყისი ათვლის (ნულზე დაყენება) დასაყენებლად, ხოლო კონდენსატორი C_1 - მომართვისათვის.

C₂ კონდენსატორის დახმარებით გენერატორი მოიმართება სიხშირეზე, რომელიც იმყოფება გენერაციის ზღურბლზე (რეზონანსის).

ქვიშის ტენიანობის შეცვლისას კონდენსატორის C₃ ტევალობა იცვლება, მერხვეი კონტური გამოდის რეზონანსიდან და რხევები ქრება.

გენერაციის აღსადგენად აბრუნებენ კონდენსატორს C₁, მერხვე კონტურში რეზონანსის მისაღწევად.

კონდენსატორის C₁ სახელური დაკავშირებულია ისართან, რომელიც ტენიანობის პროცენტებში გრადუირებულ სკალაზე მოძრაობს.

ხელსაწყოში არის მილიამპერმეტრი და ელექტრონულ-ოპტიკური ინდიკატორი.

გენერაციის დროს ნათურა ანათებს მწვანე შუქს, ხოლო მილიამპერმეტრი უჩვენებს მინიმალურ მნიშვნელობას.

ტენიანობის გარდამსახი – კონდენსატორი C₃ წარმოადგენს ტექსტოლიტის ცილინდრს, რომლის კედლებშიც შეჭრილია სპილენძის ფირფიტები, რომლებიც წარმოადგენენ კონდენსატორის შემონაფენებს; რხვეის სიხშირის სტაბილიზაციისათვის ბადესა და კათოდს შორის ჩართულია კვარცული სტაბილიზატორი.

ხელსაწყოს კვება ხორციელდება ცვლადი დენის ქსელიდან 110-120 ვ. კენოტრონული გამმართველის გავლით, რომელიც აწყობილია ორ ნახევარპერიოდული სქემით.

5. ტენიანობის გაზომვა რადიომეტრული ნეიტრონული მეთოდით
ნეიტრონული მეთოდი გამოიყენება მხანაკუთობებში ბეტონის ტენიანობის და ბეტონის ნარევიში წყლის შემცველობის განსასაზღვრავად, აგრეთვე, ტენიანობის გასაზომად ბუნებრივი განლაგების გრუნტებში და ნაყარ გრუნტებში (20-30მ.სიღრმედე); განსაკუთრებული მნიშვნელობა მიიღო ამ მეთოდმა ბეტონის ნარევის დამზადების დროს ასაწყობი რკინაბეტონის ქარხნებში, სადაც აღნიშნული მეთოდის დახმარებით ტარდება უწყვეტი კონტროლი ნარევის კომპონენტებისადმი.

მეთოდის ფიზიკური არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ნეიტრონებს არ გააჩნიათ ელექტრონული მუხტი, თავისუფლად გადიან ატომების ელექტრონულ გარსში, სუსტად ურთიერთქმედებენ მათთან. ნეიტრონი, გამოსხივებული წყაროს მიერ დიდი სიჩქარით, ნივთიერების ბირთვებთან შეჯახების

შედგებად კარგავს თავის ენერგიასა და სინქარეს. განსაკუთრებით ინტენსიური შენელება ნეიტრონებისა წარმოებს მათი შეჯახებისას წყალბადის ბირთვებთან, რადგან შეჯახებული ელემენტების მასები დაახლოებით თანაბარია. მასალის ტენიანობის ამაღლებასთან ერთად წყალბადის შემცველობა მასში მატულობს, რაც იწვევს მოძრაობის ინტენსიურ შენელებას და დიდი რაოდენობით “ნელი” ნეიტრონების წარმოქმნას და ერთდროულად “სწრაფი” ნეიტრონების შემცირებას, რომლებიც გაივლიან მასალაში. “ნელი” ნეიტრონების სინქარე უტოლდება თბური მოძრაობის სინქარეს.

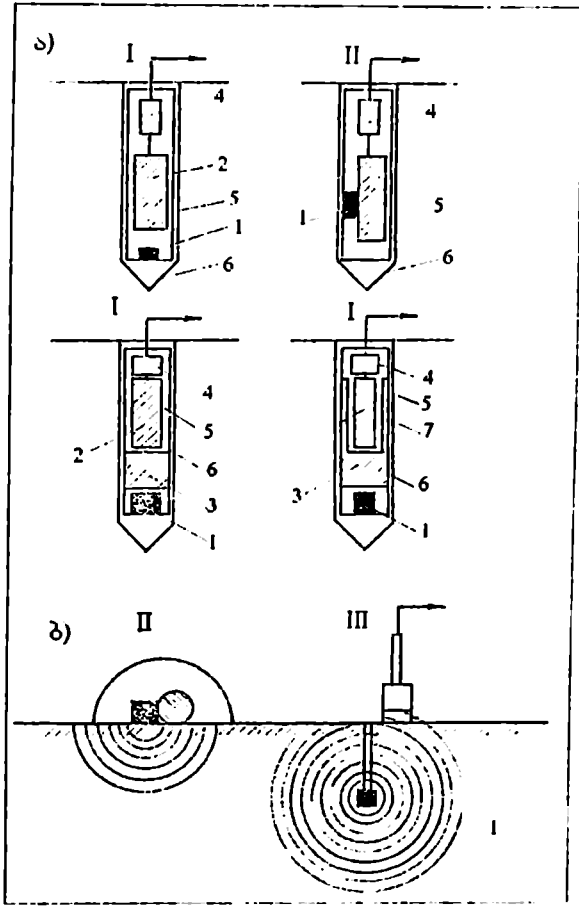
“სწრაფი” ნეიტრონების წყაროებია ნარევები: პლუტონიუმი და ბერილიუმი ($Pu+Be$), პოლონიუმი და ბერილიუმი ($Po+Be$), რადიუმი და ბერილიუმი ($Ra+Be$), ამერიციუმი და ბერილიუმი ($Am+Be$). დეტექტორია გეიგერის მრიცხველი, გარშემორტყმული ცილინდრული ეკრანით ფურცლოვანი კადმიუმისაგან (Cd).

იმ შემთხვევაში, როდესაც მიმღები არ არის გარსშემორტყმული ეკრანით, მრიცხველი დაარევისტრირებს გამაკვანტებს, წარმოქმნილს გარემოს ქიმიური ელემენტების ბირთვების მიერ თბურწ ნეიტრონების მიტაცებით, ამასთან გამა-გამოსხივების ინტენსივობა, აგრეთვე, პროპორციულია თბური ნეიტრონების ინტენსივობისა.

ნეიტრონული ტენმზომი შედგება სწრაფი ნეიტრონების წყაროსაგან, ნელი ნეიტრონების დეტექტორისა და საანგარიშო-დასამახსოვრებელი მოწყობილობისაგან. ეს ხელსაწყოები შეიძლება გამოყენებული იქნეს, როგორც ლაბორატორიულ, ისე საქარხნო პირობებში.

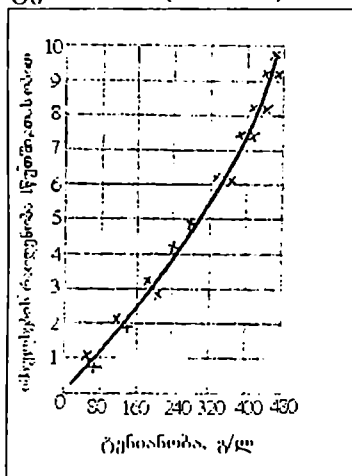
წყაროსა და დეტექტორის ურთიერთ განლაგებისაგან დამოკიდებულებით ნეიტრონული ტენმზომის სონდეები შეიძლება დაიყოს ოთხ ტიპად: 1) წყარო განლაგებულია დეტექტორის ტორსულ ზედაპირთან მისგან რამდენიმე სანტიმეტრის დაშორებით, 2) წყარო იმყოფება დეტექტორის ტორსებს შორის მასთან ერთ ღერძზე, 3) წყარო დამაგრებულია დეტექტორის გვერდით მისი მგრძნობიარე მოკუელობის სიგრძის შუაში, 4) წყარო შეყავთ ცილინდრული ფორმის რადიაქტიური ინდიკატორის დეტექტორის შიგნით.

პრაქტიკაში ყველაზე გავრცელებულია მესამე და მეოთხე ტიპები. ნახაზზე 10.84 მოყვანილია ნეიტრონული ტენზომომის ზოგიერთი ტიპი.



ნახ.10.84. ნეიტრონული ტენზომომების სქემები: ა) სიღრმული ტენზომომები; ბ) ზედაპირული ტენზომომები; I - წყაროსა და დეტექტორის თანადერმა (ტორსული) განლაგება; II - დეტექტორის მიმართ წყაროს გვერდული განლაგება; III - გაჯვირვის სქემა; 1 - ნეიტრონების წყარო; 2 - დეტექტორი; 3 - გამყოფი ეკრანი; 4 - კათოდური მამოვრებელი; 5 - პილზა; 6 - სამაგრი მილი; 7 - კაფიუმის ეკრანი

ჩვეულებრივ სამუშაო კონტეინერში აერთიანებენ გამა-სხივებისა და ნეიტრონების წყაროებს, რაც საშუალებას იძლევა გამა-სხივების განბნევით განისაზღვროს საერთო სიმკვრივე, ხოლო “ნელი” ნეიტრონების რაოდენობის მიხედვით – მოცულობითი ტენიანობა. ორივე ეს გაზომვა ხორციელდება ერთ მრიცხველზე. მრიცხველის ჩვენების მიხედვით მიღებული იმპულსების რაოდენობა დაიტანება სატარი-რებელ მრუდზე, რომლის მიხედვითაც განისაზღვრება მასა-ლის ტენიანობა (ნახ.10.85).



ნახ.10.85. გამა-გამოსხივების დამოკიდებულება მასალის ტენიანობისაგან

ნეიტრონული მეთოდით ტენიანობის გაზომვის დროს აპარატურამ უნდა უზრუნველყოს: ტენიანობის გაზომვა დიაპაზონში 0-დან 20%-მდე; გაზომვის სიზუსტე გადახრებით არა უმეტესი $\pm 2\%$; გაზომვის დრო 30-60წ.; მდგრადი მუშაობა -5 -დან $+40^{\circ}\text{C}$ -მდე ტემპერატურის დროს; გამოყენებული წყაროს აქტიურობა არა უმეტესი 105 ნეიტრონი/წ; “სწრაფი” ნეიტრონების ნაკადი გარდამსახის ზედაპირზე (“შენახვის” მდგომარეობის დროს) არა უმეტესი 10 ნეიტრონი/წ.

ასეთ ტიპს მიეკუთვნება, მაგალითად, უკონტაქტო ნეიტრონული ტენზომომი HB-3.

6. ტენიანობის გაზომვა ზემადალი სიხშირის მეთოდით

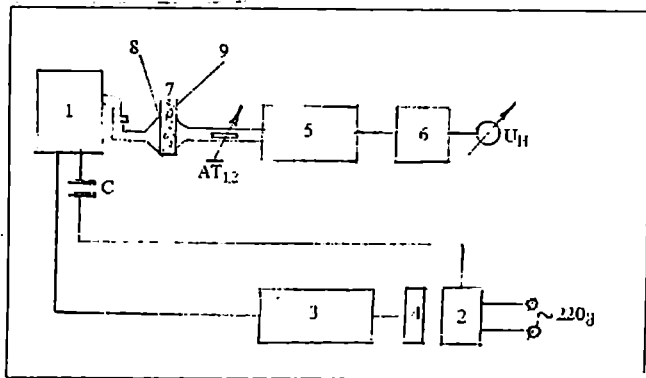
მეთოდი ემყარება ზემადალი სიხშირის (CB μ) – ენერგიის შთანთქმის დამოკიდებულებას მასალაში წყლის რაოდენო-

ბაზე. ეს დამოკიდებულება წრფივია ტენზომცველობის გაზომვის ფართო დიაპაზონში. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროებს წარმოადგენენ კლისტრონები, რომლებიც გენერირებენ ზემაღალი სიხშირის დიაპაზონში.

რაც უფრო მაღალია მასალის ტენიანობა, მით უფრო მძლავრად სუსტდება $CB\gamma$ -ის ენერგია. სველ და მშრალ მასალაში $CB\gamma$ -ის ენერგიის ჩაქრობის სხვაობის მიხედვით ფასდება შემცველი ტენის რაოდენობა.

$CB\gamma$ ტენზომომი შედგება ხუთი ფუნქციონალური ბლოკისაგან, რომელიც დამონტაჟებულია საერთო კარკასში: $CB\gamma$ -ის გენერატორი, გამმართველები, გარდამქმნელი, ეტენუატორისა და ვიწროზოლიანი გამაძლიერებლისაგან.

ნახაზზე 10.86 ნაჩვენებია $CB\gamma$ -ტენზომომის პრინციპული სქემა. $CB\gamma$ -ს გენერატორი (1) შედგენილია K-29 ტიპის კლისტრონზე. მაღალსიხშირული ენერგია ადაგზნებს სწორკუთხა კვეთის ტალღასატარს. კლისტრონის მოდულაცია ხორციელდება სწორკუთხა იმპულსის მიწოდების გზით გამყოფი კონდენსატორით C ბლოკის (2) ტრანსფორმატორის გრაგნილიდან. კვების ბლოკი (2) უზრუნველყოფს კლისტრონზე მუდმივი სტაბილიზირებული ძაბვების 350, 150 და 12 ვ. მიწოდებას.



ნახ.10.86. $CB\gamma$ -ტენზომომის პრინციპული სქემა: 1 - გენერატორი; 2 - კვების ბლოკი; 3,4 - გარდამქმნის ბლოკები; 5 - ვიწროზოლიანი გამაძლიერებლის ბლოკი; 6 - ბოლო გამაძლიერებელი; 7 - გამოსაცემელი მასალა; AT - ატენუატორების ბლოკი; ИН - ინდიკატორი; 8 - გადამცემი რუპორული ანტენა; 9 - მიმღები, რუპორული ანტენა

გარდაქმნის ბლოკი (3) უზრუნველყოფს აკუმულატორებიდან მიღებული მუდმივი ძაბვის 12ვ გარდაქმნას, სწორკუთხა ფორმის ცველად ძაბვად 1000 ჰერცი სიხშირით, რომელიც გამოიშუალება მულტივიბრატორის სქემის მიხედვით აგებული გენერატორის საშუალებით წყვილფაზა გამაძლიერებლით ტრანზისტორებზე. მძლავრი გამაძლიერებელი (4) უზრუნველყოფს სიგნალის კარგ სწორკუთხა ფორმას. სტაბილიზაციის მიღებული სიმები საშუალებას იძლევა მიღებული იქნეს სტაბილური ძაბვები გარდაქმნელის გამოსასვლელზე.

აღენუატორების AT_{1,2} ბლოკი შედგება ორი სექციისაგან, რომლებიც იძლევიან სხვადასხვა შესუსტებას. შესუსტების ნარჩარი რეგულირება ხორციელდება მშთანთქმელთა გადაადგილებით.

ვიწროსოლიანი გამაძლიერებლის 5 ბლოკი 1000 ჰერცზე აგებულია МП-42 და МП-103 ტიპის სამ ტრანზისტორზე.

მასალაში წყლის რაოდენობისაგან დამოკიდებულებით ბლოკი-1-ის მიერ გენერირებული СВГ-ენერგია შთანთქმება ტალღასატარში სხვადასხვა ხარისხით, რასაც აფიქსირებს ხელსაწყო ИП-1, რომელიც წარმოადგენს გამაძლიერებლის (6) ბოლო კასკადის დატვირთვას. ხელსაწყოდ გამოიყენება მიკროამპერმეტრი, ჩართული ხიდის დიაგონალში.

განხილული ტენზომომი შეიძლება გამოყენებული იქნეს ქვიშის, მერქნის, კირქვის და ბეტონის ნიმუშების ტენიანობის განსასაზღვრის დროს. ტენიანობის გაზომვის დიაპაზონი 40%-მდე $\pm 1.5\%$ სიზუსტის დროს.

7. ტენიანობის გაზომვა ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის მეთოდით

ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის მეთოდი დაკავშირებულია ბირთვულ-მაინტურ რეზონანსთან.

შეენიშნავთ, რომ წყალბადის ატომები შედიან როგორც შეკრულ, ასევე თავისუფალი წყლის შემადგენლობაში, რომელსაც შეიცავენ სამშენებლო მასალები და ნაკეთობები, რაც ქმნის განუსაზღვრელობას გაზომვის შედეგებში და ამდენად ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის მეთოდი პრაქტიკაში იშვიათად გამოიყენება (გაზომვის შედეგების უზუსტობასთან დაკავშირებით).

8. სიმკვრივის განსასაზღვრავი ხელსაწყოები (კონდუქტომეტრები)

ეს ხელსაწყოები დაფუძნებულია გაზომვის შემდეგ წესზე: პიეზომეტრულ (ჰიდროსტატიკურ), არეომეტრულ, წონით (პიკნომეტრულ) და რადიაქტიურ წესზე.

პიეზომეტრულ (ჰიდროსტატიკურ) ხელსაწყოებში გამოიყენება დამოკიდებულება სითხის წნეეასა და მის სიმკვრივეს შორის.

არეომეტრულ ხელსაწყოებში სიმკვრივეს სომაცენ მუდმივი წონის ტივტივას დახმარებით, რომელიც გამოაძევებს ნივთიერების განსაზღვრულ მოცულობას. აქ გამოიყენება პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება სიმკვრივესა და ტივტივას ჩაყურსვის დონეს შორის.

წონითი (პიკნომეტრული) ხელსაწყოები მუშაობენ წონითი მეთოდით. იგი ემყარება გარკვეული მოცულობის სითხის აწონვას.

რადიაქტიური მეთოდი ემყარება იმ გარემოებას, რომ რადიაქტიური გამოსხივება რაიმე ნივთიერებაში ან მასალაში გავლის შედეგად, კარგავს თავისი ენერჯის ნაწილს. დანაკარგის სიდიდე დამოკიდებულია ნივთიერების შრის სისქესე და მის მოცულობით წონაზე. ამ მეთოდის თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ ხელსაწყოს მგრძნობიარე ელემენტი არ ეხება გასასზომ გარემოს.

ქვემოთ განხილულია რადიომეტრულ მეთოდზე აგებული ზოგიერთი ხელსაწყოს გამოყენება გრუნტის ხარისხის, ბეტონის გამკვრივების, სამშენებლო კონსტრუქციების სიმკვრივის, გზის საფარის სისქის, რკინაბეტონის ნაკეთობათა ხარისხისა და სისქის კონტროლისათვის.

შემდწვევი რადიაციისა და ნივთიერების ურთიერთქმედება ექვემდებარება მკაცრად დადგენილ ფიზიკურ კანონებს და მაღალი სიზუსტით შეიძლება იქნეს გასომილი თანამედროვე რადიომეტრიული აპარატურით.

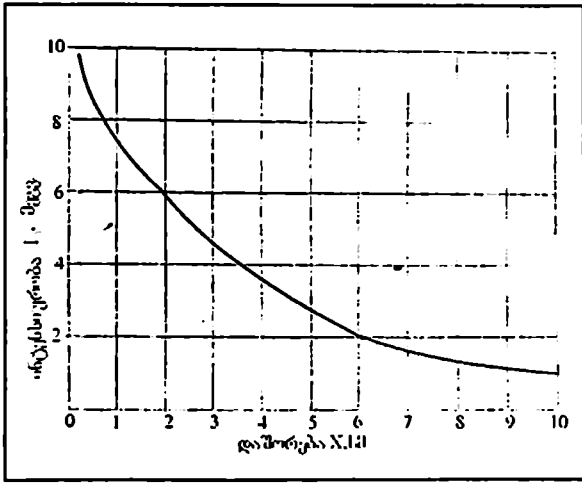
სამშენებლო მასალების სიმკვრივის კონტროლისათვის, ჩვეულებრივ გამოიყენება გამა-კვანტები, ნეიტრონული გამოსხივება, ბეტა-რადიაცია და იშვიათად – ალფა-ნაწილაკების ნაკადები. სამშენებლო მრეწველობაში შემდწვევი გამოსხივების წყაროდ გამოიყენება ძირითადად გამა-გამოსხივება, რაც აიხსნება მათი დიდი შემდწვევი უნარიანობით

(რადიაქტიური გამოსხივების შემდგენეუნარიანობა ეწოდება მის უნარს გაიაროს გარკვეული სისქის ნივთიერებაში), რაც მაგარი და თხევადი ნივთიერებების კონტროლის საშუალებას იძლევა.

მეთოდის არსი, დამყარებული სამშენებლო მასალების გაჭვირვაზე გამა-სხივებით, მდგომარეობს იმაში, რომ განისაზღვრება რადიაციის ინტენსივობის ცვლილება გამა-სხივების გავლისას გამოსხივების წყაროსა და მიმღებ მოწყობილობას (იმპულსების მრიცხველს) შორის გარემოში.

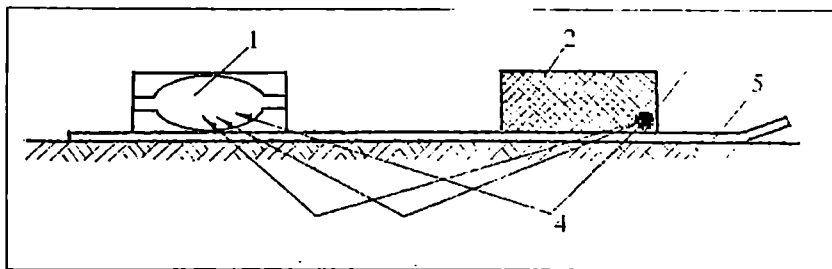
გამა-სხივების მიმღები (ინდიკატორი) განიცდის არა მხოლოდ პირველადი (პირდაპირი) გამოსხივების, არამედ, აგრეთვე, მეორადი, ნივთიერების მიერ გაბნეული გამოსხივების ზემოქმედებას. მეორად გამოსხივებას შეაქვს მნიშვნელოვანი ცდომილებები ნივთიერების სიმკვრივის ან შრის სისქის განსაზღვრის დროს, ამიტომ, გამოიყენება სხვადასხვა დამკავი ზომები მეორადი გამოსხივების გავლენის მთლიანი აღმოფხვრისათვის.

ნახაზზე 10.87 მოყვანილია გამა-სხივების ინტენსივობის ცვლილების გრაფიკი ნივთიერებაში გავლილ მანძილთან დამოკიდებულებით.



ნახ.10.87. გამა-სხივების ინტენსივობის ცვლილების გრაფიკი

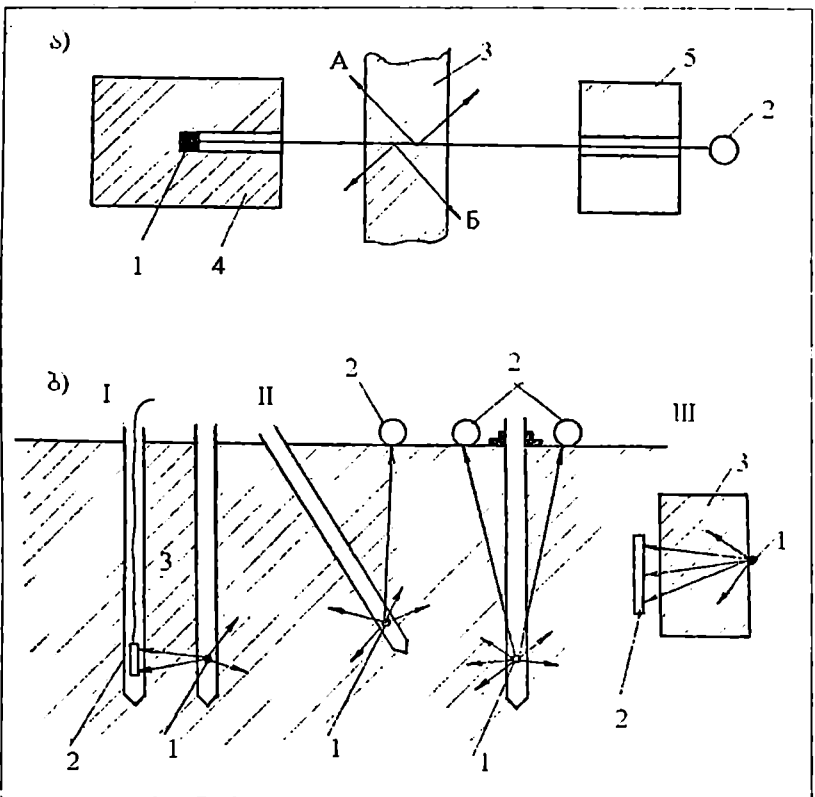
რადიაქტიური სიმკვრივესაზომის სქემა მოცემულია 10.88 ნახაზზე, რომელზედაც 1 არის გამა-გამოსხივების მრიცხველი; 2 - ტყვიის ეკრანი; 3 - გამა-გამოსხივების წყარო; 4 - გამა-კვანტების ტრაექტორია; 5 - ლითონის თხილამური.



ნახ.10.88. რადიაქტიური სიმკვრივესაზომის სქემა

პრაქტიკაში ხშირად აუცილებელია მასალების ან კონსტრუქციების ხარისხის შეფასება, როდესაც წყარო და მრიცხველი შეიძლება განლაგებული იქნეს გამოსაკვლევი ობიექტის მხოლოდ ერთი მხრიდან. ასეთ შემთხვევებში მასალების სიმკვრივე განისაზღვრება გამა-კვანტებისა და სწრაფი ნეიტრონების რეგისტრაციის მეთოდით. რადიაქტიური გამოსხივების წყარო ასხივებს გამა-სხივებს, რომლებიც თანაბრად ნაწილდება ყველა მიმართულებით. წყაროდან გარკვეულ მანძილზე განლაგებულია დეტექტორი, რომელიც არეგისტრირებს გაბნეულ გამა-კვანტებს, მოხვედრილს მასზე გრუნტიდან. დეტექტორზე წყაროდან პირდაპირი გამოსხივების მოხვედრის თავიდან ასაცილებლად, მათ შორის თავსდება ტყვიის ეკრანი. ნახაზზე 10.89 წარმოდგენილია სიმკვრივის გაზომვის სქემა რადიომეტრიული მეთოდით: გამა-კვანტების ვიწრო და ფართო კონებით.

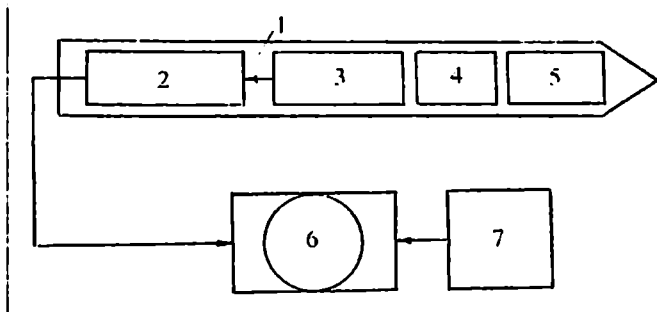
ცილინდრული ნახვრეტით 10.90 ნახაზზე ნაჩვენებია სიმკვრივესაზომის ბლოკ-სქემა. ხელსაწყო შედგება სამი ბლოკისაგან: ზონდისა, ძირითადი ხელსაწყოთა და კვების ბლოკისაგან. გამოსხივების წყაროა რადიაქტიური იზოტოპი Co^{60} , ხოლო მიმღები - გეიგერის მრიცხველი შემდგომი გაძლიერებით. ხელსაწყოს კვება ხორციელდება აკუმულატორისაგან. რადიაქტიური იზოტოპის სამუშაო ამპულაში



ნახ.10.89. სიმკვრივის გაზომვის სქემა რადიომეტრიული მეთოდით: ა) სიმკვრივის განსაზღვრის სქემა გამა-კვანტების ვიწრო კონით; ბ) სიმკვრივის განსაზღვრის სქემა გამა-კვანტების ფართო კონით; I - წყარო და დეტექტორი იმყოფება უშუალოდ გამოსაკვლევე გარემოში; II - წყარო (ან დეტექტორი) იმყოფება გამოსაკვლევე გარემოს ზედაპირზე, დეტექტორი (ან წყარო) გარემოში; III - გამოსაკვლევე გარემო წყაროსა და დეტექტორს შორისაა განლაგებული; 1 - გამა-გამოსხივების წყარო; 2 - დეტექტორი; 3 - გამოსაკვლევე ობიექტი ან გარემო; 4 - ტყვიის კონტეინერი ვიწრო ცილინდრული ნახვრეტით (კოლიმატორით); 5 - განზნეული გამოსხივება

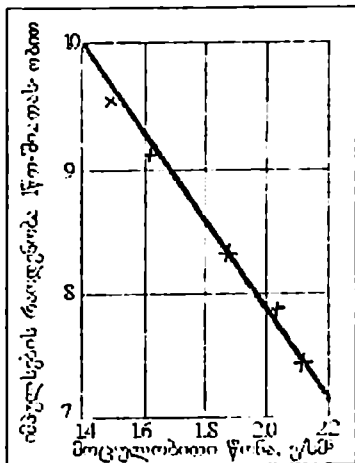
გადატანის შემდეგ ზონდს უშეეებენ ჭაბურღილში, რომლის სიღრმეც უნდა შეესაბამებოდეს გზის საფარის ან გრუნტის ფუძის სისქეს. წყაროსა და მრიცხველს შორის მოთავსებუ-

ლია რადიაქტიური ეკრანი, რომელიც იცავს მრიცხველს მასში რადიაქტიური გამოსხივების უშუალო მოხვედრისაგან. ამ შემთხვევაში მრიცხველი იჭერს გრუნტიდან არეკლილ გამა-სხივებს, რომელთა რიცხვი გრუნტის სიმკვრივის უკუპროპორციულია.



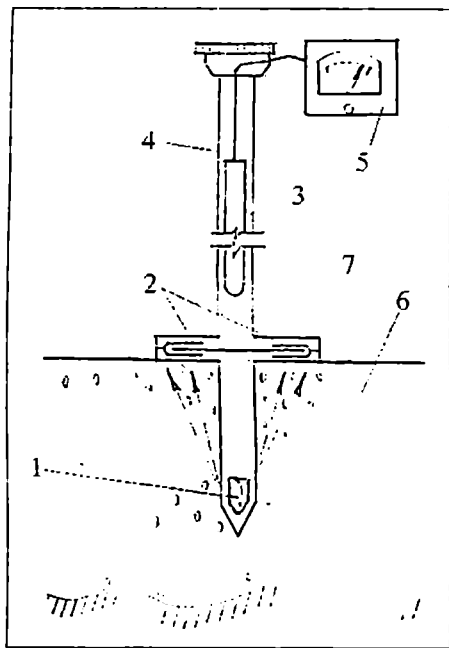
ნახ.1090. ხელსაწყო (MADH) ბლოკ-სქემა: 1 - გამა-ინდიკატორის ზონდი; 2 - წინასწარი გამამძლიერებელი; 3 - მრიცხველი; 4 - ეკრანი; 5 - რადიაქტიური იზოტოპი Co^{60} ; 6 - ისრული ინდიკატორი; 7 - კვების ბლოკი

მიკროამპერმეტრის ისრის გადახრის მიხედვით განისაზღვრება გაბნეული გამა-გამოსხივების სიდიდე, რომელიც ახასიათებს გარემოს სიმკვრივეს. წუთში იმპულსების რიცხვი დააქვთ გრაფიკზე, რომლის მიხედვითაც საზღვრავენ მოცულობით წონას (ნახ.10.91).



ბეტონის შემკვრივების კონტროლისათვის გამოიყენება რადიაქტიური სიმკვრივესაზომი, რომელიც წარმოადგენს T-ს ფორმის 20მმ დიამეტრის ღეროს (ნახ.10.92). ღეროს ეკრტიკალურ ნაწილში მოთავსებულია რადიაქტიური გამოსხივების წყარო (Co^{60} ან Cs^{137}). 1, ხოლო პორიზონტალურში გამოსხივების ორი მიმდებ-2.

ნახ.10.91. გამა-გამოსხივების დამოკიდებულება გარემოს სიმკვრივისაგან

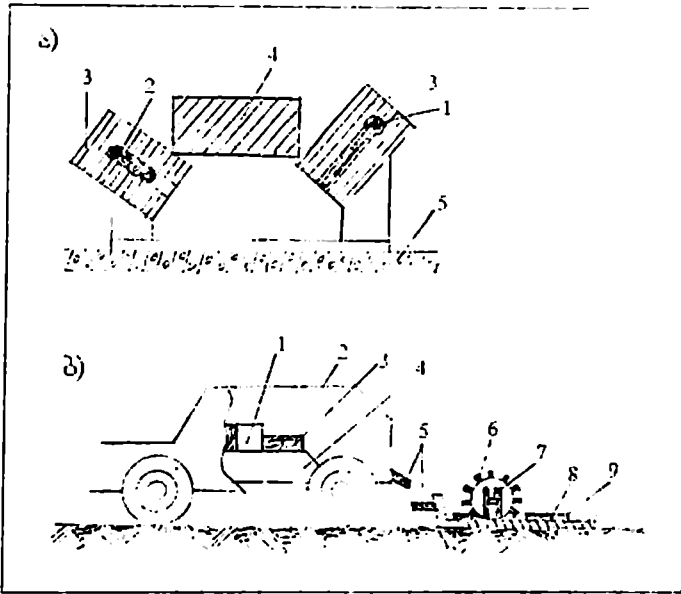


ნახ.1092. ორგენ-
ერგომშენის რადიაქ-
ტიური სიმკვრივის მზო-
მი: 1 - გამოსხივების
წყარო; 2 - გამოსხი-
ვების მრიცხველი; 3 -
შტანგა; 4 - გამაძლი-
ერებელი; 5 - გამზომი
ხელსაწყო; 6 - ბეტონ-
ი; 7 - კადონი

ღეროს ემაგრება შტანგა (3) სახელურით, რომელსედაც დაწოლით ხელსაწყო იყვინთება ახლადნაწყობილ ბეტონის ნარევი (6). ჩაყვინთვის სიღრმე შესლუდულია ღეროს პორი-
ზონტალური კადონით (7). სიმკვრივესაზომის სახელურში მოთავსებულია გამაძლიერებელი, რომელიც სადენებით და-
კავშირებულია ოპერატორის მკერდზე ჩამოკიდებულ ელექტროგამზომ ხელსაწყოსთან.

რადიაქტიური გამოსხივება გაივლის რა ბეტონის ნარევეს წყაროდან მრიცხველისაკენ, ნაწილობრივ მასში შთაინ-
თქმება. შთანთქმის ინტენსივობა მით მეტია, რამდენადაც მეტია ბეტონის სიმკვრივე. ამ უკანასკნელის სიდიდეც ვადგენთ ხელსაწყოს ჩვენებების მიხედვით. ოპერატორი ახორციელებს ახლადნაწყობილი ბეტონის ნარევის კონ-
ტროლს სონდის პერიოდული ჩაყურსვით. თუ რომელიმე ადგილას ბეტონის შემკვრივება აღმოჩნდება დაქვეითებული (მაგალითად, არასაკმარისი ვიბრირების გამო), ეს გამოიწვევს ხელსაწყოს ჩვენების მკვეთრ გაზრდას.

ნახაზზე 10.93ა წარმოდგენილია სამშენებლო კონსტრუქციების ცალკეულ წერტილებში სიმკერვის ავტომატური კონტროლის რადიაქტიური სიმკერვესაზომის სქემა. ხელსაწყო მუშაობს გაბნეული გამოსხივების პრინციპით. რადიაქტიური გამოსხივების წყარო (1) და მრიცხველი (2) სპეციალური კოლიმატორების (3) დახმარებით განლაგდებიან განსაზღვრული კუთხით გამოსაკვლევი ზედაპირის (5) მიმართ. წყაროსა და მრიცხველს შორის თავსდება ტყვიის ეკრანი (4).



ნახ.10.93 რადიაქტიური სიმკერვისზომების სქემები: ა) ВНИИСтройдормаш-ისა: 1 - გამა-გამოსხივების წყარო; 2 - გამა-გამოსხივების მრიცხველი; 3 - კოლიმატორები; 4 - ტყვიის ეკრანი; 5 - გამოსაკვლევი ზედაპირი; ბ) МАДИ-ისა: 1 - ჩამწერი ხელსაწყო; 2 - ავტომობილი; 3 - ინდიკატორი; 4 - აკუმულატორი; 5 - ტროსი და შემაერთებელი მავთულები; 6 - გამა-გამოსხივების მრიცხველი; 7 - საგზაო საკონტაქტო გარდამსახი; 8 - ტყვიის ეკრანი; 9 - გამა-გამოსხივების წყარო; 10 - ფოლადის თხილა-მურები

რანი (4). გამა-გამოსხივება წყაროდან ხედება საკონტროლო ზედაპირზე და ხდება მისი გაბნევა. გაბნეული გამოსხივების

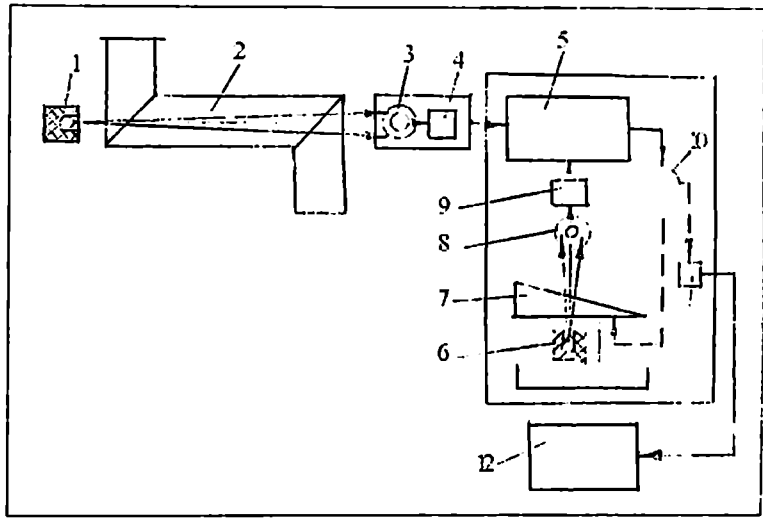
გარკვეული რაოდენობა ხვდება მრიცხველზე. ეს რაოდენობა დამოკიდებულია საკონტროლო მასალის სიმკვრივეზე.

კონტროლის განსახორციელებლად არა ცალკეულ წერტილებში, არამედ განფენილ უბნებზე (მაგალითად, საავტომობილო გზების საფარის ხარისხის კონტროლისათვის) გამოიყენება რადიაქტიური სიმკვრივესაზომი მოსრიალე დეტექტორით (ნახ.10.93,ბ). სიმკვრივესაზომი შედგება სამი ბლოკისაგან: დეტექტორის, ინდიკატორისა და კვების ბლოკისაგან. ინდიკატორი და კვების ბლოკი განლაგებულია ავტომობილზე, ხოლო დეტექტორი ლითონის თხილამურზე, რომელიც ავტომობილთან დაკავშირებულია ტროსის საშუალებით. თხილამურზე იმყოფება რადიაქტიური გამოსხივების Co^{60} წყარო, დახურული ზემოდან ტყვიის ეკრანით. თხილამურზე განლაგებულია, აგრეთვე, საიონიზაციო მრიცხველი, რომელიც არეგისტრირებს წყაროდან მასზე მოხვედრილ გაბნეულ გამოსხივებას. მრიცხველი სადენებით დაკავშირებულია გამზომ მოწყობილობასთან.

საფარის სიმკვრივის კონტროლი შეიძლება განხორციელდეს ინდიკატორის დახმარებით ან ოსცილოგრაფის საშუალებით. უკანასკნელ შემთხვევაში გაზომვების შედეგები იწერება ლენტაზე.

ნახაზზე 10.94 მოცემულია ПЖР-2 ტიპის პულპის რადიაქტიური სიმკვრივესაზომის პრინციპული სქემა, რომელიც მუშაობს კომპენსაციური პრინციპით. რადიაქტიური წყაროდან Co^{60} - 1 გამა-გამოსხივება გაივლის მუდმივი 300 მმ-იანი სისქის პულპის ფენას (2) და მოხვდება გამოსხივების მიმღებში - მრიცხველში (3). მრიცხველიდან გამომავალი სიგნალი, რომელიც ფუნქციურ კავშირშია სითხის სიმკვრივესთან, ძლიერდება ელექტრონული გამაძლიერებლის (4) საშუალებით და მიეწოდება ელექტრონულ გარდამსახს (5); ამავე გარდამსახს, აგრეთვე, მიეწოდება სიგნალი ეტალონური წყაროდან (6), შთანმთქმელი სოლის (7) გამა-კვანტების დამატებითი მრიცხველის (8) და გამაძლიერებლის (9) გაფლით. გარდამსახსში (5) ხდება ამ ორი სიგნალის შედარება. მათ შორის სხვაობის არსებობისას ძაბვა მიეწოდება რევერსიულ ელექტროძრავას (10), რომელიც შესაბამისი მიმართულებით გადაადგილებს შთანმთქმელ სოლს (7) იქამდე, სანამ სიგნალი ეტალონური წყაროდან (6), რომელიც ხვდება

ელექტრონულ გარდამსახზე (5), არ გაუტოლდება სიგნალს ელექტრონული გამაძლიერებლიდან (4). გამოსასვლელი ძაბვა, მიწოდებული ძრავაზე, ეცემა ნულამდე და მისი ბრუნვა შეწყდება. შთანთქმელ სოლთან (7) დაკავშირებულია მანქანებელი ისარი, რომელიც სკალაზე გადაადგილდება, რომლის მიხედვითაც შეიძლება განისაზღვროს პულპის სიმკვრივე.



ნახ.1094. პულპის რადიაქტიური სიმკვრივისმზომი ПЖР-2: 1 - გამოსხივების წყარო; 2 - მილსადენი საკონტროლებელი გარემოთი; 3 - გამოსხივების მრიცხველი; 4 - ელექტრონული გამაძლიერებელი; 5 - ელექტრონული გარდამქმნელი; 6 - ეტალონური წყარო; 7 - შთანთქმელი სოლი; 8 - გამა-კვანტების დამატებითი მრიცხველი; 9 - გამაძლიერებელი; 10 - რვეერსიული ძრავა; 11 - ინდუქტიური დისტანციური გადაცემა; 12 - მეორადი ხელსაწყო

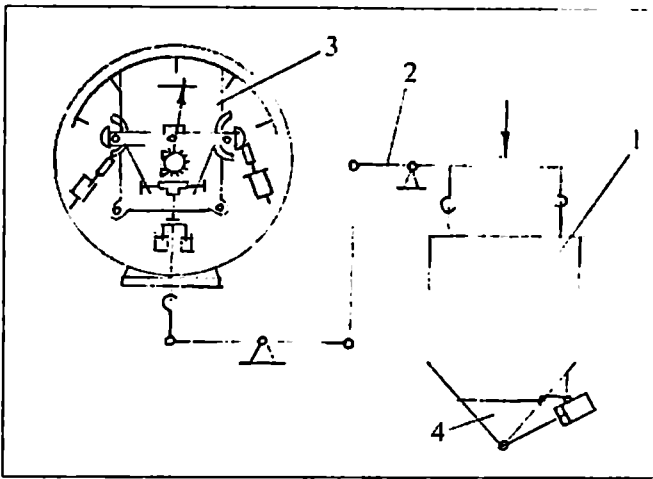
სიმკვრივე საზომში გათვალისწინებულია მეორადი თვითმწერი ხელსაწყო (12), რომელიც სიგნალს ღებულობს ინდიკტიური გარდამსახიდან (11).

ასეთი ტიპის სიმკვრივესაზომები გამოიყენება ცემენტის ქარხნებში, უჯრედოვანი ბეტონის ქარხნებში და სხვა შემთხვევებში. შეენიშნაეთ, რომ ხელსაწყო მგრძობიარეა სიმკვრივის გასაზომ გარემოში წყალბადის შემცველობაზე.

9. პროდუქტების ნაფქვავის სიწმინდის გაზომვა

ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს, რომელიც ახასიათებს მასალის ხარისხს, წარმოადგენს მისი ნაფქვავის სიწმინდე. ნედლეულის, მყარი სათბობის და ცემენტის ნაფქვავის სიწმინდე განისაზღვრება ავტომატურად სპეციალური ხელსაწყოთი (ნახ.10.95). წისქვილიდან ნაფქვავი მასალა მილაკით (1) მიეწოდება ძაბრულ ჩამტვირთავ მოწყობილობაში (2). ძაბრიდან ნაფქვავი პროდუქტი შეიძლება მიეწოდოს სარინ მილსადენს (3) ან საბრუნ ჩამჩას (5), რომელიც ეყრდნობა პირველადი სისწორის მხრეულს (4). ჩამჩის ავსებისას მასალის განსაზღვრული რაოდენობით ირთვება ელექტრომაგნიტი, რომელიც გადასწევს ჩამტვირთავ ძაბრს გვერდზე. ჩამჩაში არსებული მასალა მიეწოდება დოლურ ცხავში (8), რომელშიც წარმოებს გაცრა მასალის იმ ნაწილისა, რომლის ნაწილაკებსაც აქვთ ზომა 90 მკ-ზე ნაკლები. გაცრილი მასალა შეიწოვება შემწოვი ვენტილატორის მილსადენით (14). მასალის ნარჩენი გადის ცხავში და იყრება მეორად სასწორზე (12). როგორც კი მთელი ნარჩენი მოხვდება მეორად სასწორზე (12), მისი ჩვენება ფიქსირდება, ამასთან იგი შეესაბამება ნაფქვავის სიწმინდეს, გამოსახულს საცერზე ნარჩენის წონის პროცენტებში წონილის წონასთან შეფარდებით.

თითოეული ასეთი აზომვის შემდეგ მეორადი სასწორის ჯამი იხრება 90°, მისი შიგთავსი გამოიყრება და ამ მომენტში ჩართული შემწოვი ვენტილატორი გადაწევს შიბერს (11). მიღებული (13) იხსნება და მასალის წონილის ნარჩენი მთლიანად ამოიღება ხელსაწყოდან; მეორადი სასწორი ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში. ამასობაში პირველად სასწორზე აიწონება ცემენტის ახალი წონილი და აღწერილი ციკლი მეორდება. სპეციალური გამზომი აპარატი აფიქსირებს თითოეული ზომვის მაჩვენებელს.



ნახ.1095. ხელსაწყო დაფქვის სიწმინდის ავტომატური განსაზღვრისათვის: 1 - მიმყვანი მილაკი; 2 - ჩასატვირთი მოწყობილობა; 3 - სარინი მილსადენი; 4 - პირველადი სასწორების მხრეული; 5 - საბრუნე ჩამჩა; 6 - შემხჯღრეველი; 7 - ძაბრი; 8 - დოლური ცხავე; 9 - ბუნკერი; 10 - ცხავის გარსაცმი; 11 - შიბერი; 12 - მეორადი სასწორები; 13 - მილყელი; 14 - გამომწოვი ვენტტილატორის მილსადენი

10. კომპონენტების წონითი დოზირება

მოწყობილობები, რომლებიც განკუთვნილია მყიფე და თხიერი კომპონენტების დოზირებისათვის იწოდებიან დოზატორებად.

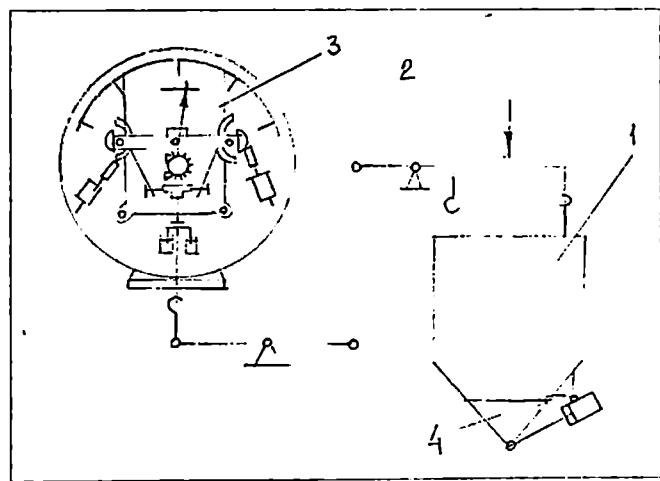
დოზატორები გვხვდება ხელით და ავტომატური მართვით. ფართო გამოყენება აქვთ ავტომატურ დოზატორებს, რომლებიც იყოფიან პორციულ (დისკრეტულ) და უწყვეტი ქმედების დოზატორებად. მყიფე კომპონენტების დოზირება ჩვეულებრივ წარმოებს წონის მიხედვით, თხიერისა - მოცულობის მიხედვით.

პორციული მოქმედების ავტომატური დოზატორები იყოფიან: ინერტული DI , ცემენტისა DI და წყლის DB დოზატორებად.

დისკრეტული მოქმედების წონითი დოზატორები სრულდება ერთფრაქციული, ორფრაქციული და მრავალფრაქციული. ერთფრაქციული დოზატორები განკუთვნილია ერთი

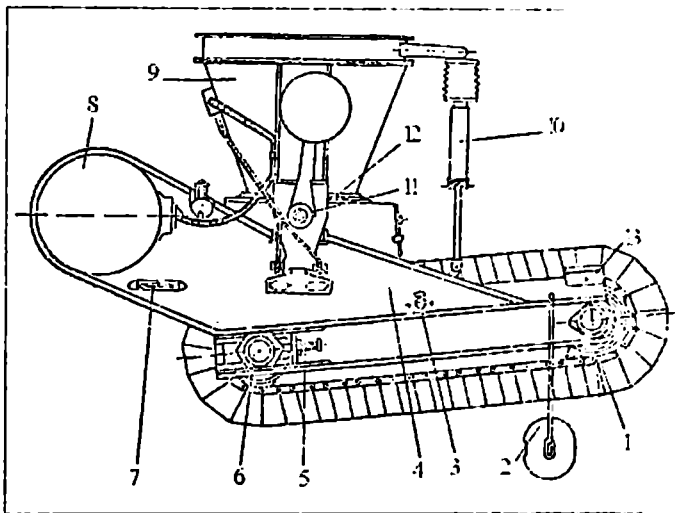
სახის მასალის დოზირებისათვის. ორფრაქციულ და მრავალფრაქციულ დოზატორებში ჩვეულებრივ წარმოებს ორი ან რამდენიმე სახის მასალის თანმიმდევრული დოზირება. დოზირების ციკლის ხანგრძლივობა მრავალფრაქციულ დოზატორებში ტოლია მასალის თითოეული სახის ცალცალკე აწონვის დროთა ჯამისა.

ნახაზზე 10.96 წარმოდგენილია დისკრეტული მოქმედების წონითი დოზატორის სქემა. ასაწონი მასალა გრავიტაციულად ან მკეებავის დახმარებით მიეწოდება წონით ჩამნაში (ბუნკერში) (1), რომელიც ჩამოკიდებულია ტვირთიმძლები ბერკეტების სისტემაზე (2) და შეერთებულია ამწონ მოწყობილობასთან (3). დოზატორიდან მასალის გადმოტვირთვა სწარმოებს საჭირო დოზის აწონვის დამთავრების შემდეგ წონითი ჩამნის ფსკერიდან (4), რომელიც იხსნება ოპერატორის მიერ მიწოდებული ბრძანებით ან ავტომატური მოწყობილობით. მათი დახმარებით შეიძლება საკმარისად ერთგვაროვანი შემადგენლობის ცემენტის მიღება, რადგან ისინი უზრუნველყოფენ კომპონენტების ავტომატურ დოზირებას წისქვილში თითოეული კომპონენტის მიწოდებისას. ასეთი დოზატორები გამოიყენება საცემენტე და სანედლეულო წისქვილების კეებისათვის.



ნახ.10.96. დისკრეტული მოქმედების წონითი დოზატორის სქემა

ნახაზზე 10.97 მოცემულია უწყვეტი ქმედების წონითი ლენტური დოზატორის სქემა.



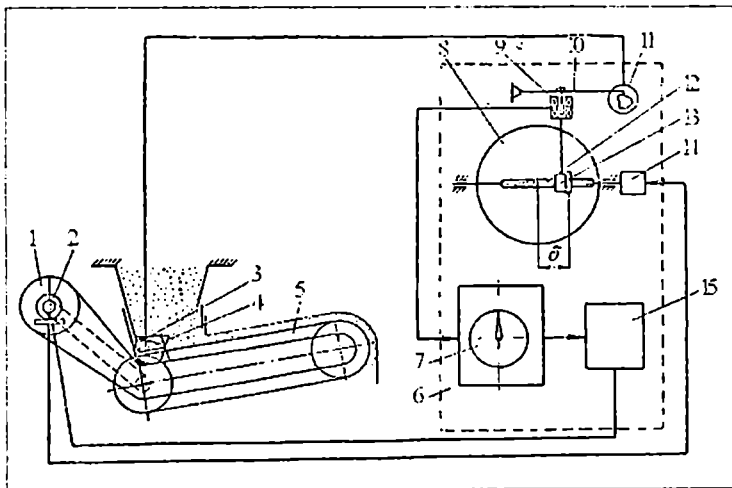
ნახ.10.97. ლენტური წონითი დოზატორი ნატეხოვანი მასალებისათვის: 1 - ფირფიტოვანი კონვეიერი; 2 - სატარირებელი მოწყობილობა; 3 - ჯაჭვის ჩაღუნვის მანქანებელი; 4 - ჩარჩო; 5 - დამჭიმავი ტანჯიკი; 6 - საკისარი; 7 - თარაზო; 8 - ამძრავი; 9 - ბუნკერი; 10 - დემპფერი; 11 - საკისარი; 12 - შიბერი; 13 - გადასაადგილებელი ტვირთი

მასალა ბუნკერიდან (9) ძაბრით მიეწოდება ფირფიტოვან კონვეიერზე (1), რომელიც მას მიაწვდის წისქვილის მიმდებ ძაბრში. დოზატორის ორივე ნაწილი მზიდი ჩარჩოს (4) საკიდლის წერტილის მიმართ გაწონასწორებულია - მარჯვენა ნაწილი მასალით გაწონასწორებულია მარცხენა ნაწილში განლაგებული ამძრავის (8) წონით და საპირწონეებით. დოზატორზე არსებული მასალის რაოდენობისაგან დამოკიდებულებით იცვლება მისი დახრის კუთხეც. მასალა მოძრაობს ლენტის მთელ სიგრძეზე, ამიტომ, მისი განაწილება კონვეიერის გასწვრივ დოზირების სისუსტეზე პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს.

ჰიდრავლიკური დემპფერი (10) გათვალისწინებულია დოზატორის ქანაობის მოგლუვებისათვის. დოზატორის კონვეიერზე მიწოდებული მასალის წონის ზრდასთან ერთად

დოზატორის მარცხენა ბოლო ეშვება და კონვეიერის სიჩქარე ავტომატურად მცირდება. მასალის წონის შემცირებასთან ერთად ადგილი აქვს უკუმოვლენას.

დოზატორი მუშაობს შემდეგნაირად (ნახ.10.98). კონვეიერზე დატირთვის ცვლილების შემთხვევაში კბილანა სექტორი (4) შემობრუნდება გარკვეული კუთხით, სელსინების (2,3,11 და 14) დახმარებით გადაიხრება სამართი (10), რომლის გასწვრივაც გადაადგილდება ინდუქციური გარდამსახის პლუნჯერი (9). გარდამსახის კორპუსი დამაგრებულია გორგოლაჯის (13) კორპუსზე, ხოლო გორგოლაჯი, თავის მხრივ, წარმოადგენს სავალი ხრახნის (12) ქანჩს. სავალი ხრახნი ბრუნვაში მოდის სელსინებით. გორგოლაჯი (13) ფრიქციულად არის შეერთებული დისკოსთან (8), რომელიც ბრუნავს მუდმივი სიჩქარით სინქრონული ძრავასაგან (1). ვინაიდან სელსინის ღიღვი ბრუნავს კონვეიერის ღენტის (5) სიჩქარის პროპორციული სიჩქარით, მანძილი δ (იხილე ნახაზი) პროპორციულია კონვეიერის ღენტის სიჩქარისა, ხოლო გარდამსახის პლუნჯერის (9) სვლის სიდიდე პროპორციულია მისი წონითი მწარმოებლურობისა.



ნახ.10.98. დოზატორის კინემატიკური სქემა: 1 - ძრავა; 2,3,11 და 14 - სელსინები; 4 - კბილანა სექტორი; 5 - ღვედი; 6 - მართვის კარადა; 7 - ელექტრონული დიფერენციალურ-ტრანსფორმატორული სელსაწყო; 8 - დისკო; 9 - ინდუქციური გარდამსახის ყვინთა; 10 - სამართი; 12 - სავალი ჭანჭიკი; 13 - გორგოლაჯი; 15 - სიჩქარის რეგულატორი

ელექტროძრავის სინქარის რეგულატორი (15), მართული ელექტრონული დიფერენციალურ-ტრანსფორმატორული ხელსაწყოთი (7), ცვლის დოზატორის ღენტის (5) სინქარეს სიდიდემდე, რომელიც უზრუნველყოფს ამ ხელსაწყოზე მოცემულ წონით მწარმოებლურობას სადოზირებელი მასალის ნაყარი წონის ცვლილებების დროს. თუ რეგულირების მთელი დიაპაზონი გამოყენებულია, ხოლო ჭეშმარიტი მწარმოებლურობა განაგრძობს გადახრას მოცემულისაგან, ირთვება შუქის და ბგერითი სიგნალები.

აღწერილი დოზატორის უდიდესი მწარმოებლურობა შეადგენს 64ტ/სთ. დოზირების ცდომილება მერყეობს სასლერებში $\pm 2\%$.

ახამრღვევი მეთოდებით ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკვეთობათა ხარისხის კონტროლის ავტომატიზაცია

§1. ბეტონის და რკინაბეტონის ნაკვეთობათა
სიმტკიცის კონტროლის პროცესის ავტო-
მატიზაცია ულტრაბგერის დახმარებით

1. ბეტონის სიმტკიცის კონტროლის ულტრაბგერითი მეთო-
დის შინაარსი.

კუმშვაზე ბეტონის სიმტკიცესა და ბეტონში ულტრაბგე-
რის სიჩქარეს შორის არ არის ერთნიშნა დამოკიდებულება.
ეს დამოკიდებულება იცვლება ბეტონის შემადგენლობის, შე-
მავესებლების ფრაქციების თვისებების და სომის, ბეტონის
ნარევის მომზადებისა და გამკვრივების პირობების, ბეტონის
ტენიანობის და სხვა ფაქტორების შეცვლით.

ვინაიდან მსხვილ შემავსებელს (მაგალითად, ხრეში)
უკავია ბეტონის ტანში შეღარებით მეტი მოცულობა,
ულტრაბგერითი ტალღები ბეტონში თავისი გზის მნიშვნე-
ლოვან ნაწილში გაივლიან შემავსებლის გავლით, რომლის
დრეკადი თვისებებიც განსხვავდება ცემენტის ქვის დრეკადი
თვისებებისაგან. ამის შესაბამისად შეიცვლება ულტრაბგე-
რის სიჩქარე, მაგრამ სიჩქარის ეს ცვლილება არ იქნება და-
კავშირებული ბეტონის სიმტკიცის შეცვლასთან, რადგან არ
არის დამოკიდებული ცემენტის ქვის წარმოქმნისაგან და არ
იქნება მისი მახასიათებელი. ბეტონის ტემპერატურის ამაღ-
ლებასთან ერთად მასში ულტრაბგერის სიჩქარე მცირდება,
ასევე ქვეითდება ბეტონის სიმტკიცეც. ტენიანობის ამაღლე-
ბისას ბეტონის სიმტკიცე კლებულობს, ხოლო ულტრაბგერის
სიჩქარე მასში მალდება.

ნათქვამიდან გამომდინარეობს, რომ ბეტონის სიმტკიცე
შეიძლება იქნეს განსაზღვრული ულტრაბგერის სიჩქარის მი-
ხედვით, მხოლოდ ცნობილი შემადგენლობის ბეტონებისათ-
ვის ცნობილ შემავსებლებზე წინასწარ შედგენილი სატა-
რირებელი დამოკიდებულების მიხედვით. სატარირებელი და-
მოკიდებულებების “ულტრაბგერის სიჩქარე – ბეტონის სიმტ-

კი(კე კუმშვაზე” შედგენის დროს საჭიროა ჩატარდეს საწარმოო ნარეუებისაგან მომზადებული ნიმუშების დიდი რაოდენობის ხანგრძლივი გამოცდები, რათა გათვალისწინებული და გასაშუალოებული იქნეს ყველა შესაძლო გადახრები ბეტონის პარამეტრებში, რომლებიც გეხვედბა მოცემულ საწარმოში.

კუბში-ნიმუშში ულტრაბგერის გავრცელების დრო განისაზღვრება 11.4 ნახაზზე მოყვანილი დანადგარის დახმარებით. ულტრაბგერის გავრცელების დროის გასომების დროს საცეცები (გამომსხივებელი და მიმღები) დაყენებული უნდა იქნეს თანადერძულად და მჭიდროდ მიჭერილი ბეტონის საკონტროლო უბნებთან. კარგი აკუსტიკური კონტაქტის წარმოსაქმნელად და გამოსხივებული ენერჯის ბეტონში მაქსიმალურად გადასვლის უზრუნველსაყოფად საცეცებზე ედება ტექნიკური ვაზელინი ან პლასტილინის შრე. ამასთან, გაზომვების ბაზის დროს 10-დან 50 სმ-მდე აკუსტიკური კონტაქტი ხორციელდება გარდამსახების ტორსულ სედაპირებზე ტექნიკური ვაზელინის თხელი ფენის წასმით, ხოლო 5 მ-დე ბაზის შემთხვევაში პლასტილინის თხელი ფენის გამოყენებით.

ულტრაბგერის გავრცელების დრო განისაზღვრება შემჭიდროების მიმართულების პერპენდიკულარულად ხუთ წერტილში, როგორც ნაჩვენებია 11.1 ნახაზზე. მიღებული შედეგების საფუძველზე განისაზღვრება დროის საშუალო არითმეტიკული სიდიდე; ულტრაბგერის ბეტონში გავლის ნამდვილი დროის განსაზღვრავად საჭიროა შესწორების გამოკლება, რომელიც წარმოადგენს ულტრაბგერის საცეცებში გავლის დროს. შემდეგ მილიმეტრული სახაზავით გაიზომება კუბის ზომა. ულტრაბგერითი იმპულსის გავრცელების სიჩქარე (მ/წ) შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

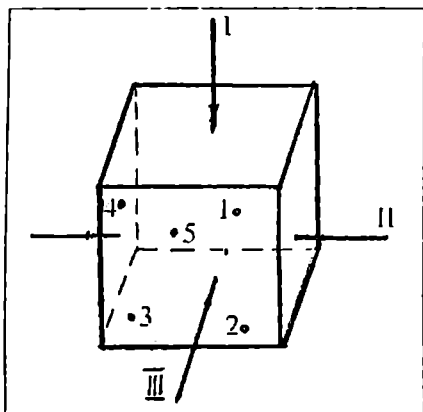
$$C = \frac{\ell}{t - t_{\text{სეს}}}, \quad (11.1)$$

სადაც

ℓ არის კუბის წიბოს სიგრძე, მმ;

t – ბეტონის კუბში იმპულსის გავრცელების დრო, მწ (მილიწამობით) [1 მწ – 1000 მკწ (მიკროწამი)];

$t_{\text{სეს}}$ – შესწორება, მწ (მილიწამი).



ნახ.11.1. საკონტროლო ნიმუშში-კუბში ულტრაბგერითი იმპულსების გავლის მიმართულება: I - ვიბრირების მიმართულება; II - წნეხში შემჭიდროვების მიმართულება; III - გახშიერობის მიმართულება; 1,2,3,4,5 - წერტილები, რომლებშიც იზომება ულტრაბგერითი იმპულსის გავრცელების დრო

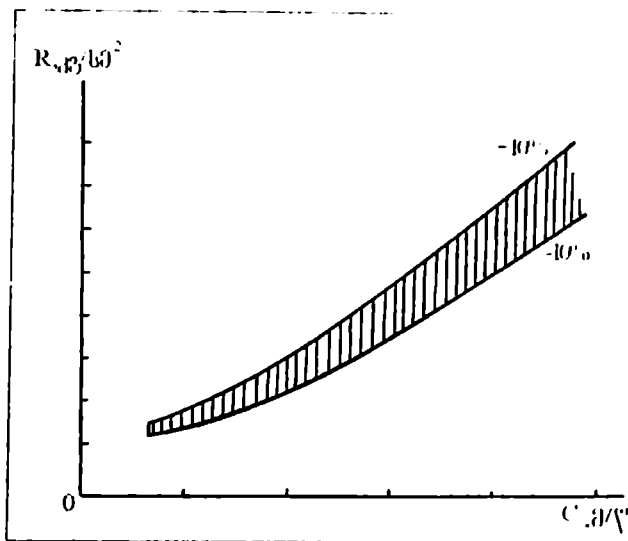
კუმშვაზე სიმტიციის განსასაზღვრავად ბეტონის კუბი გამოიყენება პიდრაველიკურ წნეხზე სრულ რღვევამდე. წნეხზე ნაჩვენები ძალის სიდიდე (კგძ), იყოფა კუბის წახნაგის ფართზე (სმ²-ით) და მიიღება სიმტიციე (კგძ/სმ²-ში).

ულტრაბგერითი დანადგარით კუბის გამოცდების შედეგად მიღებული სიჩქარეების და წნეხზე გამოცდების მნიშვნელობათა საფუძველზე, აიგება კორელაცია “სიჩქარე-სიმტიციე”. (ნახ11.2). ჩვეულებრივ ჰორიზონტალურ ღერძზე გადაიზომება ულტრაბგერის სიჩქარე C (მ/წ), ხოლო ვერტიკალურ ღერძზე - ბეტონის სიმტიციე კუმშვაზე R (კგძ/სმ²).

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ბეტონის სიმტიციის კონტროლის ერთ-ერთი გავრცელებული, ულტრაბგერითი მეთოდის არსი მდგომარეობს ბეტონში ულტრაბგერის გავლის სიჩქარის განსაზღვრაში. ულტრაბგერის ტალღის სიჩქარე, როგორც 2.49 ფორმულიდან ჩანს, დამოკიდებულია ბეტონის დრეკადობაზე (E, μ), და მის სიმკვრივეზე, (ρ).

დრეკადობის მოდულისათვის გვაქვს გამოსახულება

$$E = \frac{C^2 \rho (1 + \mu)(1 - 2\mu)}{1 - \mu} \quad (11.2)$$



ნახ.11.2. კორელაციური დამოკიდებულება “ულტრაბეტონის სიჩქარე-ბეტონის სიმტკიცე” [2]

ვიცით რა ბეტონის სიმკვრივე, პუასონის კოეფიციენტის სიდიდე და ბეტონში ულტრაბეტონის გავრცელების სიჩქარე (განისაზღვრება ულტრაბეტონითი ხელსაწყოთა საშუალებით), შეგვიძლია განესაზღვროთ ბეტონის დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობა 11.2 ფორმულის საშუალებით. ბეტონის სიმტკიცესა და მის დრეკადობის მოდულს შორის არსებობს ემპირიული დამოკიდებულება

$$R = \left(\frac{E}{K} \right)^2, \quad (11.3)$$

სადაც

K არის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ბეტონის შემადგენლობაზე და ცვალებადობს სახლერებში $K = 16000 + 30000$;

E – დრეკადობის დინამიკური მოდული;

R ბეტონის სიმტკიცე ემპირიულად.

K კოეფიციენტის ზუსტი მნიშვნელობის დასადგენად აუცილებელია დიდი რაოდენობის ბეტონის კუბების გამოც-

და. ნიმუშის ზომები უნდა იყოს 200X200X200 მმ ან 150X150X150 მმ. ისინი უნდა დამზადდეს ბეტონის საწარმოო ანარევი მასისაგან. ბეტონის კუბების-ნიმუშების დამზადების ტექნოლოგიური ციკლი ანალოგიური უნდა იყოს ნაწარმის დამზადების ტექნოლოგიისა. საკონტროლო ნიმუშებმა უნდა უზრუნველყონ სიმტკიცის აუცილებელი დიაპაზონი, რისთვისაც საჭიროა მათი გამოცდა სხვადასხვა ასაკში – დაწყებული 4 საათიდან 28 დღე-ღამემდე. უნდა გამოიკადოს არანაკლები 100 ნიმუშისა 15 დღის განმავლობაში.

ასეთი რაოდენობის ბეტონის კუბების ნიმუშების გამოცდა კი საშუალებას იძლევა დავადგინოთ უშუალო კორელაცია ულტრაბეტონის სიჩქარესა და ბეტონის სიმტკიცეს შორის.

ნახ.11.2 ნახაზზე ნაჩვენებია კორელაციური დამოკიდებულება “სიჩქარე-სიმტკიცე” გარკვეული შემადგენლობის ბეტონისა კუმშვაზე. შედარებით ზუსტ შედეგებს იძლევა დამოკიდებულება, რომელიც გამოისახება ფორმულით

$$R = A \cdot e^{B\rho C^2} \cdot e^{\delta}, \quad (11.4)$$

სადაც

R არის ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე;

A – განყენებული ემპირიული კოეფიციენტი;

ρ – ბეტონის სიმკვრივე;

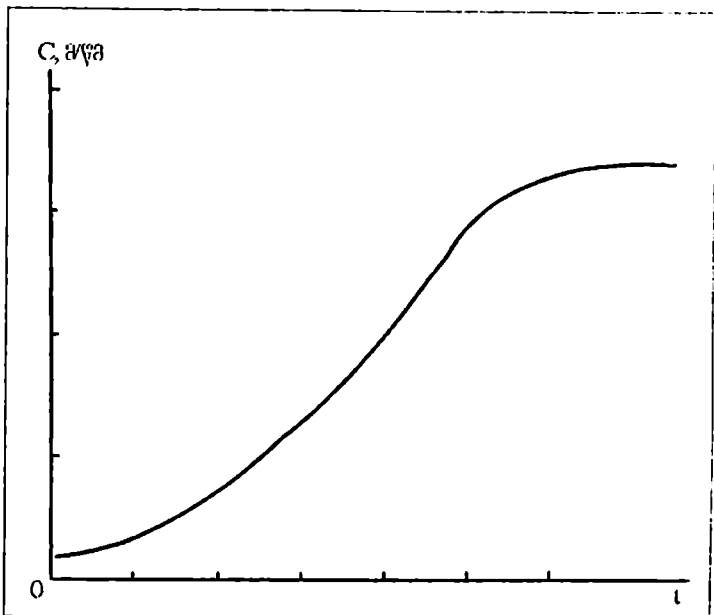
C – ულტრაბეტონის გავრცელების სიჩქარე;

ρ – რხევის მიღების მახასიათებელი;

B – სფერული ზედაპირის აქტიური წინააღმდეგობა;

e – ნატურალური ლოგარითმის ფუნქცია.

ულტრაბეტონის გავრცელების სიჩქარისა და ბეტონის სიმკვრივის მიხედვით, ბეტონის სიმტკიცის განსაზღვრის სიზუსტე განისაზღვრება +10 – -10% ბეტონის სიმტკიციდან, რომელიც მიიღება სტანდარტული ზომების მქონე იდენტური შემადგენლობის ბეტონის კუბების (ნიმუშების) გამოცდის შედეგად. ტალღის სიჩქარის საანგარიშო ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ბეტონის გამკვრივების პროცესში ბეტონში ულტრაბეტონითი რხევის სიჩქარე ცვალებადობს, ამასთან პროცესი დროში მიღევადი ხასიათისაა. ბეტონის გამკვრივების პროცესში მისი თბური დამუშავებისას ულტრაბეტონის სიჩქარის ცვალებადობის განსაზღვრით შეგვიძლია მივიღოთ ინფორმაცია თვით პროცესის მსვლელობის ირგვლივ.



ნახ.11.3. ულტრაბგერის სინქარის ცვლილება ბეტონში ბეტონის თბოტენიანობითი დამუშავების პროცესში [2]

11.3 ნახაზზე წარმოდგენილია რკინაბეტონის ნაკეთობის თბოტენიანობითი დამუშავების პროცესის ხანგრძლივობის დამოკიდებულების გრაფიკი ულტრაბგერის სინქარის ცვლილებასთან. სტაბილიზაციის მომენტი გრაფიკზე შეესაბამება ოპტიმალური სიმტკიცის მიღწევას, რომლის დროსაც შესაძლებელია შეეწყვიტოს დაორთქლება.

შეენიშნავთ, რომ ულტრაბგერითი მეთოდით რკინაბეტონის კონსტრუქციების გამოცდისას გახშიერობის შედეგებზე დიდი გავლენა შეიძლება მოახდინოს ფოლადის არმატურამ. ეს აიხსნება იმით, რომ ულტრაბგერის გავრცელების სინქარე ფოლადებში შეადგენს 5000 მ/წ-ზე მეტს, ხოლო ბეტონებში 2000-4500 მ/წ (სიმტკიცისა და სხვა ფაქტორებისაგან დამოკიდებულებით). ამასთან დაკავშირებით რკინაბეტონის კონსტრუქციების გამოცდების ჩატარებისას გახშიერობის ადგილს შეარჩევენ ისე, რომ გახშიერობის მიმართულება არ ემთხვეოდეს და არ კვეთდეს არმატურის ღეროებს.

2. ნაკეთობაში ბეტონის სიმტკიცის განსასაზღვრავად საჭიროა დაინიშნოს რამდენიმე წერტილი, განსხვავებული ნაკეთობის სიმაღლის მიხედვით, იმგვარად, რომ ულტრაბგერითი იმპულსი გავრცელდეს ბეტონში და არ გადაკვეთოს ფოლადის არმატურა. ამ წერტილებში გაიზომება ულტრაბგერითი იმპულსის გავრცელების დრო და შემდეგ გამოითვლება ულტრაბგერის სიჩქარე. ბეტონის სიმტკიცე განისაზღვრება სატარირებელი დამოკიდებულებით “სიჩქარე-სიმტკიცე”, აგებული ბეტონის მოცემული შემადგენლობისათვის, ულტრაბგერის სიჩქარის ცნობილი მნიშვნელობის მიხედვით.

3. ბეტონის სიმტკიცის გამოცდა ცალკეულ კონსტრუქციებსა და ნაგებობებში (როდესაც მათი მსაღუნარიანობა ეჭვს ქვეშ არის დაყენებული), საჭიროა ჩატარებული იქნეს, აგრეთვე, წინასწარ აგებული სატარირებელი დამოკიდებულების “ულტრაბგერის სიჩქარე – ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე” გამოყენებით. ცხადია, რომ ამისათვის აუცილებელია გაგვიანდეს ბეტონის იმავე შემადგენლობის საკონტროლო კუბების-ნიმუშების საკმარისი რაოდენობა. როდესაც ასეთი საკონტროლო კუბები არ გაგვიანია, ვიქცევით შემდეგნაირად: გაახშიერობენ კონსტრუქციაში ბეტონის ტანს და საზღვრავენ უბნებს ულტრაბგერის მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო სიჩქარეებით; აღნიშნულ უბნებში ამოჭრიან 5-8 კუბს, რომელიც კვლავ გაახშიერდება და გამოიცდება წნეხზე რღვევამდე.

ამ მონაცემების საფუძველზე აგებენ სატარირებელ დამოკიდებულებას “ულტრაბგერის სიჩქარე – ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე”. შემდეგ აგებული სატარირებელი დამოკიდებულების საფუძველზე ულტრაბგერის სიჩქარის მიხედვით საზღვრავენ ბეტონის სიმტკიცეს კონსტრუქციის ყველა საინტერესო ადგილებში.

ამრიგად, ბეტონის სიმტკიცის კონტროლის ულტრაბგერითი მეთოდი წარმოადგენს არამრღვევ მეთოდს (ადესტრუქციულ მეთოდს) კონტროლისას. არამრღვევი მეთოდებით ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობათა ხარისხის კონტროლი საშუალებას იძლევა გამოიცადოს ნაკეთობა და კონსტრუქცია მათ დამონტაჟებამდე ან დამონტაჟების შემდეგ, უშუალოდ შენობებსა და ნაგებობებში. აღნიშნული უპირატესობის

გამო ბეტონის სიმტკიცის კონტროლის ულტრაბგერითი იმპულსური მეთოდი მიზანშეწონილია ფართოდ დაინერგოს სამშენებლო წარმოებაში ბეტონის კონტროლის მრღვევი, მექანიკური მეთოდის ნაცვლად.

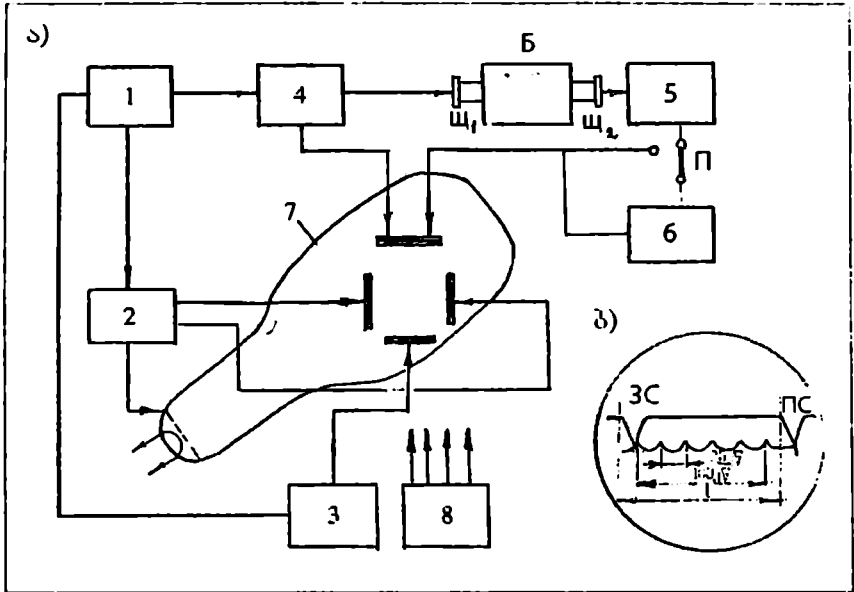
§2. ულტრაბგერითი მოწყობილობა ბეტონის ბამოსაცდელად

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ბეტონის სიმტკიცის განსაზღვრისათვის საჭიროა დადგინდეს ულტრაბგერის სიჩქარე ბეტონში, რისთვისაც უნდა ვიცოდეთ გამოსაცდელი ბეტონის ნაკეთობის სიგრძე და ულტრაბგერითი იმპულსის ნაკეთობაში გავლის დრო. საკონტროლო ნაკეთობაში ულტრაბგერის გზის სიგრძის გამოთვლა არ წარმოადგენს სირთულეს, ამიტომ, ულტრაბგერის სიჩქარის განსაზღვრის ამოცანა დაიყვანება დროის ძალიან მცირე მონაკვეთების განსაზღვრამდე.

ამრიგად, ბეტონის სიმტკიცის სიდიდის განსასაზღვრავი დანადგარი არსებითად წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელიც განკუთვნილია დროის მეტად მოკლე მონაკვეთების (მიკროწამებში) ზუსტად განსასაზღვრავად, რომელიც იხარჯება ულტრაბგერითი სიგნალის მიერ, ბეტონში გავლისას.

ნახაზზე 11.4ა მოყვანილია ბეტონში ულტრაბგერის გავრცელების სიჩქარის გასაზომი დანადგარის საერთო პრინციპული სქემა. სიგნალები ხელსაწყოების სხვადასხვა ელემენტებიდან მიეწოდება ინდიკატორზე (7) ელექტრონულსხივურ მილაკზე, რომლის ეკრანზეც განისაზღვრება ულტრაბგერითი იმპულსის გამოსაცდელ ნიმუშში – ბეტონი ნ გავლის დრო. ელექტრონულსხივურ ოსცილოგრაფში ელექტრონულმა სხივმა უნდა გამოხაზოს ეკრანზე შემავალი სიგნალის ფორმა დროში. ამგვარად, შეიძლება მიღებული იქნეს იმპულსური (ანუ სინუსოიდალური) რხევების ჭეშმარიტი ფორმა, რომელთა მიხედვითაც შეიძლება განსჯა ამ რხევების წყაროების მუშაობის შესახებ. გამოსაკვლევი ძაბვა მიეწოდება ვერტიკალური გაშლის (განფენის) წრედში, ხოლო პორიზონტალური გაშლის (განფენის) წრედში მიეწოდება ელექტრონულსხივური მილაკის წრფივად ცვალებადი ძაბვა. შედეგად ოსცილოგრაფის ეკრანზე ღებულობენ

მრუდს, რომელიც წარმოადგენს შესასწავლი ძაბვის ფორმის გამოსახულებას დროში.



ნახ.114. ბეტონში ულტრაბერის სინქარის გასაზომი დანადგარის პრინციპული სქემა: ა) ბლოკ-სქემა; ბ) ინდიკატორზე სიგნალების გამოსახულება

11.4 ნახაზზე მოყვანილი დანადგარის ძირითად ელემენტებს წარმოადგენენ: 1 - მმართველი იმპულსების ბლოკი (გამომუშავდება მოკლედროიანი იმპულსები, რომლებიც უსრუნველყოფენ სქემის ყველა ელემენტის გაშვებას);

2 - მომლოდინე გაშლის (განფენის) ბლოკი (წარმოქმნის დროში წრფივად ცვალებად ძაბვას აუცილებელს ელექტრონულსხივური მილაკის სხივის გადასაადგილებლად დადგენილი სინქარით მარცხნიდან მარჯვნივ).

3 - მასშტაბური ნიშნების ბლოკი [მუშაობს ელექტრონული კომპუტატორის რხევების ერთი ნახევარ პერიოდის განმავლობაში, გამოიმუშავებს მოკლედროიან იმპულსებს 2 მიკროწამი ინტერვალით, მათ შორის (დროის ძირითადი ნიშნები) და ინტერვალებით 10, 50 და 250 მიკროწამი (დროის ჯერადი ნიშნები), რომლებიც გამოიყენება მასშტაბური ბა-

დის შესაქმნელად ელექტრონულსხივეური მილაკის სხივის გაშლის ხაზზე];

4 – მასონდირებელი იმპულსების გენერატორი (იმართება კომუტატორით);

5 – იმპულსების გამაძლიერებელი;

6 – ნორმალიზატორი (გარდაქმნის მოსულ სინუსოიდალური ფორმის სიგნალს იმპულსურ სიგნალად ციკაბო წინა ფრონტით, რაც უზრუნველყოფს სიგნალის გავლის დროის უფრო მკაფიო ათვლას);

7 – ელექტრონულსხივეური ინდიკატორი;

8 – ელექტრული კვების ბლოკი.

u_1 და u_2 – პიეზოელექტრული გარდამსახები. პიეზოელექტრულ გარდამსახებად გამოიყენება სეგნეტის მარილის კრისტალები, ჩამონტაჟებული სპეციალურ ლითონის კორპუსებში (საცეცები). u_1 გარდამსახში ელექტრული იმპულსები გარდაიქმნება ულტრაბგერით იმპულსებად. u_1 გარდამსახი წარმოადგენს გამომსხივებელს – იგი აზაენის გამოსაცდელ ნიმუშში – ბეტონი B – ულტრაბგერითი რხევების კონას. გამოსაცდელი ნიმუშის B მეორე მხარეს დაყენებულია მეორე ულტრაბგერითი გარდამსახი u_2 , რომელიც წარმოადგენს მიმღებს. იგი გათვალისწინებულია გამოსაკვლევე B ნაკეთობაში გავლილი ულტრაბგერითი რხევების მისაღებად და მათ გარდასაქმნელად ელექტრულ რხევებად.

მაზონდირებელ 3C სიგნალსა და მიღებულ PC სიგნალს (ნახ.11.4ბ) შორის მანძილის გაზომვის გზით დროის მასშტაბში განისაზღვრება ულტრაბგერითი იმპულსის გავრცელების დრო.

მართვის ტექნიკა, საინფორმაციო სისტემები და მართვის ავტომატიზებული სისტემები

მართვის ტექნიკური საშუალებები უსრუნველყოფს საინფორმაციო პროცესების მექანიზაციასა და ავტომატიზაციას და ქმნის კეთილსასურველ პირობებს მათ შესასრულებლად: ტექნიკური საშუალებების შემადგენლობაში შედის: დისპეტჩერიზაციისა და კავშირგაბმულობის აპარატურა, საორგანიზაციო ტექნიკა და გამომთვლელი მანქანები.

საინფორმაციო სისტემა წარმოადგენს მართვის ან მისი რაიმე ნაწილის ინფორმაციული უსრუნველყოფის ორგანიზაციის ფორმას. იგი მოიცავს ინფორმაციის ყველა სახეს, მის მატარებლებს, საშუალებების კომპლექსს მის მისაღებად, გადასაცემად და შესანახად, დოკუმენტების დასამზადებლად, კავშირის არხებს. საინფორმაციო სისტემის ამოცანაა – საინფორმაციო პროცესების ნორმალური მიმდინარეობის უსრუნველყოფა, ინფორმაციით მართვის მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად.

მართვის ავტომატიზებული სისტემა წარმოადგენს მართვის სისტემის კერძო შემთხვევას. ავტომატური მართვა, რომლის დროსაც ავტომატიზებულია ყველა მართვითი პროცესი და ოპერაცია, შესაძლებელია მხოლოდ ტექნიკური სისტემებით მართვისას. მართვის ავტომატიზებული სისტემები წარმოადგენს სისტემებს, რომლებშიც მართვა ხორციელდება ადამიანის მიერ ვეშის და სხვა საშუალებების დახმარებით.

§1. დისპეტჩერიზაციისა და კავშირგაბმულობის აპარატურა

აღნიშნული აპარატურის შესახებ იხილე მე-13 თავში. აქ შევნიშნავთ, რომ იგი გათვალისწინებულია ინფორმაციის (განკარგულებები, ოპერატიული აღრიცხვის მონაცემები) გადასაცემად, წარმოების კონტროლისა და რეგულირებისათვის, სატელეფონო თათბირების ჩასატარებლად.

გამოყენებული არხების სახისაგან დამოკიდებულებით კავშირგაბმულობა არსებობს რადიოკავშირული და სადენიანი, რომელიც თავის მხრივ, მოიცავს სატელეფონოსა და სატელეგრაფოს.

სატელეგრაფო ასოების მბეჭდავი აპარატები (ტელეტიპი) გათვალისწინებულია მანქანაზე ნაწერი ტექსტის გადასაცემად. ეს უკანასკნელი სადენებითაა შეერთებული საბეჭდ მანქანებთან. ტექსტი, დაბეჭდილი ერთ-ერთ მათგანზე, ავტომატურად მეორდება მეორეზე. ყველაზე გავრცელებულია რულონური სატელეგრაფო აპარატები (ყოფილი საბჭოთა კავშირის) და T-63, რომელსაც უშვებდა ყოფილი გდრ.

ასხეავენ რადიოკავშირს და რადიოსატელეფონო კავშირს, რომელთათვისაც გამოიყენება აპარატურა, რომლებიც მუშაობს მოკლე და ულტრამოკლე ტალღებზე სტაციონარული და გადასაადგილებელი შესრულებით.

§2. საორგანიზაციო ტექნიკა

მართვაში გამოყენებული საორგანიზაციო ტექნიკის ყველა საშუალება შეიძლება დაიყოს რამდენიმე ჯგუფად:

ა) დოკუმენტების შედგენის საშუალებები – ეს არის საწერი მანქანები და დიქტოფონები, ავტოკალმები, მექანიკური ფანქრები და სხვადასხვა საშუალება.

ბ) ასლის გადაღებისა და დოკუმენტების ოპერატიული გამრავლების საშუალებები მოიცავს: ასლის გადიდების საშუალებებს – თერმო, ელექტრო და ფოტოგრაფიული, შუქპირგადასაღები; დოკუმენტების გამრავლების საშუალებები – მოწყობილობა ნაბეჭდი ფორმების დასამზადებლად, ჰექტოგრაფიული (სპირტისა) ბეჭდვისათვის, ტრაფარეტული ბეჭდვისათვის, კანტორის ოფსეტური მანქანები; მოწყობილობა ფოტოდოკუმენტების დასამუშავებლად – გასამუდავებელი, მიკროფოტოასლების დასამუშავებელი და გასამრათებელი, ფოტოგამადიდებელი, აპარატურა მიკროფოტოასლების წასაკითხად.

გ) დოკუმენტების დასამუშავებელი საშუალებები;

დ) დოკუმენტების შესანახი, მოსაძებნი და სატრანსპორტირებელი საშუალებები;

ე) საშუალებები სამხსახველო და საანგარიშო ოპერაციებისათვის;

ვ) ადმინისტრაციულ-საწარმოო კაეშირების საშუალებები – მოსაძებნი და გამოსაძახებელი მოწყობილობები, სატელეფონო კაეშირის შესაძლებლობათა გასაფართოებელი მოწყობილობები (ავტომოქასუხე, ავტოამკრეფი).

§3. გამომთვლელი ტექნიკა

ცნობილია გამომთვლელი მანქანების ორი ჯგუფი – ანალოგური და ციფრული. ანალოგური გამომთვლელი მანქანები ძირითადად გამოიყენება ტექნოლოგიური პროცესების სამართავად. დისკრეტულ გამომთვლელ მანქანებს მიეკუთვნება საკლავიშო ეგმ და ზოგიერთი სხვა. საკლავიშო გამომთვლელი მანქანები ასრულებენ არითმეტიკულ ოპერაციებს, ხოლო ზოგიერთი მათგანი იწერს ტექსტს და მონაცემებს ცხრილების ფორმით. საკლავიშო გამომთვლელი მანქანები იყოფა შემაჯამებელ, გამომთვლელ, საანგარიშო-საცხრილო, საანგარიშო-სატექსტო მანქანებად. გამოიყენება საადრიცხვო, საგეგმო და სხვა სამუშაოებისათვისაც. ელექტრონული გამომთვლელი მანქანები წარმოადგენს ავტომატებს ინფორმაციის მათემატიკური და ლოგიკური დამუშავებისათვის და ასრულებენ არითმეტიკულთან ერთად კლასიფიკაციის, შედარების, წინამდებარეს შედეგისაგან დამოკიდებულებით მომდევნო ოპერაციის შერჩევის ოპერაციებს.

ცნობილია სხვადასხვა სიმძლავრისა და დანიშნულების უნიფიცირებული სერიის ეგმ. ფართოდება წარმოება და გამოყენება მინი და მიკრო-ელექტროგამომთვლელი მანქანებისა, რომელთაც გააჩნიათ პატარა გაბარიტები და დიდი გამომთვლითი შესაძლებლობები. დაწერილებით ეგმ-ის შესახებ იხილე ქვემოთ.

§4. ორბავტომატები.

ორავტომატებს მიეკუთვნება საწერი ავტომატები ოპერატიული მეხსიერებით, რომელთაც გააჩნიათ დახსომების მოწყობილობა 5-დან 8 ათას ნიშნამდე, გათვალისწინებული

ტექსტის კორექტირებისათვის მანქანაზე ნაბეჭდი ორი ფურცლის ფარგლებში და დოკუმენტების შესადგენად ტიპური ტექსტების საფუძველზე; საწერი ავტომატები გარე მეხსიერებით, შესასრულებელი სამუშაოების წრე მათ უფრო ფართო აქვთ. საწერი ავტომატების ორივე სახე მზადდება გერმანიაში “რობოტრონის” ქარხანაში. ტექსტური დოკუმენტაციის დასამუშავებელი ავტომატებია “ორგტექსტი-2დ” (ყოფილი სსრკ), “რობოტრონ სმ 690804” (ყოფილი გდრ) და სხვები.

“ორგტექსტი-2დ”-ს გააჩნია ელექტრონული მეხსიერება 500 გვერდი ტექსტის მოცულობით, შეუძლია შეადგინოს ნებისმიერი ტექსტური და ციფრული დოკუმენტი მეხსიერებაში მქონე სტანდარტული დოკუმენტებისა და ტიპური ტექსტების ნაკრების საფუძველზე. “ორგტექსტი-2დ” აღჭურვილია ვიდეოტერმინალით. ვიდეოტერმინალზე განახლებული ტექსტები შეიძლება შემცირდეს, შეივსოს, გაუკეთდეს ჩანაძატი, მოიხსნას, შეიცვალოს. საბეჭდ მოწყობილობას შეუძლია ავტომატურად დაბეჭდოს შექმნილი, რედაქტირებული ან მეხსიერებიდან გამოძახებული დოკუმენტები. ხელსაწყოს შეუძლია, აგრეთვე, გაანაწილოს დავალება, გააკონტროლოს მათი შესრულება, მოამზადოს მასალები ანგარიშგებისათვის. “ორგტექსტი-2დ” პოულობს გამოყენებას საორგანიზაციო-განკარგულებითი, საგეგმო, ტექნოლოგიური და სხვა სახის დოკუმენტაციის შედგენის ავტომატიზაციისათვის.

მართვის პროცესების ავტომატიზაციაში შემდგომ ნაბიჯს წარმოადგენს ავტომატიზებული სამუშაო ადგილების შექმნა, რომლებიც ორიენტირებულია მართვის განსახდევრული ფუნქციების შესრულებაზე. კავშირგაბმულობის საშუალებების ავტომატიზაციის პროცესი და ელექტრონული კომუნიკაციის (“ელექტრონული ფოსტა”) საშუალებებზე გადასვლა საშუალებას იძლევა ინტელექტუალური ავტომატიზებული სამუშაო ადგილები გაერთიანდეს მრავალსაფეხურიან სისტემებში, რომლებიც მოიცავენ მართვის ყველა დონეს და შესაძლებლობას ქმნის პრინციპულად ახლებურად იქნეს ორგანიზებული მუშაობა დოკუმენტების მისაღებად, სარეგისტრაციოდ, გასანაწილებლად მართვითი გადაწყვეტილებების მისაღებად, მათ დასაყვანად შემსრულებლებამდე და შესრულების გასაკონტროლებლად.

§5. საინფორმაციო სისტემების კლასიფიკაცია

საინფორმაციო სისტემები შეიძლება კლასიფიცირებული იქნეს სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით. მართვისათვის აუცილებელი ინფორმაციის შემოწვდომის ხარისხის მიხედვით საინფორმაციო სისტემები არსებობს კომპლექსური და ლოკალური. იმისაგან დამოკიდებულებით, თუ როგორ ნაწილდება ინფორმაცია ქვედანაყოფებს შორის, ასხვავებენ ცენტრალიზებულ და დეცენტრალიზებულ სისტემებს, ხოლო დანიშნულების მიხედვით – საწარმოო და სამეცნიერო ინფორმაციის სისტემებს.

ინფორმაციული პროცესების მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის ხარისხის მიხედვით საინფორმაციო სისტემები იყოფა ინფორმაციის ხელით დამუშავების, მექანიზებულ და ავტომატიზებულ სისტემებად.

ავტომატიზებული საინფორმაციო სისტემები განსხვავდება გადასაწვევტი ამოცანების სახის მიხედვით: საინფორმაციო-საძიებო უზრუნველყოფს ინფორმაციის ძიებას ბიბლიოთეკაში; საინფორმაციო-საცნობარო გასცემს ინფორმაციას ერთჯერადი მოთხოვნების მიხედვით; საინფორმაციო-რჩევითი იძლევა შესაძლებელი გადაწყვეტილებების ვარიანტებს; საინფორმაციო-მართვითი უზრუნველყოფს მართვის კონკრეტული ფუნქციების რეალიზაციას, მათ, აგრეთვე, უწოდებენ მართვის ავტომატიზებულ სისტემებს. ასხვავებენ ავტომატიზებული სისტემების ორ ძირითად სახეს: ადმინისტრაციული (ორგანიზაციული) მართვის და ტექნოლოგიური, სატრანსპორტო და სხვა საწარმოო პროცესების მართვის სახეებს.

ადმინისტრაციული მართვის ავტომატიზებული სისტემები იქმნება წარმოების მართვის განსახლვრული ფუნქციების სარეალიზაციო პროცესების ავტომატიზაციისათვის, რომლებიც დაკავშირებულია დიდი რაოდენობის ინფორმაციის დამუშავებასთან. ყველაზე დიდი გავრცელება ინფორმაციის დამუშავების პროცესების ავტომატიზაციაში მიიღო პერსპექტიულ და მიმდინარე დაგეგმვაში, აღრიცხვაში, კონტროლში, წარმოების ოპერატიულ მართვაში, წარმოების მომსადაებაში, მატერიალურ-ტექნიკურ მომარაგების და კომპლექტაციის, ტრანსპორტის, კადრების მართვაში და სხვ.

ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემები – არის სისტემები, რომლებშიც ეგმ-ის და ავტომატი-

ზაცის სხვა საშუალებების საფუძველზე, ხორციელდება საწარმოო ინფორმაციის დამუშავება, ამ პროცესების ოპტიმალური მართვის უზრუნველყოფის მიზნით. მაგალითად, მქენებლობაში – ბეტონის ნარევის დამზადების პროცესების, რკინა-ბეტონის ნაკეთობათა თერმული დამუშავება. აქ მართვის ობიექტია – შრომის იარაღი (მანქანა, მანქანების კომპლექსი).

დაწერილებით ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლი-სა და მათი ავტომატური მართვის სისტემების შესახებ იხილე ქვემოთ.

§6. მართვის ავტომატიზებული სისტემის არსი

როგორც უკვე აღნიშნული იქნა, მართვის ხარისხის ამაღლების ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ გზას წარმოადგენს მართვის ავტომატიზებული სისტემების დანერგვა და ფართოდ გამოყენება. მართვის არაავტომატიზებულ სისტემაში სა-მართავე ობიექტების შესახებ მონაცემების მიმზადება, ცნობების გადაცემა უემდგომ ორგანოში, აღრიცხვა, დამუშავება, განზოგადება და სხვა ოპერაციები სრულდება ხელით, ხოლო მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში ისინი სრულდება ტექნიკური საშუალებების კომპლექსის დახმარებით.

ეგზ-ზე გადასაწყვეტი ამოცანები მოითხოვს ფორმალ-ზაციას. ამიტომ ეგზ-ის დანერგვას თან ერთვის ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდების და მოდელების ფართოდ გამოყენება, რაც ამსუბუქებს ფორმალ-ზაციას და იძლევა რთული ამოცანების ოპტიმალური გადაწყვეტების გამომუშავების შესაძლებლობას. ავტომატიზებულ სისტემებში ადამიანს ეკუთვნის წამყვანი როლი. იგი განსაზღვრავს მართვის მიზნებს, ღებულობს გადაწყვეტებს, ნიშნავს ამოსავალ მონაცემებს და ირჩევს გადაწყვეტილებების გამომუშავების მეთოდებს, ანიჭებს ეგზ-ის დახმარებით მიღებულ გადაწყვეტებს იურიდიულ ძალას, ასრულებს პროცესებსა და ოპერაციებს, რომელთა ავტომატიზება შეუძლებელი და მიზანშეუწონელია. ადამიანი მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში, უპირველეს ყოვლისა, წყვეტს ამოცანებს, რომლებიც მოითხოვს შემოქმედებით მიდგომას და არ ექვემდებარება ფორმალ-ზაციას.

მართვის რეალური ამოცანები შეიცავს სხვადასხვა მოთხოვნისა და პირობის სიმრავლეს; ისმება კითხვა, რომელი

მათგანი უნდა იქნეს აღებული მიზნობრივ ფუნქციებად, ხოლო რომელი – შეხლუღებებად. ნეეულებრივ, მიზნობრივ ფუნქციებს წარმოადგენს ამოცანის არსისათვის ყველაზე მნიშვნელოვანი მოთხოვნები, ხოლო დანარჩენების ფორმულირება ხდება შეხლუღების სახით. გამოკვლევების ერთობლიობამ ამ დარგში, მიიღო მათემატიკური პროგრამირების თეორიის სახელწოდება. მაგრამ, ამჟამად არ არსებობს გადაწყვეტის ერთიანი მეთოდი ნებისმიერი მიზნობრივი ფუნქციებისა და შეხლუღების დროს, არამედ არის გადაწყვეტები მხოლოდ კერძო შემთხვევებისათვის. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ ოპტიმიზაციის ამოცანები პრინციპულად განსხვავდება ფუნქციის ექსტრემუმის პოვნის კლასიკური ამოცანებისგან. განსხვავება დაკავშირებულია შეხლუღების არსებობასთან დასაშვები გადაწყვეტების არეში. შეხლუღების, აგრეთვე, მიზნობრივი ფუნქციების სხვადასხვაობა იწვევს ამოცანების ფორმულირების და, როგორც შედეგი, გადაწყვეტების მეთოდების დიდ სახესხვაობებს. ამოცანა მნიშვნელოვნად რთულდება, როდესაც გვაქვს რამდენიმე მიზნობრივი ფუნქცია. თვით ხაზოვანი შეხლუღების დროსაც, ამ შემთხვევაში ამოცანას ეწოდება ოპტიმიზაციის მრავალკრიტერიუმული ამოცანა. გამარტივების ერთ-ერთი ხერხია რამდენიმე მიზნობრივი ფუნქციის დაყვანა ერთზე. ეს შეიძლება განხორციელდეს რამდენიმე სახით: დატოვებულ იქნეს ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი რაიმე მიზეზებით, ხოლო დანარჩენი მიზნობრივი ფუნქციები შეკვლილ იქნეს შეხლუღებით, რაც რიც შემთხვევაში სრულიად გამართლებულია ან რამდენიმე მიზნობრივი ფუნქცია დაყვანილ იქნეს ერთზე, გარკვეული ჯამის სახით, გარკვეულად შერჩეული კოეფიციენტების სახით. თუ მიზნობრივი ფუნქცია ან ერთ-ერთი შეხლუღებიდან დამოკიდებულია დროსა ან სხვა პარამეტრზე, გამოიყენება ოპტიმიზაციის სპეციალური მეთოდები, რომლებიც ცნობილია დინამიკური და პარამეტრული პროგრამირების სახელწოდებით. ამასთან, ოპტიმიზაციის ამოცანა დაიყვანება უფრო მარტივი ამოცანების გარკვეული ერთობლიობის თანამიმდევრულ გადაწყვეტაზე. ნათქვამიდან ცხადია, რომ აღნიშნული პრობლემის გადაწყვეტა ეგმ-ის, ავტომატისაციის თანამედროვე საშუალებების გამოყენებლად შეუძლებელია.

როგორც სამამულო და სახლვარგარეთის გამოცდილება უზენებს, ავტომატიზებული სისტემების ეფექტურ მნიშვნელოვან, ძვირ და შრომატევად კომპონენტს წარმოადგენს მათი მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფა, რაც მნიშვნელოვანწილად განსახლვრავს მათ ეფექტურობას. თანამედროვე პირობებში ცალკე აღებული ეგმი და მათი უზრუნველყოფის პროგრამები არ წარმოადგენს მოსარგებლებებისათვის პრაქტიკულ ფასეულობას. მომხმარებლებს სჭირდებათ ე.წ. პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსები, ორიენტირებული განსახლვრული პრობლემებისა და ამოცანების გადაწყვეტასზე, რომლებსაც შეუძლია რეალიზაცია გაეკეთოს დაგეგმვისა და მართვის განსახლვრული პროცესების ავტომატიზაციის ეფექტურ ტექნოლოგიებს. როგორც წესი, ისინი წარმოადგენენ პერსონალური ან კოლექტიური სარგებლობის ავტომატიზებულ სამუშაო ადგილებს დიდი, მინი, მიკრო ან პერსონალური ეგმი-ის ბაზასზე, დაკომპლექტებულები აუცილებელი საერთო სისტემური და სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფით, აგრეთვე ინსტრუქციული მითითებებით მათი გამოყენების ტექნოლოგიის შესახებ კონკრეტული ამოცანების გადასაწყვეტად ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემასა და მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში.

§7. მართვის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურა

ორგანიზაციული მართვის ავტომატიზებული სისტემა შედგება ფუნქციური და უზრუნველყოფის ნაწილებისაგან. უკანასკნელი მოიცავს ინფორმაციულ, ლინგვისტურ, ტექნიკურ, მათემატიკურ და პროგრამულ უზრუნველყოფას. ეს ქვესისტემები ქმნის პირობებს მართვის ავტომატიზებული სისტემის ძირითადი ნაწილის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის და რეალიზაციას უკეთებს მართვის სხვადასხვა ფუნქციის ავტომატიზაციის პროცესს.

ინფორმაციული უზრუნველყოფის შემადგენლობაში შედის ნორმატიული და საცნობარო მონაცემები, მიმდინარე ცნობები, დაგროვილი სააღრიცხვო და საარქივო ცნობები, მონაცემები, აუცილებელი სისტემის დაგეგმვისა და განვითარებისათვის. ციხიდან ნებისმიერი ინფორმაცია უნდა იქოს გამოსახული შესა-

ბამის მატარებელზე, ინფორმაციული უსრუნველყოფის დამუშავება მდგომარეობს არა მხოლოდ ნაკადების ახრობრივი შინაარსისა და ინფორმაციული მახასიათებლების განსახლდერაში, არამედ ინფორმაციის მატერიალური მატარებლების განსახლდერაში, დოკუმენტაციის სისტემის შექმნასა და ინფორმაციის შენახვაში სამანქანო მატარებლებზე.

ტექნიკური უსრუნველყოფა მოიცავს ტექნიკური საშუალებების კომპლექსს, გათვალისწინებულს მართვის ავტომატიზებული სისტემების მუშაობისათვის. ტექნიკური საშუალებების კომპლექსი წარმოადგენს მართვის ავტომატიზებული სისტემების ერთ-ერთ მთავარ ნაწილს, რომელიც მნიშვნელოვანწილად წინასწარ განსახლდერაეს მართვითი შრომის ავტომატიზაციის დონეს. მართვის ავტომატიზებული სისტემის ტექნიკური საშუალებების კომპლექსის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს ეგმ ყველა მოწყობილობით, რომლებიც უსრუნველყოფს მის ნორმალურ მუშაობას, პერიფერიული მოწყობილობები, რომლებიც ინფორმაციის შეგროვების, დაგროვებისა და გადაცემის საშუალებას იძლევა, მონაცემების მიღება-გადაცემის აპარატურა და კავშირგაბმულობის საშუალებები, აგრეთვე, მონაცემების გაცემისა და გამრავლების საშუალებები.

მართვის ავტომატიზებული სისტემის პროგრამული უსრუნველყოფა მოიცავს მართვის ავტომატიზებული სისტემის ამოცანების რეალიზაციისათვის პროგრამების ერთობლიობას, რომლებიც უსრუნველყოფს მართვის ავტომატიზებული სისტემის ტექნიკური საშუალებების კომპლექსის ფუნქციონირებას. პროგრამული უსრუნველყოფა საშუალებას იძლევა რეალიზებულ იქნეს ეგმ-ზე ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდები, ალგორითმები და მოდელები.

მათემატიკური მოდელების, მეთოდების და ალგორითმების ერთობლიობა მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენებით ამოცანების გადასაწყვეტად და ინფორმაციის დასამუშავებლად შეადგენს მათემატიკურ უსრუნველყოფას.

განსაკუთრებით რთული და დიდი მართვის ავტომატიზებული სისტემებისათვის ზემოთ ჩამოთვლილი უსრუნველყოფის ქვესისტემების გარდა, მუშავდება კიდევ ორგანიზაციულ-უფლებრივი უსრუნველყოფის ქვესისტემა.

მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციური ნაწილი – ეს არის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ნაწილი, რომელიც წარმოადგენს ქვესისტემების ერთობლიობას, რომლებშიც ეკონომიკური და ორგანიზაციული მეთოდების კომპლექსის დახმარებით, ზემოთ მითითებული უზრუნველყოფების მეშვეობით ხორციელდება დაგეგმვის, აღრიცხვის, კონტროლის, ანალიზის კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტა. მართვითი გადაწყვეტილებების მიღება და რეალიზაცია. მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციური ნაწილის ქვესისტემების კონკრეტული შეკრება დამოკიდებულია ორგანიზაციის სპეციფიკაზე, რომლისთვისაც იგი მიქმავდება.

§8. საერთო ცნობები გამომთვლელი მანქანების შესახებ

მეცნიერებისა და ტექნიკის სწრაფი განვითარება, მთხონების ამაღლება შესასრულებელი სამუშაოების ხარისხისადმი, საანგარიშო და საპროექტო სამუშაოების რიგის ამაღლება, სატრანსპორტო და ენერგეტიკული ობიექტების რთული ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატიზაცია, რაც უზრუნველყოფს ოპტიმალური მართვის ორგანიზაციას, მთხონებს სულ უფრო რთულ და შრომატევად ანგარიშებსა და გამოთვლებს. ამგვარი ამოცანების დიდი ეფექტურობით გადასაწყვეტად შეიძლება გამოყენებული იქნეს თანამედროვე გამოთვლითი ტექნიკა, რომელიც საშუალებას იძლევა უძიკლეს ვადებში გაანგარიშებული და შერწყული იქნეს კვლეაზე ხელსაყრელი ვარიანტები.

გამომთვლელი მანქანების გამოყენება სამრეწველო დანიშნულების უმეტეს სისტემებში პრინციპში, მათ მიერ ადამიანის შეცვლის საშუალებას იძლევა. ეს განისაზღვრება ძირითადად იმით, ინფორმაციის დამახსოვრების შესაძლებლობები და ადამიანის გრძნობის ორგანოების გამტარუნარიანობა, მნიშვნელოვნად ჩამორჩება მანქანის შესაძლებლობებს. მანქანას გააჩნია უდიდესი უპირატესობა ინფორმაციის გადამუშავების სიჩქარისა და სიზუსტის მიხედვით, რაც მართვის მაღალეფექტური სისტემების შექმნის საშუალებას იძლევა. ზოგიერთი ნაკლოვანება, რაც დროებით ხასიათს ატარებს, მაგრამ, დამახასიათებელია გამომთვლელი მანქანებისათვის,

ეს არის მათი არასაკმარისი საიმედოობა, სირთულე და მაღალი ღირებულება. დროთა განმავლობაში ეს ნაკლავანებები უეჭველად იქნება აღმოფხვრილი და მაღალსაიმედო და არაძვირი მანქანების გამოჩენა ხელს შეუწყობს სამრეწველო დანიშნულების კომპიუტერული სისტემების ფართოდ გაყვრვას სახალხო მეურნეობის ყველა დარგში.

სპეციალიზებულ მანქანებთან ერთად შექმნილია მრავალმიზნობრივი დანიშნულების მანქანები (ფართო დანიშნულების უნივერსალური მანქანები). ეს მანქანები უკვე იყო გამოყენებული რიგი სამრეწველო ობიექტების კონტროლისა და მართვისათვის, რომლებიც ადრე არ ექვემდებარებოდნენ ოპტიმალურ მართვას ავტომატიკის სვეულბრივი საშუალებების დახმარებით. კიბერნეტიკული მანქანები გამოიყენება, აგრეთვე, მშენებლობის ორგანიზაციისა და მართვისათვის. მაგალითად, მსხვილი მშენებლობის დაწყების წინ დგება საშუალოთა ორგანიზაციის გრაფიკები. მაგრამ, მშენებლობის პროცესში წარმოიქმნება დაბრკოლებები, შეფერხებები სხვადასხვა მიზეზით. მაშინ აუცილებელია ყოველი კვირის - ათი დღის შემდეგ სისტემატურად გრაფიკების გადახედვა, საქმის ფაქტიური მდგომარეობის მხედველობაში მიღებით.

გამომთვლელი მანქანა მშენებლობებიდან მიღებული ინფორმაციის გათვალისწინებით აანალიზებს გრაფიკს, ავლენს ეიწრო ადგილებს და მიუთითებს, როგორ უნდა იქნეს კორექტირებული გრაფიკი მშენებლობის დადგენილ ვადებში დასამთავრებლად. ამას გარდა, ამასთან ხორციელდება უწყვეტი კონტროლი მშენებლობის მსვლელობის მიმართ.

აღნიშნულის გარდა, ელექტრონული გამომთვლელი მანქანები გამოიყენება სხვადასხვა სამშენებლო მანქანისა და მექანიზმის მართვისათვის. განსაკუთრებით მიზანშეწონილია მათი გამოყენება გზების, არხების, მილსადენების და სხვ. მომუშავე სამშენებლო მანქანების სამართავად.

ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანები წარმატებით გამოიყენება რკინა-ბეტონის ქარხნებში, ბეტონისა და დუღაბის ნარევის ოპტიმალური რეცეპტურის შესარჩევად, მათი კომპონენტების ფიზიკური თვისებებისაგან (ტენიანობა, ნატეხივნება, ქიმიური შემადგენლობა და სხვ.) დამოკიდებულებით.

§9. სამშენებლო-საანბნარიშო სამუშაოების ავტო-მატიზაცია

ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანები მშენებლობაში სულ უფრო ფართო გამოყენებას პოულობს ისეთი ტექნიკურ-ეკონომიკური ამოცანების გადასაწყვეტად, როგორიცაა:

1. საპროექტო სამუშაოების შესრულების დანქარება და ეფექტურად წარმართვა შემდეგი ღონისძიებების გატარებით:

ა) დრეკად ფუძესე განლაგებული საძირკვლებისა და კონსტრუქციების ანგარიში;

ბ) სამშენებლო კონსტრუქციების სტატიკური ანგარიში;

გ) რკინაბეტონის კონსტრუქციების ელემენტების ანგარიში;

დ) სეისმიური რაიონებისათვის გათვალისწინებული შენობების ჩარჩოების და სამრეწველო ნაგებობების საძირკვლების დინამიკური ანგარიში;

ე) მშენებლობის ქსელური გრაფიკების გაანგარიშება;

ვ) ზოგიერთი სანიტარულ-ტექნიკური ანგარიშების შესრულება;

ზ) სამშენებლო კონსტრუქციების ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასების გაანგარიშება;

თ) სახარჯთაღრიცხვო ანგარიშები;

ი) საბუღალტრო აღრიცხვის მექანიზაცია;

2. მსხვილი ნაგებობების მშენებლობის ორგანიზაცია უწყვეტი ნაკადის მეთოდით; მშენებლობის ორგანიზაციის ვარიანტული გაანგარიშება.

3. მასალების (გრუნტი, ქვიშა და ა.შ.) გადასიდვის ყველაზე ხელსაყრელი ვარიანტების შერჩევა, რომლებიც უზრუნველყოფენ მინიმალურ ხარჯებს მათ ტრანსპორტირებაზე.

4. სამშენებლო ობიექტებზე სამშენებლო მანქანების განაწილება სამუშაოების სახეებისა და ტიპების მიხედვით;

5. სამუშაოების შესრულების მოცულობისა და გეგმის მიხედვით მუშების რიცხოვნობის, მასალებში, მექანიზმებსა და სატრანსპორტო საშუალებებში მოთხოვნილებების გაანგარიშება.

6. მშენებლობის მოთხოვნილების განსახილვრა სამუშაო ძალაში, ტექნიკასა და მასალებში სამშენებლო მოედანზე სამუშაოების რიტმულობისა და მშენებლობის გეგმების შესრულების უზრუნველსაყოფად.

7. ავტორანსპორტის მუშაობის გრაფიკების და-
მუშაება გამოყენებული მანქანების ტიპების, სამშენებლო
მოედანზე ნაკეთობების ნომენკლატურისა და მათი მიწოდე-
ბის ვადების დადგენით, შენობების “თელეებიდან” მონტაჟის
დროს.

8. მშენებლობის დიდი მოცულობების დროს გამოი-
ყენება მშენებლობის დისპეტჩერული მართვა. დისპეტჩერს
უხდება მშენებლობის მომარაგების კოორდინირება მასაღუ-
ბით, სატრანსპორტო საშუალებებით უზრუნველყოფა, მან-
ქანებისა და მექანიზმების მუშაობის მართვა და ა.შ. მსხვილ
მშენებლობებზე სადისპეტჩერო პუნქტში თავს იყრის რამდენ-
იმე ასი ათასი ინფორმაცია (ველაში, რომლის გადამუშავე-
ბაც დისპეტჩერს არ ძალუძს. ამასთან დაკავშირებით მშენე-
ბლობის მსვლელობის ოპერატიული კონტროლისათვის “დის-
პეტჩერის მრჩეველი” ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანით
სარგებლობა.

9. ბეტონისა და დუღაბის ქარხნის ყველა ტექნოლოგი-
ური პროცესის მართვა, დაწყებული საწყობების დატვირთვით
და დამთავრებული მისა პროდუქციის გაცემით.

10. შენობების გეგმარების ყველაზე რაკიონალური და
ეკონომიკურად ხელსაყრელი წესის შერჩევა.

11. ნარეგების რეცეპტურის შერჩევა კომპონენტების
ტენიანობის, ქიმიური შემადგენლობის, ნატეხობისაგან
დამოკიდებულებით, რაც ხელს უწყობს სამშენებლო მა-
სალების ხარისხის გაუმჯობესებას.

12. სამშენებლო მასალების მრეწველობის ქარხნების მართვა
და სხვ.

§10. გამოთვლელი მანქანების კლასიფიკაცია

წარმოების კომპლექსური ავტომატიზაცია ითვალისწი-
ნებს შრომის ნაყოფიერების ამაღლებას არა მხოლოდ სამუ-
შაო ადგილზე სამქრობებში, არამედ მართვისა და აღრიცხ-
ვის სფეროში წარმოებაში. ამ მიზნებისათვის გამოიყენება
სხვადასხვაგვარი გამოთვლელი ტექნიკა და წარმოებებში
აყალიბებენ მანქანასაანგარიშო ბიუროს (MCB), მანქანასაან-
გარიშო სადგურებს (MCC) ან გამოთვლელ ცენტრებს (BL).
როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გამოთვლელ ტექნიკას გა-
618

მომთვლელი მანქანების გარდა მიეკუთვნება მექანიზირებული აღრიცხვისა და ორგტექნიკის სხვადასხვა საშუალებები.

გამომთვლელი მანქანები და ხელსაწყოები იყოფიან ორ ძირითად ჯგუფად: ანალოგური (მამოდელირებელი) გამომთვლელი მანქანები (უწყვეტი ქმედების მანქანები) და ციფრული გამომთვლელი მანქანები [დისკრეტული (წყვეტილი) ქმედების მანქანები].

ანალოგური (მამოდელირებელი) მანქანები. მათემატიკური სიდიდეები, რომლებიც მონაწილეობენ გამოთვლებში, ან მანქანებში გამოიხატებიან რაიმე ფიზიკური სიდიდეების, მაგალითად ელექტრული დენის ძაბვების, კუთხეების და ა.შ., უწყვეტად ცვალებადი სიდიდეების სახით, ე.ი. ფიზიკური სისტემების ელექტრული მოდელის სახით, რომელიც ხასიათდება სქემის აკრეფის სიმარტივით და ელექტრული გაზომვების ზუსტად ჩატარების შესაძლებლობით.

ელექტრულ მოდელებში გამოიყენება ელექტრომექანიკური (მანქანის დეტალების რხევების შესასწავლად, მექანიკური სისტემების რთული დეფორმაციების გამოსაკვლეველად), ელექტროჰიდროდინამიკური (ელექტროტექნიკის, დრეკადობის თეორიის, ელექტროტექნიკის, აეროდინამიკის და ჰიდრომექანიკის ამოცანების მოდელირებისათვის), ელექტროსითბური ანალოგები.

ანალოგური მანქანების მუშაობა ეფუძნება ბუნების მოვლენების ანალოგიის პრინციპს, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ მათემატიკური განტოლებების ერთიდაიგივე სისტემას შეუძლია აღწეროს თავისი ბუნებით სრულიად სხვადასხვაგვარი ფიზიკური პროცესები, ასე რომ თითოეული ამ პროცესებიდან შეიძლება ჩაითვალოს სხვა პროცესების მათემატიკურ მოდელად. მაშასადამე, განტოლებების მოცემული სისტემის გადასაწყვეტად საკმარისია გამოდელირდეს სისტემა ერთ-ერთი ამ პროცესის დახმარებით და შესრულდეს უწყვეტად ცვალებადი ფიზიკური სიდიდეების აუცილებელი გაზომვები. რასაკვირველია, ამ დროს მიზანშეწონილია ამორჩეული იქნეს ის პროცესი, რომელიც ყველაზე მოსახერხებელია შესასწავლად და გაზომვებისათვის და პრაქტიკულად ადვილად რეალიზდება.

ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ელექტრული და მექანიკური მამოდელირებელი დანადგარები. ასეთი დანადგარები

წვეულებრივ შედგებიან ცალკეული ბლოკებისაგან, რომლებიც გათვალისწინებულია რაიმე განსაზღვრული მათემატიკური მოქმედების შესასრულებლად. სხვადასხვა ამოცანების გადასაწყვეტად ამ ბლოკებს შესაბამისად უკეთებენ კომბინირებას ისე, რომ გადასაწყვეტი ამოცანის სირთულე, დამოკიდებულია არსებული ბლოკების რაოდენობასა და ტიპებზე.

ძირითად ბლოკებს წარმოადგენენ: 1) ფუნქციონალური გარდამქმნელები (მოცემული მათემატიკური ფუნქციების ასაგები ბლოკები); 2) ცვლადების შემაჯამებელი ბლოკები (მიმატებისა და გამოკლების ოპერაციების შესრულება); 3) ცვლადი სიდიდის მუდმივ კოეფიციენტზე გამრავლების ბლოკები; 4) ცვლადების გამრავლების ბლოკები; 5) ცვლადების გაყოფის ბლოკები; 6) დიფერენცირების ბლოკები; 7) ინტეგრირების ბლოკები. ამ ბლოკების აგება ხდება ავტომატიკის წვეულებრივი ელემენტების გარდა რიგი სპეციალური ელემენტების [პოტენციომეტრი, მბრუნავი ტრანსფორმატორი (სინუსურ-კოსინუსური საბრუნო ტრანსფორმატორი), გადამწყვეტი (ოპერაციული) გამაძლიერებლები და დიოდური ფუნქციონალური გარდამქმნელები] გამოყენებით.

იმასთან დაკავშირებით, რომ აუცილებელი მოწყობილობის რაოდენობა დამოკიდებულია ამოცანის სირთულეზე, ანალოგური მანქანები, როგორც წესი, წარმოადგენენ სპეციალიზირებულს, ე.ი. გათვალისწინებულს ერთიანი მიზნით ამოცანების მრავალჯერადი გადაწყვეტისათვის. ანალოგური მანქანები მარტივი და საიმედოა ექსპლოატაციაში, მათზე ამოცანის გადასაწყვეტად მომზადებაზე მოითხოვება შედარებით მცირე დრო, რადგან არ არის აუცილებელი პროგრამის შედგენა, რაც დიდ დროს საჭიროებს. გადაწყვეტის სინქარე (ციფრულ მანქანებთან შედარებით) მაღალია, რაც აიხსნება იმით, რომ გადაწყვეტის პროცესში მანქანის ყველა ელემენტი, როგორც წესი, მუშაობს ერთდროულად, მაშინ როდესაც გადაწყვეტა ციფრულ მანქანაზე არის შედეგი, დროში თანამიმდევრობით შესრულებული დიდი რიცხვის ოპერაციებისა, რომლებსაც აწარმოებენ მანქანის ელემენტები. მათ ნაკლს მიეკუთვნება გამოთვლების შედარებით მცირე სიზუსტე და საკითხების ვიწრო წრე, რომელიც შეიძლება გადაწყვეტილი იქნეს მათი დახმარებით.

ანალოგური მანქანები გამოიყენება წრფივი და არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებების, ინტეგრალური განტოლებების, ალგებრული განტოლებების სისტემის ამოსახსნელად (მოვლენის ხარისხობრივი სურათის შესწავლის მიზნით), ავტომატური რეგულატორების მუშაობის გამოსაკვლევად მოდელირების მეთოდით.

არაავტომატური მექანიკური ანალოგური ხელსაწყოთა ყველაზე მარტივ მაგალითს წარმოადგენს ღოგართმეული სახაზავი. რიცხვების მოდელირება აქ ხდება სახაზავის სკალების სიგრძეებით.

ციფრული გამომთვლელი მანქანები. ელექტრონული ციფრული გამომთვლელი მანქანა ეწოდება ავტომატურ მოწყობილობას, გათვალისწინებულს მიწოდებული პროგრამის შესაბამისად ინფორმაციის აღსაქმელად, ამ ინფორმაციის გარდასაქმნელად ელექტრული იმპულსების სერიად შეძგვამი შენახვით და მიწოდებული ინფორმაციის დიდი სიჩქარით გადასამუშავებლად და ანგარიშის შედეგების გასაცემად დაბეჭდილი ან სხვა სახით.

ელექტრონული ციფრული გამომთვლელი მანქანები წარმოადგენენ საინჟინრო, მმართველ და საანგარიშო სამუშაოების ავტომატიზაციის ძირითად ტექნიკურ საშუალებას მრეწველობის ყველა დარგში, მათ შორის მშენებლობაშიც. კერძოდ, მათ იყენებენ მშენებლობის ორგანიზაციის, ეკონომიკისა და დაგეგმვის დარგში ამოცანების გადასაწყვეტად.

ციფრულ მათემატიკურ მოწყობილობებში ყველა სიდიდე დაქვემდებარებული ანალიზისა და მართვისათვის, გამოიხატება რიცხვების სახით ციფრულ ფორმაში; მათზე მოქმედება დაიყვანება ოთხი არითმეტიკული მოქმედების თანმიმდევრობით შესრულებაზე. ასეთი ხელსაწყოებისა და მანქანების მუშაობის სიზუსტე განუსაზღვრელია. ეს ხელსაწყოები და მანქანები უნივერსალურებია, რადგან საქმე აქვთ უშუალოდ ციფრებთან. გამომთვლის სიჩქარეების ამადლება ციფრულ გამომთვლელ მანქანებს ხდის შეუკვლელს, მსხვილი და ზუსტი გამომთვლითი სამუშაოების საწარმოებლად. ამ მანქანებზე პრინციპში შეიძლება ნებისმიერი ამოცანის გადაწყვეტა, თუ მხოლოდ ცნობილია მისი გადაწყვეტის რიცხვითი მეთოდი, ე.ი. ამოცანის ამოსახსნელად საჭიროა მოძიებნოს ამ ამოცანის ამოხსნის ალგორითმი, რომელიც წარ-

მოადგენს გარკვეული თანმიმდევრობით შესასრულებელი მათემატიკური ოპერაციების ერთობლიობას, რითაც შესაძლებელია ამოიხსნას მოცემული ტიპის ყველა ამოცანა.

ციფრულ ელექტრონულ მანქანებზე შესაძლებელია:

1. მათემატიკური გამოთვლების წარმოება რთული სამეცნიერო და ტექნიკური პრობლემების გადაწყვეტის დროს;
2. არაართმეტიკული ამოცანების გადაწყვეტა;
3. ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატური მართვა;
4. ინფორმაციის დამუშავება.

მანქანები მათემატიკური გამოთვლების საწარმოებლად შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად:

1. მცირე – მცირე გაანგარიშებების საწარმოებლად;
2. საშუალო – მსხვილი გამოთვლითი სამუშაოების შესასრულებლად;

3. დიდი – განსაკუთრებული სირთულის უნიკალური ამოცანების გადასაწყვეტად.

მანქანები არამათემატიკური სამუშაოების საწარმოებლად გამოიყენება ტექსტის ერთი ენიდან მეორეზე გადათარგმნის და ლოგიკური ამოცანების გადაწყვეტის დროს (მაგალითად, ნარევის კომპონენტების ფიზიკური თვისებების მიხედვით განისაზღვრება მისი ოპტიმალური შემადგენლობა), ნახაზებისა და ნახატების გადასაცემად, დავალების მიღება და ინფორმაციის გადაცემა კავშირგაბმულობის არხებით და მრავალი სხვა.

მმართველი მანქანები გათვალისწინებულია ტექნოლოგიური პროცესების სამართავად.

აღნიშნულ მანქანაში შედის ინფორმაცია (კალკული პროცესების მსვლელობის შესახებ; მიღებული მონაცემების შესაბამისად შეირჩევა ოპტიმალური რეჟიმი და გაიცემა ბრძანებები მის შესასრულებლად.

მანქანები ინფორმაციის დასამუშავებლად გამოიყენება, როდესაც აუცილებელია სტატისტიკური ცნობების, სამეცნიერო სამუშაოების შედეგების გამოკვლევა და სხვა შემთხვევებში.

ციფრულ მანქანებს შორის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვთ ავტომატურ ციფრულ გამომთვლელ მანქანებს. ასეთ მანქანებს გააჩნიათ ყველა ის თვისება, რომლებიც დამახასიათებელია ციფრული მანქანებისათვის, და, გარდა ამისა, ამ

მანქანებს შეუძლიათ ხანგრძლივი დროით იმუშაონ ადამიანის უშუალო მონაწილეობის გარეშე, მათთვის წინასწარ მოცემული პროგრამით. პროგრამა შეიცავს ინფორმაციას მოქმედებების იმ თანამიმდევრობის შესახებ, რომელიც უნდა შეასრულოს მანქანამ დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად.

თანამედროვე ელექტრონული ციფრული მანქანები რთული ავტომატური საანგარიშო-გადამწყვეტი და ლოგიკური მოწყობილობებია. მანქანა შედგება ბლოკებისაგან (მოსწობილობებისაგან), ბლოკები – კვანძებისაგან, ხოლო კვანძები – ელემენტებისაგან. ელემენტების რიცხვი მანქანაში შეიძლება აღწევდეს რამდენიმე ასეულ ათასს.

პირველი ელექტრონული ციფრული გამომთქვამელი მანქანა* ყოფილ საბჭოთა კავშირში შეიქმნა 1951 წელს. შემდგომ წლებში მანქანები უმჯობესდებოდა თავის განვითარებაში, იზრდებოდა მათი სწრაფმოქმედება და მახსოვრობის მოცულობა, მცირდებოდა მანქანების ელემენტების ზომები და იზრდებოდა მათი საიმედოობა, მარტივდებოდა ადამიანის ურთიერთობა მანქანასთან და ფართოვდებოდა მანქანის დახმარებით გადასაწყვეტი ამოცანების წრე. ასე მაგალითად, 1960 წლამდე მანქანები იქმნებოდა ელექტრონულ ნათურებზე, შემდგომი მანქანები (1969 წლამდე) – ნახევარგამტარებზე; ამჟამად მანქანები სრულდება მიკრომოდულზე და ინტეგრალურ სქემებზე. შევნიშნავთ, რომ მეოთხე თაობის გამომთქვამელი მანქანების სწრაფმოქმედება აღწევს 100 მლნ. ოპერაციას წამში, ხოლო მეხუთე თაობის მანქანებისა 100 მილიარდ ოპერაციას წამში. თუ პირველი ოთხი თაობის მანქანები ასრულებდნენ ძირითადად რიცხვითი ხასიათის ანგარიშებს, მეხუთე თაობის მანქანებისათვის გაანგარიშებულების საფუძველია ლოგიკა. სწრაფმოქმედების მნიშვნელოვანი გაზრდა მიიღწევა ამოცანის მრავალრიცხოვანი ნაწილების ერთდროული გადაწყვეტით, მათი თანამიმდევრობითი გადაწყვეტის ნაცვლად.

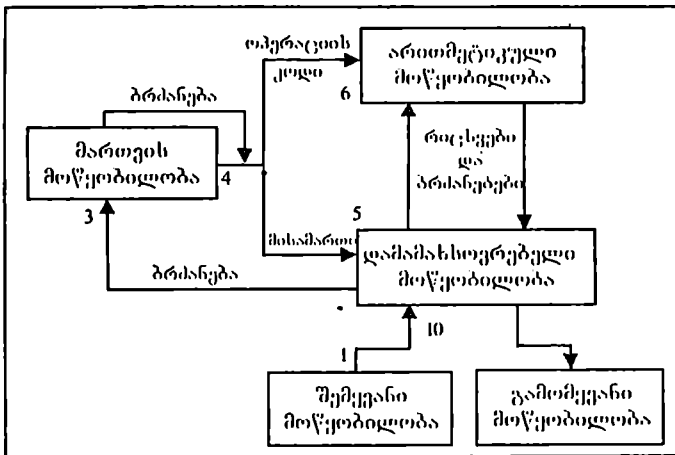
* არაავტომატური მექანიკური ციფრული მოწყობილობის მაგალითებს წარმოადგენს არითმომეტრი, სხვადასხვა მექანიკური კლავიშებიანი საანგარიშო მანქანები, საანგარიშო-ანალიზური მანქანები (მუშაობენ პერფოკარტებთან – კარტონის კარტები ხვრეტების სისტემით).

§11. ელექტრონულ ციფრული გამომთვლელი მანქანის სტრუქტურა

მიუხედავად სხვადასხვაგვარობისა და სხვადასხვა ტიპის ЭЦБМ-ის დიდი რაოდენობისა, ყველას მათ გააჩნიათ ანალოგიური სტრუქტურა, ე.ი. შედგებიან შემდეგი ძირითადი მოწყობილობებისაგან:

1. მონაცემების შეყვანის (შეტანის) მოწყობილობა;
2. არითმეტიკული მოწყობილობა;
3. დამამახსოვრებელი მოწყობილობა;
4. მართვის (მმართველი) მოწყობილობა;
5. შედეგების გამოყვანის (გამოტანის) მოწყობილობა და ასახულების საშუალებები.

ციფრული გამომთვლელი მანქანის სტრუქტურული სქემა მოყვანილია ნახაზზე 12.1. სქემა უჩვენებს, რომელი მოწყობილობები შედის მანქანის შემადგენლობაში და როგორ ხდება მათ შორის ინფორმაციის გაცვლა.



ნახ12.1. ბლოკ-სქემა

მონაცემების შეყვანის მოწყობილობის დანიშნულებაა მანქანაში საწყისი რიცხვების და გამოთვლების პროგრამის შეყვანა. პროგრამა წარმოადგენს ბრძანებების თანმიმდევრობას. ბრძანება შეიცავს მითითებას სად იმყოფებიან რიცხვები და რა ოპერაცია (შეკრება, გამოკლება, ნულთან შედარე-

ბა, გადაგზავნა და ა.შ.) უნდა განხორციელდეს მათზე. პროგრამა იწერება პერფოკარტებზე, პერფოლენტაზე, მაგნიტურ ლენტაზე, დისკებზე ან დოლებზე და სხვ. პერფოკარტები და პერფოლენტები მზადდება ქალაქის ან პლასტმასისაგან. ინფორმაცია დაიტანება ხერეტიცის გაკეთების გზით. უფრო თანამედროვე და პერსპექტიულია ინფორმაციის დატანა მატარებლის სუდაპირის უბნების დამაგნიტებულობის ცვლილების დახმარებით. მაგნიტური ლენტი მაგნიტოფონის ლენტის ანალოგიურია, ხოლო დისკი გვაგონებს გრამფირფიტას. დისკის სუდაპირი დაფარულია ფერომაგნიტური ფენით, ხოლო მონაცემები განლაგებულია ბრუნვის ცენტრის გარშემო კონცენტრულად განთავსებულ კვლებზე. დისკები შეიძლება გაერთიანდეს მოსახსნელ ან სტაციონარულ პაკეტებში. დისკების ტევადობა განსხვავებულია და დამოკიდებულია დანიშნულებაზე. მაგალითად, გავრცელებულია მოსახსნელი მაგნიტური დისკები EC-5052, რომელთა ტევადობაა 29 მბაიტი, და სტაციონარული დისკები EC-5066 – 100 მბაიტი.

ინფორმაციის დასატანად სამანქანო მატარებელზე გამოიყენება პერფორატორები, რომლებიც ინფორმაციის პერფოკარტებსა და პერფოლენტებზე გადატანის საშუალებას იძლევა. ამისათვის ისინი აღჭურვილია სპეციალური პუნსონებით, რომლებიც მონაცემების კოდის შესაბამისად ხერეტენ ხერეტების განსაზღვრულ ჯგუფს პერფოკარტაზე ან პერფოლენტზე. პერფორატორებს ჩვეულებრივ აქვს კლავიშური მართვა, ბრძანება და რიცხვები წარმოდგება კოდების სახით. პროგრამის შედგენა ხდება წინასწარ და მანქანაში შეიყვანება ამოცანის გადაწყვეტის წინ. პროგრამის შეყვანისას რიცხვები და ბრძანებები ფიქსირდება დამამახსოვრებელი მოწყობილობის უჯრედებში. ხშირად გამოიყენება სამმისამართიანი ბრძანებები, რომლებიც შეიცავენ ორი საწყისი რიცხვის მისამართებს (უჯრედების ნომრებს, სადაც ინახება ეს რიცხვები მესხიერების მოწყობილობაში) და უჯრედის მისამართის, სადაც უნდა იქნეს გაგზავნილი ამ ორ რიცხვზე ოპერაციის შედეგი, მას შემდეგ რაც პროგრამა შეყვანილია დამამახსოვრებელ მოწყობილობაში, ყველა გადაწყვეტა წარმოებს ავტომატურად. 12.1 ნახაზზე მოყვანილ ბლოკ-სქემაზე ბრძანების მიღების მიმდევრობაა 1-10-3-4-5-6.

არითმეტიკური მოწყობილობა ასრულებს არითმეტიკულ და ლოგიკურ ოპერაციებს რიცხვებზე: შეკრებას, გამოკლებას, გამრავლებას, გაყოფას, ორი რიცხვის შედარებას და სხვ. ამიტომ, არითმეტიკული მოწყობილობა შეიცავს შემაჯამებელ, გამრავლებისა და გაყოფის ბლოკებს. არითმეტიკული ოპერაციები შეიძლება შესრულდეს თანმიმდევრობით ან პარალელურად.

არითმეტიკულ მოწყობილობაში რიცხვები მიეწოდება დამხსომებელი მოწყობილობიდან. რიცხვებზე ოპერაციის მოცემული კოდით გამოხატული მოქმედება წარმოებს. რიცხვი, რომელიც წარმოადგენს ოპერაციის შედეგს, კვლავ იგზავნება დამხსომებელ მოწყობილობაში.

შუალედი შედეგის ნიშნისაგან დამოკიდებულებით (მაგალითად, იმისაგან, მიღებულ რიცხვს აქვს დადებითი ან უარყოფითი ნიშანი) არითმეტიკული მოწყობილობიდან მართვის მოწყობილობაში გადაეცემა სიგნალი, რომელიც შესაბამისად ცვლის ოპერაციის თანმიმდევრობას.

დამამახსოვრებელი მოწყობილობა ინახავს მასში შეყვანილ საწყის მონაცემებს და ბრძანებებს, აგრეთვე, შუალედურ შედეგებს. ციფრულ მანქანებს ჩვეულებრივ გააჩნიათ გარე და შიგა დამამახსოვრებელი მოწყობილობა.

გარე დამამახსოვრებელი მოწყობილობა დიდი ტევადობისაა (ათეული და ასეული მილიონი ბაიტი), მაგრამ ნაკლები სწრაფმოქმედება აქვს. იგი შეიცავს მონაცემების დიდ რიცხვს, რომლებიც უშუალოდ არ მონაწილეობენ ოპერაციებში და წარმოადგენენ რეზერვს შიდა დამამახსოვრებელი მოწყობილობისათვის (მაგალითად, ელემენტალური ტრიგონომეტრიული ფუნქციების, ლოგარითმების და ა.შ. გამოსათვლელ პროგრამებს). გარე დამამახსოვრებელი მოწყობილობა სრულდება მეტწილად მაგნიტურ ლენტებზე. შიგა (ოპერატიული) დამამახსოვრებელ მოწყობილობას გააჩნია შედარებით მცირე ტევადობა (8-დან 4096 კბაიტამდე) და მაღალი სწრაფქმედება. იგი განკუთვნილია ოპერაციების შესასრულებლად აუცილებელი შუალედი შედეგების და სხვა მონაცემების დასამახსოვრებლად, ოპერატიული დამამახსოვრებელი მოწყობილობა სრულდება ჩვეულებრივ მაგნიტურ გულარებზე ან მაგნიტურ დოლებზე.

მართვის მოწყობილობა უზრუნველყოფს მანქანაში შეყვანილი პროგრამის ავტომატურ შესრულებას. იგი შეიცავს

გენერატორს, რომელიც გასცემს მმართველ იმპულსებს, რომლებიც განსაზღვრავენ მანქანის მუშაობის მსგეველობას. მართვის მოწყობილობა აგზაენის დამამახსოვრებელ მოწყობილობაში მორიგი ბრძანებების მისამართებს (უჯრედების ნომრებს, სადაც ინახება ბრძანებები). ბრძანებები ამორჩევა დამამახსოვრებელი მოწყობილობიდან და იგზაენება მართვის მოწყობილობაში, სადაც ხდება მათი გაშიფვრა. ბრძანებაში მითითებული მისამართის შესაბამისად, წარმოებს რიცხვების გადაცემა დამამახსოვრებელი მოწყობილობიდან არითმეტიკულ მოწყობილობაში და ოპერაციის შესაბამისი კოდი მომართავს არითმეტიკულ მოწყობილობას აუცილებელი ოპერაციის შესრულებას. მიღებული რიცხვი შედეგის მისამართის მიხედვით იგზაენება დამამახსოვრებელ მოწყობილობაში. ოპერაციის შედეგის წინასწარ მოცემული ნიშნის დროს მართვის მოწყობილობას შეუძლია შეცვალოს შემდგომი გამოთვლების მსგეველობა. მართვის მოწყობილობა აგზაენის, აგრეთვე, აუცილებელ სიგნალებს მონაცემების შეყვანისა და გამოყვანის მოწყობილობაში.

ზემოთ აღწერილ ორ მოწყობილობას (არითმეტიკულს და მართვის) ხშირად აერთიანებენ და უწოდებენ პროცესორს, ეგმ-ში შეიძლება იყოს რამდენიმე პროცესორი. ცენტრალური პროცესორის გარდა, გამოიყენება კიდევ სპეციალიზებული პროცესორები, რომლებიც თავის თავზე იღებენ ცალკეული მოწყობილობების მართვის ფუნქციას, მაგალითად, შეყვანა-გამოყვანის ბრძანებების შესრულებას.

ეგმ-ების მუშაობაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მოწყობილობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ პროცესორების მიერთებას გარე მოწყობილობებთან და იწოდებიან შეყვანა-გამოყვანის არხებად. ასხვაეებენ ორი ტიპის არხს: სელექტორულს და მულტიპლექსურს. სელექტორული არხი უზრუნველყოფს მუშაობას ერთდროულად ერთ გარე მოწყობილობასთან. ამიტომ ასეთი არხები გამოიყენება სწრაფმოქმედ ისეთ გარე მოწყობილობებთან სამუშაოდ, როგორცაა მაგნიტური დისკები და ლენტები. მულტიპლექსური არხები გათვალისწინებულია ინფორმაციების გასაცვლელად ერთბაშად რამდენიმე ნელა მომუშავე მოწყობილობებთან.

შედეგის გამოყვანის მოწყობილობა განკუთვნილია გამოთვლების საბოლოო შედეგების მისაღებად. ჩვეულებრივ ეს

შედგები მიიღება მანქანაში პერფორუკებსე, პერფოლენტებსე ან მაგნიტურ ლენტებსე და შემდეგ ავტომატურად გადაიბეჭდება ციფრული ცხრილების სახით ქაღალდის ლენტაზე, რომელსაც ტაბულაგრამა ეწოდება. რიგ შემთხვევებში გამოთვლების შედეგები შეიძლება გამოყენებული იქნეს საწყის მონაცემებად. მეორე ამოცანის გადასაწყვეტად ან წარმოადგენდეს პროგრამას პროგრამული მართვით აღჭურვილი რაიმე ჩარხის ან ტექნოლოგიური მანქანის მუშაობისათვის.

შეყვანა-გამოყვანის მნიშვნელოვან და პროგრესულ საშუალებას წარმოადგენს დისკლეი. დისკლეები არის სხვადასხვა ტიპის და განსხვავდება ერთმანეთისაგან ეკრანის სომებით, მათზე მოთავსებული სიმბოლოების რიცხვით, გამოსახული ინფორმაციის ხასიათით (აღფაბეტურ-ციფრული, გრაფიკული) და სხვ. ისინი შეიძლება იყოს შავ-თეთრი და ფერადი. გრაფიკული დისკლეების გამოყენება საშუალებას იძლევა სწრაფად აიგოს და გადაეკოდეს სხვადასხვა ნახაზი და სქემა და სხვ.

დამუშავების შედეგების მისაღებად ქაღალდზე აღფაბეტურ-ციფრული ან გრაფიკული სახით გამოიყენება გრაფომები.

საბეჭდი მოწყობილობები გეხვდება სხვადასხვა ტიპის და განსხვავდება ერთმანეთისაგან სწრაფმოქმედებით, სტრიქონში სიმბოლოებისა და ასლების მაქსიმალური რიცხვით. საბეჭდი მოწყობილობის მაგალითს წარმოადგენს საწყრი მანქანა, რომელიც ახორციელებს სიმბოლოების თანამიმდევრულ ბეჭდვას. ბევრ ეგმ-ში გამოყენებული აღფაბეტურ-ციფრული საბეჭდი მოწყობილობა ბეჭდავს ერთბაშად სტრიქონს 128 სიმბოლომდე სიჩქარით. 600-900 სტრიქონი წთ-ში.

გრაფომები საშუალებას იძლევა ქაღალდზე გამოიხატოს გრაფიკული და ტექსტური ინფორმაცია, ნახაზები, სქემები და მათი შესაბამისი ტექსტები. ამჟამად ვითარდება, აგრეთვე, მოწყობილობები სიტყვისა და ინფორმაციის სხვა ბგერითი ფორმების გამოსაყვანად.

ზემოთ ჩამოთვლილი ძირითადი ტიპები ეგმ-ის მოწყობილობებისა შეიძლება გაერთიანდეს ცალკეულ მოდულებში (პროცესორული მოდული, ოპერატიული მეხსიერების, გარე მოწყობილობების და ა.შ.). ეს საშუალებას იძლევა უზრუნველყოფილი იქნეს ეგმ-ის აგების მოდულური პრინციპი, როდესაც მოდულები შეიძლება მომატებულ ან შემცირებულ

იქნეს აუცილებლობისაგან დამოკიდებულებით. მაგალითად, შეიძლება გაიზარდოს ოპერატიული მეხსიერება, დაემატოს შეყვანა-გამოყვანის მოწყობილობა და ა.შ. შედეგად, წარმოიქმნება შესაძლებლობა შეიქმნას კომპლექსები განსხვავებული მახასიათებლებით, ერთი სერიის ეგზ-ის სახლურებში.

ელექტრონულ-ციფრული გამომთვლელი მანქანის მოწყობილობებიდან მხოლოდ შეყვანისა და გამოყვანის მოწყობილობებს აქვთ მექანიკური მოძრავი რგოლები, რაც წარმოადგენს ძირითადად მათ ნაკლს, რადგან მათი მუშაობის სინქარე მნიშვნელოვნად ნაკლებია მანქანის ყველა დანარსენი მოწყობილობების სინქარესე.

ამოცანის გადაწყვეტა ელექტრონულ-ციფრულ გამომთვლელ მანქანასე შედგება შემდეგი მომენტებისაგან:

1. წარმოდგენილი ამოცანის შესწავლა მათემატიკოსების მიერ და ალგორითმის შედგენა მის გადასაწყვეტად.

2. ალგორითმის დაყვანა პროგრამისტების მიერ ბრძანებების თანამიმდევრობასე – პროგრამასე მოცემული მანქანის სპეციფიკის გათვალისწინებით.

3. პროგრამისა და საწყისი მონაცემების დატანა ოპერატორის მიერ ინფორმაციის მატარებელსე კოდირებულ ფორმაში (ათელის ორობით და სხვა სისტემაში), მანქანისათვის წასაკითხად მოსახერხებლად.

4. ინფორმაციის მატარებლიდან მანქანაში პროგრამის ავტომატურად ან ნახევარავტომატურად შეყვანა.

5. მანქანის მიერ ამოცანის ავტომატურად გადაწყვეტა.

6. მანქანიდან მონაცემების ავტომატურად გამოყვანა.

7. მათემატიკოსების მიერ გადაწყვეტის შედეგების ანალიზი და დამკვეთისათვის ანგარიშის წარდგენა მოცემული ამოცანის გადაწყვეტის შესახებ.

§12. ათვლის სისტემა

ათელის სისტემა ეწოდება რიცხვების ჩაწერის წესს ციფრითი ნიშნებით. ცნობილია ათელის პოზიციური და არა-პოზიციური სისტემები.

ათელის პოზიციურ სისტემაში ყოველი ციფრის სიდიდე დამოკიდებულია მის ადგილმდებარეობასე (პოზიციასე) რიცხვში. მაგალითად, რიცხვში 777 მარცხნიდან პირველი 7

შესაბამება ასეულს, მეორე 7 – ათეულს, ხოლო მესამე 7 – ერთეულს.

ათელის პოზიციური სისტემის მაგალითებია: ათობითი, რვაობითი, ორობითი, თექვსმეტობითი და სხვა.

ათელის არაპოზიციურ სისტემაში ციფრის სიდიდე არ არის დამოკიდებული მის ადგილმდებარეობაზე (პოზიციაზე) რიცხვში.

ათელის არაპოზიციური სისტემის მაგალითია რომაული ათელის სისტემა. მაგალითად, რიცხვში XXX ციფრი X ნებისმიერ ადგილას ნიშნავს ათს.

ციფრულ მანქანებში ძირითადად გამოიყენება პოზიციური სისტემები. არაპოზიციური სისტემები გამოთვლებისათვის მოუხერხებელია.

§13. ათვლის პოზიციური სისტემები

ათელის ათობით სისტემაში ყოველი რიცხვი გამოისახება ათი სხვადასხვა ციფრის საშუალებით: 0, 1, 2..., 9. ათი არის ამ სისტემის ფუძე და აღინიშნება ორი ციფრით: 10.

სხვა პოზიციური სისტემებია: ორობითი, სამობითი, ხუთობითი, რვაობითი, თექვსმეტობითი და სხვ., რომელთა ფუძეებია, შესაბამისად, ორი, სამი, ხუთი, რვა და თექვსმეტი.

ნებისმიერი რიცხვი ყოველ პოზიციურ სისტემაში შეიძლება გამოისახოს ფორმულით:

$$N_q = k_n q^n + k_{n-1} q^{n-1} + \dots + k_2 q^2 + k_1 q^1 + k_0 q^0 + k_{-1} q^{-1} + \dots, \quad (12.1)$$

სადაც

N_q არის N რიცხვი q სისტემაში;

q – სისტემის ფუძე;

n – თანრიგის ნომერი;

k – კოეფიციენტი, რომელმაც შეიძლება მიიღოს სხვადასხვა ციფრითი მნიშვნელობები. რიცხვი N_q მოკლედ შეიძლება ჩაიწეროს ასეთი სახით:

$$N_q = k_n k_{n-1} \dots k_2 k_1 k_0 k_{-1} \dots \quad (12.2)$$

მაგალითად, ათობითი რიცხვი 374,65 დაიშლება შემდეგნაირად:

$$374,65 = 3 \cdot 10^2 + 7 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0 + 6 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2}$$

ამრიგად, ყოველი ათობითი რიცხვი წარმოადგენს შესაბამის კოეფიციენტებზე გამრავლებულ სხვადასხვა ათობითი ხარისხების ჯამს.

ათვლის რვაობით სისტემაში ყოველი რიცხვი გამოისახება რვა ციფრის საშუალებით: 0, 1, 2... 7. რვა არის ამ სისტემის ფუძე და აღინიშნება ორი ციფრით 10.

მაგალითად, ათობითი რიცხვი ორმოცდაათორმეტი [52]₁₀ რვაობით სისტემაში გამოისახება შემდეგნაირად:

$$[52]_{10} = 6 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0 = [64]_8.$$

ამ გამოსახულებაში 10 ნიშნავს რვას, ე.ი.

$$6 \cdot 8^1 + 4 \cdot 8^0 = 6 \cdot 8 + 4 \cdot 1 = 48 + 4 = 52.$$

ციფრულ მანქანებში ამოცანის პროგრამა იწერება ათვლის რვაობით სისტემაში.

ათვლის ორობით სისტემაში ყოველი რიცხვი გამოისახება ორი ციფრით: 0-თა და 1-ით. ორი არის ამ სისტემის ფუძე და აღინიშნება ორი ციფრით: 10.

ნებისმიერი რიცხვი ორობით სისტემაში გამოისახება ფორმულით:

$$N = k_n \cdot 10^n + k_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \dots + k_2 \cdot 10^2 + k_1 \cdot 10^1 + k_0 \cdot 10^0 + k_{-1} \cdot 10^{-1} + \dots, \quad (12.3)$$

სადაც 10 ნიშნავს ორს, ხოლო k კოეფიციენტებმა შეიძლება მიიღონ მხოლოდ ორი მნიშვნელობა: 0 და 1.

ათობითი რიცხვი ორმოცდაათორმეტი ორობით სისტემაში გამოისახება შემდეგნაირად:

$$[52]_{10} = 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 1 \cdot 32 + 1 \cdot 16 + 0 + 1 \cdot 4 + 0 + 0 = 52 = [110100]_2.$$

ჩანაწერი 110100 ნიშნავს, რომ (მარჯვნიდან მარცხნივ) მოცემულ რიცხვში არ არსებობს 2^0 , 2^1 , არსებობს 2^2 , არ არსებობს 2^3 და არსებობენ 2^4 და 2^5 . ამ სიდიდეების ჯამი შეადგენს ორობით რიცხვს 110100, რომელიც ათობითი ათვლის სისტემაში გამოისახება, როგორც 52. ჩანაწერი 110100 იწოდება რიცხვის ორობით კოდით (ისე როგორც 52 – რიცხვის ათობით კოდად).

ათობით სისტემაში თანრიგები: ერთეული, ათეული, ასეული, ათასეული და ა.შ., ორობით სისტემაში ტოლფასია: ერთეული, ორიანი, ოთხიანი, რეიანი და ა.შ.

ათობით სისტემაში	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	25	100
ორობით სისტემაში	0	01	10	11	100	101	110	111	1000	1001	1010	11001	1100100.

რიცხვები, გამოსახული ორობით სისტემაში, მხოლოდ ორი ციფრის დახმარებით ძალიან მარტივად გამოისახება გაუმჭვირვალე ლენტზე (ნახერყტების სახით, რომელიც აღნიშნავს "1" და მათი არარსებობა, აღნიშნავს "0") და მაგნიტურ ლენტზე (დამაგნიტებული და დაუმაგნიტებელი უბნები სახით).

ართმეტიკული მოქმედებები ორობით სისტემაში წარმოებს ისევე, როგორც ათობითში:

შეკრება	გამოკლება	გამრავლება
$0+0=0$	$0-0=0$	$0 \cdot 0 = 0$
$0+1=1$	$1-0=1$	$0 \cdot 1 = 0$
$1+0=1$	$1-1=0$	$1 \cdot 0 = 0$
$1+1=10$	$10-1=1$	$1 \cdot 1 = 1.$

შენიშნავთ, რომ მოცემული სიდიდეების მანქანაში შესაყვანად საჭიროა რიცხვების გადაყვანა ათობითი სისტემიდან ორობით სისტემაში, ხოლო მანქანაში მიღებული შედეგების გასაცემად – რიცხვების გადაყვანა ორობითი სისტემიდან ათობით სისტემაში.

ციფრულ მანქანებში რიცხვების ათობითი სისტემიდან ორობით სისტემაში გადასაყვანად გამოიყენება ორობით-ათობითი სისტემა. რიცხვის ორობით-ათობით სისტემაში წასაწერად საჭიროა ათობითი სისტემის თითოეული ციფრი შეიცვალოს მისი შესაბამისი ოთხი ორობითი ციფრით, ანუ ტეტრადით.

პროგრამირებისას ბრძანება ბლანკზე იწერება რვაობით სისტემაში. ბლანკიდან პროგრამა ოპერატორს გადააქვს პერფორირზე ან პერფორუკაზე. პერფორუკიდან ან პერფორირიდან პროგრამის მანქანაში შეყვანისას იგი მექანიკურად გარდაიქმნება რვაობითი სისტემიდან ორობით სისტემაში და ამის შემდეგ მთელი ოპერაციები მანქანაში მიმდინარეობს ორობით სისტემაში.

არსებობს ერთმისამართიანი, ერთნახევარმისამართიანი (ორმისამართიანი ბრძანების ნაირსახეობა), ორმისამართიანი, სამმისამართიანი და ოთხმისამართიანი ბრძანებები.

ერთმისამართიანი ბრძანება შეიცავს ერთ მისამართს და ოპერაციის კოდს. მაგალითად, 0227 02. ეს ნიშნავს მეხსიერების 0227 უჯრედიდან ამოღებული რიცხვი უნდა გაიგზავნოს ამჯამავეში. 02 არის რიცხვების მეხსიერების უჯრედებიდან

ამჯამაჲში გადატანის კოდი. კოდი განსაზღვრავს შესაბამისი ოპერაციის შესრულებას. პროგრამის შემოწმებისას გამოიყენება ე.წ. საკონტროლო რეჟიმი, რომლის დროსაც მანქანა ჩერდება ყველა იმ ბრძანების შესრულების შემდეგ, რომელ ბრძანებასაც აქვს საკონტროლო ნიშანი "I". საკონტროლო ნიშანი არის კიდევ ერთი ციფრი, რომელსაც შეიძლება შეიცავდეს ბრძანება მისამართისა და ოპერაციის კოდის გარდა. საკონტროლო ნიშანი შეიძლება იყოს "0"-ის ან "I"-ის ტოლი. "0"-ის შემთხვევაში რიგითი ბრძანების შესრულების შემდეგ მანქანა გადადის მეორე ბრძანების შესრულებაზე, ხოლო "I"-ის შემთხვევაში მანქანა ჩერდება.

ერთნახევარმისამართიანი ბრძანება შეიცავს პირველ მისამართს მთლიანად და მეორე მისამართის მეორე ნახევარს. პირველი მისამართი აღნიშნავს მეხსიერების ნებისმიერი უჯრედის ნომერს, მეორე კი – მეხსიერების უჯრედების იმ ნომერს, რომლებიც წინასწარ არიან გათვალისწინებული (მაგალითად, უჯრედები, რომლების ნომერებიც მოთავსებულია 4300-იდან 4377-მდე).

ერთნახევარმისამართიანი ბრძანება მოსახერხებელია იმით, რომ ამცირებს ბრძანების რეგისტრის (წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელიც გამოიყენება რომელიმე არობითი რიცხვის დასამახსოვრებლად) თანრიგების რაოდენობას.

ორმისამართიან ბრძანებაში (ბრძანებების ბუნებრივი მიმდევრობით შესრულებისას) აღნიშნულია ორივე რიცხვის მისამართი. შედეგის მისამართი ემთხვევა ერთ-ერთი რიცხვის მისამართს.

მაგალითად, ორმისამართიანი ბრძანება 0227 0145 01 ნიშნავს: რიცხვი, რომელიც შენახულია მეხსიერების №0227 უჯრედში შეიკრიბოს რიცხვთან, რომელიც შენახულია მეხსიერების №0145 უჯრედში და შედეგი ჩაიწეროს მეხსიერების №0145 უჯრედში.

სამმისამართიანი ბრძანების მაგალითია 0227 0145 0123 01. ამ ბრძანებაში ტეტრადების პირველი სამი ჯგუფი წარმოადგენს რიცხვების მისამართებს, ხოლო მეოთხე ჯგუფი – ოპერაციის კოდს. ბრძანება იკითხება ასე: №0227 და №0145 უჯრედებიდან ამოღებული რიცხვები შეიკრიბოს და შედეგი გაიგზავნოს №0123 უჯრედში (01 – აღნიშნავს შეკრების ოპერაციის კოდს).

ოთხმისამართიანი ბრძანების პირველი სამი მისამართის დანიშნულება ისეთივეა, როგორც სამმისამართიანი ბრძანებაში. მეოთხე მისამართში აღნიშნულია უჯრედის მისამართი, სადაც შენახული არის შემდეგი ბრძანება.

მაგალითად, ბრძანება 0227 0145 0123 0346 01 ნიშნავს: რიცხვები, რომლებიც შენახული არიან მეხსიერების №0227 და №0145 უჯრედებში, შეიკრიბოს და შედეგი ჩაიწეროს №0123 უჯრედში. ამის შემდეგ უნდა შესრულდეს ბრძანება, რომელიც მოთავსებულია №0346 უჯრედში.

ოთხმისამართიანი მანქანები რთულია და არ არის გავრცელებული. ყველაზე მეტად გავრცელებულია სამმისამართიანი და ერთმისამართიანი მანქანები ბრძანებების შესრულების ბუნებრივი მიმდევრობით.

§14. მოკლე ცნობები პროგრამირების შესახებ

პროგრამირება წარმოადგენს თანამედროვე მათემატიკის დიდ განყოფილებას. პროგრამის შედგენის პროცესი რთული ამოცანებისათვის მეტად შრომატევადია. პროგრამული უსრუნველყოფის დამუშავება წარმოადგენს რთულ პროცესს, რომლის ღირებულებაც იწყებს გადაჭარბებას უშუალოდ ტექნიკური საშუალებების ღირებულებასზე. ამის მიზეზია მისწრაფება საპროგრამო საშუალებებით ეგმ-ის მახასიათებლების გაუმჯობესებისაკენ, სულ უფრო რთული ამოცანების გადაწყვეტის უსრუნველყოფა საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში და მაქსიმალურად გამარტივება ადამიანისა და ტექნიკის სხვა სახეების ურთიერთობისა ეგმ-თან. მეცნიერება პროგრამირების შესახებ თავის ამოცანად ისახავს ისეთი მეთოდების დამუშავებას, რომლებიც მოითხოვენ ადამიანისაგან შრომის მინიმუმს, პროგრამის შედგენის დროს.

თანამედროვე განვითარება პროგრამირების დარგში მიდის პროგრამირების ავტომატიზაციის გზით, ე.ი. თვითონ ციფრული მანქანის გამოყენება პროგრამირებასთან დაკავშირებული ტექნიკური სამუშაოების შესასრულებლად.

პროგრამა წარმოადგენს ბრძანებათა ერთობლიობას, რომელიც შეიყვანება მანქანის დამამახსოვრებელ მოწყობილობაში მონაცემ სიდიდეებთან ერთად.

ბრძანება არის ინფორმაცია ჩაწერილი მანქანის მეხსიერების უჯრედში და განსაზღვრავს მანქანის მუშაობას დროის გარკვეულ შუალედში. ბრძანება კოდირდება რიცხვის სახით, რომელიც რამდენიმე ჯგუფად იყოფა: ერთ-ერთ ჯგუფს ოპერაციის კოდი ეწოდება. იგი განსაზღვრავს შესაბამისი ოპერაციის შესრულებას. მეორე ჯგუფს მისამართები ეწოდება. მისამართები განსაზღვრავენ იმ უჯრედების ნომრებს, საიდანაც უნდა იქნეს ამოღებული რიცხვები საჭირო ოპერაციის შესასრულებლად.

მათემატიკური ან ლოგიკური ამოცანის ამოხსნისათვის შესრულებული უნდა იქნეს ელემენტარული ოპერაციები: არითმეტიკული, ლოგიკური, გარე მოწყობილობებზე მიმართვის, ბრძანებათა ფორმირების და მართვის გადაცემის.

ამოცანის მომზადება მანქანაზე ამოსახსნელად შედგება ორი ეტაპისაგან:

1. ამოცანის ამოხსნის რიცხვითი მეთოდის შერჩევა.

2. ძირითადი პროგრამის შედგენა აღნიშნული ამოცანისათვის.

ისეთ პროგრამებს, სადაც შესაძლებელია გადასვლა პროგრამის სხვადასხვა ნაწილზე, განშტოებული პროგრამები ეწოდება.

გამოთვლითი პროცესის ეტაპებს ეწოდება ოპერატორები. არითმეტიკულ და ლოგიკურ ეტაპებს შეესაბამება სათანადო არითმეტიკული და ლოგიკური ოპერატორები.

ამოცანის ამოხსნის მთელი პროცესი იყოფა ცალკეულ ოპერატორებად. თითოეული ოპერატორისათვის აღგუენ ცალკე პროგრამას, რომლებსაც შემდეგ აერთიანებენ საერთო პროგრამაში.

ოპერატორული პროგრამირების გარდა ძირითადი პროგრამის შედგენის გამარტივებისათვის გამოიყენება ბლოკ-სქემური პროგრამირება, რომელიც ეფუძნება პროგრამის ბლოკ-სქემის შედგენას. პროგრამის ბლოკ-სქემას აღგუენ საერთო პროგრამის შედგენამდე.

ნებისმიერი ამოცანის გადაწყვეტა შედგება მრავალჯერად განმეორებადი ერთიდაიგივე არითმეტიკული ოპერაციებისაგან განსხვავებულ რიცხვებზე. ამიტომ, გამოთვლითი პროცესი შეიძლება დაიყოს ციკლებად, რომლებიც მეორდება

იქამდე, სანამ ამოცანა არ იქნება ამოხსნილი. მრავალჯერ განმეორებულ პროგრამის ნაწილებს ეწოდება ციკლები.

ციკლები შეიძლება იყოს იტერაციული, ციკლი მისამართის შეცვლით და აღდგენით.

ელექტრონული (ციფრული) გამოთვლელი მანქანის ეფექტურობა დიდად არის დამოკიდებული პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხზე. პროგრამირების ენების განვითარება მიმართულია მომხმარებლის პროფესიონალურ ენასთან მათ მიახლოებაზე, რაც ამარტივებს მომხმარებლის ურთიერთობას ეგმ-თან.

გამოიყოფა პროგრამირების ენების სამი ტიპი: მანქანურ-ორიენტირებული, პროცედურულ-ორიენტირებული და პრობლემურად-ორიენტირებული ენები.

მანქანურ-ორიენტირებული ენები დაკავშირებულია განსაზღვრულ მანქანასთან (ან მანქანების ოჯახთან). ამ ენებს მიეკუთვნება ენა АССЕМБЛЕР და მისი სახესხვაობები. მანქანურ (ეს არის კონკრეტული ეგმ-ის ბრძანებების შინაგანი ენები) და მანქანურ-ორიენტირებულ ენებს ხშირად უწოდებენ დაბალი დონის ენებს. ეს ენები, ფაქტობრივად, პროგრამირების პირველი ენებია. ამ ენების გამოყენება დამახასიათებელია იმით, რომ პროგრამები დამუშავებული მათი დახმარებით, როგორც წესი, არ შეიძლება გამოყენებული იქნეს სხვა ტიპის მანქანებზე, ვიდრე იმაზე, რომლისთვისაც ისინი იყო შედგენილი.

მნიშვნელოვანი მიღწევა მანქანურ-ორიენტირებული ხელით პროგრამირების სრულყოფის დარგში გახდა ბიბლიოთეკური პროგრამების მეთოდისა და პროგრამირების ოპერატორული მეთოდის შექმნა, რომლის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა პროგრამების შედგენის პროცესის დანაწევრება და ფორმალიზება. ოპერატორული მეთოდის ძირითადი იდეები გამოყენებული იქნა პროცედურულ-ორიენტირებული ენების დამუშავების დროს, ამოცანების ფართო წრის გადაწყვეტისათვის.

პროცედურულ-ორიენტირებული (აღგორითმიული) ენები პროგრამისტს ანთავისუფლებს გამოთვლითი პროცესის დეტალურად ნაწერის აუცილებლობისაგან. ისინი საშუალებას იძლევიან შექმნაღეს ყურადღება აღგორითმის ძირითად ელემენტებზე, -რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს პროგრამების

დამუშავების შრომატევადობას. ეს ენები არ არის დამოკიდებული (ან მცირედ არის დამოკიდებული) კონკრეტული ეგზ-ბის ბრძანებების სისტემაზე ან სხვა თავისებურებებზე. ისინი საშუალებას იძლევიან ერთიდაიგივე პროგრამა შეუცვლელად გამოყენებული იქნეს სხვადასხვა ეგზ-ზე. მათი დამუშავებით წარმოიქმნა სხვადასხვა ტიპის ეგზ-თვის მათემატიკური უზრუნველყოფის თავსებადობის პრობლემების გადაწყვეტის შესაძლებლობები.

პრაქტიკაში ფართო გავრცელება მიიღეს პროცედურული ორიენტირებულმა ენებმა ФОРТРАН, АЛГОЛ, КОБОЛ. ამოცანების ფართო კლასის პროგრამირების მძლავრ საშუალებას წარმოადგენს ენა ПЛ/1, რომელიც ახამებს ФОРТРАН-ის, АЛГОЛ-ის და КОБОЛ-ის ყველაზე ღირებულებით თვისებებს. სხვადასხვა კლასის ამოცანების პროგრამირების ფართო შესაძლებლობების თანამედროვე ენებია ПАСКАЛЬ, СИ.

ენა АЛГОЛ გათვალისწინებულია რიცხვითი ანალიზის ამოცანების გადაწყვეტის ალგორითმების ასაწერად. გამოიყენება საინჟინრო-ტექნიკური ხასიათის ამოცანებში, ახლოა ჩვეულებრივ მათემატიკურ ენასთან. გამოირჩევა გამოყენების სიმარტივით და კონკრეტულ ეგზ-საგან დამოუკიდებლობით. გააჩნია მოდიფიკაციების რიგი, რომელთაგან ერთი გამოიყენება, როგორც საერთაშორისო უნივერსალური ალგორითმიული ენა.

ФОРТРАН, ისე როგორც АЛГОЛ, გამოიყენება სამეცნიერო-ტექნიკური ამოცანების ფართო კლასის პროგრამირებისათვის. მოსახერხებელია პროგრამირებისათვის, კერძოდ, გააჩნია პროგრამების გამმართველი საშუალებები.

საინფორმაციო-ლოგიკური, ეკონომიკური ამოცანებისათვის მოსახერხებელი ენაა КОБОЛ.

ენა ППГ შეიქმნა სააღრიცხვო ამოცანებისათვის, რომელთა საფუძველს წარმოადგენს სხვადასხვა ცხრილის, უწყისის, ანგარიშგებების შედგენისა და ბუჯვის პროცესები და ა.შ.

ბევრ მინი და მიკრო ეგზ-ში გამოიყენება ენა БЕЙСИК, რომელიც გათვალისწინებულია შედარებით მარტივი ამოცანების გადასაწყვეტად დიალოგურ რეჟიმში. ეს ენა იოლია ასათვისებლად და გამოსაყენებლად.

პრობლემურად-ორიენტირებული (სპეციალისებული) ენები მომხმარებლისა და ეგზ-ის ურთიერთქმედების შემდგომში

გაიოლები შესაძლებლობებს იძლევა. ისინი აიგება ბუნებრივ ენაზე შედგენილი ფორმალური შესვლადების საფუძველზე, რომლის დახმარებითაც ურთიერთობენ ერთმანეთს შორის ცოდნის შესაბამისი დარგის სპეციალისტები.

პრობლემურად-ორიენტირებული ენები ამოცანების და მათი გადაწყვეტის ალგორითმების ფორმულირების საშუალებას იძლევა პრაქტიკულად ცოდნის მოცემული დარგის პროფესიონალურ ტერმინებში. ხშირად ეს ენები არ მოითხოვენ ალგორითმის ჩაწერასაც კი მოქმედებების, შემოწმებებისა და პირობების დაკავშირებული ლოგიკური თანამიმდევრობის სახით. საჭიროა მხოლოდ საწყისი მონაცემების მიწოდება, მითითება, რა მოქმედებები უნდა შესრულდეს მათზე (თითოეული პრობლემის შინაარსობრივ ტერმინებში) და რა შედეგებია საჭირო. ყველაფერს დანარჩენს აკეთებს სპეციალური მმართველი პროგრამა (მონიტორი): იგი განსაზღვრავს, როგორი ლოგიკური სქემა აუცილებელი ამოცანის გადასაწყვეტად და შეადგენს მანქანურ პროგრამას პაკეტში არსებული მოდულებიდან.

რიგ სისტემებში შეიძლება მარტივად შედეგების მიწოდება, რომლებიც სასურველია მიღებული იქნეს, ხოლო სისტემა დამოუკიდებლად განსაზღვრავს აუცილებელი საწყისი მონაცემების ნომენკლატურას და მოითხოვს მას მომხმარებლისაგან. ამის შემდეგ სისტემა ააგებს გამოთვლით პროცესს და უსრუნველყოფს ამოცანის გადაწყვეტას.

პრობლემურ-ორიენტირებული ენის გამოყენების დროს მომხმარებლისაგან არ მოითხოვება არავითარი ცოდნა გამოყენებული ეგმ-სა და მისი ოპერაციული სისტემის შესახებ.

პრობლემურ-ორიენტირებულ ენებს შეიძლება გააჩნდეთ სრულიად სხვადასხვაგვარი სტრუქტურა და სირთულის ხარისხი: ქალაქზე ან დისკლის ეკრანზე წინასწარ მომზადებული ფორმების უბრალო შევსებიდან მძლავრ და მოქნილ ენებამდე, რომლებიც უახლოვებიან პროგრამირების ალგორითმულ ენებს. ასეთი ენების მაგალითებია: АРИЯ, САПРО (ჩეხეთი), ICES (აშშ), GENESUS (ინგლისი).

§15. ლობიკური საშუაშვლები

ციფრული მანქანების დახმარებით შეიძლება შესრულებული იქნეს არა მხოლოდ გამოთვლები, არამედ განხორციელდეს ლოგიკური ოპერაციები და გადაწყდეს რთული ლოგიკური ამოცანები (ჭადრაკის თამაში, ერთი ენიდან მეორე ენაზე თარგმნა და ა.შ.). ეს არის მანქანის ლოგიკური თვისებების გარე გამოვლინება. მეორეს მხრივ, მანქანის შინაგანი აგებულება, აგრეთვე, მნიშვნელოვანწილად ეფუძნება ლოგიკის გამოყენებას. საქმე იმაშია, რომ არსებობს რაღაც საერთო ფორმალურ ლოგიკასა და ათელის ორობით სისტემას შორის. ფორმალურ ლოგიკაში ნებისმიერი განსჯა შეიძლება იყოს ჭეშმარიტი ან მცდარი (მესამე არ არსებობს). ორობითი რიცხვის თითოეულ თანრიგში შეიძლება იყოს 1 ან 0 (არაფერი სხვა არ შეიძლება იყოს). ე.წ. მათემატიკურ ლოგიკაში ფორმალური ლოგიკის დებულებები გამოიხატება მათემატიკური ფორმულების ენით. ეს ფორმულები და მათი გარადაქმნის წესები ქმნიან ლოგიკის ალგებრას, რომელსაც გამოთქმათა აღრიცხვასაც უწოდებენ. ლოგიკის ალგებრის ძირითად ცნებას გამოთქმა (განსჯა) წარმოადგენს, რომელიც, როგორც აღვნიშნეთ, შეიძლება იყოს ჭეშმარიტი ან მცდარი. ჭეშმარიტების მნიშვნელობა მიიღება ერთის ტოლად, ხოლო თუ გამოთქმა მცდარია – ნულის ტოლად. შევნიშნავთ, რომ ამ შემთხვევაში 1 და 0 რიცხვები კი არ არიან, არამედ ისინი მხოლოდ სიმბოლოებია. რადგან ციფრული მანქანები მუშაობენ ორობით სისტემაში, ამიტომ განიხილება ისეთი ელემენტები, რომლებიც მუშაობენ ორ სიგნალზე, ერთი შეესაბამება “1”-ს, ხოლო მეორე “0”-ს.

მანქანაში რიცხვების წარმოდგენა შესაძლებელია პოტენციური და იმპულსური ხერხებით. შესაბამისად მანქანებიც იყოფა მანქანებად პოტენციური სქემებით (სტატიკური კავშირი ძაბვის მიხედვით) და მანქანებად იმპულსური სქემებით (დინამიკური კავშირი ძაბვის მიხედვით).

სტატიკურ (პოტენციურ) სქემებში “1”-ს შეესაბამება ძაბვის მაღალი დონე, ხოლო “0”-ს – ძაბვის დაბალი დონე. დინამიკურ (იმპულსურ) სქემებში “1”-ს შეესაბამება იმპულსის არსებობა, “0”-ს – იმპულსის არარსებობა.

ლოგიკური ცვლადები (განსჯები) აღინიშნება ასოებით A, B, C..., რომლებზედაც შეიძლება შესრულდეს ლოგიკური ოპერაციები:

1. ლოგიკური უარყოფა (ლოგიკური ოპერაცია “არა”, ანუ ინვერსია). თუ A –გამოთქმაა, მისი უარყოფა აღინიშნება \bar{A} და იკითხება “არა A”. თუ გამოთქმა A ყალბია ($A=0$), მაშინ \bar{A} ჭეშმარიტია ($\bar{A}=1$), თუ A ჭეშმარიტია ($A=1$), მაშინ \bar{A} ყალბია ($\bar{A}=0$). ამრიგად,

$$\left. \begin{array}{l} \bar{0} = 1, \\ \bar{1} = 0. \end{array} \right\} \quad (12.4)$$

2. ლოგიკური გამრავლება (ოპერაცია “და”, ანუ კონიუნქცია). ორი ცვლადის ლოგიკური გამრავლება აღინიშნება $A \wedge B$ (აგრეთვე $A \& B$; $A \cdot B$; AB) და იკითხება “A და B”. გამოთქმა $A \wedge B$ ჭეშმარიტია ($A \wedge B = 1$) მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ჭეშმარიტია მასში შემავალი ორივე გამოთქმა ($A=1$, $B=1$). ყველა დანარჩენ შემთხვევაში ეს გამოთქმა (განსჯა) ყალბია ($A \wedge B = 0$). ამრიგად:

$$\left. \begin{array}{l} 0 \wedge 0 = 0, \\ 0 \wedge 1 = 0, \\ 1 \wedge 0 = 0, \\ 1 \wedge 1 = 1. \end{array} \right\} \quad (12.5)$$

12.5 დამოკიდებულებებიდან ჩანს, რომ ლოგიკური ოპერაცია “და” ზუსტად ემთხვევა გამრავლებას ორობით სისტემაში.

შეიძლება განხილული იქნეს ლოგიკური გამრავლება არა მხოლოდ ორი, არამედ თანამამრავლთა ნებისმიერი რიცხვის, ე.ი.

$$A \wedge B \wedge C \wedge D \wedge \dots$$

3. ლოგიკური შეკრება (ოპერაცია “ან” ანუ დისიუნქცია). ორი ცვლადის ლოგიკური შეკრება აღინიშნება $A \vee B$ (აგრეთვე $A+B$) და იკითხება “A ან B”. გამოთქმა (განსჯა) $A \vee B$ ჭეშმარიტია ($A \vee B = 1$), თუ ჭეშმარიტია მასში შემავალი ერთი გამოთქმა (განსჯა) მაინც ($A=1$ ან $B=1$). თუ ეს პირობა არ ემაყოფილდება, მაშინ გამოთქმა (განსჯა) ყალბია ($A \vee B = 0$). ამრიგად,

$$\left. \begin{aligned} 0 \vee 0 &= 0, \\ 0 \vee 1 &= 1, \\ 1 \vee 0 &= 1, \\ 1 \vee 1 &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (12.6)$$

შეიძლება განხილული იქნეს ლოგიკური ჯამი შესაკრებთა ნებისმიერი რიცხვის, ე.ი.

$$A \vee B \vee C \vee D \dots$$

ნებისმიერი რთული გამოთქმა (განსჯა) შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც კომბინაცია მოყვანილი მარტივი გამოთქმებისა (განსჯებისა). სხვანაირად რომ ვთქვათ, ნებისმიერი ლოგიკური კავშირი შეიძლება გამოსახული იქნეს ლოგიკური უარყოფის, გამრავლების და შეკრების ოპერაციებით. ლოგიკის აღგებრაში გამოყენებული ფორმულების გარდასაქმნელად, არსებობს რიგი წესებისა, რომელთაგან მნიშვნელოვანები მოყვანილია ქვემოთ:

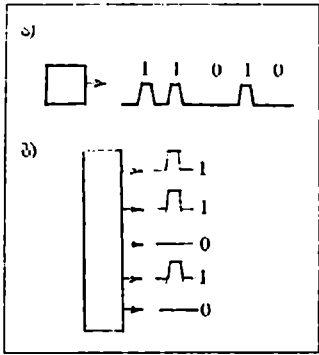
$$\left. \begin{aligned} A \wedge \bar{A} &= A \wedge 0 = 0, \\ A \vee \bar{A} &= A \vee 1 = 1, \\ A \wedge A &= A \vee 1 = A \vee 0 = A, \\ A \wedge B &= B \wedge A; A \vee B = B \vee A, \\ (A \vee B) \wedge C &= A \wedge (B \wedge C) = A \wedge B \wedge C; \\ (A \wedge B) \vee C &= (A \vee C) \wedge (B \vee C); \\ \underline{(A \vee B) \wedge C} &= \underline{(A \wedge C) \vee (B \wedge C)} \\ \underline{A \wedge B} &= \underline{A \vee B}; \underline{A \vee B} = \underline{A \wedge B}. \end{aligned} \right\} \quad (12.7)$$

ამ წესების მართებულებაში შეიძლება დაავრწმუნდეთ, თუ ყველა ცვლადს ყველა კომბინაციაში მოვანიჭებთ "0" და "1" მნიშვნელობებს.

ციფრული გამოთვლელი მოწყობილობების შექმნის დროს მხედველობაში არ მიიღება A, B, C... (კვლადების) ასრი, როგორც ჭეშმარიტი ან ყალბი გამოთქმებისა (განსჯებისა). ციფრულ ტექნიკაში გამოიყენება ლოგიკის აღგებრის აპარატი აუკვილებელი კავშირის მისაღებად სიგნალებს შორის. თუ როგორ ხორციელდება ეს, ახსნილია შემდეგ პარაგრაფში.

§16. რიცხვების ფიზიკური წარმოდგენა და ელექტრონული ლობიკური სქემები

ლოგიკური მოწყობილობების შესაქმნელად აუცილებელია რიცხვების ფიზიკურად წარმოდგენა. ორობითი რიცხვის ფიქსირებისათვის, იგი სვეულური შეიყვანება მიმდევრობითი ან პარალელური ელექტრონული კოდის სახით. თანმიმდევრობითი კოდის დროს რიცხვი გადაეცემა ერთი არხით დროში მიმდევრობით თანრიგი თანრიგის შემდეგ. მაგალითად, ნახა'სზე 12.2ა ნაჩვენებია $[11010]_2 = [26]_{10}$ რიცხვის თანმიმდევრობითი კოდი. პარალელური კოდის დროს რიცხვის ყველა თანრიგი გადაეცემა ერთდროულად თითოეული თანრიგი თავისი არხით (ნახ.12.2ბ). თანმიმდევრობითი კოდის დროს გადაცემის დრო შედარებით დიდია (მოითხოვება იმდენი ტაქტი, რამდენი თანრიგიც არის რიცხვში), მაგრამ გამოიყენება ერთი არხი. პარალელური კოდის დროს გადაცემის დრო მცირეა (მთელი რიცხვი გადაეცემა ერთი ტაქტით), მაგრამ მოითხოვება იმდენი არხი, რამდენი თანრიგიც არის რიცხვში.



ნახ.12.2. თანმიმდევრობითი ა) და პარალელური ბ) კოდები

ციფრული მოწყობილობა გამოყენებული კოდისაგან და მოკიდებულებით იყოფა თანმიმდევრობითი და პარალელური ქმედების მოწყობილობებად.

რიცხვების წარმოდგენა ელექტრონული ძაბვების დახმარებით ქმნის ელექტრონული და ელექტრონული ლოგიკური სქემების აგების შესაძლებლობას.

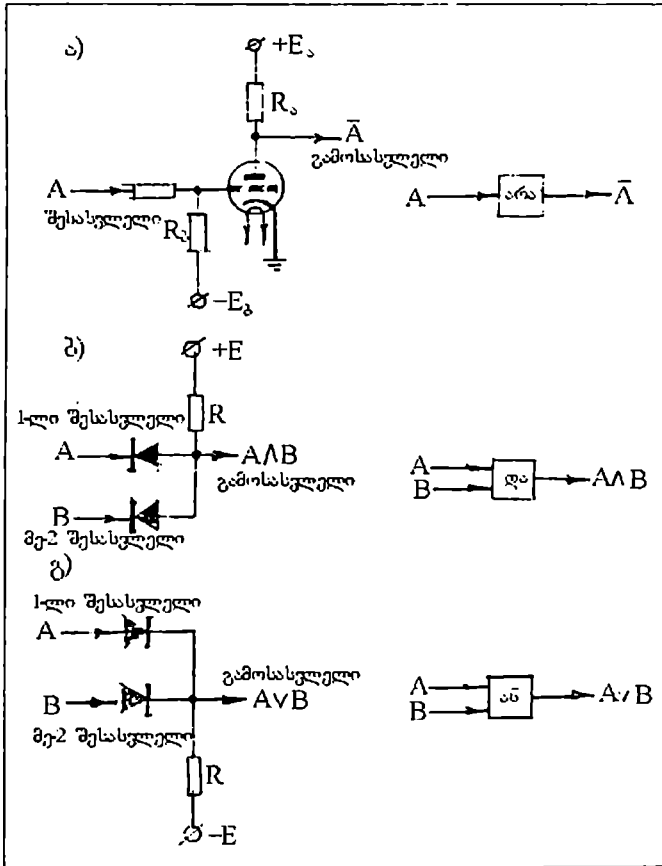
განვიხილოთ უმარტივესი სქემები, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელია ძირითადი ლოგიკური ოპერაციების შესრულება, რომლებიც მოყვანილია მე-15 პარაგრაფში.

ლოგიკური უარყოფის სქემა (სქემა "არა", ინვერსია) შესაძლებელია რეალიზებული იქნეს ინვერტორის საშუალებით, რომელიც შესრულებულია ნათურულ ტრიოდზე ნახ.12.3ა.

როდესაც ინვერტორის შესასვლელზე მიეწოდება მაღალი პოტენციალი ($A=1$), მაშინ მის გამოსასვლელზე იქნება დაბალი პოტენციალი ($\bar{A}=0$), რადგან ნათურა ღიაა და მასში გაივლის დენი. R_2 წინაღობაზე მოხდება ძაბვის ვარდნა და გამოსასვლელში სიგნალი გაქრება. როდესაც შესასვლელზე მიეწოდება დაბალი პოტენციალი ($A=0$), გამოსასვლელზე იქნება მაღალი პოტენციალი ($\bar{A}=1$), რადგან ნათურა იკეტება ტრიოდის ბაძეზე მოდებული უარყოფითი პოტენციალით. ამრიგად, შესასვლელზე სიგნალის არსებობისას, გამოსასვლელზე სიგნალი არა გვაქვს და პირიქით. ინვერტორი შეიძლება აგებული იქნეს, აგრეთვე, ნახევარგამტარულ ტრიოდზე. დაწვრილებით დიოდებისა და ტრიოდების შესახებ იხილეთ მეოთხე თავში.

ლოგიკური გამრავლების სქემა (სქემა "და", თანხვედრის სქემა, სარკველი, ვენტილი) შეიძლება უმარტივესად იქნეს რეალიზებული ნახევარგამტარული დიოდის დახმარებით (ნახ.12.3,ბ). თუ ერთი შესასვლელი ძაბვიდან დაბალია ($A=0$ ან $B=0$), მაშინ შესაბამისი დიოდი იქნება გახსნილი და გამოსასვლელი ძაბვა იქნება აგრეთვე დაბალი ($A \cdot B = 0$). იმისათვის, რომ გამოსასვლელი ძაბვა იყოს მაღალი ($A \cdot B = 1$), აუცილებელია მაღალი ძაბვის არსებობა (თანხვედრა) ორივე შესასვლელზე ($A=1$ და $B=1$). შევნიშნავთ, რომ დაბალი ძაბვა შესასვლელზე, რომელიც შეესაბამება "0"-ს, უნდა იყოს ნაკლები +E-ზე. თუ ერთ-ერთ შესასვლელს განვიხილავთ, როგორც მართულს, ხოლო მეორეს - როგორც მმართველს, მაშინ თანხვედრის სქემას შეუძლია ითქვას სარკველის ან ვენტის როლი. მაღალი პოტენციალის არსებობისას მმართველ შესასვლელზე იმპულსები მართული შესასვლელიდან გავა გასასვლელზე, ხოლო მისი არარსებობისას - არ გავა. თანხვედრის სქემას შეიძლება გააჩნდეს სამი და მეტი შესასვლელი და შეიძლება, აგრეთვე, აგებული იქნეს ელექტრონულ ნათურებზე და ფერიტ-დიოდურ და ფერიტ-ტრიოდურ უჯრედებზე. ნახაზზე 12.3 ძირითად ლოგიკურ სქემასთან ერთად ნაჩვენებია სქემის პირობითი გამოსახვა სტრუქტურულ სქემებში. შევნიშნავთ, რომ ათუ რიცხვების

გამრავლება წარმოადგენს რიგ შეკრებებსა და ძვრებს (ძვრის მოწყობილობა გამოიყენება არითმეტიკული ოპერაციების შესრულების დროს მანქანაში გარკვეული თანრიგების რაოდენობით რიცხვის ძვრის აუცილებლობისას), რიცხვების გაყოფა წარმოადგენს რიგ გამოკლებებსა და ძვრებს. გაყოფა, ისევე როგორც გამრავლება, სრულდება პირდაპირ კოდში. რიცხვების გამრავლების ან გაყოფის დროს მცურავი ჩიძიმით (მცურავეპიძიმთან მანქანაში რიცხვის ჩაწერა ხდება ნორმალური ფორმით) წარმოებს შესაბამისად რიცხვების რიგების შეკრება ან გამოკლება.



ნახ.12.3. ძირითადი ლოგიკური სქემები

ლოგიკური შეკრების სქემა (სქემა "ან", გაყოფის სქემა) უმარტივესი სახით სრულდება ნახევარგამტარულ დიოდებზე (ნახ. 12.3,გ). თუ ერთ-ერთი შესასვლელი ძაბვა მაღალია ($A=1$ ან $B=1$), მაშინ შესაბამისი დიოდი იქნება დია და გამოსასვლელი ძაბვაც იქნება, აგრეთვე, მაღალი ($A \vee B=1$). თუ მაღალი ძაბვა იქნება ორივე შესასვლელზე, მდგომარეობა არ შეიცვლება – გამოსასვლელზე კვლავ იქნება მაღალი ძაბვა. მხოლოდ თუ ორივე შესასვლელზე იქნება დაბალი ძაბვა ($A=0$ და $B=0$), მაშინ დიოდები ნაკეტილია, მათში არ გადის დენი და R წინააღობაზე არ ხდება ძაბვის ვარდნა და გამოსასვლელზეც იქნება დაბალი ძაბვა ($A \vee B=0$), ე.ი. გამოსასვლელზე არ იქნება სიგნალი. მაღალი ძაბვა შესასვლელზე, რომელიც შეესაბამება "1", უნდა იყოს მეტი $-E$ -ზე. უარყოფითი მკვებავე ძაბვის $-E$ არსებობა საშუალებას იძლევა იმუშაოს უარყოფითი პოლარულობის იმპულსებით. გაყოფის სქემას, ისევე როგორც თანხვედრის სქემას შეიძლება გააჩნდეს ბევრი შესასვლელი, და აგებული იქნეს ელექტრონულ ნათურებზე, ფერიტ-დიოდურ და ფერიტ-ტრიოდურ უჯრედებზე. მისი პირობითი გამოსახულება ნახევრებია ნახა'ს'ზე 12.3გ.

ტრიგერის სქემამ ორი მდგრადი მდგომარეობით ფართო გავრცელება ჰპოვა ციფრულ გამოთვლით მანქანებში. ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა სრულდება ნახტომით, როდესაც მასზე იმოქმედებს გარე სიგნალი.

იმის გამო, რომ ტრიგერს შეუძლია ნებისმიერი მდგრადი მდგომარეობის დიდი ხნით შენარჩუნება, იგი გამოიყენება როგორც დამამახსოვრებელი ან მთვლელი ელემენტი ციფრული მანქანის ისეთ მოწყობილობებში, როგორცაა, დამამახსოვრებელი რეგისტრი, მრიცხველი, ამჯამავე. ტრიგერი მიეკუთვნება ლოგიკური ელემენტების ჯგუფს. დაწვრილებით ტრიგერის შესახებ იხილე მეექვსე თავში.

§17. ეგმ-ის მახასიათებლები. ეგმ-ის ძირითადი ტიპები

ეგმ-ის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია სწრაფ-მოქმედება. ამჟამად ყველაზე ხშირად სწრაფმოქმედება ფასდება არა ერთი ოპერაციის სინქარის მიხედვით, არამედ ოპერაციების სპეციალური ნარეგების შესრულების მწარმოებლურობის მიხედვით. თანამედროვე ეგმ-ის სინქარე მნიშვნელოვნად მერყეობს მათი ტიპისგან დამოკიდებულებით და ბევრად განსასწავლავს ეგმ-ის კონკრეტული ტიპის შესაძლებლობას და გამოყენების არეს. სწრაფმოქმედება დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე, როგორცაა ეგმ-ის ბრძანებების შემადგენლობა, ბრძანების შესრულებაში მონაწილე ცალკეული მოწყობილობების მუშაობის სინქარე, ოპერატიული მეხსიერების თანრიგობრივობა და სხვ. სწრაფმოქმედების ასამაღლებლად იყენებენ სხვადასხვა დონისძიებას, მაგალითად, რამდენიმე პროფესორის პარალელურ მუშაობას და სხვ.

ოპერატიული მეხსიერების მოცულობა განსასწავლავს ეგმ-ის ბევრ ფუნქციურ შესაძლებლობას. რაც უფრო დიდია ოპერატიული დამამახსოვრებელი მოწყობილობა, მით უფრო მეტი პროგრამა და ინფორმაცია შეიძლება მოთავსდეს მასში, რითაც ისრდება გადასასწაველი ამოცანების კლასი, ეგმ-თან ურთიერთობის შესაძლებლობა, ერთდროულად მომსახურებულ მოსარგებლეთა რაოდენობა და ა.შ. ეგმ-ის გამოყენების არე დამოკიდებულია მისი უნივერსალურობის ხარისხზე, რისი უსრუნველყოფაც ხდება კონსტრუქციულად და პროცესორის ოპერაციული რესურსებით. უკანასკნელები ხასიათდება ოპერაციების შეგროვებით, რომლებიც შეუძლია შეასრულოს მანქანამ. რაც უფრო ფართოა ეს ნაკრები ამოცანების, მით უფრო მეტი კლასი შეუძლია ეფექტურად გადაწყვიტოს ეგმ-ამ.

მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს სელექტორული და მულტიპლექსური არხების რაოდენობა და მათი მუშაობის სინქარე. ამას განსასწავლავს გარე მოწყობილობების რაოდენობა და ტიპები, რომლებიც წაერთვება პროცესორთან, და, მაშასადამე, ეგმ-ს შესაძლებლობები.

ეგმ-ის მუშაობის ეფექტურობაზე დიდ გავლენას ახდენს მისი საიმედოობა, ექსპლუატაციის, რემონტის, მოხერხებუ-

ლობა. ეგმ-ის მუშაობის საიმედოობა მართვის ავტომატიზებული სისტემაში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, ინფორმაციის დიდი მასივების დამუშავების დროს, მაღალი მთხოვნებით მიღებული შედეგების ურყეურობაზე. ეგმ-ის ცალკეული ელემენტების საიმედოობის ამაღლების ძირითადი გზები არის მათი რეზერვირება. საიმედოობის ასაზღვრებლად გამოიყენება, აგრეთვე, კონტროლის, გაფრთხილებისა და გაუმართაობის აღმოსენის სხვადასხვა აპარატურა, პროცეს-ლაქტიკური ზომები.

ეგმ-ის რიგ ტიპებს გააჩნია ისეთი მახასიათებლები, როგორცაა მულტიპროგრამირება და დროის გაყოფის რეჟიმი. მულტიპროგრამირება მდგომარეობს იმაში, რომ არის შესაძლებლობა ოპერატიულ დამამახსოვრებელ მოწყობილობაში შენახულ იქნეს ერთბაშად რამდენიმე დამოუკიდებელი პროგრამა და შესრულდეს ისინი ერთდროულად, არითმეტიკული მოწყობილობის ან შეყვანა-გამოყვანის მოწყობილობის მეშაობის დროის განაწილების გზით. მაგალითად, ერთი პროგრამით მუშაობს არითმეტიკული მოწყობილობა, ხოლო მეორეთი გამოიყვანება პროგრამით მიღებული მონაცემები. დროის გაყოფის რეჟიმი საშუალებას იძლევა გაყოფილ იქნეს არითმეტიკული მოწყობილობის მუშაობის დრო პატარა ულუფებად და ისინი თანამიმდევრობით გამოეყოს მომხმარებელთა ჯგუფებს, რომელთა შორის შეიძლება იყოს, როგორც ადამიანები, ისე მოწყობილობებიც. შედეგად, საკმარისად დიდი სწრაფობიერების დროს შესაძლებელი ხდება ერთდროულად ათეული და ასეული მომხმარებლის მომსახურება. მნიშვნელოვანია ისეთი მახასიათებლები, როგორცაა მეხსიერების დაცვა, დროის ანათვალი, ცალკეული მოდულების დამატების შესაძლებლობა, შეთავსებადობა სხვა ეგმ-თან შესასრულებელი პროგრამების მიხედვით და შესაძლებლობა მრავალმანქანური კომპლექსების შექმნისა. მართვის ავტომატიზებული სისტემის ეფექტურობაზე დიდ გავლენას ახდენს ეგმ-ის მოდულების ღირებულება, მათი გაბარიტები, წონა, მოხმარებული სიმძლავრე.

ამჟამად ეგმ-ის განვითარებას საფუძვლად უდევს ელემენტური ბაზის აგების ახალი ფიზიკური პრინციპების გამოყენება, მაგალითად, სინათლის ტალღების დიფრაქცია და

ინტერფერენცია, ლაზერული ტექნიკის პრინციპები და ა.შ. ნაეარაუდევია ეგმ-ის შესაძლებლობების მკვეთრად გაზრდა და მათი მიახლოება ადამიანის ინტელექტთან. გამოთვლითი ტექნიკის საშუალებების განვითარების ერთ-ერთ ძირითად ტენდენციას წარმოადგენს მინიატურისაცია და აქ მიღწეულია განსაცვიფრებელი წარმატებები. მაგალითად, პირველი ეგმ-ის პროცესორებს სჭირდებოდა რამდენიმე ოთახი, მაშინ როცა ახლა მათი მოთავსება შესაძლებელია ასანთის კოლოფში და დიდი შესაძლებლობებიც გააჩნია. ეგმ-ის განვითარების წლებში (ომის შემდგომიდან დღემდე), მათი სიჩქარე, ხელით ანგარიშთან შედარებით, გაიზარდა 100 მილიონჯერ ერთი მანქანური ოპერაციის ღირებულების 100 ათასჯერ ნაკლები სიდიდისას ხელით ანგარიშის ერთი ოპერაციის ღირებულებასთან შედარებით. გამოთვლითი ტექნიკის განვითარება წამოჭრის სამეცნიერო და ტექნიკური ხასიათის დიდ პრობლემებს და მოითხოვს დიდ დანახარჯებს. მაგრამ ისინი ეკონომიკურად მიზანშეწონილია.

ამჟამად გამოყენებულ ეგმ-ს შორის, შეიძლება გამოიყოს ერთიანი სისტემის (EC) ეგმ-ები, მკირე ეგმ-ის სისტემა (CM) მიკრო-ეგმ.

ეგმ (EC)-ები იყოფა ორ ოჯახად “ყმ 1” და “ყმ 2”. ეგმ-ი “ყმ 2” ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 12.1.

ცხრილი 12.1

ეგმ-ის “ყმ 2” ძირითადი მახასიათებლები

მოდულის შიყრი	პროცესორის სწრაფმოქმედება, ათახი ოპერაც/წ	ოპერაციული მეხსიერების რაოდენობა და მოცულობა, კბაიტე	მულტიპლექსური არსების რაოდენობა და სიჩქარე კბაიტ/წ
EC-1015	20	160	1X20
EC-1025	60	256	1X24
EC-1035	140	512-1024	1X30
EC-1045	700	1024-4096	1X40
EC-1055	450	512-3072	2X40
EC-1060	1000	2048-8192	2X110
EC-1065	4000	4096-16384	2X110

გაერცელებულია ეგმ (CM), რომელთა შორის ყველაზე პოპულარულია CM-1420. მას გააჩნია სწრაფმოქმედება 500 ათასი მოკლე ოპერაცია/წ-ში და ოპერატიული მახსოვრობის მოცულობა 512 კბაიტ-მდე.

მიკროპროცესორები მათ საფუძველზე შექმნილი მიკრო-ეგმ-ები წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე თანამედროვე და მხარდ გამოთვლითი ტექნიკის საშუალებებს. მიკროპროცესორი – ეს არის პროცესორი, შესრულებული ერთი (ზოგჯერ რამდენიმე) დიდი ინტეგრალური სქემის სახით. მას გააჩნია, აგრეთვე, ოპერატიული და მუდმივი მეხსიერება, კავშირები შეყვანა-გამოყვანის მოწყობილობებთან. ამან მიგვიყვანა კომპლექსურ მინიატურიზაციასთან და მიკრო-ეგმ-ის შექმნასთან. მათ მახასიათებელ ნიშნებს წარმოადგენს დაბალი ღირებულება, მცირე გაბარიტები და მასალატექნოლოგია, მაღალი საიმედოობა, პროგრამირების სიმარტივე. ამასთან, მას გააჩნია მაღალი მაჩვენებლები სწრაფმოქმედების, მეხსიერების მოცულობის მიხედვით, შეყვანა-გამოყვანის, ინფორმაციის გამოსახვის, ერთი ტიპის და სხვა ეგმ-თან, ასევე სხვადასხვა დანადგართან კომპლექსირების განვითარებული მოწყობილობები. ამის წყალობით, მიკროპროცესორები და მიკრო-ეგმ გამოიყენება სფეროში, სადაც ადრე გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენება შეუძლებელი ან არარაციონალური იყო. მაგალითად, ისინი ჩაშენდება ხელსაწყოებში, აპარატებში, ჩარხებში და სხვადასხვა დანადგარებში, რაც საშუალებას იძლევა მკვეთრად გაუმჯობესდეს უკანასკნელთა მახასიათებლები. სპეციალისტები ამტკიცებენ, რომ მიკროპროცესორების (მიკრო-ეგმ) არარსებობა ნებისმიერ ახალ დანადგარში ზიანს აყენებს ასეთი ნაკეთობის კონკურენტუნარიანობას. მიკრო-ეგმ გამოიყენება მინი-ეგმ-ის შესაცვლელად მათი გამოყენების სფეროებში, სხვადასხვა პერსონალურ პროფესიულ ეგმ-ში, ავტომატიზებულ სამუშაო ადგილებზე და ა.შ. რიგი მიკრო ეგმ-ის დახასიათება მოყვანილია ცხრილში 12.2. ცხრილიდან ჩანს, რომ მახასიათებლების მიხედვით, ეს მანქანები ბევრი რამით ჰგავს ერთმანეთს, ხოლო რიგ შემთხვევაში აღემატება მინი-ეგმ და ზოგიერთ ეგმ (EC)-ს. ამიტომ, მათი დაყოფა დიდ, მინი და მიკრო-ეგმ-ად მაინც პირობითად უნდა ჩაითვალოს.

რიგი მიკრო ეგმის დახასიათება

დახასიათება, ქვეყანა-დამამწარმებელი	ოპერაციული მუხსიერების მოცულობა, კბაიტი	მუხსიერების მოცულობა მოქნილ მანერტურ დისკებზე, კბაიტი	სხვა გარე მოწყობილობები	პროგრამირების ენები
АГАТ СССР	32-256	2X250	ტელეკამერა, დისკლეი, პულტები	БЕИСТК
ДВК-2,3,4 СССР	56-248	512-4X800	საბეჭდი მოწყობილობა, დისკლეი	БЕИСТК, ФОРТРАИ, ПАСКАЛЬ
ელექტრონიკა 85 (1-4-ე შესრულება) СССР	16-512	2X800	დამსვროვებელი ტიპი "Винчестер" 5 მბაიტზე, გრაფიკის ეკრანი, საბეჭდი მოწყობილობა, დისკლეი	"—"
ЕС 10 (2)	256-1000	2X320	"—"	БЕИСТК, ПАСКАЛЬ
Ис: 2а-226 (1-6-ე შესრულება) СССР	64	2X256	საბეჭდი მოწყობილობა, დისკლეი, რიგი შესრულებებისათვის დამსვროვებელი მანერტურ დისკებზე, გრაფიკის ეკრანი	БЕИСТК
Изот-1036 ИРБ	64-640	2-4X500	"Винчестер" 10 მბაიტზე, საბეჭდი მოწყობილობა, დისკლეი	КОБОЛ, ПАСКАЛЬ, АСSEMBLER
Работрон-1910 ГДР	256-768	2X800	"Винчестер" 10 მბაიტზე, საბეჭდი მოწყობილობა, დისკლეი	БЕИСТК, ФОРТРАИ, ПЛМ, КОБОЛ, СИ МОДУЛ-2
IBM PS-2 США	8000-მდე	2X1200	"Винчестер" 700 მბაიტზე, საბეჭდი მოწყობილობა, გრაფიკის ეკრანი და სხვ.	БЕИСТК, ПАСКАЛЬ, СИ

§18. გამომთვლელი მანქანების ფუნქციები კომპლექსური ავტომატიზაციის სისტემებში

საწარმო განისაზღვრება როგორც ავტომატური სისტემა, როდესაც დადგენილი საწარმოო პროცესის მართვა ხორციელდება უწყვეტად და ავტომატურად (ადამიანის ჩაურევლად უშუალოდ ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობაში), მზა პროდუქციის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების უზრუნველსაყოფად.

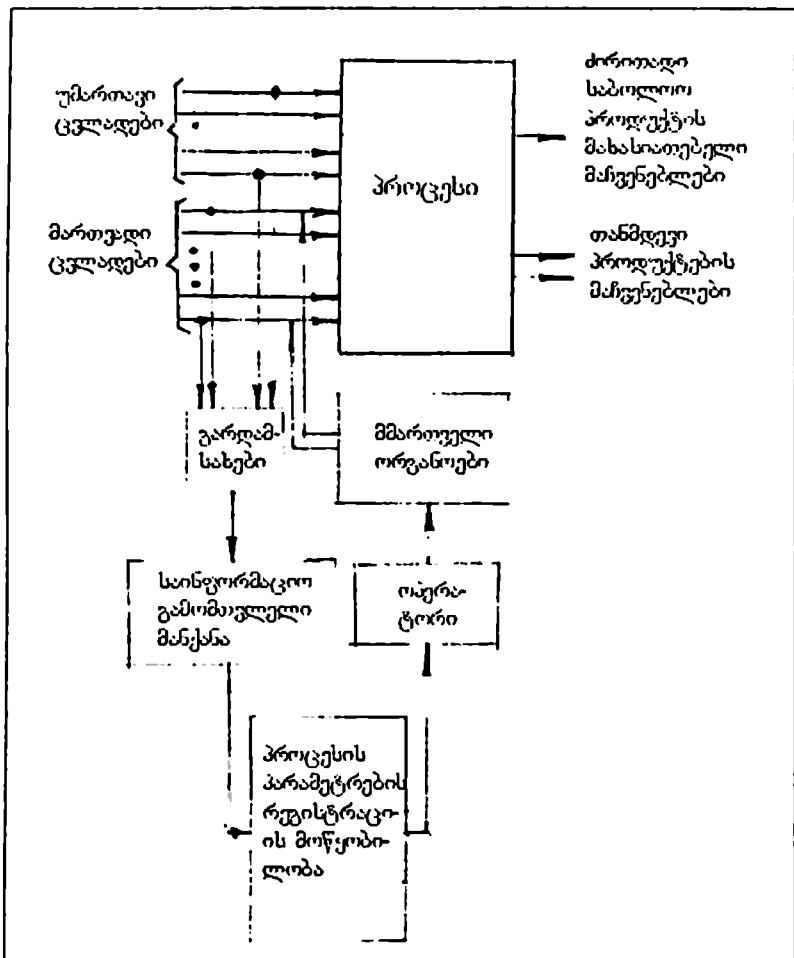
კომპლექსური ავტომატიზაციის დროს ავტომატიზაცია მოიცავს საწარმოს, მეურნეობის, სამსახურის ყველა ძირითად საწარმოო ფუნქციებს. იგი მიზანშეწონილია მხოლოდ მაღალგანვითარებული წარმოების პირობებში, სრულყოფილი ტექნოლოგიისა და მართვის პროგრესული მეთოდების: ბაზაზე საიმედო საწარმოო მოწყობილობების გამოყენებით, რომლებიც მოქმედებენ მოცემული ან თვითორგანიზებადი პროგრამით. ადამიანის ფუნქცია განსახდერულია საერთო კონტროლითა და მართვით.

ავტომატური სისტემების ფუნქციების გართულებამ და მათდამი მოთხოვნების ამოღებამ გამოიწვია გამომთვლელი ტექნიკის ავტომატიკის სისტემებში სულ უფრო ფართოდ გამოყენება. გამომთვლელი მოწყობილობები გამოიყენება ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლისა და მათი ავტომატური მართვის სრულყოფისათვის.

ავტომატური სისტემები გამომთვლელი მოწყობილობებით შეიძლება დაიყოს: 1. ავტომატური კონტროლის სისტემებად (საინფორმაციო სისტემები); 2. ავტომატური მართვის განრთულ სისტემებად (საკომანდო სისტემები); 3. ავტომატური მართვის ჩაკეტილ სისტემებად.

ჩამოთვლილ სისტემებში გამოიყენება საინფორმაციო გამომთვლელი მანქანები; გამომთვლელი მანქანები – ოპერატორის მრჩევლები; მმართველი გამომთვლელი მანქანები.

საინფორმაციო გამომთვლელი მანქანების ძირითადი ამოცანა მდგომარეობს სარეგულირებელი ობიექტის შესახებ ინფორმაციის შეკრებაში, დაგროვებაში, დამუშავებასა და რეგისტრაციაში. ადამიანის მიერ აღსაქმელად მოსახერხებელი სახით დამუშავებული ინფორმაცია მიეწოდება ოპერატორს (დისპეტჩერს), რომელიც ებუღლებს საჭირო გადაწყვეტილებას პროცესის კონკრეტულ პირობებში სამართავად. ამრიგად, ეს მანქანა არ არის მმართველი. მას უჭირავს შუალედი მდგომარეობა კონტროლისა და რეგულირების ჩვეულებრივ სისტემებსა და მმართველ მანქანებს შორის. მართვის სისტემის სქემა საინფორმაციო მანქანით წარმოდგენილია ნახაზე 12.4.



ნახ12.4. მართვის სისტემის ფუნქციური სქემა საინფორმაციო მანქანით

საინფორმაციო მანქანა შემდეგ ფუნქციებს ასრულებს:

ა. განუწყვეტლივ ამოწმებს პარამეტრების (ტექნოლოგიურისა და კომპლექსურის) შესაბამისობას დასაშვებ მნიშვნელობებთან და ცვლილებების შესახებ, ატყობინებს ოპერატორს; პირველადი ტექნოლოგიური პარამეტრებია – ტემპერატურა, წნევა, ხარჯი და სხვ. კომპლექსური – ჯამური

ხარჯები, მანქენებლების საშუალო მნიშვნელობები დროის მოცემული ინტერვალისათვის და სხვ.

ბ. აფიქსირებს გასახომი პარამეტრების გადახრის დროს მოცემულიდან.

გ. არეგისტრირებს გასახომ პარამეტრებს.

დ. იძლევა სიგნალს ავარიული სიტუაციების დადგომის შესახებ.

ე. გამოთვლის ცალკეულ მანქენებლებს, რომლებიც ახასიათებენ პროცესის მიმდინარეობას.

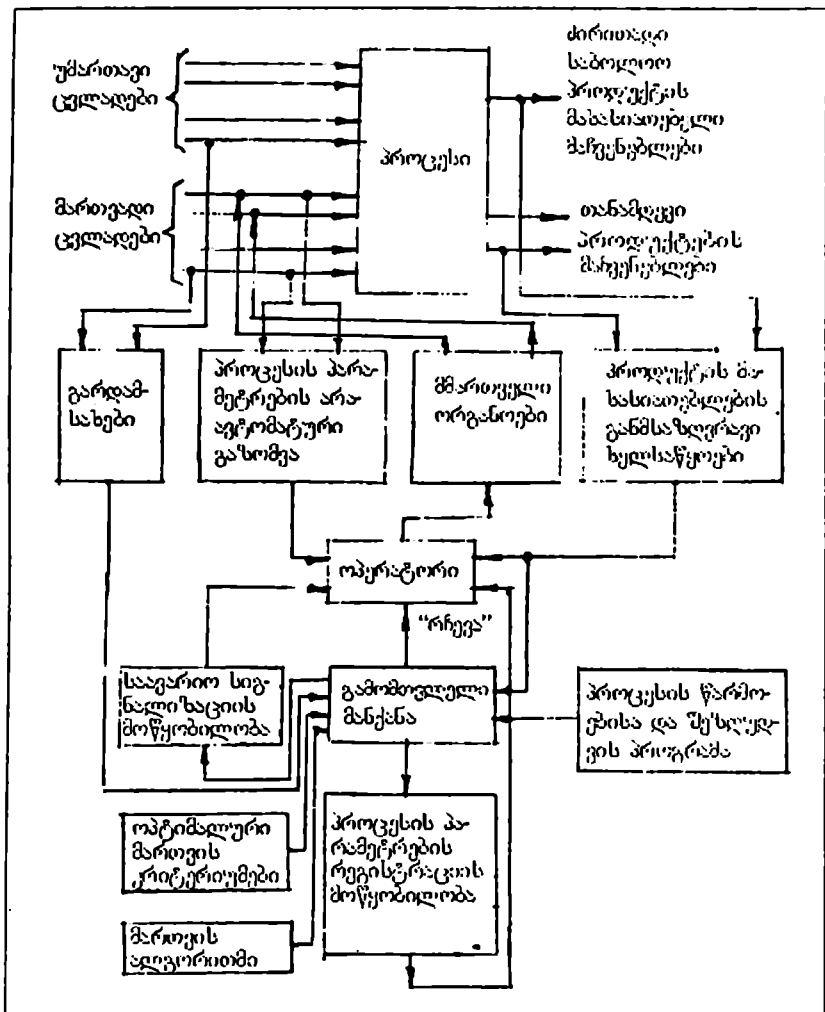
ინფორმაციის მიღების შემდეგ, ოპერატორი ღებულობს შესაბამის გადაწყვეტილებას და მმართველი ორგანოების მეშვეობით ზემოქმედებას ახდენს პროცესზე.

საინფორმაციო გამომთვლელ მანქანებს უწოდებენ ცენტრალიზებული კონტროლის მანქანებს, რადგან მათი ძირითადი ფუნქცია მდგომარეობს პროცესის პარამეტრების კონტროლის ცენტრალიზაციაში.

ასეთი მანქანების აუცილებლობა წარმოიქმნება მსხვილ ქიმიურ და მეტალურგიულ კომბინატებში, თბოენერგეტიკული დანადგარების საამქროებში და ა.შ.

ოპერატორის მრჩეველი გამომთვლელი მანქანები (ოპერატიულ-დისპეტჩერული მართვის მანქანები). ამ მანქანებს კიდევ უწოდებენ მანქანა-კონსულტანტებს. მსხვილი საწარმოო კომპლექსების სადისპეტჩერო პუნქტებზე შესული ინფორმაციის უსაზღვროდ დიდი რაოდენობა, არ აძლევს დისპეტჩერს შესაძლებლობას მოიცვას მთლიანად ინფორმაცია და აძნელებს გადაწყვეტილების მიღებას პროცესის მართვის თაობაზე. საინფორმაციო სისტემას შეუძლია, არა მხოლოდ გამოყოს სიგნალების მკვირე რიცხვი დისპეტჩერისათვის მისათითებლად, არამედ გამოთვალოს რეკომენდაციები დისპეტჩერისათვის პროცესის სამართავად. ამ შემთხვევაში ამგვარ სისტემას უწოდებენ მანქანა მრჩეველს ან მანქანა-კონსულტანტს.

მართვის სისტემის სქემა მანქანა-ოპერატორის მრჩეველის გამოყენებით გამოსახულია ნახა'სუ 12.5. ნახა'სუ 12.4 წარმოდგენილ სქემაზე დამატებით მანქანას მიეწოდება პროცესის ოპტიმალური რეჟიმის მახასიათებელი (ოპტიმალური მართვის კრიტერიუმი). მანქანაში საჭიროა, აგრეთვე, მსკმედების პროგრამის შეყვანა, რომელიც გამოიძუშავებს დის-



ნახ.12.5. მართვის სისტემის ფუნქციური სქემა გამომთვლელი მანქანით "მრჩევის" რეჟიმში

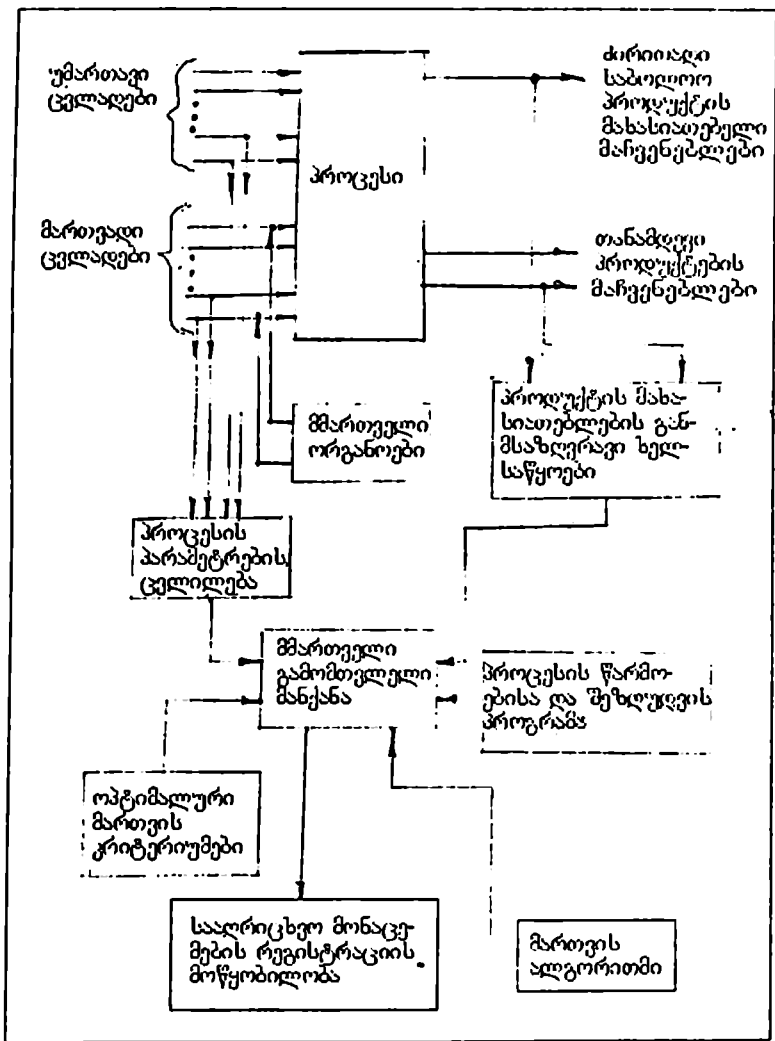
პეტჩერისათვის რჩევებსა და რეკომენდაციებს. ასეთ პროგრამას გამოხატულს მათემატიკური ფორმულებისა და ლოგიკური პირობების ენაზე მართვის ალგორითმი ეწოდება.

მმართველი ზემოქმედება, გამოომუშავებული მანქანა-მრჩეველის მიერ, შეიძლება ოპერატორის გვერდის ავლით, უშუალოდ მოდებული იქნეს მმართველ ორგანოებზე.

ოპერატორი მანქანის რჩევებთან ერთად ითვალისწინებს ინფორმაციას პროცესის შესახებ, აგრეთვე, პროცესის მართვის თავის გამოცდილებას, ყოველივე ამის საფუძველზე, დებულობს საბოლოო გადაწყვეტილებას და აწარმოებს შესაბამის ზემოქმედებას მმართველ ორგანოებზე.

ოპერატორულ-დისპეტჩერული მართვის წარმოდგენილი სისტემა წარმოადგენს განროთულს, რადგან მასში არ გაითვალისწინება ავტომატური ზემოქმედება პროცესზე მიღებული ინფორმაციისაგან დამოკიდებულებით. ამ ზემოქმედებას ახორციელებს ადამიანი (ოპერატორი, დისპეტჩერი). იგი აღიქვამს ინფორმაციას და მასთან შეთანხმებით, ძირითადად ხელით აგზავნის ბრძანებებს ტექნოლოგიური პროცესის სამართავად, ე.ი. სისტემა არის განროთული, იგი ხშირად იწოდება საკომანდო სისტემადაც.

მმართველი გამომთვლელი მანქანები. როგორც აღინიშნა საინფორმაციო და საკომანდო სისტემები წარმოადგენენ განროთულ სისტემებს. ახლა განვიხილოთ ავტომატური მართვის ჩაკეტილი სისტემები. ეს სისტემები შეიცავენ ზემოქმედების ერთ ან რამდენიმე ჩაკეტილ კონტურს და არსებითად ავტომატური რეგულირების სისტემებია, რომელთა ამოცანაშიც შედის პროცესის ოპტიმიზაცია ამა თუ იმ ნიშნის მიხედვით. ასეთ სისტემებში წარმოებს ტექნოლოგიური პროცესების შესახებ (გამოთვლითი ოპერაციების ჩათვლით) ინფორმაციის გადაომუშავება და ამ გადაომუშავების შედეგის შესაბამისად იგზავნება პროცესის მართვის ბრძანებები. მითითებული ფუნქციების შემსრულებელი სისტემები, იწოდებიან მმართველ სისტემებად ან მმართველ მანქანებად. მომსახურე პერსონალის როლი ასეთ მანქანებში დაყვანილია სისტემაზე და მოელ ტექნიკურ საშუალებებზე დაკვირვებაზე. მართვის სისტემის სქემა მმართველი გამომთვლელი მანქანებით ნაჩვენებია ნახაზზე 12.6.



ნახ12.6. მართვის სისტემის ფუნქციური სქემა მმართველი გამომთვლელი მანქანით

ამ მანქანის ძირითადი განსხვავება მანქანა-მრწყველიდან (საკომანდო მანქანიდან) მდგომარეობს იმაში, რომ მმართველი ზემოქმედება, გამოიშუშავებული ამ მანქანის მიერ, გადა-

ეცემა მმართველ ორგანოებს უშუალოდ და არა ოპერატორის მეშვეობით.

მმართველ მანქანებს შეუძლიათ შემდეგი ფუნქციების შესრულება:

ა. ოპტიმალური რეჟიმის განსაზღვრა და დაცვა;

ბ. მართვის ალგორითმის დასუსტება და კორექტირება სისტემის წინმავალი საქმიანობის საფუძველზე;

გ. დროის რაციონალური მომენტების განსაზღვრა (კალკული აგრეგატების გადასართველად ერთი რეჟიმიდან მეორეზე და ა.შ.

დ. აგრეგატების გაშვებისა და განერების მართვა, აგრეთვე, პროცესის მართვა ტექნოლოგიური რეჟიმის დაუშვებელი დარღვევის დროს;

ე. სიგნალიზაცია და პროცესის დასაშვები მნიშვნელობებიდან გადახრილი პარამეტრების რეგისტრაცია;

ვ. ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობის დამახასიათებელი ნებისმიერი პარამეტრის მნიშვნელობის რეგისტრაცია;

ზ. მიმდინარე და გასაშუალოებული ტექნოლოგიური და ეკონომიკური მაჩვენებლების ანგარიში და რეგისტრაცია;

თ. რეკომენდაციების გამოჩვენება წარმოების ადმინისტრაციული მართვის ოპტიმიზაციის მიხედვით;

ი. მიმდინარე დაგეგმვა;

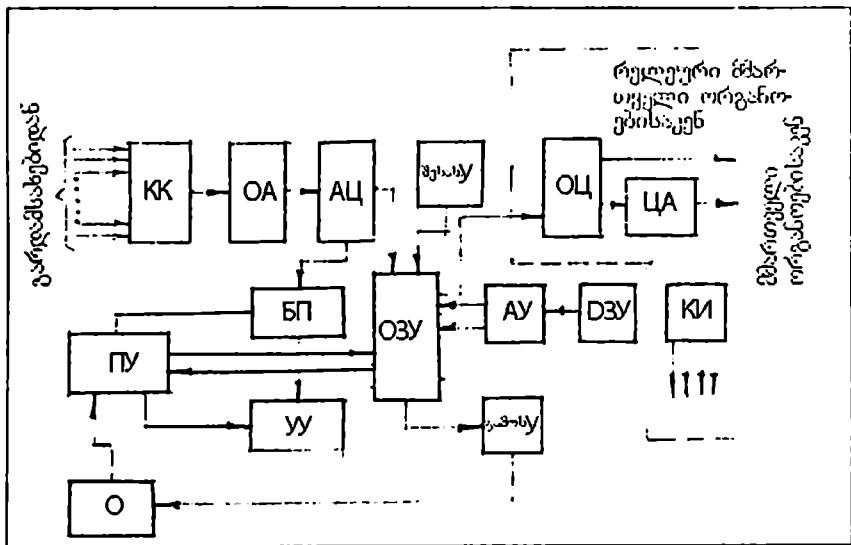
კ. პროდუქციის, ნედლეულის, ენერჯის, შრომის და სხვ. მიმდინარე და ჯამური აღრიცხვა;

ლ. გამზომი ხელსაწყოების, შემადგენლობის ავტომატური ანალიზატორებისა და სხვა აპარატურის პერიოდული დაკალიბრება;

მ. გამომუშაებული გადაწყვეტილებების კონტროლი, თვითონ გამომთვლელი მანქანის და ინფორმაციის შეგროვების მთელი სისტემის გამართულობის კონტროლის ჩართვით.

ნახაზზე 12.7 მოყვანილია მმართველი გამომთვლელი მანქანის ბლოკ-სქემა. სქემა მუშაობს შემდეგნაირად. ანალოგური გარდამსახებით გაზომილი პროცესის პარამეტრები, ელექტრული ძაბვის ფორმით მიეწოდება არხების კომუტატორზე KK. პარამეტრების რაოდენობა შეიძლება აღწევდეს 1500. კომუტატორი KK უერთებს გამომთვლელ მანქანას ერთიმეორის მიყოლებით გარდამსახებს. სიგნალი გარდამსახიდან კომუტატორის შემდეგ შეიყვანება ანალოგური სიგნალუ-

ბის დამუშავების ბლოკში OA, რომელიც სიგნალებს აძლიერებს და აწოდებს მათ ანალოგურ-ციფრულ გარდაქმნელზე AL, რომელიც ანალოგურ სიგნალს გარდაქმნის ციფრულში. ცალკეული ბრძანებებისაგან შედგენილი გამოთვლების პროგრამა ინახება ოპერატიულ დამამახსოვრებელ მოწყობილობაში O3Y. O3Y-დან ბრძანებები მიმდევრობით, ერთი მეორის მიყოლებით, მიეწოდება მართვის მოწყობილობაში YU, რომელიც გაშიფრავს ბრძანებას და უზრუნველყოფს მის შესრულებას.



ნახ12.7. მმართველი გამოთვლელი მანქანის ბლოკ-სქემა

ხანგრძლივ დამამახსოვრებელ მოწყობილობაში D3Y ინახება ინფორმაცია, რომელიც არ იცვლება მანქანის მუშაობის პროცესში. D3Y-ს გააჩნია მაღალი საიმედოობა და უზრუნველყოფს, არითმეტიკული მოწყობილობის მუშაობის სიჩქარის შესაბამისად, რიცხვების ამორჩევის დროს.

მმართველ გამოთვლელ მანქანას იგააჩნია უნარი ყოველმხრივ გაითვალისწინოს პროცესის წინაისტორია. მას შეუძლია დაიმახსოვროს არა მხოლოდ პროცესის მდგომარეობის წინაისტორია, არამედ ისიც, როგორ იმართებოდა იგი სხვადასხვა სიტუაციებში და, როგორი იყო მისი ეფექტურო-

ბა ამ მართებების დროს. ამ უნართ მმართველი გამოიმთვ-
ლელი მანქანა პრინციპულად განსხვავდება რეგულირების
ჩვეულებრივი საშუალებებიდან.

გამოთვლების პროგრამა, დაწერილი მოცემული მანქანის
ბრძანებების ენაზე, შეიყვანება O3Y-ში შესასვლელი მოწყო-
ბილობით BxY.

მანქანის მუშაობის დროს მრჩეველის რეჟიმში ინფორმა-
ციის ოპერატიული შეყვანა შეიძლება განხორციელდეს გარ-
დამსახებიდან ოპერატორის 0-ს დახმარებით მართვის პულ-
ტის IV გაველით.

პულტზე გამოიყვანება, აგრეთვე, ინფორმაციის ნაწილი,
რომელიც ეცნობება ოპერატორს. მანქანის მიერ გამოიმუშავე-
ბული დანარჩენი ინფორმაცია გამოიყვანება მანქანიდან გა-
მოსასვლელი მოწყობილობის BxY დახმარებით.

უშუალო მართვის სიგნალების გამოიმუშავება, მათი მი-
წოდება რეგულატორებზე ან შემსრულებელ მექანიზმებზე,
აგრეთვე, მიღებული გადაწყვეტილებების სისწორის კონ-
ტროლი სრულდება შემდეგი ბლოკების მიერ: ციფრული ინ-
ფორმაციის დამუშავების ბლოკი OII, ციფრული სიგნალების
ანალოგურში გარდამქმნელი CIA და მოწყობილობა მანქანის
გამართულობის კონტროლისათვის KII.

მართვის კონტურის ჩართვის დროს ადამიანის მონაწი-
ლეობის გარეშე შესაძლებელია ორი ვარიანტი: მართვის
“ორიარუსიანი” სტრუქტურა და “ერთიარუსიანი”. პირველი
ვარიანტის დროს მართვის სისტემაში არსებობს რეგულატო-
რები, რომლებიც ასტაბილიზებენ ამა თუ იმ პარამეტრს, მუ-
ორე ვარიანტში რეგულატორები არ არსებობენ. მანქანის
მიერ გამოიმუშავებული მმართველი ზემოქმედებები გადაეცე-
მათ უშუალოდ შემსრულებელ მექანიზმებზე. უპირატესობა
ენიჭება მართვის ორიარუსიან ვარიანტს, რადგან რეგულა-
ტორის სისტემა უსრუნველყოფს პროცესის მართვას.

შეენიშნაეთ, რომ მმართველი გამოიმთვლელი მანქანები
სულ უფრო ფართოდ ინერგება სახალხო მეურნეობის ისეთ
დარგებში, როგორიცაა სამშენებლო მასალების მრეწველობა,
მანქანათმშენებლობა, მეტალურგია, ენერგეტიკა, ტრანსპორ-
ტი, ქიმიკა და სხვ.

§19. ავტომატური სისტემების საიმედოობა

ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას, რომლის გადაწყვეტის გარეშეც შეუძლებელია მმართველი სისტემების მაღალეფექტურად დანერგვა საინჟინრო პრაქტიკაში, წარმოადგენს საიმედოობის პრობლემა. მართვის რთული სისტემები, რომლებიც მოიცავენ მმართველ გამომთვლელ მანქანებს, შედგება ძალიან დიდი რიცხვი შედარებით მარტივი ურთიერთდაკავშირებული ელემენტებისაგან. მწყობრიდან ერთი ელემენტის გამოსვლამ შეიძლება გამოიწვიოს მწყობრიდან მართვის მთლიანი სისტემის გამოსვლა, რაც ბუნებრივია, დიდ დანაკარგებთან იქნება დაკავშირებული მართული პროცესის შეწყვეტის ან დარღვევის გამო.

პროცესების მმართველი გამომთვლელი მანქანები, უნდა მუშაობდნენ შეუსვენებლად ხანგრძლივად. წარმოების მართვისათვის გამომთვლელი მანქანების გამოყენების პრაქტიკიდან გამომდინარეობს, რომ კარგად დაკონსტრუირებულ და ხარისხიანად დამზადებულ მანქანას შეუძლია შეუფერხებლად იმუშაოს 1000 სთ-მდე. გამომთვლელი მანქანების ეფექტური გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ მათი საიმედოობის მაღალი ხარისხის დროს. მანქანების გამოყენების კოეფიციენტი უნდა შეადგენდეს არა ნაკლები 99,5-99,9%-ს. ამრიგად, საიმედოობა ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემაა, რომელიც დიდ ინტერესს იწვევს წარმოების განვითარებასთან ერთად. დღეისათვის საიმედოობის პრობლემა ძლიერ გამწვავდა, რაც დაკავშირებულია ავტომატურ სისტემებში მომუშავე ელემენტების პირობების გართულებასთან (დაბალი ან მაღალი ტემპერატურა, მაღალი ტენიანობა, აჩქარებები, ვიბრაციები, დამტვერიანება, ქიმიურად აგრესიული გარემოს ზემოქმედება და სხვ.), სისტემის მიერ შესრულებული ფუნქციების პასუხისმგებლობის და მტყუნების ეკონომიკური ფასის გაზრდასთან.

ქვემოთ მოყვანილია ძირითადი ცნებების განმარტებები, რომლებიც გამოიყენება საიმედოობის თეორიაში.

ნაკეთობა – არის სისტემები და მათი ელემენტები (ნაგებობები, მანქანები, ხელსაწყოები, აპარატები, აგრეგატები, კვანძები, დეტალები).

საიმედოობა – ნაკეთობის თვისება. იგი ხასიათდება უმტყუნებლობით, ხანგამძლეობით, რემონტვარგისიანობით.

უმტყუნებლობა (საიმედოობა ვიწრო გაგებით) – ნაკეთობის თვისებაა განსაზღვრულ რეჟიმებსა და ექსპლუატაციის პირობებში მუშაობის უნარის უწყვეტად შენარჩუნებისა.

ხანგამძლეობა – უმტყუნებლობა ნაკეთობის დაშლამდე ან სხვა ზღვრულ მდგომარეობამდე.

რემონტგარჯისიანობა – ნაკეთობის მომარჯუებულობა გაუმართაობებისა და მტყუნებების აღმოფხვრისადმი; ხასიათდება შრომისა და სახსრების ხარჯით აღნიშნულის შესრულებაზე.

წესიერულობა – ნაკეთობის ექსპლუატაციის პირობებში ძირითადი და დამხმარე პარამეტრების მოცემულ სიდიდეებთან შესაბამისობის მდგომარეობა.

უწყესიერობა – დროის მოცემულ მომენტში, თუნდაც ერთი პარამეტრისადმი, ნაკეთობის შეუსაბამობის მდგომარეობა.

მუშაობის უნარი – ნაკეთობის, ძირითადი პარამეტრების მოთხოვნებთან შესაბამისობის მდგომარეობა.

ნამუშევარი – ნაკეთობის მუშაობის ხანგრძლივობა (ან მოცულობა) განსაზღვრულ პირობებში, საათობით, ციკლობით და ა.შ.

მტყუნება – ნაკეთობის მიერ მუშაუნარიანობის ნაწილობრივი ან მთლიანი დაკარგვა.

შეფერხება – ერთჯერად წარმოშობილი და შემდეგ ქრობადი მტყუნებაა.

დაცულობა – შენახვისა და ტრანსპორტირების გარეგნულ პირობებში ნაკეთობის გამართულობისა და საიმედოობის უზრუნველყოფის თვისებაა.

საიმედოობის თეორიის ძირითადი მანქნებელი მტყუნებაა. იგი შეიძლება იყოს უეცარი და თანდათანობითი, მდგრადი და თვითგამოსწორებადი.

მტყუნება უეცარია (კატასტროფულია), როდესაც იგი წარმოიშობა სისტემის ძირითადი პარამეტრების ნახტომისებურად ცვლილებით, ნაკეთობაში არსებული ფარული დეფექტების ან ექსპლუატაციის პროცესში დაუშვებელი გადატვირთვის გამო.

მტყუნება თანდათანობითია (პარამეტრულია), როდესაც წარმოიშობა სისტემის ელემენტების დაძველების, გაცვეთის, დეფორმაციის გამო, ერთი ან რამდენიმე ძირითადი პარამეტრის თანდათანობითი ცვლილების შედეგად.

მტყუნება მდგრადია, თუ იგი შეიძლება აღმოფხვრილი იქნეს მხოლოდ სისტემის მუშაუნარიანობის აღდგენისათვის განხორციელებული ღონისძიებების შედეგად.

მტყუნება თვითგამოსწორებადია, თუ იგი შეიძლება დამოუკიდებლად გაქრეს გარეშე სომების მიუღებლად.

მტყუნება შენაკველებითია, თუ იგი წარმოადგენს ერთიმეორეს სწრაფად მომდევნო შეფერხებების რიგს.

ნაკეთობა შეიძლება იყოს აღდგენადი და არააღდგენადი. ნაკეთობა აღდგენადია თუ იგი შეიძლება აღდგენილი იქნეს მტყუნების მიხედვის აღმოფხვრის შედეგად. ნაკეთობა არააღდგენადია თუ მტყუნების წარმოშობის შედეგად არ ექვემდებარება აღდგენას.

საიმედოობის საინჟინრო გაანგარიშების დროს სარგებლობენ შემდეგი კრიტერიუმებით: 1) უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა $P(t)$; 2) მტყუნების ალბათობა $q(t)$; 3) მტყუნებების ინტენსიურობა $\lambda(t)$; 4) უმტყუნებო მუშაობის საშუალო დრო $T_{საშ}$; 5) მტყუნებაზე ნამუშევარი - T_0 .

1) უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა $P(t)$ - ალბათობაა იმისა, რომ განსაზღვრული რეჟიმებისა და ექსპლუატაციის პირობებში ნაკეთობის ექსპლუატაციის განმავლობაში არც ერთ მტყუნებას არ ექნება ადგილი.

$$P(t) = \frac{N_p - N_0}{N_p} = \frac{N_u}{N_p}, \quad (12.8)$$

სადაც

N_p არის გამოსაცდელ ნაკეთობათა რაოდენობა;

N_0 - ნაკეთობათა რაოდენობა, რომელთა მუშაობაშიც მტყუნება იქნა შემჩნეული;

N_u - უმტყუნებოდ მომუშავე ნაკეთობათა რაოდენობა;

t - გამოცდის ხანგრძლივობა.

2) მტყუნების ალბათობა $q(t)$ - ალბათობაა იმისა, რომ განსაზღვრული რეჟიმებისა და ექსპლუატაციის პირობებში ნაკეთობის მუშაობის მოცემული ხანგრძლივობის t განმავლობაში ერთ მტყუნებას მაინც ექნება ადგილი.

$$q(t) = \frac{N_0}{N_p}. \quad (12.9)$$

ცხადია, რომ

$$P(t) + q(t) = 1, \quad (12.10)$$

საიდანაც

$$q(t) = 1 - P(t). \quad (12.11)$$

3) მტყუნებების ინტენსიურობა $\lambda(t)$ განისაზღვრება Δt დროის შუალედში მტყუნებული ნაკეთობების რაოდენობის შეფარდებით გამოსაცდელ ნაკეთობათა რაოდენობასთან

$$\lambda(t) = \frac{N_0 / \Delta t}{N_u}. \quad (12.12)$$

4) უმტყუნებო მუშაობის საშუალო დრო $T_{საშ}$ არის ნაკეთობის უმტყუნებო მუშაობის დროის მათემატიკური მოლოდინი პირველ მტყუნებაში

$$T_{საშ} = \frac{\sum_{i=1}^{N_p} t_i}{N_p}, \quad (12.13)$$

სადაც

t_i არის ნაკეთობის უმტყუნებო მუშაობის დრო;

N_p - განმარტებულია ზემოთ.

5) მტყუნებაზე ნამუშევარი T_0 აღსადგენი ნაკეთობის ნამუშევრის საშუალო მნიშვნელობაა მეზობელ მტყუნებებს შორის

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{n}, \quad (12.14)$$

სადაც

τ_i წესიერული მუშაობის დროა i და $(i+1)$ მტყუნებებს შორის;

n - მტყუნებების რაოდენობა გამოცდის დროის განმავლობაში.

ნაკეთობის საიმედოობის გაანგარიშების დროს იგულისხმება, რომ მტყუნების ყოველი სახე დამოუკიდებელია და

$$P(t) = P_j(t) P_n(t) P_7(t), \quad (12.15)$$

სადაც

$P_j(t)$ არის უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა კატასტროფული (უეცარი) მტყუნებების დროს;

$P_n(t)$ - უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა პარამეტრული (თანდათანობითი) მტყუნებების დროს;

პუ(1) - უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა შენაკველებითი მტყუნებების დროს.

ავტომატური მართვის სისტემის სტრუქტურული საიმედოობა განისაზღვრება სისტემის ელემენტების ერთმანეთთან შეერთების წესით (თანმიმდევრული, პარალელური, შერეული. შერეული შეიძლება იყოს თანმიმდევრულ-პარალელური და პარალელურ-თანმიმდევრული), სისტემაში შემავალი ელემენტების რიცხვით და მათი საიმედოობით.

ცნობილია, საიმედოობის გაზრდის საწარმოო, ექსპლუატაციური და სქემურ-საკონსტრუქტორო მეთოდი.

საწარმოო მეთოდი გულისხმობს ავტომატიკის სისტემებში საიმედოობის უფრო მაღალმანქვებლიანი ელემენტების გამოყენებას. ექსპლუატაციური მეთოდი - რემონტებისა და პროფილაქტიკური ღონისძიებების დროულ და ხარისხიან შესრულებას სქემურ-საკონსტრუქტორო მეთოდი - დარეზერვებას (ავტომატიკის სისტემებში სარეზერვო ელემენტების ან ბლოკების გამოყენება, რომლებიც შეცვლიან ძირითად მუშა ელემენტებს მათი მტყუნების შემთხვევაში. დარეზერვება შეიძლება იყოს დატვირთული, შემსუბუქებული, დაუტვირთავი. პირველ შემთხვევაში სარეზერვო ელემენტი და ძირითადი ელემენტი ჩართულია მუდმივ მუშაობაში და დატვირთული არიან თანაბრად. ერთი ელემენტის მწყობრიდან გამოსვლა მეორე ელემენტის მუშაობით შეიცვლება. შემსუბუქებული დარეზერვების დროს ყოველი ელემენტი 50%-ით არის დატვირთული. ერთი ელემენტის მწყობრიდან გამოსვლის დროს ის ავტომატურად გამოირთვება, მეორეზე კი დატვირთვა 100%-მდე გაიზრდება. დაუტვირთავი დარეზერვების დროს 100%-ით დატვირთული ძირითადი ელემენტის მწყობრიდან გამოსვლისას მუშაობაში შეჰყავთ სარეზერვო ელემენტი).

საიმედოობის გაზრდის კიდევ ერთ-ერთი საშუალებაა თვითონ მმართველი გამომთვლელი მანქანის მართვის ალგორითმის აგებაში სხვადასხვა ლოგიკური ხერხების გამოყენება.

და ბოლოს, რთული მრავალელემენტური სისტემის მართვის საიმედოობის ასამაღლებლად შეიძლება გამოყენებული იქნეს მანქანის აგების დროს პოლიმორფიზმის პრინციპის გამოყენება. მანქანა შედგება დიდი რაოდენობის რამდენიმე ძირითადი ტიპის შედარებით მარტივი ბლოკისაგან, რომელე-

ბიჯ მნიშვნელოვნად ავტონომიურები არიან თავისი ფუნქციების შესრულების დროს და სტრუქტურულად ჩვეულებრივ მანქანებში, გამოყენებული შესაბამისი ბლოკების ანალოგიური არიან, რომელთაც არ გააჩნიათ პოლიმორფული სტრუქტურა. ბლოკებს აერთებენ ისე, რომ იქმნება ერთიანი გამომთვლელი სისტემა. მაგრამ ბლოკების შეერთება არ არის მუდმივი, ის შეესიტყვება კონკრეტულ სიტუაციას და მოცემულ მომენტში გადასაწყვეტ ამოცანას. ამრიგად, ბლოკების გადართვა ხდება ავტომატურად და იქმნება ბლოკების ესა თუ ის კომბინაცია, ე.ი. მანქანა ავტომატურად უკეთებს ორგანიზაციას თავის სტრუქტურას, ერთი სტრუქტურული ვარიანტიდან მეორისაკენ გადასვლით გადასაწყვეტი ამოცანის სპეციფიკიდან გამომდინარე. მანქანას გააჩნია სტრუქტურული მდგომარეობების დიდი რაოდენობა, რის გამოც მნიშვნელოვნად მაღლდება სისტემის საიმედოობა.

პოლიმორფული პრინციპით აგებული მანქანები განსაკუთრებით რთული ობიექტების მართვისათვის გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში.

წარმოების ცენტრალიზებული მართვა და დისკრეტიზაცია

სწრაფი ტექნიკური პროგრესი მოითხოვს სამრეწველო ხა-
წარმოების, საამქროების, უბნებისა და აგრეგატების მართვის
ორგანიზაციის შემდგომ სრულყოფას. წარმოების მართვისათვის
გამოიყენება სხვადასხვა ფორმა, წარმოების თავისებურებებისა
და კერძო ამოცანებისაგან დამოკიდებულებით.

§1. დაბეგმვა

დაბეგმვის დანიშნულებაა შესასვლელისა და გამო-
სასვლელის ძირითადი თანაფარდობის წინასწარი განსაზ-
ღვრა ხანგრძლივ პერიოდზე (თვე, წელი და ა.შ.). ამ პერი-
ოდზე თითოეული შემსრულებლისათვის ოპტიმალური, რე-
სურსების მიხედვით დაბალანსებული სამუშაოების გეგმების
გამომუშაება; სამუშაოების ფაქტობრივი მსვლელობისათვის
დასაშვები საზღვრების, აგრეთვე, სამუშაოების მსვლელობის
შესახებ ინფორმაციის მოპოვების მომენტების განსაზღვრა.
მართვის ეს ფორმა არ ითვალისწინებს ტექნოლოგიური პრო-
ცესის შემთხვევით გადახრებს და მომარაგებას მუშაობის
პროცესში.

სამშენებლო წარმოების მართვაში საბოლოო მისიანს
შეადგენს დადგენილ ვადებში ობიექტების ექსპლუატაციაში
შეყვანა. როგორც წესი, ეს მიიღწევა ხანგრძლივი დროის
შედეგად. ეს დრო, აგრეთვე, მიზნის მიღწევის გზები და
საშუალებები განისაზღვრება კალენდარული დაბეგმვის
სტადიაზე. კალენდარული დაბეგმვა არის რთული და შრო-
მატევადი პროცესი; სამშენებლო წარმოების აღბათურ პი-
რობებს, მის დინამიკურობას მიუყვართ იმასთან, რომ პრაქ-
ტიკულად თითქმის შეუძლებელია საწარმოო პროცესის რე-
ალიზაციის საწყის პერიოდში სამუშაოების მსვლელობის
საკმარისად ზუსტი ცოდნა, მითუმეტეს მომავალში, ვინაიდან
მისი განვითარების შესაძლო მიმართულება ერთადერთს არ
წარმოადგენს. ამიტომ, ობიექტების მშენებლობის გეგმა შეიძ-
ლება მიახლოებით იქნეს შედგენილი. დაწერილებით სამრეწ-
ველო ობიექტის კალენდარული დაბეგმვის შესახებ იხილეთ
[38].

§2. ოპერატიული მართვა

ოპერატიული მართვა არის წარმოების უწყვეტი კონტროლი დროის ყოველ მომენტში; იგი უზრუნველყოფს აგრეგატების მუშაობის შერჩეულ რეჟიმს და ტექნიკური პროცესის შესრულებას.

ყოველ საწარმოო პროცესში გარდაუვალია გადახრები მოცემული რეჟიმიდან და ამიტომ, რაც უფრო ხშირად წარმოიქმნებიან ისინი, მით უფრო ხშირადაა საჭირო ოპერატიული ჩარევა, წარმოქმნილი დარღვევების აღმოფხვრის მიზნით. წარმოების ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია თითოეულ უბანზე მუშაობის ორგანიზაცია, პროდუქციის გამოშვების საერთო ამოცანიდან გამომდინარე.

საწარმოო პროცესის ოპერატიული მართვა და მისი უზრუნველყოფა რესურსებით წარმოადგენს დაგეგმვის, ორგანიზაციის, რეგულირების, კონტროლისა და აღრიცხვის ფუნქციების ერთიანობას. იგი მოიცავს: მართვის მიზნების განსაზღვრას თითოეულ ოპერატიულ საგეგმო პერიოდზე (თვე) რესურსების გამოყენებაში მოცემული შეზღუდვების გათვალისწინებით; სამართაფი ობიექტის მიმდინარე მდგომარეობის დადგენა საგეგმო პერიოდის დამთავრების დროის და მის შიგნით კონტროლის განხორციელების მომენტებში; პირობების განსაზღვრა, რომლებშიც ხორციელდება საწარმოო პროცესი; მარეგულირებელი სემოქმედებების გამოყენება ოპერატიული პერიოდის შიგნით ოპერატიული მართვის მიზნების მისაღწევად.

ოპერატიული მართვის ფუნქციის ძირითად ამოცანებს წარმოადგენენ:

1. დაგეგმვა;

2. ორგანიზაცია - პირობების შექმნა დასახული მიზნის მისაღწევად;

3. რეგულირება - გადაწყვეტილებების გამოყენება სამუშაოების ფაქტობრივი მსვლელობის და რესურსების მიწოდების გადახრების აღმოსაფხვრელად რესურსების გამოყენებაში მოცემული შეზღუდვების დროს ოპერატიული-საწარმოო გეგმების მოქმედების დაგეგმილი დროის განმავლობაში;

4. კონტროლი - სამუშაოების ფაქტობრივი მსვლელობის და რესურსების მიწოდების დადგენილიდან გადახრების, აგრეთვე, რეგულირების ფუნქციის განხორციელების აუცილებლობის განსაზღვრა; საჭირო ინფორმაციის გადაცემა რეგულირების ბლოკში;

აღრიცხვა - ყველა აუცილებელი ინფორმაციის შეგროვება, რეგისტრაცია, სისტემატიზაცია, შენახვა და გადაცემა დაგეგმვისა და კონტროლის ბლოკებში.

§3. მართვის ცენტრალიზაცია და კომპლექსური ავტომატიზაცია

წარმოებისათვის დამახასიათებელია მართვის ცენტრალიზაცია.

ცენტრალიზებული მართვის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს დისპეტჩერული ცენტრალიზაცია. გადაწყვეტილებას იმის შესახებ, როგორ მოიქცეს თითოეულ ცალკეულ შემთხვევაში, ღებულობს ოპერატორი მართვის პუნქტზე - წარმოების დისპეტჩერი.

სამშენებლო ტრესტს ჰქვავს მთავარი დისპეტჩერი, ხოლო სამშენებლო-სამონტაჟო სამმართველოებს - საუბნო დისპეტჩერები, საწარმოებს - საამქროს დისპეტჩერები, სატრანსპორტო საამქროებს - სატრანსპორტო დისპეტჩერები და ა.შ.

ტრესტის მთავარი დისპეტჩერი ახორციელებს:

1) სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების მიმდინარეობისადმი, აგრეთვე, ცალკეული საწარმოების (აგურის, ბეტონის ქარხნების და საამქროების) მიერ გეგმების შესრულებისადმი ოპერატიულ კონტროლს;

2) თვალყურს ადევნებს აუცილებელი მასალებით, მექანიზმებით, სატრანსპორტო საშუალებებით, ენერგიით მარაგებას;

3) აღმოფხვრის გაუმართაობებს, წარმოშობილს საწარმოო პროცესის მსვლელობის დროს და ა.შ.

საუბნო დისპეტჩერი ახორციელებს ანალოგიურ ფუნქციებს სამშენებლო-სამონტაჟო სამმართველოს ფარგლებში;

საწარმოების დისპეტჩერები ახორციელებენ პროდუქციის გამომშვებისადმი, ნედლეულით, მასალებით, ენერგიით მ-

მარაგებისადმი კონტროლს, თვალყურს ადევნებენ მ'სა პროდუქციის გამოშვებისა და გაგზავნის ვადებს;

სატრანსპორტო დისპეტჩერები ახორციელებენ მშენებლობის ყველა სატრანსპორტო საშუალების კონტროლსა და რეგულირებას.

მაშასადამე, დისპეტჩერიზაციის ქვეშ იგულისხმება საწარმოო პროცესების მსვლელობისადმი ცენტრალიზებული კონტროლი და ამ პროცესების ცენტრალიზებული მართვა. ამრიგად, დისპეტჩერიზაციის მიზანს წარმოადგენს ცალკეული ან ერთი საწარმოს ცალკეული უბნების და მთლიანად საწარმოს შეთანხმებული მუშაობის უზრუნველყოფა.

ძირითადი მოთხოვნა, რომელიც წაყენება დისპეტჩერიზაციას, წარმოადგენს ძირითადი საწარმოო პროცესების უწყვეტი კონტროლის შესაძლებლობა, რისთვისაც დისპეტჩერის მთავარ პუნქტზე უწყვეტად უნდა მოედინებოდეს ოპერატიული ინფორმაცია, რომელიც შექმნიდა საწარმოო პროცესების ფაქტობრივი მდგომარეობის შეფასების და მათი მოცემულ პროგრამასთან შედარების შესაძლებლობას.

ცენტრალიზებული მართვის უფრო სრულყოფილ სახეს წარმოადგენს ავტომატური დისპეტჩერიზაცია, რომლის დროსაც დისპეტჩერის სამუშაოს ასრულებს ავტომატი ან მმართველი მანქანა.

დისპეტჩერული ცენტრალიზაციის დროს მთელ ინფორმაციას ღებულობს და ამუშავებს დისპეტჩერი, იგი ღებულობს აუცილებელ გადაწყვეტილებებს და იძლევა ბრძანებებს. ავტომატური დისპეტჩერიზაციის დროს შემოსული ინფორმაციის გადასამუშავებლად გამოიყენება გამოთვლითი ტექნიკის საშუალებები, რომლის დახმარებითაც ფასდება სიტუაცია და გამოიშუავდება აუცილებელი სემიქმედებები, მიმართული სამართავი პროცესის დარღვევების ლიკვიდაციისათვის.

დისპეტჩერული მართვა, საანგარიშო-გადამწყვეტი ტექნიკის საშუალებების გამოყენებით, შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ჯგუფად. პირველი ჯგუფი – ეს არის სისტემები, რომლებშიც გამომთვლელი მანქანები გამოიყენება წარმოების უშუალო მართვისათვის ან ოპერატორებისათვის ბრძანებების გასაცემად ცალკეულ ობიექტებზე. მეორე ჯგუფი – არის სისტემები, რომლებშიც, გამომთვლელი მანქანები გა-

მოიყენება დისპეტჩერის “მრჩეველად”, ამასთან გამომთვლელი მანქანა ასრულებს ინფორმაციის ანალიზს და იძლევა უკეთესი ვარიანტის მონაცემებს. “მრჩეველის” რეჟიმში მომუშავე გამომთვლელი მანქანებისა და მმართველი გამომთვლელი მანქანების შესახებ დაწერილებით მოცემულია მეთორმეტე თავის მეათე პარაგრაფში.

მაგრამ, ავტომატური დისპეტჩერიზაციის განხორციელება კი არ განსაზღვრავს წარმოების კომპლექსურ ავტომატიზაციას. კომპლექსურად ავტომატიზებული წარმოების ქვემოთ იგულისხმება საწარმოო პროცესის შესრულების წესი, რომლის დროსაც მთელი მისი ციკლის მიხედვით ძირითად და დამხმარე პროცესებს ახორციელებენ მანქანები, მექანიზმები და მოწყობილობის სხვა სახეები ისეთნაირად, რომ მოცემული მწარმოებლურობა და პროდუქციის ხარისხი მიიღწევა ადამიანის უშუალო მონაწილეობის გარეშე.

კომპლექსური ავტომატიზაციის დროს ადამიანი ასრულებს მხოლოდ ცალკეული მოწყობილობების ან სისტემების მოშობაზე თვალთვალის ფუნქციას. ამასთან, საჭიროა მხედველობაში ვიქონიოთ, რომ ამ შემთხვევაში შეიძლება დაშვებული იქნეს მექანიზებული ან ხელით შრომა იმ პროცესებზე, რომელთა ავტომატიზაცია მიზანშეუწონელია ტექნიკურ-ეკონომიკური მოსაზრებებით.

წარმოების მართვის შემსუბუქებისა და გაუმჯობესების გარდა დისპეტჩერიზაციას მიეყვართ წარმოების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მკვეთრ ამაღლებასთან. მაგალითად, დისპეტჩერული ცენტრალიზებული მართვის დანერგვით არამადნეული სამშენებლო მასალების საწარმოებში მომსახურე პერსონალის რიცხვი მცირდება 25-30%-ით, შრომის ნაყოფიერების ამაღლებით 1,5-2-ჯერ.

§4. ინფორმაციის გადაცემის საშუალებები და სისტემები

წარმოების ცენტრალიზებული მართვის დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ინფორმაციის გადაცემის საშუალებებს. ცენტრალიზებული კონტროლი და მართვა ხორციელდება ტელეფონის, ტელეგრაფის, რადიოსა და ტელევიზიის დახმარებით.

დისპეტჩერის ძირითად ტექნიკურ საშუალებას წარმოადგენს ორმხრივი სატელეფონო კავშირი. იგი უნდა უზრუნველყოფდეს ტელეფონისტის დაუხმარებლად ნებისმიერი მომუშავეის დაუყოვნებლივ გამოძახებას; კავშირის უზრუნველყოფას რამდენიმე პირთან ერთდროულად; სადისპეტჩერო თათბირების ორგანიზაციას.

მომუშავეების გამოსაძახებლად, რომელთაც არა აქვთ მუდმივი სამუშაო ადგილი, შეიძლება მოწყობილი იქნეს რადიოსატრანსლიაციო საძებნო სიგნალიზაცია მიკროფონებისა და მძლავრი დინამიკური რეპროდუქტორების დახმარებით, რომლებიც დაყენებული იქნებიან საწარმოო უბნის განსაზღვრულ წერტილებში.

დაუყოვნებლივი პასუხის გასაცემად კედლებზე, სექტორზე და სხვა ამგვარ ადგილებში საწარმოო უბნის მთელ ტერიტორიაზე შეიძლება დაყენებული იქნეს შტაფსელის სატელეფონო როზეტები, რომლებითაც სახაზო მომუშავეები მიუერთდებიან სატელეფონო ხაზებს და დაუკავშირდებიან დისპეტჩერს.

მშენებლობის დაშორებულ უბნებთან, მანქანებთან, ექსკავატორებთან, სამონტაჟო ამწებთან და სხვა სამუშაო ადგილებთან დასაკავშირებლად, შეიძლება გათვალისწინებული იქნეს რადიოკავშირი, მიმღებ-გადამცემი ულტრამოკლეტალიანი რადიოდანადგარების დახმარებით.

რადიოკავშირთან ერთად შეიძლება გამოიყენებული იქნეს სხვადასხვა სატელევიზიო დანადგარი, რომლებიც დისპეტჩერს შესაძლებლობას აძლევენ თვალყური ადევნოს განსაკუთრებით მნიშვნელოვან სამშენებლო ან სატრანსპორტო პროცესების წარმოებას. ინფორმაცია შეიძლება გადაცემული იქნეს სადენების ან უსადენო კავშირის ხაზებით. ტელემექანიკური სისტემებით გადაცემული ინფორმაცია, შეტყობინების სახისაგან დამოკიდებულებით, შეიძლება იყოს უწყვეტი და წყვეტილი (დისკრეტული). უწყვეტი შეტყობინებების მაგალითს წარმოადგენს გასაზომი ფიზიკური სიდიდეების – ტემპერატურა, წნევა, ელექტრული სიმძლავრის, ხარჯის და სხვ. უწყვეტი რიგის სიდიდეების გადაცემა. წყვეტილი (დისკრეტული) შეტყობინების დროს ხორციელდება შეტყობინებების სასრულო რიცხვის გადაცემა, რომლებიც ახასიათებენ საკონტროლებელი ობიექტების შესაძლებელ მდგომარეობებს. ასე, მაგალითად, გადაიცემა “ჩართულია-გამორთულია” ან “ღია-დახურულია” ტიპის პოზიციური სიგნალიზაცია, ან

“პარამეტრი ნორმის “ზევით-ქვევით” ტიპის ობიექტების ზღვრული მდგომარეობების სიგნალიზაცია და ა.შ. დისკრეტული შეტყობინებები პასუხობენ “ნაირთოს-გამოირთოს” ან “გაიხსნას-დაიხუროს” ტიპის პოზიციურ ბრძანებებსაც.

ტელემექანიკური სიგნალები, აგრეთვე, იყოფიან უწყვეტ და წყვეტილ სიგნალებად. უმარტივეს უწყვეტ სიგნალს წარმოადგენს ინტენსიურობის სიგნალი, როდესაც სიგნალის პარამეტრს წარმოადგენს კავშირის ხაზში დენი ან ძაბვა. ცხადია, რომ ასეთი სიგნალები შეიძლება გამოიყენებული იქნეს მხოლოდ მოკლე სადენებიან კავშირის ხაზებში შედარებით სტაბილური მახასიათებლებით, ვინაიდან მნიშვნელოვან მანძილებზე გადაცემისას ისრდება ცდომილებები კავშირის არხის პარამეტრების ცვლილების გამო.

უფრო უნივერსალურებს წარმოადგენენ მოდულირებელი სიგნალები (სისშირული და დროითი). ასეთი სიგნალები ნაკლებად განიცდიან დაბრკოლებების გავლენას და კავშირის ხაზის პარამეტრების ცვლილებას, რის გამოც იქმნება პირობები გადაცემის მანძილის მნიშვნელოვნად გასასრდელად.

კავშირის ხაზები, განკუთვნილი ტელემექანიკური სიგნალების გადასაცემად, ბევრ შემთხვევაში მრავალჯერ გამოიყენება. ტექნიკური საშუალებების კომპლექსი, რომლებიც უსრუნველყოფენ შეტყობინების დამოუკიდებელ გადაცემას, იწოდება კავშირის არხად. ერთ ხაზზე შეიძლება შეიქმნას კავშირის არხების ჯგუფი. ცალკეულ შემთხვევებში მათი რიცხვი შეიძლება აღწევდეს რამდენიმე ათასს.

შესასრულებელი ფუნქციებისაგან დამოკიდებულებით ანსხვავებენ ტელემექანიკის სახეებს: ტელეგაზომვასა და ტელესიგნალიზაციას. ტელეგაზომვის დროს საკონტროლებელი სიდიდეების და პარამეტრების მნიშვნელობების გადაცემა ხდება, რაც აუცილებელია ობიექტების მდგომარეობის თვალთვალისა და რეგისტრაციისათვის. ტელესიგნალიზაციის დახმარებით გადასცემენ სხვადასხვაგვარ შეტყობინებებს საკონტროლებელი სიდიდეების მიერ ზღვრული ან ავარიული მნიშვნელობების მიღწევის, აგრეგატების გაშვების ან გაჩერების შესახებ და სხვ. ტელეგაზომვასა და ტელესიგნალიზაციას ჩვეულებრივ უწოდებენ ტელეკონტროლს.

ტელემართვა განკუთვნილია საწარმოო დანადგარებისათვის მართვის ბრძანებების გადასაცემად. ამ სისტემის დახმარებით შეიძლება აგრეგატების გაშვება ან განყრება, მოძრაობის სიჩქარის ან დატვირთვის შეცვლა, ენერგომატა-

რებლების მიწოდების რეგულირება და სხვ. გადასაცემი ბრძანებები შეიძლება იყოს როგორც უწყვეტი, ასევე დისკრეტული. შევნიშნავთ, რომ სამრეწველო სისტემების ტელემართვაში სჭარბობს დისკრეტული შეტყობინებების გადაცემა.

მოქმედების სიშორის მიხედვით ტელემექანიკური საინფორმაციო სისტემები იყოფიან ორ კლასად: 1) ინფორმაციის გადაცემა 10-20 კმ-ზე; ამ შემთხვევაში სამრეწველო ობიექტებზე კავშირის არხებად გამოიყენება შიდასაქარხნო კაბელოური სატელეფონო ქსელები; 2) შეტყობინებების გადაცემა დიდ მანძილებზე – ასეულ და ათას კილომეტრებზე. ამ დროს გამოიყენება სატელეფონო არხები და ტონალური ტელეგრაფირების არხები.

შევნიშნავთ, რომ კავშირის ხაზები და გამოსყოფილი არხების მოწყობილობა წარმოადგენენ ტელემექანიკური სისტემების ყველაზე ძვირადღირებულ ელემენტებს.

ამრიგად, მართვის სისტემის დისპეტჩერისა და ტექნოლოგიური მოწყობილობის ურთიერთქმედება ხორციელდება კავშირის შემდეგი სახეების დახმარებით:

1. დისტანციური სადენებიანი კავშირი – კონტროლი და სიგნალიზაცია; დისტანციური ავტომატური მართვა; დისტანციური ხელით მართვა; დისპეტჩერული და სადირექტორო კავშირი; სატელევიზიო სადენებიანი კავშირი.

2. დისტანციური უსადენო კავშირი – მართვის ობიექტის პარამეტრების ტელეგაზომვა; ტელეკონტროლი და ტელესიგნალიზაცია; ტელემართვა.

სამშენებლო ინდუსტრიის საწარმოებში ყველაზე მეტი გავრცელება ჰპოვა დისტანციურმა სადენებიანმა კავშირმა. ობიექტებთან კავშირისათვის, რომლებიც იმყოფებიან მართვის სისტემიდან მნიშვნელოვანი დაცილებით, გამოიყენება უსადენო კავშირი.

§5. საინჟინრო ფსიქოლოგიისა და ტექნიკური მეთოდების საფუძვლები

ერგონომიკის ძირითადი დანიშნულებაა “ადამიანის ფაქტორის” სრულად გათვალისწინება, ავტომატური მართვის სისტემების დაპროექტებისა და ექსპლუატაციის პროცესში, როდესაც ადამიანი ამ სისტემის ერთ-ერთი “რგოლია”. ამ მიზნით აუცილებელია საინჟინრო ფსიქოლოგიისა და ტექნი-

კური ესოვტიკის კონცეფციის გამოყენება, რათა სწორად შეფასდეს ავტომატური მართვის სისტემის საერთო საიმპედლობაში დისპეტჩერის (ოპერატორის) როლი.

ადამიანის მიერ სისტემის მართვის პროცესში საწარმოო პროცესების მიმდინარეობის შესახებ მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე, იგი ღებულობს მართვით გადაწყვეტილებებს (ალგორითმულს ან ევრისტიკულს). ალგორითმული აზროვნების დროს გადაწყვეტილება მოქმედებათა თანამიმდევრობის ანალიზის შედეგია, ხოლო ევრისტიკული აზროვნების დროს – არსებულ გამოცდილებაზე დაფუძნებული.

ინფორმაციის ინტენსივობისაგან დამოკიდებულებით ადამიანის რეაქცია მასზე სხვადასხვაა. ამ დროს დიდ როლს ასრულებენ დამუხრუჭების პროცესები. დიდი ინტენსივობის შემთხვევაში ოპერატორს აღეძვრება სდვრულზე გადამეტებული დამუხრუჭება, რომელიც იწვევს გაშეშების (სტუპორის) მდგომარეობას. გაშეშების მდგომარეობა შეიძლება წარმოიშვას, აგრეთვე, სუსტი, მაგრამ მონოტონური, ხანგრძლივად მოქმედი სიგნალების (ძრავას ხმაური, მონოტონური ლაპარაკი და ა.შ.) გავლენით.

ოპერატორის მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმი განისაზღვრება საათში დაახლოებით 400 სიგნალით. (ადამიანს შეუძლია წამში 10-მდე სიგნალის აღქმა). 40 და უფრო ნაკლები სიგნალის დროს ადამიანი აქტიურობას კარგავს, არ რეაგირებს სიგნალებზე და ეწყება ე.წ. სენსონური* შიმშილი. ადამიანის ყურს შეუძლია აღიქვას 20-დან 20000 ჰერცამდე სიხშირე. ყველაზე მაღალი ბგერის ენერგია, რომელიც უვნებლად აღიქმება ადამიანის მიერ, შეადგენს ≈ 10 მილიარდ ერგი/წ. ბგერის მინიმალური ენერგიაა $1 \cdot 10^{-10}$ ერგი/წ. თვალი რეაგირებს სინათლის ენერგიის ძალიან მცირე რაოდენობაზე (4 ან 5 კვანტი) და შეუძლია 0,5-მდე კუთხური სომების შემჩნევა. მხედველობის აღქმის ამპლიტუდა 8 ლოგარითმულ ერთეულს აღემატება (თუ მინიმალურ აღსაქმელ სიდიდეს ერთეულად მივიღებთ, მაშინ მაქსიმალური სიდიდე 100 მილიონს შეადგენს).

ადამიანის ფიზიოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით, ვიზუალური ინდიკაციის (მანვენებლები) ხელსაწყოებისათვის ციფრების უცვლელი მდგომარეობით, საკმარისი განათებულობის დროს რეკომენდებულია ასოებისა და

ციფრების შემდეგი სიმაღლე, ოპერატორის თვალამდე მანძილზე დამოკიდებულებით:

ციფრების ან ასოების სიმაღლე, მმ	5	10	15	20
მანძილი თვალამდე, მ	0,5	3	4	6.

ოპერატორის ფიქსირებული მდგომარეობის დროს ინდიკაციის საშუალებების მიმოხილვის კუთხე პორიზონტალურად უნდა ადგენდეს $30-40^{\circ}$ ($\pm 20^{\circ}$ მსერის ფიქსაციის ცენტრიდან), ვერტიკალურად – 20° ($\pm 10^{\circ}$ მსერის ფიქსაციის ცენტრიდან). ამ პირობების დაცვის დროს აღინიშნება შეცდომების მინიმალური რაოდენობა.

არსებით როლს თამაშობს ვალკუელი გამზომი ხელსაწყოების სწორი განლაგება და შეხამება.

მთავარი ხელსაწყოები განლაგებული უნდა იქნენ ცენტრალურ ზონაში, მსერის პერპენდიკულარულად ან მცირე კუთხით. ხელსაწყოები, რომლებიც ერთ ამოცანას ან პარამეტრს მიეკუთვნებიან – გვერდიგვერდ. ინდიკაციის ხელსაწყოები (სინათლის, ისრიანი ან სხვა მანველებელი ხელსაწყოები) – მართვის ორგანოების ზემოთ.

ოპერატორისა და დისპეტჩერის მართვის პულტები სრულდება რიგი განსაზღვრული მოთხოვნების გათვალისწინებით. მაგალითად, მართვის ღილაკებსა და ბერკეტებს განლაგებენ 700 მმ-ის რადიუსში, ამასთან ბერკეტებს – ერთმანეთისაგან 150 მმ-ის მანძილზე. სარგებლობის მოხერხებულობისათვის მათ უნდა ჰქონდეთ სხვადასხვა ფორმა. ოპერატორის პულტის ოპტიმალური დახრა ითვლება კუთხე 45° , დისპეტჩერის პულტისა – -18° -მდე. დისპეტჩერის მაგიდის სამუშაო ზედაპირი ჩვეულებრივად პორიზონტალურია.

ციფრული სიგნალების აღქმა და დამახსოვრება ხდება უკეთ, ვიდრე ანბანურის. ბგერითი გამაფრთხილებელი სიგნალები უნდა ადვილად გასაგონი იყოს საერთო ხმაურის ფონზე. ამიტომ იგი უნდა იყოს 10-15 დბ-ზე მეტი საერთო ხმაურის დონესთან შედარებით.

ოპერატორის ეფექტური მუშაობისათვის იგი უნდა იმყოფებოდეს კომფორტის ზონაში, რომელიც ხასიათდება $18-22^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურითა და 35-70% ფარდობითი ტენიანობით.

ოპერატორის მუშაობაში მნიშვნელოვანი როლი ეკისრება მხედველობისათვის ოპტიმალური ფერების გამოყენებას და განათებულობის ორგანიზაციას. ყველაზე მისაღებია თეთრი

ფერის ლუმიწის (ცენტური ნათურებით სარგებლობა... აუცილებელია ობიექტის და ფონის განსხვავების უზრუნველყოფა. სასურველია შავი, მწვანე, წითელი და ლურჯი ობიექტები განლაგდნენ თეთრ ფონზე, თეთრი ობიექტები კი - ლურჯ, ფონზე. ჭერი ყოველთვის რეკომენდებულია შეიღებოს თეთრად. ერთნაირი ტემპერატურის დროსაც კი ადამიანს ყველაზე ან წითელ ოთახში ეხვეწება მეტი სითბო, ცისფერ ან ლურჯ-მწვანეში კი - ნაკლები.

საერთო მდგომარეობის აღნიშვნისათვის სტანდარტული ფერებია:

წითელი - საშიშროება;

ყვითელი - გაფრთხილება, ყურადღება;

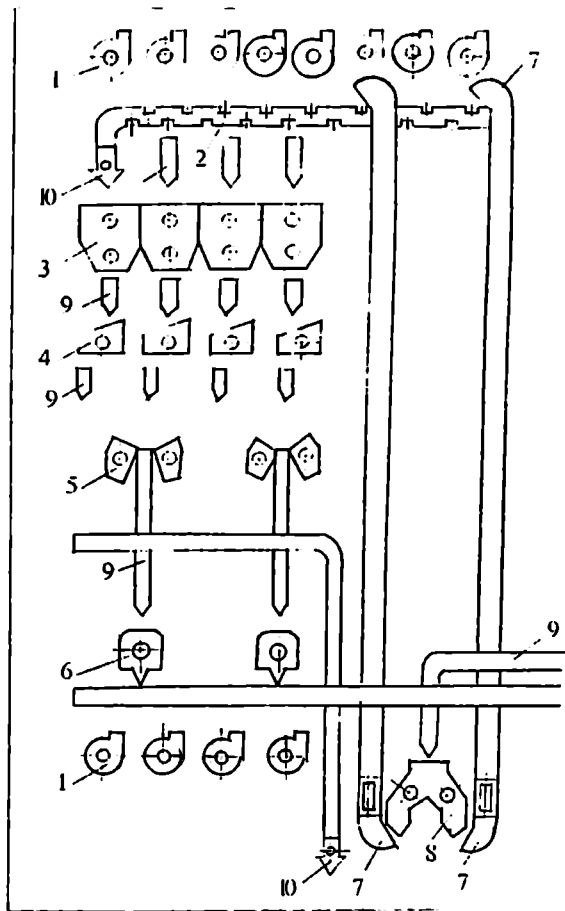
მწვანე - ნორმალურადაა.

შავი ასოები თეთრ ფონზე წარწერას უფრო მკაფიოს ხდის. რეკომენდებულია, აგრეთვე, ფერთი კომბინაციები: შავი ყვითელზე; მუქი ლურჯი თეთრზე; მწვანე თეთრზე. ფერების ეს შეხამება წარწერების კარგ მკაფიობას იძლევა და გამოიყენება შენაერთებისათვის მნემოსქემებში და სხვა შემთხვევებში.

მნემოსქემა წარმოადგენს მართვის რთული სისტემის გრაფიკულ გამოსახულებას, პანელზე ნაკადის ხაზების გამონათებით. მნემოსქემაზე აგრეგატები, საკონტროლებელი და სამართავი პროცესების ტექნოლოგიური წყედები გამოსახულია პირობითი აღნიშვნების დახმარებით. გამოყენებას პოულობს, აგრეთვე, ე.წ. მოზაიკური ფარები, აწყობილი ცალკეული კვადრატებისაგან, სიმბოლოებით. თუ მნემოსქემა განლაგებულია ოპერატორიდან მნიშვნელოვანი დაშორებით, იყენებენ განათების ორ სახეს: ერთს - ლოკალიზებულს მნემოსქემასთან, მეორეს - თანაბარს ოპერატორის თავზე.

დისპეტჩერის ან ოპერატორის ნორმალური მუშაობისათვის სამრეწველო საწარმოების ოპერატიული-სადისპეტჩერო პუნქტების აღჭურვისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მნემოსქემისა და მართვის პულტის ელემენტების კონსტრუქციულ თავისებურებებს, დისპეტჩერის ან ოპერატორის სამუშაო ადგილის ორგანიზაციას, მნემოსქემის კარგ განათებულობას, სიკაშკაშეს და კონტრასტულობას შემოსული ინფორმაციის აღქმის სისწრაფის და ადამიანის რეაქციის სინქარის გათვალისწინებით. 13.1 ნახაზზე მოცემულია

სამსხვრევი განყოფილების სამაგალითო მნემოსკემა, რომელზედაც მნიშვნელოვანი ელემენტები აღინიშნება სხვადასხვა ფერით. ავარიულ სიტუაციებზე ან მდგომარეობებზე ოპერატორის ყურადღების მისაქცევად მისი სწრაფად წარუვის მიზნით გამოიყენება წამში 3-10 სიხშირის მოციმციმე სინათლის შუქსიგნალი, ავარიის ადგილის მითითებით.



ნახ.13.1. სამაგალითო მნემოსკემა:
 1 - ვენტილატორი;
 2 - ხვეტია ტრანსპორტიორი; 3 - ბუნკერი; 4 - დისკური მკევაბევი; 5 - ცხავი; 6 - ჩაქურბიანი ქვასამტკრევი; 7 - ელევატორი; 8 - გადასართავი სარკველი; 9 - მილსადენი; 10 - ნაკადის მიმართულების მარვენებელი.

ავარიული სიგნალიზაცია სინათლის ინდიკაციით დისპეტჩერის მნემოსკემაზე დუბლირებულია ბგერითი სიგნალიზაციით.

§6. სამშენებლო მრეწველობის სავარმოების დისკატივიზაციისა და ტელეფონიზაციის ტექნიკური საშუალებები

დისპეტჩერის მუშაობის ოპერატიულობა დამოკიდებულია იმ ტექნიკური საშუალებებისაგან, რომლებიც იმყოფება მის განკარგულებაში. ასეთ საშუალებებს მიეკუთვნება: ავტომატური საწერი მანქანები და რეგისტრები, ხმისსამწერი საშუალებები, ხმამაღლა მოლაპარაკე, სადისპეტჩერო და სადირექტორთ სატელეფონო კავშირები, ულტრამოკლეტალიანი რადიოკავშირი, სამრეწველო ტელეხელვის დანადგარები, ფოტოსატელეგრაფო კავშირი, სადისპეტჩერო სიგნალიზაციის სისტემები, ტელემართვისა და ტელესიგნალიზაციის სადისპეტჩერო კომპლექსური საშუალებები, ცენტრალური სადისპეტჩერო პულტები, ავტომატიკის, ტელემექანიკის და გამომთვლელი ტექნიკის ელემენტების გამოყენებით.

1. ადმინისტრაციულ-სავარმოო სადისპეტჩერო სატელეფონო კავშირი

ამ კავშირისათვის რეკომენდებულია გამოყენებულ იქნეს ავტომატური სატელეფონო სადგურები АТС-50/100, УАТС-49 გამოსასვლელით გარე სატელეფონო ავტომატურ ქსელზე და ერთი ხაზით რადიოკვანძზე. ასეთი აპარატურა იკვებება მუდმივი დენით. სამშენებლო ორგანიზაციებისათვის “Кристалл” ტიპის ოპერატიული სატელეფონო კავშირი მსადდება სამი სახის: “Кристалл-30” 21 აბონენტზე, “Кристалл-70” 59 აბონენტზე და “Кристалл-110” 97 აბონენტზე.

პირდაპირი ოპერატიული სადისპეტჩერო კავშირი სავარმოო საამქროებთან და უბნებთან შეიძლება ხორციელდებოდეს СДС-50/100 ტიპის სადისპეტჩერო კავშირის სადგურის საშუალებით.

სადისპეტჩერო სატელეფონო კავშირისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნენ, აგრეთვე, ГДП СДСМ 50/100 ტიპის კომუტატორები 20-25 ტელეფონის აპარატზე ქარხნის მთავარი სადისპეტჩერო პუნქტისათვის (ДП), ДП-ТКМА ტიპის კომპლექტები ექვსი ტელეფონის აპარატისათვის, რომლებიც ДП კომუტატორში ირთვება და ЭДТС-66.

სადისპეტჩერო სატელეფონო კავშირისათვის განკუთვნილია, აგრეთვე, სადისპეტჩერო დანადგარები ДКЗ-40 და САС-40, რომლებიც ნავარაუდევია 40 სააბონენტო ხაზის ჩართვისათვის. იმ შემთხვევაში, როდესაც აბონენტების რაოდენობა 40 აღემატება, აყენებენ ორ და მეტ კომუტატორს. ДКЗ-40 კომუტატორის საშუალებით შეიძლება ინდივიდუალური ლაპარაკი, სადისპეტჩერო თათბირის ჩატარება, საწარმოს რადიოკვანძით ტრანსლირება.

ოპერატიული კავშირის დანადგარი “Псков-2” განკუთვნილია საწარმოს ხელმძღვანელის და მდივნის ადგილობრივ აბონენტებთან, ავტომატური სატელეფონო სადგურის (АТС) აბონენტებთან ან კომუტატორთან კავშირის უზრუნველსაყოფად. დანადგართან შეიძლება ჩართული იქნეს ДКУ-3М, КД-20/15, Темп-40 და სხვ. ტიპის ორი კომუტატორი, ექვსი ორხაღენიანი კავშირის ხაზი, თხუთმეტი ადგილობრივი აბონენტი.

კავშირგაბმულობის აპარატურის მრავალსახეობა და მისი სპეციალიზაცია დანიშნულებისა და შემადგენლობის მიხედვით საშუალებას იძლევა გამოყოფილი იქნეს: 1) სადირექტორო კავშირის კომუტატორები КД-20/5, КД-36, СТУ-20/30 და სხვ.; 2) სადისპეტჩერო კავშირის კომუტატორები КД-60 და КД-120; 3) სადისპეტჩერო კავშირის სადგურები СДСМ-50/100, ЭДТС-66; 4) ოპერატიული კავშირის სადგურები და დანადგარები Эстрон 90-20, СОС 30/60, Псков-2, Кристал; 5) ოპერატიული კავშირის აპარატურა Сервис-1 (შესაძლებელია მოლაპარაკებების ჩაწერა მაგნიტოფონის ან დიქტოფონის მიერთების შემთხვევაში), ПГС; 6) საავარიო სიგნალიზაციის აპარატურა ТОЛ 10/100, Сигнал 31, СДПУ-1, Сирень-1М, Графит და ა.შ.

2. საწარმოო ხმამაღლამოლაპარაკე ოპერატიული კავშირი

მოწყობილობა შედგება სადისპეტჩერო პუნქტზე დასადგმელი მიკროფონების, კომუტაციის პანელის, ТУ-600 ტიპის მაძლიერებლისა და 5-7 სააბონენტო რეპროდუქტორისაგან 10 ე.ა.-მდე სიმძლავრით. ოპერატიული კავშირი არის ცალმხრივი.

3. ულტრამოკლეტალღიანი რადიოკავშირი

ეს კავშირი გამოიყენება დაშორებულ და მოძრავ ობიექტებთან კავშირისათვის. საერთო-სამშენებლო ტრესტებისათვის გამოიყენება ЗОРТ, 50-2-М (“Полоса-2”) და 6РТ-0,5-

OM (“Капар”) ტიპის რადიოსადგურები. ОЗР-2 ან УРС-2 ტიპის რადიოსადგურები ახორციელებენ ორმხრივ რადიოსატელეფონო კავშირს APC-2 ტიპის რადიოსადგურებთან, რომლებიც იდგმება პანელსაზიდებზე, ტექნიკური დახმარების ავტომანქანებზე ან სტაციონარულად სამშენებლო უბნების დისპეტჩერების სათავეებში. APC-2 და УРС-2 სადგურები საიმედო რადიოკავშირს უზრუნველყოფენ 30 კმ რადიუსში. УРС-2 წარმოადგენს ულტრამოკლეტალდიან რადიოსადგურს სიხშირული მოდულიაციით, რომელიც ფუნქციონირებს 36-46 Мгц სიხშირეების დიაპაზონში. გადამცემის გამოსასვლელი სიმძლავრეა 80 ვატი, რაც უზრუნველყოფს მდგრად რადიოკავშირს წლის ნებისმიერ პერიოდში.

ამავე მიზნებისათვის გამოიყენება რადიოსადგურები “Алтай” ЦС და “Алтай” АС, რადიოსადგურები “Гранит” ЦС და “Гранит” АС.

5 კმ-მდე მანძილების დროს შეიძლება გამოყენებული იქნეს “Кактус” ტიპის რადიოსადგურები, და 1 კმ-მდე მანძილების დროს (მაგალითად, ამწეს მემანქანის მემონტაჟებთან და ა.შ. კავშირისათვის) “Стройка”, “Ласточка” ტიპის რადიოსადგურები. რადიოსადგურებით რეკომენდებულია აღჭურვილი იქნეს ტრესტების, ქარხნების, კომბინატების ხელმძღვანელების ავტომანქანები.

4. ფოტოსატელეგრაფო კავშირი

დისპეტჩერის მიერ ცნობების, ტვირთბარათებისა და სასამსახურო ბარათების, ნახატების, ესკიზების, მანქანასე ნაბეჭდი ხელნაწერი ტექსტების სხვადასხვა უბნებზე გადასაცემად გამოიყენება ცალმხრივი ფოტოსატელეგრაფო კავშირი “Призма” ან “Штрих-М” ტიპის აპარატის საშუალებით. 120X150მმ ზომის დოკუმენტები გადაიცემა 2-3 წუთში. დანადგარის შემადგენლობაში შედის გადამცემი და მიმღები აპარატები და ცირკულარული გადაცემის კომუტატორი. გადამცემი აპარატიდან სატელეგრაფო კავშირი ინფორმაციის მისატანად შეიძლება განხორციელდეს РТА-60 (РИОНИ) და Т-51 ან Т-63 ასოთსაბეჭდი აპარატებით, რომლებიც ინფორმაციას გადასცემენ პერფოლენტიდან პერფობარათზე და პირიქით.

მოწყობილობის მუშაობა ემყარება სკანირების პრინციპს გადასაცემი გრაფიკული შეტყობინების ყველა წერტილის

თანმიმდევრობით გადაცემას, შავ-თეთრი ტელევიზორის ეკრანზე კადრის აღწარმოების მსგავსად). ელექტრონული საწერი მოწყობილობა, დაყენებული მეორე ბოლოში, სატელეფონო არხით გადაცემულ იმპულსებს გარდაქმნის მისაღები გამოსახულების შტრიხებად.

5. საღისპეტჩერო სიგნალიზაციის სისტემები

სიგნალიზაციის სისტემები უნდა გამოსახავდნენ მართვის სისტემის ელემენტების მდგომარეობასა და მათი მუშაობის რეჟიმებს (მაგალითად, აღმასრულებელი მექანიზმების ჩართვა, გამორთვა, საკვალთის მდებარეობა, სატრანსპორტო კონვეიერული ხაზების სამუშაო რეჟიმი და გაჩერება, გაორთქლების კამერების მდგომარეობა და ა.შ.).

ავარიული სიტუაციების სიგნალიზაცია განკუთვნილია მართვის სისტემის ოპერატორის დაუყოვნებლივ ჩასარევედ პროცესში. სამშენებლო ნაკეთობების წარმოებაში იგი დაკავშირებულია ბუნკერებისა და სილოსების გადაცეხასთან, ტემპერატურის და (ან) წნევის კრიტიკულ დაცემასთან ან ამადლებასთან თბური დამუშავების პროცესში, სატრანსპორტო კონვეიერების, შიბერების ჩასოლვასთან, მანქანებისა და მექანიზმების უეცარ გაჩერებასთან დაზიანებების გამო და ა.შ. დისპეტჩერის ფარზე განლაგებული ძირითადი აგრეგატების მუშაობის კონტროლის აპარატურის მეშვეობით დისპეტჩერი ახორციელებს პროცესის რეგულირებას.

6. სამრეწველო ტელეხედვის დანადგარები

წარმოების ყველაზე საპასუხისმგებლო უბნების სათვალთვალოდ გათვალისწინებულია სამრეწველო ტელეხედვის მრავალკამერიანი დანადგარები (სასაქონლო ბეტონისა და დუღაბის გასაცემ პუნქტებში, ქარხნების საყალიბო საამქროებში და ა.შ.) სამრეწველო ტელეხედვის დანადგარების ძირითადი ტიპები და პარამეტრები მოყვანილია 13.1 ცხრილში.

დანადგარები იდგმება საწარმოს ხელმძღვანელობასთან და დისპეტჩერთან და ძირითად აგრეგატებში და საამქროებში ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობის სისწორის შემოწმებას ისახავს მიზნად. საკონტროლებელ უბნებზე მონტაჟდება გადამცემი კამერა, საღისპეტჩერო პუნქტზე და საწარმოს ხელმძღვანელებთან კი - სატელევიზიო მიმღები, რომლებიც კომუტატორის საშუალებით გადამცემ კამერებთანაა შეერთებული. საჭირო კამერის ჩასართავად,

სამრეწველო სატელევიზიო დანადგარების ძირითადი ტიპები და პარამეტრები

პარამეტრები	სამრეწველო სატელევიზიო დანადგარის ტიპი				
	ПТУ-0	ПТУ-103	ПТУ-2М	ПТУ-4	ДТУ
გამოყენებული ელექტრონულ-სხივური მილაკის სახე	ვიდიკონი	ვიდიკონი	ვიდიკონი	სუპერორ-ტიკონი	სუპერორ-ტიკონი
მანძილი, მ:					
ტელეკამერიდან მართვის ბლოკამდე	150	1000	1000	1000	—
მართვის ბლოკიდან სადისპეტჩერომდე	—	1000	1000	1000	300
კამერების რაოდენობა დანადგარში	1	12-დე	1	5-დე	25-დე
ტელეკამერის დისტანციური მართვა	—	—	—	—	—
სამორიგეო რეჟიმი	—	—	—	—	—
ქვების ძაბვა, ვ	220	220	220	220	220

საჭიროა ამ კამერის შიფრის აკრეფა მართვის გამოსატანი პულტის ნომრის ამკრებზე. გამოსახულების მაღალი ხარისხის მისაღწევად საამქროებში ვიდეომიმღები მოწყობილობების სიახლოვეს იდგმება დამატებითი გამანათებელი ხელსაწყოები, რათა ობიექტის განათებულობა იყოს არანაკლები 500 ლუქსისა.

13.1 ცხრილში მოყვანილი სამრეწველო სატელევიზიო დანადგარები “Видикон”-ის ტიპის მილით არ არიან მომარჯვებულები მუშაობისათვის ტემპერატურის რეგვის, აბაღლებული გაჭუჭყიანებისა და ჰაერის ტენიანობის პირობებში. ასეთი დანადგარები შეიძლება გამოყენებული იქნეს სპეციალურად აღჭურვილ სადისპეტჩერო პუნქტებში.

დანადგარები “Суперортикон”-ის ტიპის მილით მუშაობენ სუსტი განათებულობის, ძლიერი გამტკვერიანების და -50° $+150^{\circ}$ C-მდე ტემპერატურების ინტერვალში. მოძრავი ობიექტების თვალთვალის დროს ან საკონტროლებელი ობიექტის შეცვლისას, სატელევიზიო კამერებს შეუძლიათ მობრუნება ჰორიზონტალურ სიბრტყეში 240° -ით, ხოლო ვერტიკალურში -30° -ით.

სატელევიზიო სიგნალების გადასაცემად გამოიყენება კოაკსიალური კაბელი, რომელიც დაკუთვლია მექანიკური დაზიანებებისაგან.

ტელედანადგარი ითვალისწინებს მუშაობის ორ რეჟიმს: მუშასა და სამორიგოს, სამორიგო რეჟიმის დროს ანოდური ძაბვა გამორთულია, ვარვარის ძაბვა კი დაკლებულია 60%-მდე, რითაც მიიღწევა ეკონომია.

§7. ტელემართვისა და ტელესიგნალიზაციის სადისპეტჩერო კომპლექსური საშუალებები

მრეწველობის სხვადასხვა დარგის დისპეტჩერიზაციისა და ავტომატიზაციისათვის მსაღდეგა TM-100, TM-200, TM-300 და TM-800 ტიპის კომპლექსური მოწყობილობები.

TM-100 ტიპის მოწყობილობას აქვს მუშაობის შემდეგი რეჟიმები: ტელეგაზომების უწყვეტი (ციკლური გადაცემა; სმორადული ტელესიგნალიზაცია; მათი გამოძახება ნებისმიერი საკონტროლებელი პუნქტიდან. TM-100-ის კომპლექსური მოწყობილობა ოცი საკონტროლებელი პუნქტიდან ინფორმაციის შეკრებასა და მათზე საკომანდო შეტყობინებების გადაცემას უზრუნველყოფს.

TM-200 ტიპის მოწყობილობა სამოცი საკონტროლებელი პუნქტიდან ინფორმაციის შეკრებასა და მათზე საკომანდო შეტყობინებების გადაცემას უზრუნველყოფს. შესაძლებელია სიგნალების რეტრანსლიაცია სემდგომ სადისპეტჩერო პუნქტზე, ტელეგაზომებისა და ტელესიგნალიზაციის ავტომატური გამოკითხვა ყველა საკონტროლებელი პუნქტიდან 30, 60, 120, 240 და 360 წუთის შემდეგ ან დისპეტჩერის მოთხოვნით.

TM-300 ტიპის მოწყობილობა შედგება აპარატურის ერთი ნახევარკომპლექტისაგან, რომელიც იდგმება სადისპეტჩერო პუნქტზე და საკონტროლებელი პუნქტების ოცდახუთამდე ნახევარკომპლექტისაგან. სისტემა შემდეგ ფუნქციებს ასრულებს:

ა. მართვისა და ოპოზიციური ობიექტების ტელეკრეგულირების საკონტროლებელ პუნქტებზე გადაცემასა და ობიექტების მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის მიღებას;

ბ. ამორჩეული საკონტროლებელი პუნქტიდან ოპოზიციური ობიექტების მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის გადაცემას მმართველ გამომთვლელ მანქანაში

გ. ტელემეტრიის საკონტროლებელი პუნქტიდან მიმდინარე პარამეტრების მიღებასა და მათ მმართველ გამომთვლელ მანქანაში შეყვანას;

დ. მიღებული პარამეტრების მოკვშულ ზღვრებს გარეთ გამოსვლის გამოვლენასა და მასზე სიგნალიზაციის განხორციელებას.

TM-800 ტიპის მოწყობილობა შედგება სადისკეტჩერო პუნქტის ერთი ნახევარკომპლექტისაგან და ათამდე საკონტროლებელი პუნქტის ნახევარკომპლექტისაგან; ასრულებს მართვისა და ორპოზიციური ობიექტების ტელეკვლევირებისა და სპორადული ტელესიგნალიზაციის ფუნქციებს. მოწყობილობას შეუძლია იმუშაოს ოპერატორული მართვის რეჟიმში დისკეტჩერის ბრძანების მიხედვით ან პროგრამული მართვის რეჟიმში.

სამშენებლო მრეწველობის საწარმოებში ტელემართვისა და ტელესიგნალიზაციის სადისკეტჩერო კომპლექსური მოწყობილობები გამოიყენება აგურისა და ანაკრები რკინაბეტონის კონსტრუქციების ქარხნებში, რომლებიც ხასიათდებიან სიგნალიზაციის, კონტროლისა და რეგულირების მრავალი წერტილის არსებობით (ბეტონ და დუღაბსაზელი კვანძები, არმატურის, საყალიბე, საკასეტო საამქროები, კონვეიერები, ბრიგადებისა და პოსტების სადღეღამისო პროგრამების კორექტირება, ლითონზე მოთხოვნილება და სხვ.).

ტვირთამწვი – სატრანსპორტო მანქანების ავტომატიზაცია

თანამედროვე მშენებლობა მოითხოვს სამშენებლო მანქანებისა და მოწყობილობების მუშაობის ავტომატური მართვის აუცილებელ გამოყენებას.

მშენებლობაზე გამოიყენება სხვადასხვა ტიპისომის მანქანები. ტექნოლოგიური ნიშნის მიხედვით ისინი შეიძლება დაყოფილი იქნენ ტვირთამწვე, სატრანსპორტო, დატვირთვა-განტვირთვის, მიწისმთხრელ, სამსხვრეე-სახარისხებელ, შემრეე და ა.შ.

მართვის ავტომატიზაციის საერთო ამოცანას წარმოადგენს ღონისძიებების ერთობლიობა, რომლებიც უზრუნველყოფენ – შრომის ნაყოფიერების ამამაღლებელი, მომსახურე პერსონალის შრომის შემამსუბუქებელი, ელექტრომოწყობილობის სამსახურის საერთო ვადის გამზრდელი და მის რემონტზე ხარჯების შემამცირებელი ავტომატურად მოქმედი მექანიზმების შექმნას. განსაკუთრებით დიდი ეკონომიკური ეფექტურობა მიიღება მძლავრი ამწეე-სატრანსპორტო მანქანების ავტომატიზაციის დროს. ეს განპირობებულია იმით, რომ ხარჯები ავტომატიზაციაზე ნაკლებად არის დამოკიდებული მანქანის ტვირთამწეობაზე, ამავე დროს მწარმოებლურობა ავტომატიზაციის დროს იზრდება ტვირთამწეობის ამამაღლებასთან ერთად.

ავტომატიზაციის ძირითად ეტაპებს წარმოადგენენ: ცალკეული მექანიზმების ელექტროამძრავების გაშვებისა და დამუხრუჭების ავტომატიზაცია, აგრეთვე, მექანიზმების მუშაობის აუცილებელი რეჟიმის შერჩევა, დისტანციური მართვა, პროგრამული მართვა და მუშაობის რეჟიმის ოპტიმიზაცია. ავტომატური გაშვება და დამუხრუჭება მართვის პანელებით, მართული უმეტესობა საამწეო ძრავებისათვის, წარმოებს დროის დამოუკიდებელი დაყოვნების ფუნქციაში შექმნილი კონტაქტორების ამოქმედების საკუთარი დროის ხარჯზე ან ელექტრომაგნიტური რელეების ჩართვით, რომლებიც უზრუნველყოფენ დროის მოცემულ დაყოვნებას.

ელექტროამძრავის მუშაობის აუცილებელი რეჟიმის შერ-
ჩევა განისაზღვრება მექანიზმებისადმი წაყენებული ტექნი-
ლოგიური მოთხოვნებით. მართვის პანელებში კომანდო-
კონტროლერების პირველ მდგომარეობებში შესაძლებელია
დამუხრუჭების განხორციელება უკუნართვით ან გამოყენე-
ბული იქნეს ერთფაზიანი დამუხრუჭება მექანიზმის მუშაობის
საჭირო რეჟიმისაგან დამოკიდებულებით.

დისტანციური მართვა საშუალებას იძლევა გაუმჯობეს-
დეს მუშაობის პირობები მანქანის კაბინიდან ხილვადობის
შეზღუდვის დროს, მაქსიმალურად მიუახლოვდეს მემანქანე
ტექნოლოგიური ოპერაციის წარმოების ადგილს, (მაგალი-
თად, მსხვილგაბარიტიან ნაკეთობებთან მუშაობის დროს),
რაც ერთდროულად ამადლებს სამუშაოების შესრულების
საიმედოობას და სისუსტეს. დისტანციური მართვა აუცილე-
ბელია იმ შემთხვევაშიც, როდესაც მუშაობის პირობებით
(მაგალითად, მუშაობა ფეთქებადსაშიშ მასალებთან) მემან-
ქანე უნდა იმყოფებოდეს სატრანსპორტირებელი ტვირთიდან
განსაზღვრულ მანძილზე.

პროგრამული მართვა, მემანქანის მონაწილეობის გარეშე,
მექანიზმების ავტომატური მუშაობის განხორციელების შე-
საძლებლობას იძლევა, რასაც მივეყვართ სამუშაო ციკლის
მკაცრად დაცვასთან და მანქანის მაქსიმალური მწარმოე-
ბეურობის უზრუნველყოფასთან. პროგრამირების დანერგვი-
სათვის აუცილებელია, რომ მუშაობის ავტომატიზებული
ციკლი მონოტონურად მეორდებოდეს და პროგრამა არ იცვ-
ლებოდეს დროის ხანგრძლივი შუალედის განმავლობაში.
პროგრამირება ითვალისწინებს მანქანის მიერ რამდენიმე
სრული სამუშაო ციკლის ავტომატურ შესრულებას ოპერა-
ტორის ჩაურევლად. ამ შემთხვევაში შეიძლება გათვალის-
წინებული იქნეს მექანიზმის მუშაობის რამდენიმე ყოქსირე-
ბული პროგრამა და მათი შეცვლის შესაძლებლობა მუშაო-
ბის მოცემული რეჟიმისაგან დამოკიდებულებით.

მექანიზმების მუშაობის ოპტიმიზაცია ითვალისწინებს
საანგარიშო-ამოსახსნელი მანქანის გამოყენებას, რომელიც
უზრუნველყოფს მექანიზმის ცალკეული რგოლების მუშაობის
რეჟიმების დამახასიათებელი პარამეტრების ცვლილებისაგან
დამოკიდებულებით, მანქანის ელექტროამძრავების მთელი
კომპლექსის მუშაობის ოპტიმალურ რეჟიმს.

ამწყ-სატრანსპორტო მანქანების ავტომატიზაციის ეტაპების განხილვის დროს მოსახერხებელია ელექტროამძრავების მართვის სახეების გამოჯენა ხელთ, ავტომატიურ და ტელემექანიკურად.

ხელთ მართვას ადგილი აქვს ძალური წრედების ხელთ გადართვისას ძალური კონტროლერების საშუალებით. იგი ზღუდავს დისტანციური მართვის, ავტომატიზაციისა და პროგრამირების გამოყენებას.

ელექტროამძრავების ავტომატიური მართვა წარმოებს რელეს, კონტაქტორების, ელექტრონული, მაგნიტური ან ნახევარგამტარული ბლოკების დახმარებით, რომლებიც მექანიზმის მანძილზე მართვის, ნაწილობრივი და სრული ავტომატიზაციისა და პროგრამირების დანერგვის შესაძლებლობას იძლევა. ავტომატიური მართვა უსრუნველყოფს მექანიზმის მთელი სამუშაო ციკლის ან მისი ნაწილის ავტომატიზაციას. ნაწილობრივი ავტომატიზაცია გამოიყენება ძრავების, გაშვებისა და დამუხრუჭების, ცალობითი ტვირთების წატაცების, სამონტაჟო ელემენტის ზუსტი დაშვების უსრუნველსაყოფად და სხვა ოპერაციების დროს. მუშაობის მთელი ციკლის სრული ავტომატიზაციის დროს მართვა დაიყვანება ოპერატორის მიერ მმართველი სიგნალის მიწოდებაზე თითოეული ციკლის დასაწყისში.

ტელემექანიკური მართვა სიგნალების კოდირებისა და დაყოფის საშუალებას იძლევა, ამიტომ დისტანციური მართვის დროს შეიძლება გამოყენებული იქნეს შემეერთებელი სადენების უმცირესი რიცხვი და გაიზღვას მართვა მანძილზე. ბრძანებების კოდირება ამცირებს ინფორმაციის მიმწოდებლის ან საპროგრამო მოწყობილობის ზომებს და ამარტივებს პროგრამის წაწერას. ტელემექანიკური მართვის დანერგვა მანქანის მუშაობის სრული ავტომატიზაციის საშუალებას იძლევა და წინაპირობებს ქმნის მექანიზმების საპროგრამო მუშაობის ოპტიმიზაციის წასატარებლად.

კოშკურა ამწეების ავტომატიზაცია

§1. ზოგადი ცნობები

კოშკურა ამწეებს უკავიათ წამყვანი ადგილი ტვირთამწეე მანქანებს შორის, განსაკუთრებით საცხოვრებელ და სამოქალაქო მშენებლობაში. ისინი წარმოადგენენ ძირითად ამწე-სატრანსპორტო მანქანებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ ტვირთების არა მხოლოდ გადაადგილებას სამშენებლო მოედანზე, არამედ ასაწყობი ელემენტების დაყენებასაც მათი მონტაჟის ადგილზე, შენობებისა და ნაგებობების ამოყვანის დროს. ამწე-სატრანსპორტო და სამონტაჟო სამუშაოების შესრულება კოშკურა ამწეების დახმარებით გავლენას ახდენს სამუშაოების მთლიან ორგანიზაციაზე სამშენებლო მოედანზე, რადგან ამწის ისრის შვერი და მისი გადაადგილების გზების სიგრძე განსაზღვრავენ სასაწყობო მოედნის ზომებს, მისასვლელი გზების, ბეტონისა და დუღაბის შესარევი კვანძების და სხვა დროებითი ნაგებობებისა და მოწყობილობების განლაგებას.

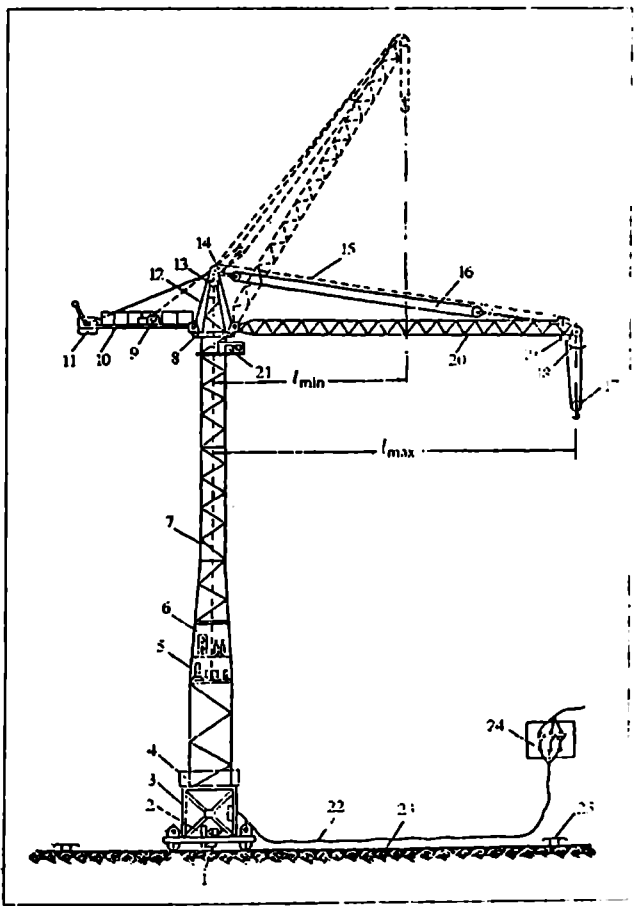
კოშკურა ამწეების ფართოდ გავრცელების ერთ-ერთ ძირითად მიზეზს წარმოადგენს მასალების ძორიზონტალური და ვერტიკალური ტრანსპორტირების უნარი შუალედი გადატვირთვის გარეშე. კოშკურა ამწეს აქვს შესაძლებლობა უშუალოდ აიღოს ნაკეთობა ან მასალა სამშენებლო მოედანზე მოსული ავტომანქანიდან ან საწყობიდან და გადაადგილოს იგი ნაგებობაში დაყენების ადგილამდე.

კოშკურა ამწეების დადებით თვისებას წარმოადგენს მათი უნივერსალობა, ე.ი. სრულიად სხვადასხვაგვარი სამშენებლო ტვირთების ტრანსპორტირების შესაძლებლობა: კონტეინერებისა - აგურით, ბადიებისა - დუღაბითა და ბეტონით, ზომაგრძელი დეტალებისა, მსხვილი საკედლე პანელების, კიბის მარშების, კოლონების, არმატურისა და სხვ.

კოშკურა ამწის დადებითი თვისებაა მისი გამოყენების შესაძლებლობა არა მხოლოდ საცხოვრებელ და სამოქალაქო მშენებლობაში, არამედ სამრეწველო და ჰიდროტექნიკური მშენებლობის სრულიად სხვადასხვაგვარ პირობებში, აგრეთვე, საწყობებში, გემმისადგომებში, რკინაბეტონის ნაკეთობათა დასამზადებელ პოლიგონებზე და ა.შ.

თანამედროვე მშენებლობაში გამოყენებული კოშკურა ამწეების კონსტრუქციები, მეტად მრავალფეროვანია. მაგრამ კონსტრუქციისაგან დამოუკიდებლად თითოეული კოშკურა ამწე შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან: საყრდენი ნაწილი, კოშკი, ისარი, საპირწონე, მექანიზმები, მართვის სისტემა და შემსლდუღელი მოწყობილობები, რომლებიც ამწის უსაფრთხო მუშაობას უზრუნველყოფენ.

14.1 ნახაზზე მოცემულია გისოსოვანი კოშკურა ამწის გაერცვლებული კონსტრუქციის სქემა.



ნახ14.1. 1,5-3ტ. ტვირთამწეობის კოშკურა ამწის სქემა

ამ ამწის საყრდენ-სავალი ნაწილი (3) შესრულებულია პორტალის სახით ოთხ სავალ თვალზე. პორტალზე დაყენებულია მექანიზმი (2), რომლის დახმარებითაც პორტალს შეუძლია სარელსო გზაზე (23) გადაადგილება. იმისათვის, რომ ამწე არ გადმოვიდეს სარელსო გზიდან (თუ შემანქანე დაავიანებს ძრავის გამორთვისას), პორტალზე ქვევით დაყენებულია ელექტრული ბოლო გამომრთველი (1), ხოლო სარელსო გზის ორივე ბოლოზე დამაგრებულია სახაზო (25) შემსლუვდელები.

ამწის გზის ბოლოსთან მისვლისას ბოლო გამომრთველი თავისი ბერკეტით გამოეყება სახაზო გამომრთველს და გათიშავს სავალი მექანიზმის ელექტროძრავს.

საყრდენ პორტალზე შემოდან ხისტადაა დამაგრებული კვადრატული განიეკვეთის გისოსური ლითონის კოშკი (7) და დაწყობილია ტვირთი (4) ამწის მღვრადობის უსრუნველსაყოფად.

ამწის კოშკს აქვს ცვლადი განიეკვეთი, რომელიც მცირდება შემოთ, ხოლო კოშკის ყველაზე ზედა ნაწილი წარმოადგენს წაკვეთილ პირამიდას. კოშკის თავზე ჩამოცმულია კარვის სახის საბრუნე თავსართაყი (სათაყისი) (12), რომელიც თავისი ზედა ნაწილით ეყრდნობა საბჯენი საკისრით (13) კოშკზე, ხოლო ქვედა ნაწილში აქვს გორვის წრე, რომელიც შიგნიდან ეყრდნობა კოშკზე დამაგრებულ საბჯენ გორგოლაჭებს. საბრუნე თავსართაყზე სახსრულად მიმაგრებულია ისარი (20) და საპირწონე კონსოლი (10) საპირწონის ტვირთით (11). საბრუნე თავსართაყზე ქვემოდან დამაგრებულია დიდი სპეციალური კბილანა (8), რომელიც მუდმივ მოდებაშია საბრუნე მექანიზმის (21) წამყან კბილანასთან. უძრავ კოშკზე დაყენებული საბრუნე მექანიზმის წართვისას, წარმოებს თავსართაყის ბრუნვა ისარსა და საპირწონე კონსოლთან ერთად.

ისარი (20) უკავია საისრე პოლისპასტს (16), რომლის ჩამომრბენი შტო საპირწონე კონსოლზე დაყენებული ჯალამბრის დოლზეა (9) დამაგრებული. საისრე პოლისპასტის ჯალამბრის წართვით შესაძლებელია ისრის შეერის შეცვლა ლაკიდან ლინ-მდე. ისრის ბოლოზე დამაგრებულია სატვირთო პოლისპასტი კაკვიანი გარსაკართ (17), რომლის ჩამომრბენი შტი (15) მიმმართველი ბლოკების (14) გავლით გადის სატვირთო ჯალამბართან (5) და მაგრდება მის დოლზე. სატ-

ვირთო ჯალამბრის მუშაობისას წარმოებს კაკვსე ტვირთის აწვევა ან დაშვება. სატვირთო პოლისსპასტიის ბაგირის მეორე ბოლო შტო მთავრდება ისრის ბოლოზე დაყენებულ ტვირთის წონის შემსლუდველზე (19). ასაწვევი ტვირთის წონის გადაჭარბებისას ისრის მოცემული შეერისათვის დასაშვებ სიდიდეზე შემსლუდველი გამოერთავს სატვირთო ჯალამბრის ელექტროძრავს და ტვირთის აწვევა აღმოწინდება შეუძლებელი. შემსლუდველს აქვს, აგრეთვე, მოწყობილობა ბერკეტის (18) (ან სხვა სამარჯვის) სახით, რომელიც სემიქმედებს ბოლო გამომრთველზე და გამოერთავს სატვირთო ჯალამბრის ელექტროძრავს, კაკვის დასაშვებ სდვარზე სვეით აწვევისას.

ამვე იკვებება ელექტროენერგიით მოქნილი კაბელის (22) საშუალებით დენის რაიმე წყაროდან (24), ხოლო ყველა ელექტროაპარატურა, რომელიც აუცილებელია ამწის სამართავად, თავმოყრილია კაბინაში (6), საიდანაც მქმანქანე ახორციელებს ყველა ოპერაციას მუშაობის დროს.

განხილულ კოშკურა ამწეს შეუძლია შეასრულოს შემდეგი მოძრაობები:

ა) გადაადგილდეს მშენებარე ობიექტის გასწვრივ რელსებზე;

ბ) აწიოს და დაუშვას ტვირთი;

გ) შემოაბრუნოს ისარი კაკვითურთ საკუთარი დერძის ორგველივ;

დ) აწიოს და დაუშვას ისარი (შეკვავლოს ისრის შვერა).

ამ კონსტრუქციის ამწის ისრის აწვევა და დაშვება, შეიძლება შესრულდეს მხოლოდ უტვირთოდ და წარმოადგენს დამხმარე მოძრაობას, ხოლო ყველა დანარჩენი – მუშა მოძრაობებს. სამი მუშა მოძრაობის არსებობა (ტვირთის აწვევა და დაშვება, შემობრუნება, რელსებზე გადაადგილება) უსრუნველყოფს ტვირთის გადაადგილებას სამშენებლო მოედანზე საობიექტო საწყობიდან უშუალოდ სამუშაო ადგილზე.

ასაწყობი კონსტრუქციების მონტაჟისას მეტად მნიშვნელოვანია დასამონტაჟებელი ელემენტის სუსტი მიმართვა მისი დაყენების ადგილზე. კოშკურა ამწეებისათვის სამი მუშა მოძრაობით დასამონტაჟებელი ელემენტის სუსტი მიმართვა

* მუშა ეწოდება მოძრაობას, რომელიც ამწეს შეუძლია შეასრულოს კაკვზე ტვირთთან ერთად.

გამხელვებულია. ამიტომ ბევრი კონსტრუქციის კომპურა ამ-
წეები იოვალისწინებენ მეოთხე მუშა მოძრაობას, რომელიც
შეიძლება განხორციელდეს ორი წესით: 1) სატვირთო პო-
დისპასტის დამაგრებით სპეციალურ ურიკასთან, რომელიც
გადაადგილდება ისრის გასწვრივ და 2) ისრის აწევის ან
დაშვების ხარჯზე ტვირთთან ერთად. ამასთან, ორივე შემ-
თხევაში, კაკეს ტვირთთან ერთად აქვს ჰორიზონტალურად
გადაადგილების შესაძლებლობა, კოშკისაკენ და კოშკიდან.

კომპურა ამწეები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, უ-
პირველეს ყოვლისა, ძირითადი მახასიათებლებით (ტვირთამ-
წეობა, ისრის მაქსიმალური შვერი, მოძრაობის სინქარეები),
რომლებიც განსაზღვრავენ მათ დანიშნულებას მშენებლობაში.

დანიშნულების მიხედვით კომპურა ამწეები შეიძლება
დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

1. ამწეები მცირესართულიანი (3-4 სართულამდე) სამო-
ქალაქო და სამრეწველო მშენებლობისათვის. ამ დიაპაზონში
ანსხვავებენ:

ა) მსუბუქ ამწეებს ტვირთამწეობით 0,5; 0,75 და 1,0 ტ.
ისრის უდიდესი შვერით 8-დან 16 მ-მდე და კაკვის აწევის
სიმაღლით 12-დან 20მ-მდე (БКСМ-1, БК-1, КСК-3 და სხვ.);

ბ) საშუალო ამწეები ტვირთამწეობით 1,0-დან 3,0 ტ-
მდე, ისრის უდიდესი შვერის დროს 20-22მ და კაკვის
აწევის სიმაღლით 21-დან 43მ-მდე (СБК-1, СБК-1М, БКСМ-3,
Т-128, БКСМ-3 და სხვ.).

2. ამწეები მრავალსართულიანი (5-დან 14 სართულამდე)
სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობისათვის ტვირთ-
ამწეობით 3,0-5,0ტ შვერისას 13-30მ და კაკვის აწევის სიმაღ-
ლით 40-დან 80 მ-მდე (М-3-5-10, БК-5, СБК-2, БКСМ-14, УБК-5-50,
МСТК-90, БКСМ-7-5 და სხვ.).

3. თვითამწევი ამწეები მაღლივი (14 სართელზე ზევით)
მშენებლობისათვის 170 მ-მდე (УБК-3-49 ტვირთამწეობით 3 ტ
და სხვ.).

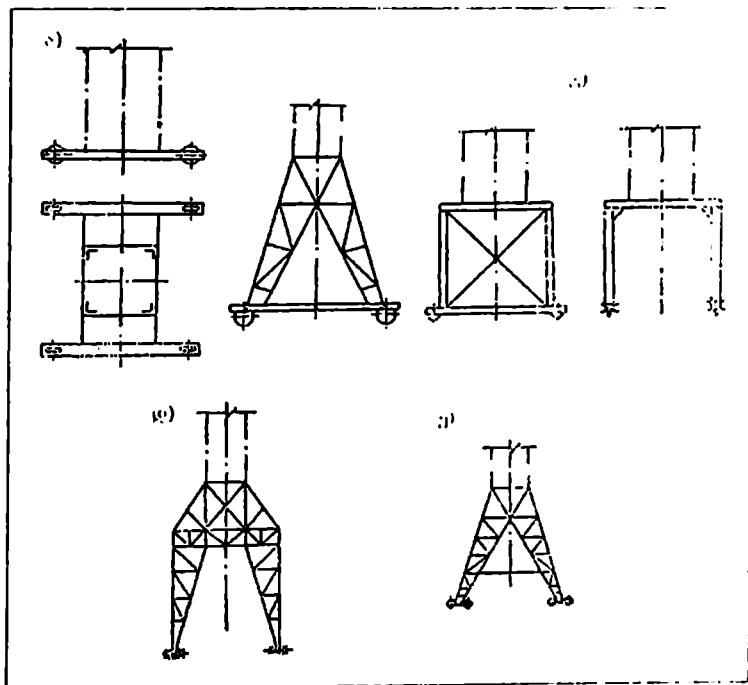
4. სპეციალური ამწეები სამრეწველო მშენებლობისათვის.

5. ამწე-სატვირთველი; გამოიყენება დატვირთვა-განტვირ-
თვის სამუშაოებისათვის საწყობებში და პოლიგონებზე.

თითოეულს ამ ჯგუფიდან აქვს თავისი კონსტრუქციული
თავისებურებანი, რომლებიც ქმნიან დიდ მრავალგვაროვნებას
მშენებლობაზე გამოყენებულ კომპურა ამწეებს შორის.

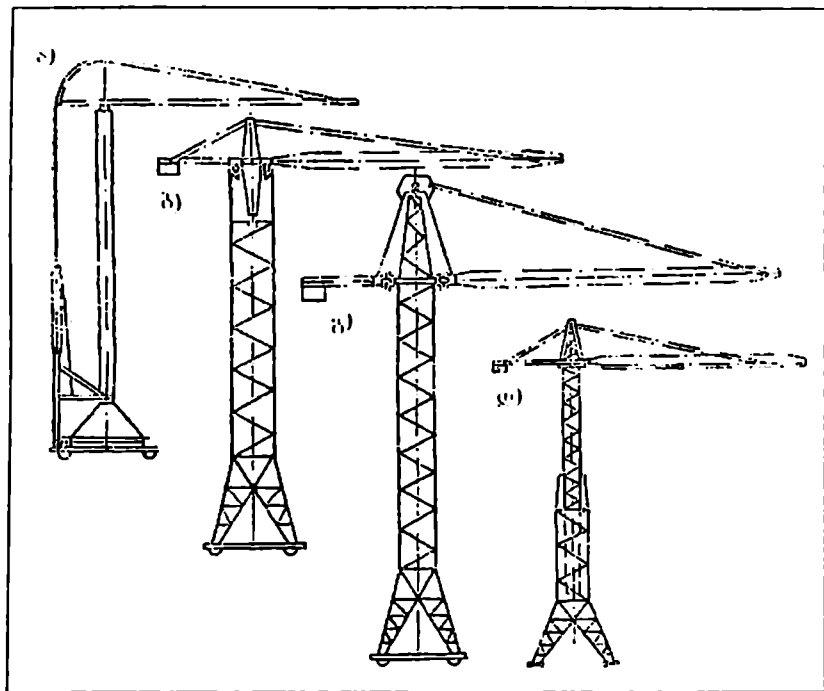
მაგრამ, პრინციპული კონსტრუქციული განსხვავება გაანინათ ორი სახის კოშკურა ამწეებს: 1. უძრავი კოშკითა და საპირწონის ზედა დამაგრებით; 2. საბრუნო კოშკითა და საპირწონის ქვედა დამაგრებით. ორივე შემთხვევაში საპირწონე შეიძლება იყოს მოძრავიც და უძრავიც. უძრავი საპირწონეები გამოიყენება ნებისმიერი კონსტრუქციის ამწეების დროს, ხოლო მოძრავი – ამწეებზე, რომელთაც გაანინათ მუშა მოძრაობა – ისრის აწევა ტვირთთან ერთად.

ნახაზზე 14.2 წარმოდგენილია კოშკურა ამწეების საყრდენი მოწყობილობის სქემა: ა, ბ ამწეების ურიკები მცირესართულიანი მშენებლობისათვის; გ, დ, ე – ამწეების პორტალები მრავალსართულიანი მშენებლობისათვის.



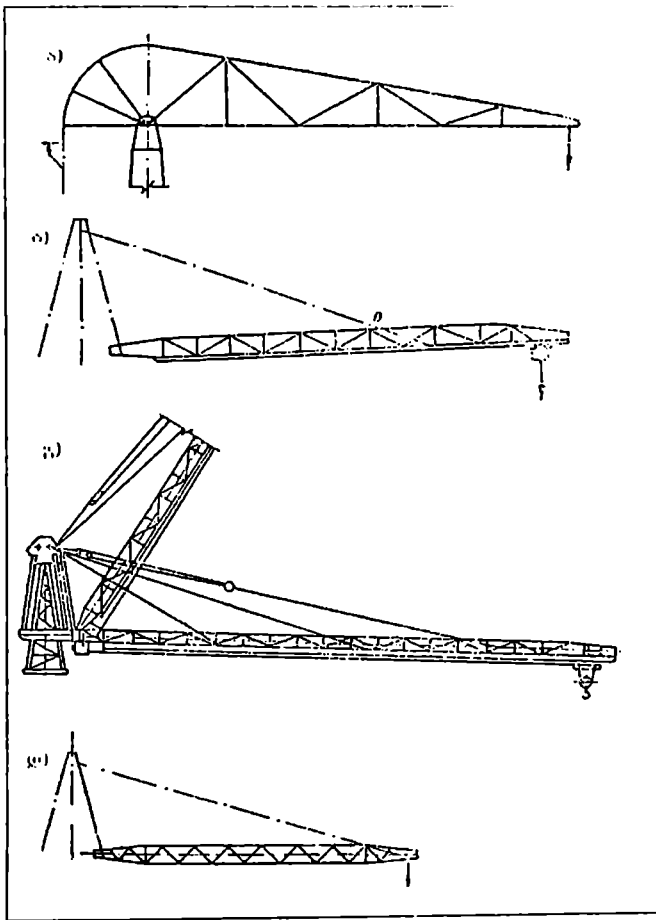
ნახ14.2. კოშკურა ამწეების საყრდენი მოწყობილობის სქემები: ა,ბ) ამწეების ურიკები მცირესართულიანი მშენებლობისათვის; გ,დ,ე) ამწეების პორტალები მრავალსართულიანი მშენებლობისათვის.

ნახაზზე 14.3 ნაჩვენებია კოშკების კონსტრუქციები: ა) მილისებრი ამწის საბრუნო კოშკი საპირწონის ქვედა დამაგრებით; ბ) უძრავი გისოსოვანი კოშკი შიგა სათავესით; გ) უძრავი გისოსოვანი კოშკი გარე საბრუნო სათავესით; დ) ტელესკოპური კოშკი.



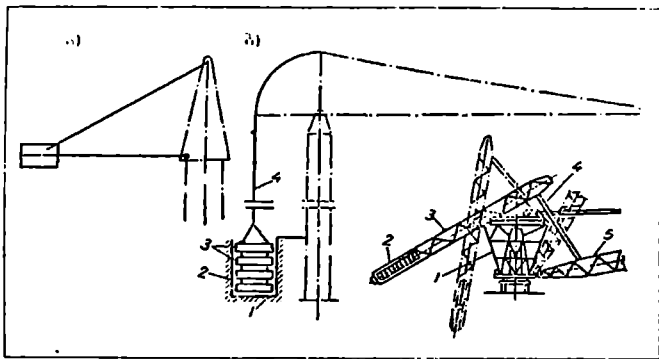
ნახ14.3. კოშკების კონსტრუქციების სქემები: ა) მილისებრი ამწის საბრუნო კოშკი საპირწონის ქვედა დამაგრებით; ბ) უძრავი გისოსოვანი კოშკი შიგა სათავესით; გ) უძრავი გისოსოვანი კოშკი გარე საბრუნო სათავესით; დ) ტელესკოპური კოშკი

14.4 ნახაზზე მოცემულია კოშკურა ამწეების ისრების კონსტრუქციების სქემები: ა) მილისებრი ამწის საბრუნო კოშკით; ბ, გ) სატვირთო ურიკებით ისარზე; დ) სასარგებლო დატვირთვით ისრის ბოლოზე.



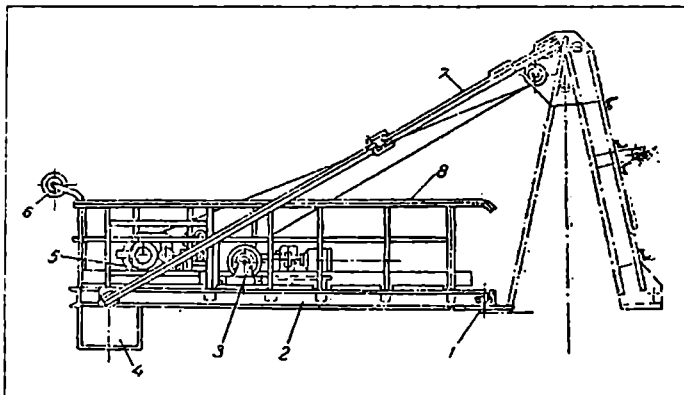
ნახ14.4. კოშკურა ამწეების ისრების კონსტრუქციების სქემები: ა) მილისებრი ამწის საბრუნო კოშკით; ბ, გ) სატვირთო ურიკებით ისარზე; დ) სასარგებლო დატვირთვით ისრის ბოლოზე

ნახაზზე 14.5 წარმოდგენილია საპირწონეების კონსტრუქციების კონსტრუქციების სქემები: ა) უძრავი დამაგრებული საბრუნ სათავისთან; ბ) მოძრავი ქვედა განლაგებით საბრუნ კოშკის ფუძესთან; გ) მერხევი დამაგრებული საბრუნ სათავისთან.



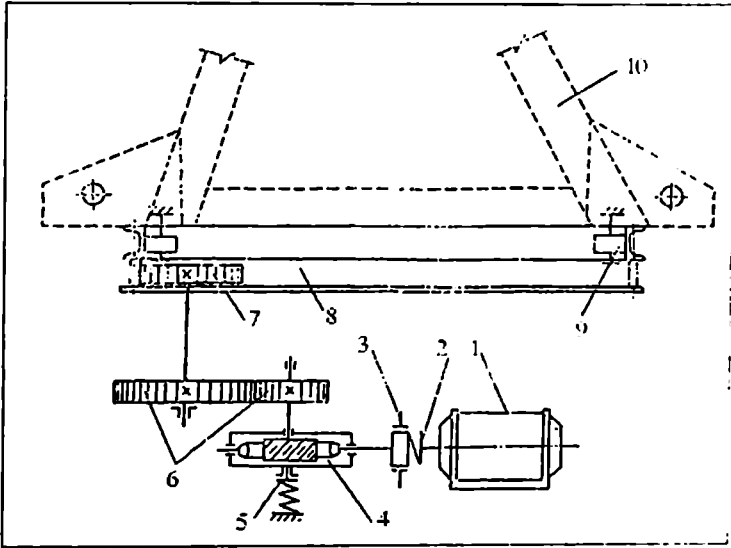
ნახ14.5. საპირწონეების კონსტრუქციული სქემები: ა) უძრავი, საბრუნ სათავისთან დამაგრებით; ბ) მოძრავი, ქვედა განლაგებით საბრუნ კოშკის ფუძესთან; (2 - ჯაჭვი; 3 - ცალკეული ტვირთი; 4 - საწვეი) გ) მერხევი, საბრუნ სათავისთან დამაგრებით; (1 - სათავისი; 2 - ტვირთი; 3 - გისოსური კონსოლი; 4 - ბერკეტი; 5 - ისარი)

ნახაზზე 14.6 ნაჩვენებია უძრავი საპირწონის კონსტრუქცია.



ნახ14.6. უძრავი საპირწონის კონსტრუქცია: 1 - სახსარი; 2 - ფერმა; 3 - საისრე ჯალამბარი; 4 - ყუთი ბალასტისათვის; 5 - სატვირთო ჯალამბარი; 6 - ბლოკი ბალასტის ასაწევად; 7 - ხისტი საწვეი; 8 - საპირწონის შემოღობვა

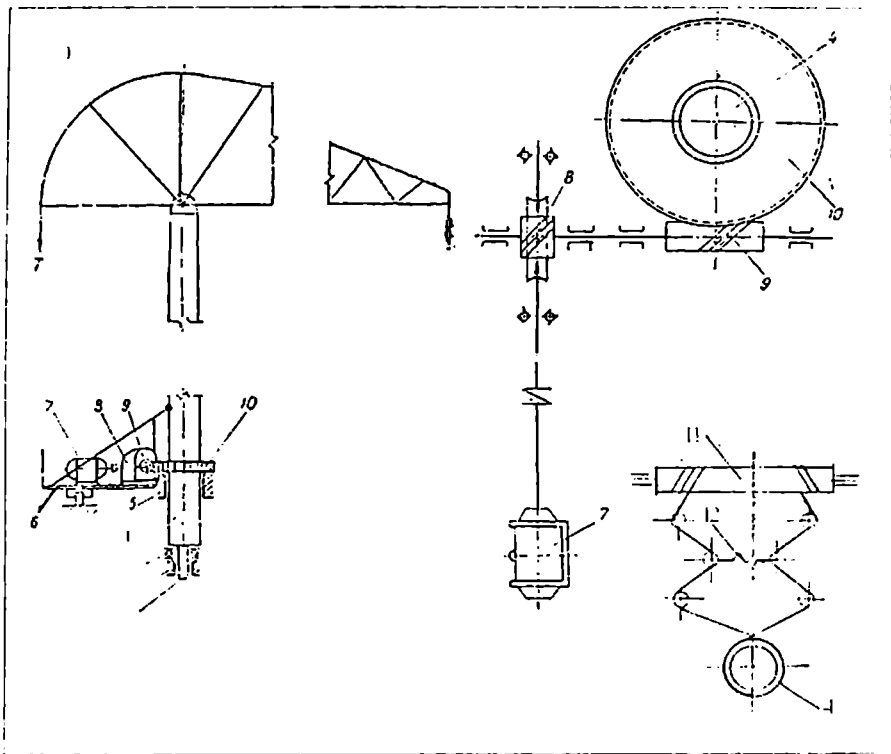
ნახაზზე 14.7 მოცემულია კოშკურა ამწის სათავისის საბრუნო მექანიზმის კინემატიკური სქემა, ხოლო 14.8 ნახაზზე – მილისებრი ამწეების საყრდენ-საბრუნო მოწყობილობა: ა) სქემა; ბ) მექანიზმის კინემატიკური სქემა; გ) ბაგირული გადაცემის გამოყენებით.



ნახ.14.7. კოშკურა ამწის სათავისის საბრუნო მექანიზმის კინემატიკური სქემა: 1 – ელექტროძრავა; 2 – დრეკადი ქურო; 3 – ხუნდებიანი მუხრუჭი; 4 – ჭიარედუქტორი; 5 – ზღვრული მომენტის ქურო; 6 – ღია კბილაგადაცემა; 7 – წამყვანი კბილანა; 8 – კბილანა გვირგვინი; 9 – საბჯენი გორგოლაჭი; 10 – საბრუნო სათავისი

გადაადგილების მექანიზმები განლაგებულია ამწის საყრდენ-საეალ ნაწილზე და შედგება ელექტროძრავის, ხუნდებიანი მუხრუჭისა და კბილაგადაცემისაგან, რომელიც მოძრაობას გადასცემს ძრავიდან ამწის წამყვან თვლებს. ამძრავი (წამყვანი) თვლების რიკხვისა და განლაგებისაგან დამოკიდებულებით ანსხვაებენ გადაადგილების მექანიზმების შემდეგ ტიპებს:

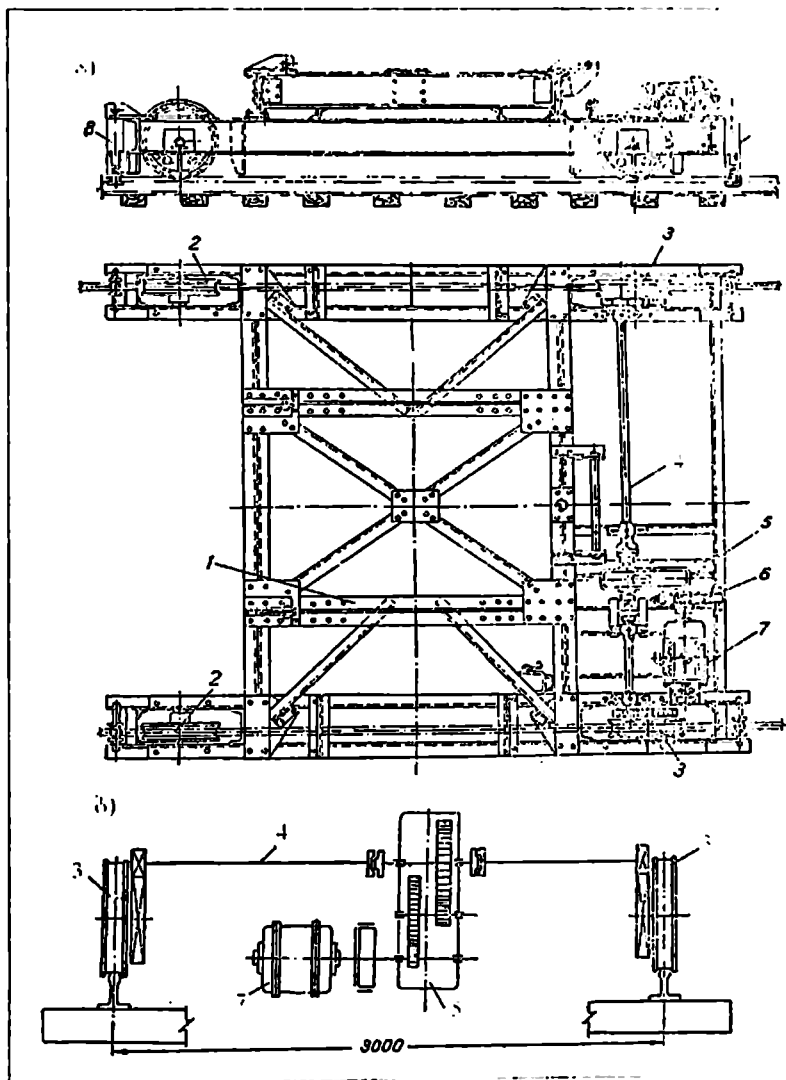
1. მოძრაობის გადაცემით ელექტროძრავიდან სხვადასხვა რელსზე განლაგებულ ორ თვალზე (ნახ.14.9).



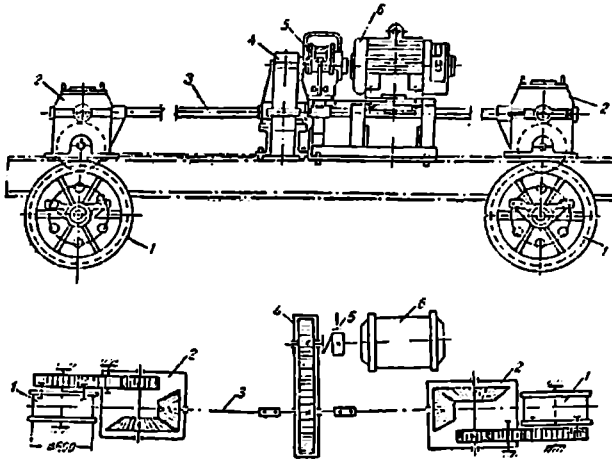
ნახ.14.8. მილისებრი ამწეების საყრდენ-საბრუნო მოწყობილობა:
 ა) სქემა (1 - მაცენტრირებული პოჭოჭიკი; 2 - დამატებითი რადიალური საკისარი; 3 - თვითდაყენებადი საკისარი; 4 - კოშკი; 5 - დამხმარე რადიალური საყრდენი; 6 - საბრუნო პლატფორმა; 7 - ძრავა; 8 - რედუქტორი; 9 - ჭიახრახნი; 10 - ჭიაკბილანა თვალი);
 ბ) მექანიზმის კინემატიკური სქემა: (4 - კოშკი; 7 - ძრავა; 8 - რედუქტორი; 9 - ჭიახრახნი; 10 - ჭიაკბილანა თვალი);
 გ) მოძრაობის ბაგირული გადაცემის სქემა (4 - კოშკი; 11 - დოლი; 12 - ზამბარა)

2. მოძრაობის გადაცემით ელექტროძრავიდან ერთ რელსზე განლაგებულ ორ თვალზე (ნახ.14.10);

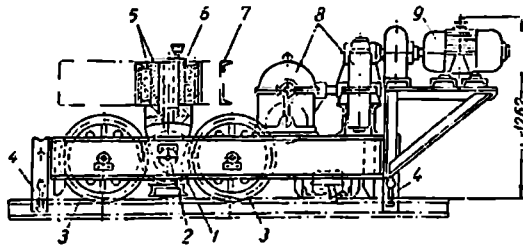
3. მოძრაობის გადაცემით სხვადასხვა ან ერთ რელსზე განლაგებული სავალი თვლების ორ წყვილზე (ბაღანსირულურიკებზე) (ნახ.14.11).



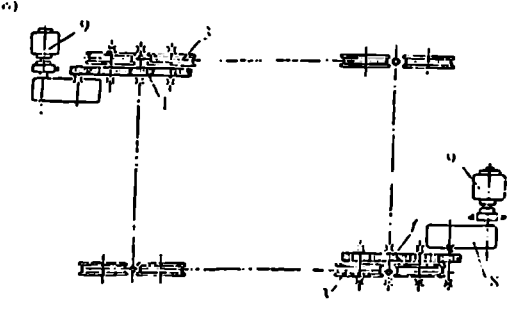
ნახ.149. გადაადგილების მექანიზმი მოძრაობის გადაცემით ელექტროძრავიდან სხვადასხვა რელსზე განლაგებულ ორ თვალზე: 1 - ამწის ურიკა; 2 - მიმყოლი თვალი; 3 - წამყვანი თვალი; 4 - ლილევი; 5 - რელექტორი; 6 - მუხრუჭი; 7 - ელექტროძრავა; 8 - ძვრასაწინააღმდეგ სარტყი



ნახ.14.10. გადაადგილების მექანიზმი მოძრაობის გადაცემით ელექტროძრავიდან ერთ რელსზე განლაგებულ ორ თვალზე 1 - წამყვანი თვალი; 2 - რელექტორი კონუსური კბილანებით; 3 - ლილევი; 4 - რელექტორი ცენტრული კბილანებით; 5 - მუხრუჭი; 6 - ელექტროძრავა

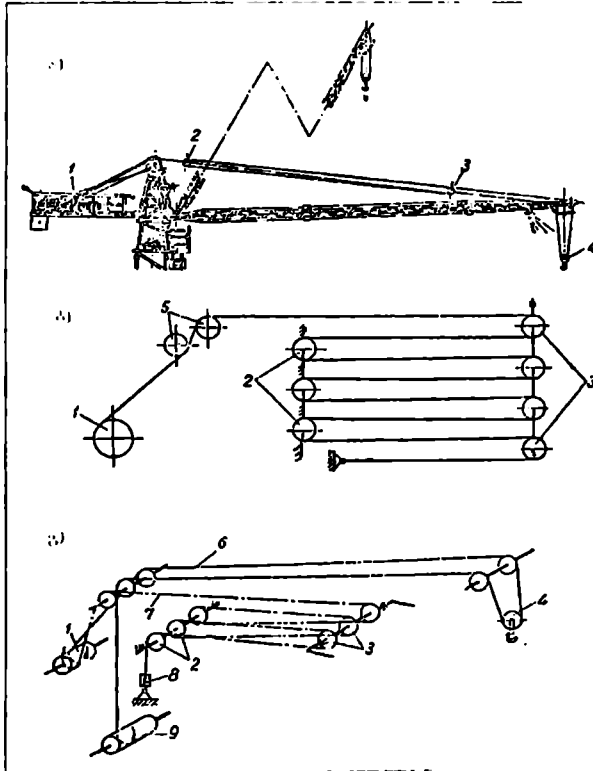


ნახ.14.11 გადაადგილების მექანიზმი მოძრაობის გადაცემით სხვადასხვა ან ერთ რელსზე განლაგებული სავალი თვლების ორ წყვილზე (ბალანსურ ურიკებზე) ა) ბალანსური ურიკა; ბ) მექანიზმის კინემატიკური სქემა: 1 - პარაზიტული კბილანა; 2 - ტაბიკის სამაგრი ღერძი; 3 - წამყვანი თვლები; 4 - ბერასაწინაღო სატაცები; 5 - ტაბიკი; 6 - ბუნიკი; 7 - ამწის კოჭი; 8 - რელექტორი; 9 - ელექტროძრავა



ისრის შვერის შესაკვლელი მექანიზმი შედგება საბაგირო პოლისპასტის, მიმმართველი ბლოკებისა და საისრე ელექტრორევერსიული ჯალამბრისაგან, რომლის მუშაობაც იწვევს საისრე პოლისპასტის დამოკლებას ან დაგრძელებას, რაც განაპირობებს ისრის შემობრუნებას მისი სახსრულად ჩამაგრების წერტილის მიმართ.

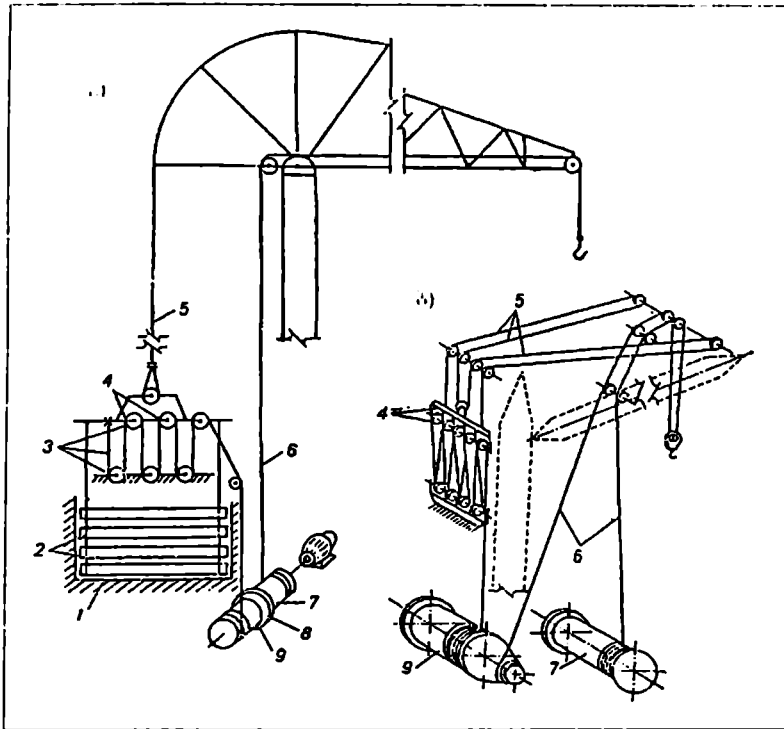
ამწვეებში უძრავი კოშკით (ნახ.14.12) საისრე ჯალამბარი ჩვეულებრივად დაყენებულია საპირწონის კონსოლზე, ხოლო საისრე პოლისპასტის მოძრავი გარსაკარი მაგრდება ისარზე.



ნახ.14.12. ამწვეების ისრის შვერის შეცვლის მექანიზმი: ა) მექანიზმის განლაგება; ბ) საისრე პოლისპასტის ბაგირის დამარაგების სქემა; გ) სატვირთო და საისრე პოლისპასტების ბაგირების დამარაგების სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს ტვირთის პორიზონტალურ გადაადგილებას ისრის აწვეის დროს. 1 - საისრე ჯალამბარი; 2 - საისრე პოლისპასტის უძრავი გარსაკარი; 3 - საისრე პოლის-

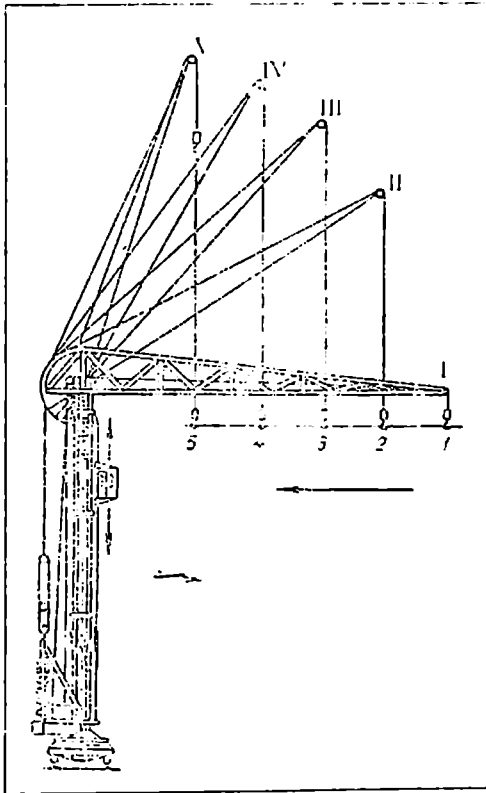
პასტის მოძრავი გარსაკარი; 4 - სატვირთო პოლისპასტი; 5 - მიმმართველი ბლოკები; 6 - სატვირთო პოლისპასტის ბაგირის შტო; 7 - საისრე პოლისპასტის ბაგირის ჩამომრბენი შტო; 8 - ტვირთამწვეობის შემზღვეველი; 9 - სატვირთო ჯალამბრის დოლი

ამწვეებში საბრუნე კოშკით (ნახ.14.13) საისრე პოლისპასტი და საისრე ჯალამბარი განლაგებულია საბრუნე პლატფორმაზე კოშკის ფუძესთან, ამასთან, საისრე პოლისპასტის მოძრავი გარსაკარი ბაგირების საშუალებით მაგრდება ისრის კუდის (მილისებრი ამწვეები) ან თავის (ამწვეები გისოსოვანი კოშკებით) ნაწილთან.

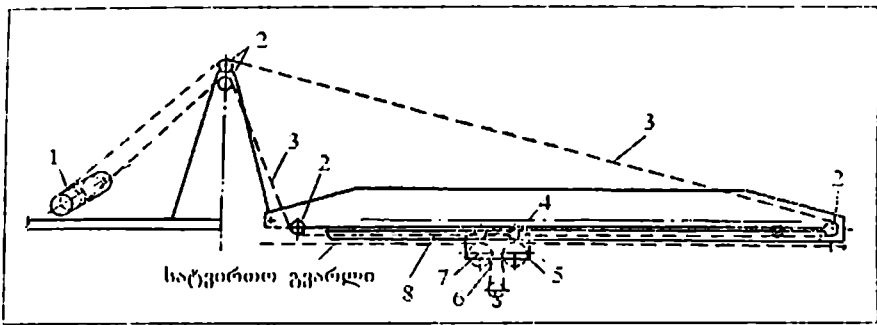


ნახ.14.13. საბრუნე კოშკიანი ამწის ისრის შვერის შესაცვლელი მექანიზმის სქემები: ა) მილისებრი ამწების; ბ) გისოსებრი კოშკების ამწების; 1 - მიმმართველები; 2 - მოძრავი საპირწონის ტვირთები; 3 - საისრე პოლისპასტი; 4 - საისრე პოლისპასტის მოძრავი გარსაკარი; 5 - ბაგირის საწვევი; 6 - სატვირთო ბაგირი; 7 - სატვირთო ჯალამბარის დოლი; 8 - საისრე დოლის ჩართვის ქურთი; 9 - საისრე ჯალამბარის დოლი

ნახაზზე 14.14 მოცემულია კაკვის პორიზონტალურად გადაადგილების სქემა, ისრის აწევის დროს (ამწეებში ისრის აწევის მუშა მოძრაობით), ხოლო ნახაზზე 14.15 საისრე ურიკას გადაადგილების მექანიზმი, რომელიც შედგება საწევი ბაგირის (3), მიმართველი ბლოკების (2) და ელექტრორევერსიული ჯალამბრისაგან (1). საწევი ბაგირი ეხვევა ჯალამბრის დოლზე, ხოლო მისი ორი თავისუფალი ბოლო მიმართველი ბლოკების (2) გავლით მაგრდება ურიკასზე (5) მოპირდაპირე მხარეებიდან. ურიკასზე მოწყობილია ბლოკები (7) სატვირთო პოლისპასტის (6) ბაგირისათვის.



ნახ.14.14. კაკვის პორიზონტალურად გადაადგილების სქემა ისრის აწევის დროს



ნახ.14.15. საისრე ურიკის გადაადგილების მექანიზმი

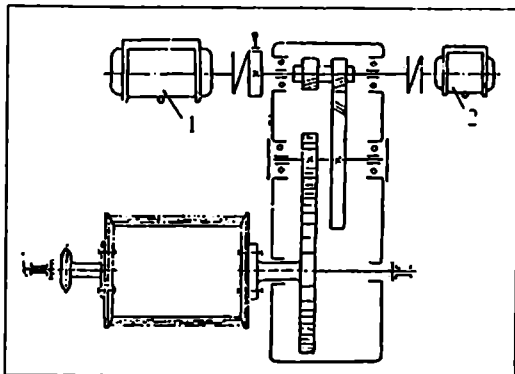
ყველა კოშკურა ამწის ტვირთის ასაწევი მექანიზმი წარმოადგენს ჩვეულებრივ ელექტრორევერსიულ ჯალამბარს; მისი ძრავის მართვა ხდება მემანქანის კაბინიდან. სატვირთო ჯალამბარი ამწის კონსტრუქციისაგან დამოკიდებულებით შეიძლება დაყენებული იქნეს სხვადასხვა ადგილას: საპირწონე კონსოლზე, პორტალზე, კოშკზე და ა.შ. ყველა შემთხვევაში სატვირთო ბაგირი ჯალამბარის დოლიდან მიმართველი ბლოკების გავლით, მიემართება ისარზე მოწყობილი სატვირთო პოლისპასტისაკენ.

მწარმოებლურობის ასამაღლებლად და სამშენებლო კონსტრუქციების მონტაჟის პირობების გასაუმჯობესებლად კოშკურა ამწეების ტვირთის ასაწევი მექანიზმებიდან მოითხოვება ტვირთის აწევის და დაშვების სხვადასხვა სინქარე; დიდი სინქარეები გამოიყენება მცირე ტვირთების და თავისუფალი კაკების ასაწევად და დასაშვებად, ხოლო მცირე – დიდი ტვირთების და ასაწყობი ელემენტების დაყენების დროს, საპროექტო მდგომარეობაში.

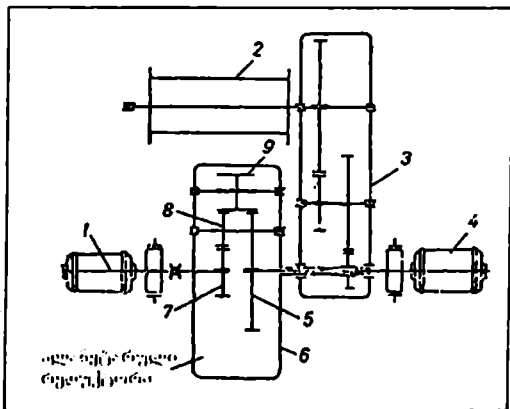
კოშკურა ამწეების ყველა არსებულ კონსტრუქციაში მისი მექანიზმების ამძრავში გამოიყენება სპეციალური სამფაზა დენის ასინქრონული ელექტროძრავები (ფაზური როტორით). მცირე სიმძლავრის ამწეებში კი – მოკლედნართული როტორით. ეს ძრავები გაანგარიშებულია მოკლე ხნით – განმეორებით რეჟიმში სამუშაოდ, გაანინაით ამადლებული გასაშვები მომენტები და შეუძლიათ გაუძლონ მოკლევადიან გადატვირთვებს, რომლებიც 2,5-3-ჯერ აღემატებიან მათ ნომინალურ სიმძლავრეს.

ტვირთის ასაწევი მექანიზმების ელექტრორევერსიული ჯალამბრების რამდენიმე სინქარის მიღება შესაძლებელია: 1) ორი ძრავით; 2) ორი ძრავით და პლანეტარული რედუქტორით; 3) ელექტროჰიდრავლიკური მზიდვავით; 4) უსაფეხურო რევულირებით.

14.16 ნახაზზე მოცემულია ელექტრორევერსიული სატვირთო ჯალამბარი ორი ძრავით, ხოლო 14.17 ნახაზზე ოთხსინქარიანი - დამატებითი ძრავით და პლანეტარული რედუქტორით.



ნახ.14.16. ელექტრორევერსიული სატვირთო ჯალამბარი ორი ძრავით: 1 - ძირითადი ძრავა; 2 - მცირე ძრავა



ნახ.14.17. ოთხსინქარიანი ელექტრორევერსიული სატვირთო ჯალამბარი დამატებითი ძრავით და პლანეტარული რედუქტორით: 1 - ნაკლები სიმძლავრის ძრავა; 2 - დოლი; 3 - ძირითადი რედუქტორი; 4 - მეტი სიმძლავრის ძრავა; 5,7 - ცენტრალური კბილანა თვლები; 6 - სატარი; 8 - შუალედი კბილანა; 9 - სატელიტი

ელექტროძრავების მუშაობის მართვა ხორციელდება მაგნიტური გამწვევების, კონტაქტორების, დოლური ან მაგნიტური კონტროლერებისა და გასაშვები წინააღობების დახმარებით. ელექტროძრავების მუშაობის მართვის ძალური წრედების გარდა, კოშკურა ამწევებზე გათვალისწინებულია დამხმარე წრედები და მართვის, დაცვისა და ბლოკირების აპარატურა, რომლებიც აღკვეთენ მემანქანის არასწორ მოქმედებებს და ელექტრომოწყობილობას იცავენ მოკლე ხართვის დენებისა და მკვეთრი გადატვირთვების მოქმედებისაგან.

ამწვების ელექტრული სქემები და მათი კონსტრუქცია ითვალისწინებენ რამდენიმე მექანიზმის ერთდროულად მუშაობის შესაძლებლობას, რაც მემანქანეს ამწის მუშა მოძრაობების (ტვირთის აწევა, მობრუნება, გადაადგილება) შეთავსების, ციკლის ხანგრძლივობის შემცირების და მისი მწარმოებლურობის ამაღლების საშუალებას აძლევს.

დაწერილებით სამშენებლო-კოშკურა ამწეების შესახებ იხილე მშენებლობის ორგანიზაცია, მექანიზაცია, ავტომატიზაცია, დაგეგმვა და მენეჯმენტი. წიგნი II მშენებლობის მექანიზაცია (ამწვე-სატრანსპორტო მანქანები).

§2. ამწეების ავტომატური დაცვის მოწყობილობები

კოშკურა ამწეების დახმარებით ხორციელდება სამშენებლო მასალების და დეტალების აწევა, ბლოკების, სვეტების, ფილების, ტექნოლოგიური მოწყობილობების დაყენება, მონტაჟი და სამუშაოთა სხვა სახეები.

ამწე, როგორც ავტომატიზაციის ობიექტი შედგება მექანიზმების კომპლექტისაგან, რომლებიც განსხვავდებიან დანიშნულების, სიმძლავრის და კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით. ყველაზე საპასუხისმგებლოა ტვირთების ასაწევი და დასაშვები მექანიზმები, აგრეთვე, ტვირთის ჰორიზონტალურ სიბრტყეში გადასაადგილებელი მექანიზმი. ამ მექანიზმების ამძრავებს მოეთხოვება: რევერსიულობა, დატვირთვის ცვლილების დიდი დიაპაზონის შესაძლებლობა და მოძრაობის სინქარის რეგულირება, საიმედო და ნარნარი დამუხრუჭება, მექანიკური მახასიათებლების სპეციფიკური სახე.

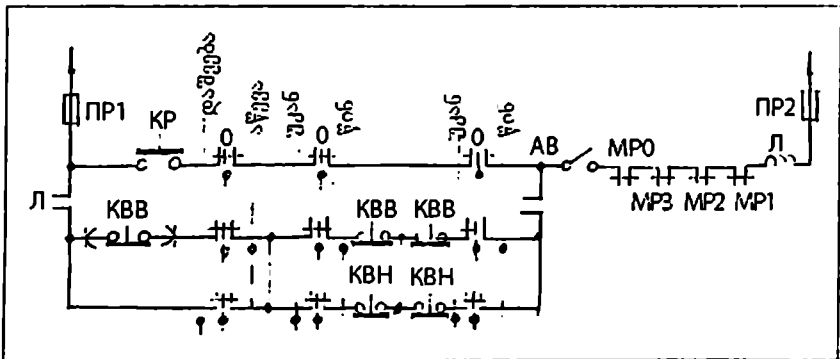
მუშაობის რეჟიმის განმსაზღვრელ ფაქტორებს (ტვირთის წონა, ისრის შვერი, ქარის სიდიდის და მიმართულების გავლენა და სხვ.) ოპტიმალური სიდიდეები განაპირობებენ, მანქანის მუშაობის რეჟიმს და მის საიმედოობას.

ამწებების მექანიკური და ელექტრული მოწყობილობების საიმედო მუშაობის უზრუნველსაყოფად და სამუშაოების შესრულების უსაფრთხოებისათვის განკუთვნილია ავტომატური დაცვის მოწყობილობები: ამწის დამცავი პანელი, ტვირთ-ამწობის და ზეაწევის შემზღვეველი, ავტომატური ძვრასაწინააღმდეგო სატაკები, მოწყობილობები მომსახურე პერსონალის დასაცავად დენით დაზიანებისაგან საკონტაქტო სადენების გაწვევების დროს და სხვ.

1. ამწის დამცავი პანელი

დამცავ პანელზე შეწერტებულია აპარატურა (მაქსიმალური დენის რელე, სახაზო კონტაქტორები) ელექტრული ძრავების დასაცავად. დამცავი პანელები მზადდება ერთი, სამი ან ოთხი ძრავის დასაცავად.

ნახაზზე 14.18 მოყვანილია დამცავი პანელის სქემა სამი ძრავის დასაცავად. იგი უზრუნველყოფს მაქსიმალურ, მინიმალურ და საბოლოო დაცვას, აგრეთვე, ნულთან ბლოკირებას.



ნახ.14.18. P3K ტიპის დამცველი პანელი

ძრავების გადატვირთვის დროს დენი სტატორის წრედებში იზრდება, რაც იწვევს დენის გაზრდას დენის რელეს კოჭაში. ეს უკანასკნელი ამოქმედდება და განრთავს თავის კონტაქტებს (MP0, MP1, MP2 ან MP3) სახაზო კონტაქტორის კოჭას წრედში J. კონტაქტორი კარგავს კვებას და თავისი განრთული კონტაქტებით ხსნის ამწისაგან ძაბვას.

წრედში ძაბვის დაწვევისას, დასაშვებზე დაბლა, დენი სახაზო კონტაქტორის კოჭაში მცირდება, კონტაქტორის J გულარი ვარდება და ამწე გამოირთვება.

საბოლოო დაცვა გათვალისწინებულია ამწის მუშა ორგანოების მოცემულ საზღვრებში გადაადგილების შესახედუდავად (მაგალითად, კოშკურა ამწის მოძრაობის შესახედუდავად მშენებარე ობიექტის გასწვრივ, ტვირთის აწვევის სიმაღლის შესახედუდავად და ა.შ.). ეს ხორციელდება ბოლო გამომრთველების KBB და KBH-ის საშუალებით, რომელთა კონტაქტები შეყვანილია დამცავი პანელის წრედში. სამუშაო ორგანოს მისვლისას განაპირა მდგომარეობასთან ბოლო გამომრთველი განირთვება და წყვეტს სახაზო კონტაქტორის კოჭას წრედს.

დამცავი პანელის სქემა აგებულია ისეთნაირად, რომ რომელიმე ბოლო გამომრთველის ამოქმედებისას შესაბამისი მექანიზმის ძრავას გაშვება შესაძლებელია მხოლოდ საწინააღმდეგო მიმართულებით.

ამწის ძრავების თვითნებური გაშვების გამოსარიცხავად ძაბვის უეცარი აღდგენისას (იმ შემთხვევაში, როდესაც კონტროლერები არ იმყოფებიან ნულოვან მდგომარეობებში) გამოიყენება ნულოვანი ბლოკირება, რომელიც ხორციელდება ნულოვან მდგომარეობაში 0 შეკრული სახაზო კონტაქტორის კოჭას წრედში თანმიმდევრობით ჩართული ყველა კონტროლერის კონტაქტების საშუალებით.

2. ამწის ტვირთამწეობის ავტომატური შეზღუდვის სისტემები

ტვირთების აწვევის დროს, რომელთა წონაც აღემატება ზღვრულად დასაშვებს, შესაძლებელია კოშკურა ამწის გადაყირავება. აღნიშნულის თავიდან ასახილებლად უსაფრთხო ექსპლოატაციის წესების მოთხოვნის თანახმად ისროვანი

გადასაადგილებელი ამწეები აღჭურვილი უნდა იქნენ ტვირთამწეობის ავტომატური შეზღუდვის სისტემებით.

ამწეების უაგაროდ მუშაობისათვის დასაშვები სატვირთო მომენტი $M_{ღას}$, დამოკიდებული ამწის კონსტრუქციაზე და მისი ექსპლოატაციის პირობებზე (ამინდი, ამწის ბაზის კონსტრუქტურა და სხვ.) უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას

$$M_{ღას} = 0.75 M_{გაღ} \quad (14.1)$$

სადაც

$M_{გაღ}$ არის გადამყირავებელი მომენტი ისრის მაქსიმალური შევრის დროს.

ამწის უსაფრთხოებისათვის სატვირთო მომენტი M_p უნდა იყოს ნაკლები $M_{ღას}$ -ზე, ე.ი. $M_p \leq M_{ღას}$.

სატვირთო მომენტი გამოითვლება ფორმულით

$$M_p = Pl \cos \alpha, \quad (14.2)$$

სადაც

P არის ასაწევი ტვირთი;

l – ისრის სიგრძე;

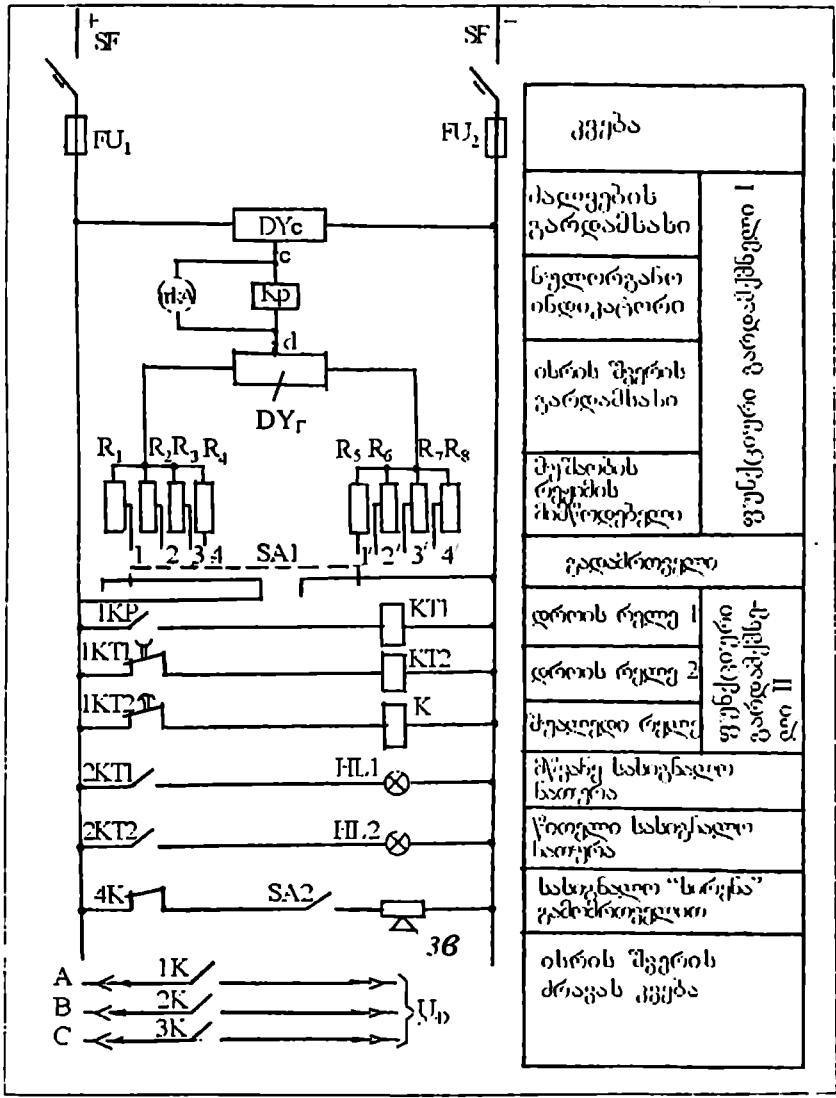
α – ამწის ისრის ჰორიზონტისადმი დახრის კუთხე.

14.2 გამოსახულებიდან ჩანს, რომ M_p არის P , α ცვლადების ფუნქცია, რაც ართულებს ამწის მემანქანისათვის 14.1 პირობის შესრულებას, ამიტომაც ამწეებზე ამჟამად დამონტაჟებულია ტვირთამწეობის ავტომატური შემზღუდველები. 14.19 ნახაზზე წარმოდგენილია ამწის ტვირთამწეობის შეზღუდვის ელექტრული სქემა.

ამწის მუშაობის პირობას 14.1 და 14.2 დამოკიდებულებების საფუძველზე აქვს სახე:

$$\frac{M_{ღას}}{l \cos \alpha} - P \geq 0. \quad (14.3)$$

პირობა (14.3) კონტროლდება უწყვეტად ტვირთამწეობის ავტომატური შეზღუდვის სისტემით. კონტროლის სისტემის სტრუქტურული სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 14.20ა, სადაც O არის მართვის ობიექტი (ამწის ისარი); α – სამართავი პარამეტრი (ისრის აწევის კუთხე); P – აღმზნები შემოქმედება (ასაწევი ტვირთი); PO – მარეგულირებელი ორგანო (ისრის ასაწევი მოწყობილობა); HM – შემსრულებელი მექანიზმი (ისრის შევრის



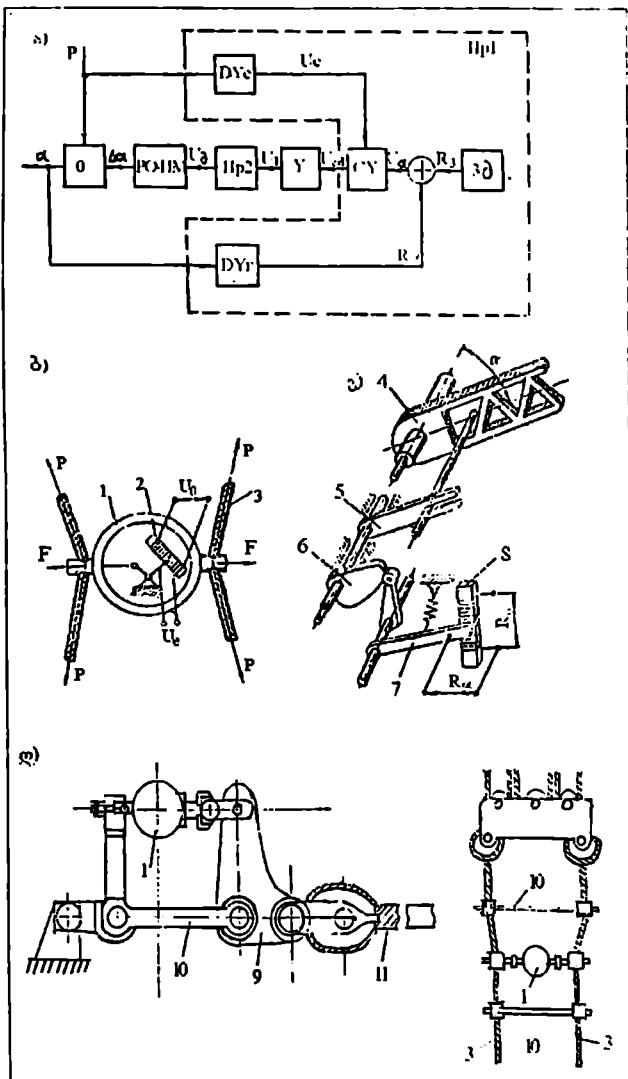
ნახ.14.19. ამწის ტვირთამწეობის შეზღუდვის ელექტრული სქემა

შესაცვლელი ძრავა); Pr_1, Pr_2 - ფუნქციური გარდამქმნელები; Y - მაძლიერებელი (პოლარიზებული რელე); 3∂ - მავალელებელი (რეზისტორების ნაკრები გადამრთველით); DY_c - ძაღვის გარდამსახი; DY_r - ისრის კუთხური მდგომარეობის გარდამსახი.

განხილულ მოწყობილობაში ძაღვის გარდამსახად გამოიყენება დრეკადი რგოლი (1), ან უკონტაქტო ელექტრული დინამომეტრი (პიეზომეტრული ან ტენსომეტრული ტიპის) დაკავშირებული რეოსტატულ გარდამქმნელთან (2) (ნახ.14.20ბ). იგი დაყენებულია საისრე პოლისპასტის ბაგირის საჭიმებს (3) მისრის და რეალიზებას უკეთებს დამოკიდებულებას $U_c = f(P)$. ისრის შვერის გაზომვებისათვის გამოიყენება მუშტა გარდამსახი DY_r , რომლის კინემატიკური სქემა წარმოდგენილია ნახა'ს'ე 14.20გ. გარდამსახი რეაგირებას ახდენს ამწის ისრის (4) დახრის კუთხის ცვლილებაზე და სამართი (5) და პროფილირებული მუშტა (6) დახმარებით აბრუნებს ბერკეტს (7) (რეოსტატის (8) მოძრავ კონტაქტს). გარდამსახის გამოსასვლელ პარამეტრს წარმოადგენს R_a . გადამრთველ SA1 DY_r -თან მიერთებულია მავალელების 3∂ რეზისტორები R_1, \dots, R_n , რაც საშუალებას იძლევა განხორციელებული იქნეს ამწის მუშაობის ავცილებული რეჟიმი (ნახ.14.19).

გარდამსახები DY_c, DY_r და მავალელების რეზისტორები 14.3 პირობის შესამოწმებლად წართული არიან ხიდურ სქემაში, რომლის გამოსასვლელთან მიერთებულია პოლარიზებული რელე KP, რომელიც სქემაში ასრულებს ნულოვანი ორგანოს და სიგნალების გამაძლიერებლის როლს. გარდამსახები DY_c, DY_r მავალელებელი და ნულოვანი ორგანო ქმნიან ფუნქციურ გარდამქმნელს Pr_1 (ნახ.14.20ა), რომელიც აყალიბებს U_{cd} სიგნალს. ეს სიგნალი ახასიათებს 14.3 პირობის შესრულებას.

ამწის მუშაობისას 14.3 პირობის დამაკმაყოფილებელ რეჟიმში, პოლარიზებულ რელეზე KP მიეწოდება საკმარისი სიდიდის და აუცილებელი პოლარულობის სიგნალი, რაც ქმნის პირობას U_{cd} ძაღვის მისაწოდებლად ისრის შვერის შესაცვლელ ძრავაზე. ეს ხდება შემდეგი თანმიმდევრობით: კონტაქტი IKP აწოდებს კეებას დროის რელეს KT1 კოჭაზე, რომელიც დროის მოცემული დაყოვნებით კონტაქტით IKT1 გამორთავს დროის რელეს KT2, უკანასკნელი დროის დაყოვნებით კონტაქტით IKT2 მიაწოდებს ძაღვას შუალედი რელეს K კოჭაზე, რომელიც წართავს რა თავის კონტაქტებს IK, 2K.



ნახ.14.20 ა) ამწის ტვირთამწეობის ავტომატური შეზღუდვის სისტემა: ა) კონტროლის სისტემის სტრუქტურული სქემა; ბ) დინამომეტრის რგოლის მოწყობილობა; გ) მუშტა გარდამსახის კინემატიკური სქემა; დ) ბაგირული მრავალკუთხედის დახმარებით ძაღვის გარდამსახის დაყენება

3K აწოდებს ძაბვას S_D ისრის შვერის შესაცვლელი ძრავას კეების წრედში. ერთდროულად ამასთან ინთება მწვანე ნათურა HL1, რომელიც სიგნალს იძლევა ამწის ნორმალური მუშაობის შესახებ.

14.3 პირობის დაუკმაყოფილებლობის შემთხვევაში, ხიდის გამოსასვლელი ძაბვა იცვლის თავის პოლარულობას, რის შედეგადაც რელე KP განრთავს თავის შემრთველ კონტაქტებს IKP. ამას მიყვანართ ისრის შვერის ძრავას გამორთვასთან. ამასთან ქრება მწვანე ნათურა HL1 და ინთება წითელი HL2, ირთება ბგერითი სიგნალი 'საცია 36'.

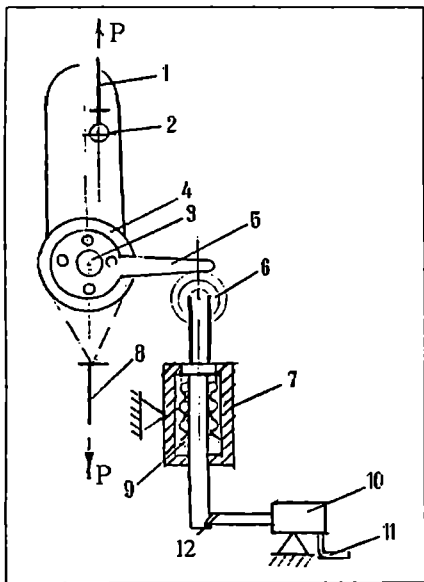
სამუშაო რეჟიმის სდერულთან მიახლოების ხარისხი კონტროლდება მიკროამპერმეტრით mkA, რომელიც ჩართულია რელე KP კოჭას პარალელურად.

ფუნქციური გარდამქმნელი Pr2 აწყობილია დროის რელეზე, რაც უზრუნველყოფს სქემის მდგრად მუშაობას 14.3 პირობის ხანმოკლე დარღვევების დროს.

ამწეებისათვის ტელესკოპური გამოსაწევი ისრებით, ისრის სიგრძე არის ცვლადი სიდიდე და, ამიტომ, ტვირთამწეობის შემზღუდეველ სისტემებს უნდა გააჩნდეთ კიდევ დამატებით გარდამსახი ისრის სიგრძის გასათვალისწინებლად.

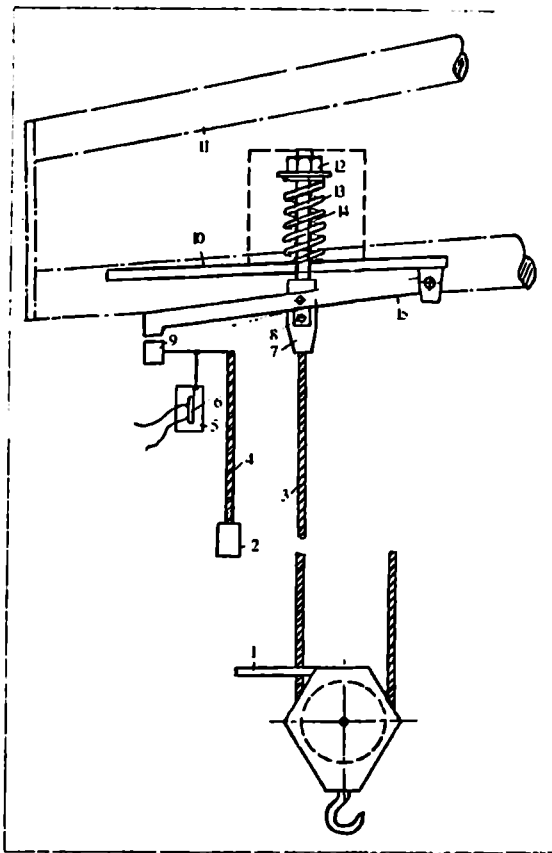
შეენიშნავთ, რომ ნახაზზე 14.20 ნაწვენები ტვირთამწეობის შემზღუდეველი გამოიყენება საშუალო და დიდი სიმძლავრის მექანიზმებისათვის. მცირე სიმძლავრის ტვირთამწევი მექანიზმებისათვის ტვირთამწეობის შემზღუდეველად გამოიყენება ბოლო გამომრთველი (ნახ.14.21): ამ შემთხვევაში შემზღუდეველი ჩამოიკიდება გვარლი (1) დახმარებით. შემზღუდეველს აქვს ორი ღერძი (2 და 3), დაყენებული ბურთულასაკისრებში, და ექსცენტრიკი (4). ბერკეტი (5) ერთი ბოლოთი დამაგრებულია ექსცენტრიკთან, ხოლო მეორეთი ეყრდნობა საბიბგელას (6) გორგოლაჭზე. საბიბგელა გადაადგილდება კორპუსში (7) და სამბარის (9) მოქმედებით ყოველთვის იმყოფება ზედა მდგომარეობაში. საბიბგელას ქვედა ბოლოს გააჩნია ცერობი, რომელიც კონტაქტში შედის ბოლო გამომრთველთან (10). სატვირთო გვარლის (8) ბოლო შემოწვდომილია ექსცენტრიკზე, რომელიც თავისუფლად ბრუნავს ღერძთან ერთად. ტვირთის აწევის დროს მხარზე წარმოიქმნება მომენტი P ძალისაგან. ამ მომენტს უკუქმედებს სამბარის დრეკადობის ძალით გამოწვეული მომენტი დასაშვები

დატვირთვის 5-10%-ით გადამტების დროს საბიძგელა (6) ბერკეტის (5) მოქმედებით გადაადგილდება ქვევით და, აწვევა გამომრთველის ჭოკის (12) და თიშავს ელექტრულ წრედს (11), რომელიც ჩართულია ამწევი მექანიზმის ძრავას მართვის სქემაში.



ნახ.14.21. ბოლო გამომრთველიანი ტვირთამწეობის შემზღუდველის პრინციპული სქემა

14.22 ნახაზზე ასევე ასევე კომბინირებული შემზღუდველის სქემა; შემზღუდველი იდგმება ისრის (11) ბოლოში და თავისი ფუძით (10) მაგრდება ისრის კონსტრუქციას. სატვირთო პოლისპასტის ბაგირის (3) ბოლო შტო სოლური მომჭერის (7) დახმარებით მაგრდება ჭოკის (14) საყურესე (8); ჭოკს აქვს ტარირებული ზამბარა (13), რომელიც ჩაჭერილია განსაზღვრული ძალებით ქანჩის (12) მიერ. ჭოკის (14) საყურესთან (8) სოლური მომჭერის (ბაგირთან ერთად) გარდა სახსრულადაა მიმაგრებული ბერკეტი (15), რომლის ბოლოზეც დაყენებულია ელექტრული ბოლო გამომრთველი (5). ბოლო გამომრთველის კონტაქტები მუდმივად არის შერთული დენგამტარ ფირფიტასთან (6), რომელიც გაწონასწორებულია ტვირთებით (2 და 9).



ნახ.14.22. ტვირთის წონის და სატვირთო გარსაკაურის აწვევის სიმაღლის კომბინირებული შემზღუდველის სქემა

ქარხანა-დამამზადებელში ქანის (12) დასრულებით სამბარა ჩატყერილია ძალვით, რომელიც ტოლია პოდსისპასტის ბაგირის შტოში (3) აღძრული ზღვრული წონის ტვირთის აწვევის შესატყვისის ძალვისა. ტვირთის აწვევის დროს, რომელიც ზღვრული ტვირთის ტოლი ან მასზე ნაკლებია, შეკუმშული სამბარის ძალვა გააწონასწორებს ტვირთის წონით გამოწვეულ ძალვას, რომელიც მოდის საყურეზე დამაგრებულ ბაგირის შტოზე და შემზღუდველის სისტემის არავითარი მოძრაობა არ ხდება. თუ ასაწვევი ტვირთის წონა იქნება მეტი ზღვრულ წონაზე, სამბარა დამატებით შეიკუმშება, ჭოკი საყურით და ბერკეტით (15) ქვევით დაიწვეს და

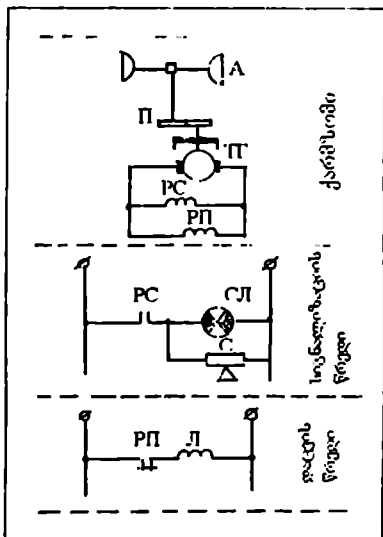
ბერკეტი თავისი ბოლოთი დააწვება ტვირთს (9) და განრთავს ბოლო გამომრთველის კონტაქტებს; სატვირთო ჯალამბრის ძრავი გამოირთვება.

სატვირთო გარსაკარის აწვევის სიმაღლის შემსლდუ-ველის მუშაობა შემდეგში მდგომარეობს. სატვირთო გარსა-კარის აწვევისას, ისრის კონსტრუქციასთან მიახლოებამდე სპეციალური საბჯენი (1) ზევით წვეს მაწონასწორებელ ტვირთს (2) დაკიდებულს ბაგირზე (4) და ბოლო გა-მომრთველი (5) გამოირთვება ტვირთის (9) მოქმედებით. სატ-ვირთო ჯალამბრის ელექტროძრავი ჩერდება და შეიძლება ნაირთოს მხოლოდ ტვირთის, დაშეების მიმართულებით.

3. ავტომატური მოწყობილობა კოშკურა ამწის ძვრასაწი-ნალო სატაცების ჩასართავად

კოშკურა ამწეების ავარიის ერთ-ერთ გავრცელებულ მიზეზს წარმოადგენს დიდი სიძლიერის უეცარი ქარის დატ-ვირთვა. სახელმწიფო სტანდარტის შესაბამისად არ არის რეკომენდებული ამწეების მუშაობა, როდესაც ქარის სინქარე აღემატება 12 მ/წ; ქარის დაწნევის დროს 25კგ/მ²-ზე მეტი, ამწის მუშაობა უნდა შეწყდეს და იგი აუცილებლად უნდა დადგეს ძვრასაწინალო სატაცებზე.

ქარის სინქარის ავტომატური კონტროლისათვის გამო-იყენება სხვადასხვაგვარი ქარმსომები (მექანიკური, მანო-მეტრული, ჰიდროსტატიკური და გენერატორული), რომლებიც ქარის სინქარის დასაშეები სიდიდის გადაჭარბების შემ-თხვევაში ჩართავენ ბეკრით ან სასინათლო სიგნალიზაციას. ქარმსომები შეიძლება გამოყენებული იქნეს, აგრეთვე, სა-ტაცების ავტომატურად ჩასართავად. ნახაზზე 14.23 მოყეა-ნილია ავტომატური მოწყობილობის სქემა ძვრასაწინალო სა-ტაცების ჩასართავად, რომელშიც გარდამსახად გამოყენებუ-ლია ტაქოგენერატორი. ეს მოწყობილობა შედგება სამ-ჯამიანი ანემომეტრისაგან A, რომელიც გადაცემის Π საშუ-ალეებით დაკავშირებულია მუდმივი დენის ტაქოგენერატორის ტ ტუზასთან. ანემომეტრის ბრუნვის სინქარის ამალლებისას იხრდება ძაბვა ტაქოგენერატორის დუზასზე. გენერატორის წრედში ჩართულია ორი რელე – სიგნალიზაციის PC და შუ-ალედური PI ამოქმედების სხვადასხვა ძაბვით.



ნახ.14.23. ძრავასატაცი
დაცვა

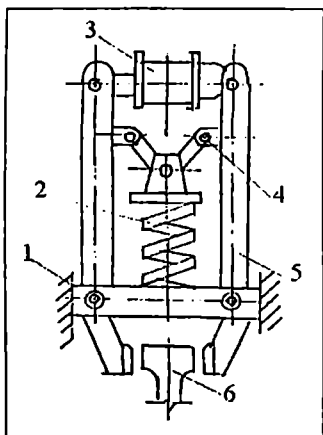
მაქსიმალურად დასაშვები ქარის სიჩქარის 60-70% დროს ამოქმედდება სიგნალიზაციის რელე PC, რომელიც ჩართავს სასიგნალო ნათურას CJ და ბგერით სიგნალს C.

თუ ქარის სიჩქარე მიაღწევს მაქსიმალურად დასაშვებ მნიშვნელობას, დაბეა ტაქოგენერატორის ტი დუსა'სე ამად-ლდება სიდიდემდე, რომლის დროსაც ამოქმედდება რელე PΠ. ეს უკანასკნელი განრთავს სახაზო კონტაქტორის J კოჭას წრედს, ერთდროულად ამწის ყველა მექანიზმი მუხრუჭდება და ჩაირთვება ძვრასაწინალო სატაციები.

დამცავი მოწყობილობის ტექნიკური მახასიათებლებია: ქარის მყისი სიჩქარის გაზომვის 'ხდერები 5...20მ/წ, ქარის მყისი სიჩქარის გაზომვის ცდომილება 1,0...0,05მ/წ, ქარის დაბერვა 0,3წ.

სატაცის მექანიზმის სქემა ნაჩვენებია 14.24 ნახა'სე. სატაცის მექანიზმის ბერკეტი (5) მობრუნდება ღერძების (1) ირგვლივ. ამწის მუშაობის დროს ბერკეტების გრძელი მხრები თავს იყრიან პნემოცილინდრის (3) დახმარებით. პნემოცილინდრის გამორთვის დროს (მკვეთარა მოწყობილობის ელექტროსოლენოიდთან დახმარებით) ბერკეტების

მოკლე მსრების სამუშაო ზედაპირები მიეჭირებიან სამბარით (2) რელსებს (6).

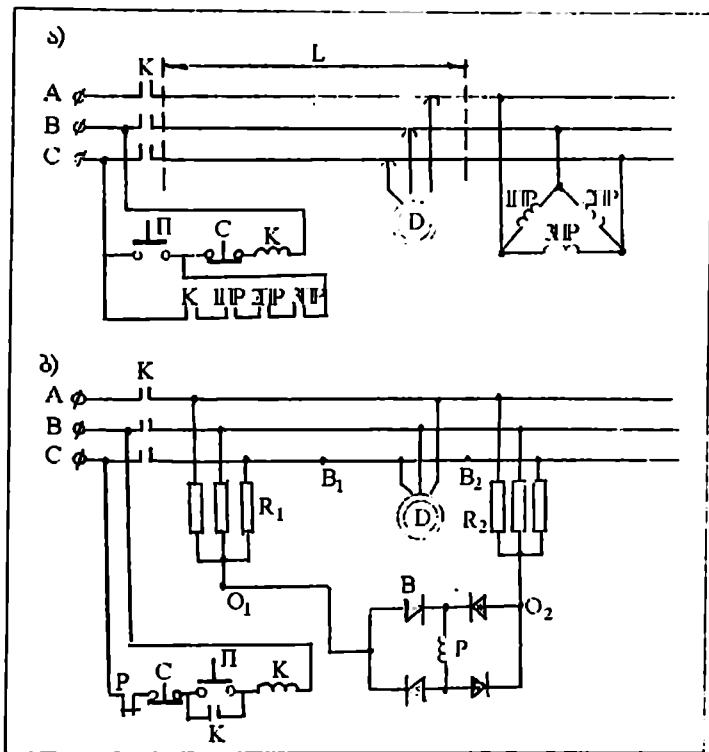


ნახ.14.24. ძრავასაწინალო სატაცის სქემა: 1 - ღერძი; 2 - სამბარა; 3 - პნევმოცილინდრი; 4 - გადაბმები; 5 - ბერკეტი; 6 - რელსი

4. ავტომატური დაცვა საკონტაქტო სადენების გაწყვეტის დროს
 რიგ შემთხვევებში ელექტრული ენერჯიის მიყვანა ამწყვეტთან ხდება მოქნილი შიშველი საკონტაქტო სადენების-ტროლეების დახმარებით, რომელთა გაწყვეტის დროს შესაძლებელია ელექტრული დენით მომსახურე პერსონალის დაზიანება. უბედური შემთხვევების თავიდან ასაცილებლად ერთ-ერთი ტროლეის გაწყვეტისას ძაბვა ამწიდან დაუყოვნებლივ უნდა იქნეს მოხსნილი. 14.25 ნახაზზე მოყვანილია ამწის ავტომატური გამორთვის ორი სქემა, სატროლეო სადენების გაწყვეტისას.

ტროლეებზე A, B, C ძაბვის მიწოდება, რომლებიდანაც იკვებება ასინქრონული ძრავა D, წარმოებს კონტაქტორის K შემრთველი კონტაქტებით.

პირველ სქემაში (ნახ.14.25ა) ტროლეების მთლიანობის კონტროლი ხორციელდება ერთმანეთს შორის სამკუთხედის წესით შეერთებული და სატროლეო ხაზის ბოლოსთან მიერთებული სამი ელექტრომაგნიტური რელეს 1ПР, 2ПР და 3ПР საშუალებით.



ნახ.14.25. საკონტაქტო მავთულების გაწყვეტისას ავტომატური დაცვის სქემა: ა) ბაგირული მრავალკუთხედის დახმარებით; ბ) მოძრავი ბერკეტის დახმარებით

ამწებზე ძაბვის მისაწოდებლად აჭერენ ღილაკს Π კონტაქტორის K კოჭას წრედში. ამით მიეწოდება ძაბვა შუალედ რელებზე 1Π , 2Π და 3Π . უკანასკნელები ამოქმედდებიან და თავიანთი შემროველი კონტაქტებით დაშუნტავენ ღილაკს Π . წარმოებს ამწის ნორმალური მუშაობა. ნებისმიერი სატროლეო სადენის გაწყვეტის დროს ძაბვა ორ რელესზე, რომელიც მიერთებული არის, გაწყვეტილ ტროლეისთან, მცირდება ორჯერ (C ტროლეის გაწყვეტისას და ცკმუელი ძაბვის ქვეშ აღმოჩნდებიან რელები 2Π და 3Π), რასაც მიყვავართ კონტაქტორის K წრედში შესაბამისი რელების კონტაქტების

განრთვასთან და ძაბვის მოხსნასთან ტროლეებიდან ადრე, ვიდრე გაწვევტილი სადენი დავარდება მიწა'სუ.

ნახას'სუ 14.25ბ მოცემულია დაცვის სხვა სქემა. მასში გამოყენებულია მხოლოდ მუდმივი დენის ერთი შუალედი რელე P, რომელიც გამმართველი ხიდის B გავლით მიუერთდება სამფაზა წინააღობების R_1 , R_2 ნულოვან წერტილებს O_1 და O_2 .

ნორმალური მუშაობის დროს O_1 და O_2 წერტილების პოტენციალები ერთნაირია და ნულის ტოლია. ამიტომ შუალედი რელეს P კოჭა დენით გარს'შემოდენილი არ იქნება.

ერთ-ერთი ტროლეის გაწვევტის დროს (მაგალითად C წერტილებში B_1 ან B_2) ხა'სის დასაწყისში მიერთებული R_1 წინააღობის O_1 წერტილის პოტენციალი კელავ ნულის ტოლი იქნება, ხოლო O_2 წერტილის პოტენციალი გაიზრდება და გაუტოლდება სახაზო ძაბვის ნახევარს (190ვ). O_1 და O_2 წერტილების პოტენციალთა სხვაობის მოქმედებით ამოქმედდება რელე P, რომელიც განრთავს თავის კონტაქტს კონტაქტორის K კოჭას წრედში.

ეს მიგვიყვანს ტროლეებიდან ძაბვის მოხსნასთან. უკანასკნელების გამორთვის შემდეგ O_1 და O_2 წერტილების პოტენციალები ისევ ნულის ტოლი გახდებიან. ამიტომ შუალედი რელე შერთავს თავის კონტაქტებს კონტაქტორის K კოჭას წრედში. მაგრამ ეს არ მიგვიყვანს ამწესუ ძაბვის მიწოდებასთან იქამდე, სანამ არ იქნება ხელი დაჭერილი ღილაკ'სუ II.

§3. კოშკურა ამწის დისტანციური მართვა

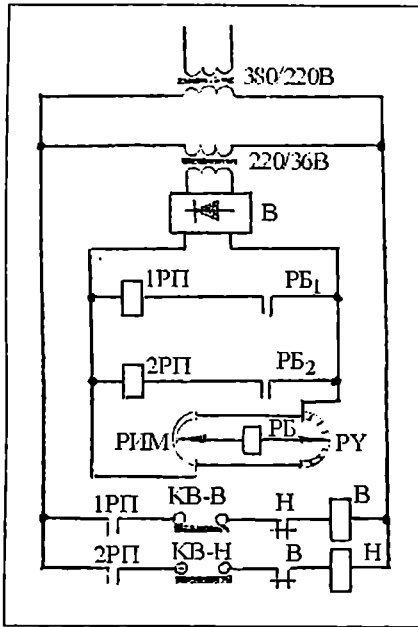
ამჟამად კოშკურა ამწეების მართვა ჩვეულებრივ ხორციელდება ამწის მემანე'სის კაბინიდან. ცუდი ხილვადობის პირობებში (დამით, ნისლიან ამინდში, ბოლის არსებობისას, როცა სამონტაჟო მოედანი იმყოფება მემანქანის კაბინა'სუ ზევით, აგრეთვე, სამონტაჟო სამუშაოების წარმოებისას პიდროელექტროსადგურებ'სუ, სამსხმელო საამქროებში, დატვირთვა-განტვირთვის სამუშაოების წარმოებისას საზღვაო პორტებში და ა.შ.) მართვა ხდება გაძნელებული, ამიტომ მუშაობის დროს საჭირო ხდება მესიგნალების დაყენება,

რომლებიც მემანქანეს აძლევენ სიგნალს, რაც აძნელებს ამ უკანასკნელის მუშაობას და იწვევს ამწის მწარმოებლურობის დაქვეითებას. ამ ნაკლოვანებების აღმოფხვრა უმარტივეს ვარიანტში დაიყვანება მემანქანის სამუშაო ადგილის მიახლოებაში მონტაჟის ან ტვირთის აღებისა და გადმოტვირთვის ადგილთან. დისტანციური მართვის დროს გადასატანი პულტიდან ამწის მემანქანეს შეუძლია შეარჩიოს განლაგების ადგილი ისეთნაირად, რომ ხილვადობა სამუშაო ადგილიდან იყოს საუკეთესო.

პრაქტიკული გამოყენება მიიღეს დისტანციური მართვის სხვადასხვაგვარმა სისტემამ. უმეტეს სისტემაში აღმასრულებელ ელემენტებად გამოიყენება დაბალეოლტიანი რელე 3ნვ-ზე ან ბიჯური მაძიებელი, რომლებიც ზემოქმედებენ ამწის მექანიზმის ძრავას მართვის კონტაქტორების კოჭების წრედებზე ან სერვოდრავებზე, რომელთაც მოჰყავთ ბრუნვაში ძალური კონტროლერი. ამწის მართვა ხდება მართვის გადასატანი პულტიდან, რომელსედაც განლაგებულია ღილაკები, გასაღებები ან გადამრთველები. გადასატანი პულტი მაგრდება მხარულ ღვედებზე ან უკავშირდება ამწეს მოქნილი კაბელის საშუალებით საკიდრებზე ან რადიოკავშირით. დუბლირების შესაძლებლობისათვის ამწის მემანქანის კაბინაში ყენდება გადამრთველი, რომელიც ამწის მართვის საშუალებას იძლევა, როგორც ადგილობრივი, ისე მართვის დისტანციური პულტიდან.

ნახაზზე 14.26 წარმოდგენილია ელექტრული მოთვალთვალე სისტემის პრინციპზე აგებული დისტანციური მართვის სქემა, ბალანსური რელეს გამოყენებით. ამწის მექანიზმების მმართველი, ძალური კონტროლერების ლილეები, უერთდებიან რედუქტორებით მცირე სიმძლავრის (200-300 ვატი) სერვოდრავებს. თითოეულ კონტროლერსე ზღვრულად განაპირა მდგომარეობებში ყენდება ბოლოგამომრთველები KB-B, KB-H და აღმასრულებელი მექანიზმის რეოსტატი PIM, ელექტრულად დაკავშირებული ხიდური სქემით მართვის რეოსტატთან PY. ხიდის დიაგონალში ჩართულია ბალანსური რელე PB. მართვის სექციური რეოსტატი PY განლაგებულია მართვის გადასატან პულტზე. მართვის რეოსტატის საფეხურების რიცხვი შეესაბამება კონტროლერის ფიქსირებული მდგო-

მარეობების რიცხვს; კონტროლერის თითოეულ მდგომარეობას პასუხობს ძრავას განსასღერული სინქარე.



ნახ.14.26. ამწის მექანიზმის დისტანციური მართვის პრინციპული სქემა ბალანსური რელეს გამოყენებით

საწყის მდგომარეობაში მართვის რეოსტატი PY და აღმასრულებელი მექანიზმის რეოსტატი PIM იმყოფებიან საშუალო მდგომარეობაში, რაც შეესაბამება კონტროლერის ნულოვან მდგომარეობას. ამ დროს ბალანსური რელეს კოჭა, ჩართული ხიდის დიაგონალში, გაუდენებულია.

მართვის რეოსტატის PY ძვრისას გადაადგილება (გადასატან პულტზე) ნულოვანი მდგომარეობიდან გამოიწვევს ხიდის ელექტრული წონასწორობის დარღვევას, და ბალანსური რელეს PE გრაგნილში გაედინება დენი. დენის მიმართულება გრაგნილში დამოკიდებულია მართვის რეოსტატის გადაადგილების მიმართულებაზე, რომელსაც განსასღერავს მექანიზმის მოძრაობა. ამ დროს შეერთდება ბალანსური რელეს კონტაქტები PE₁ ან PE₂, რომლებიც აწვდიან კვებას შუალედვი რელეს 1PI ან 2PI გრაგნილებს. შუალედვი რელეების კონტაქტები ჩართავენ აღმასრულებელი ძრავას წინ B

ან უკან H სვლის კონტაქტორებს, რომელსაც მოძრაობაში მოყავს ძალური კონტროლერის ღილევი.

კონტროლერის ბრუნვა იწვევს რეოსტატის PIM ძერიას გადაადგილებას ხიდის განბალანსების შემცირების მიმართულებით სრულ წონასწორობამდე, რომლის დროსაც რედუ PE გაუდენდება. ამ დროს რელეს PE კონტაქტები განირთვეება და აღმასრულებელი მექანიზმის მიერ კონტროლერი დაყენებული იქნება ფიქსირებულ მდგომარეობაში, რომელიც შეესაბამება მართვის რეოსტატის მდგომარეობას.

მართვის აღწერილი სისტემის ძირითად უპირატესობას მიეკუთვნება მისი სიმარტივე. ოთხ მექანიზმიანი ამწის მართვისათვის მოითხოვება მხოლოდ რვა გამტარი, რაც საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნეს ერთი მოქნილი კაბელი. სისტემის ნაკლოვანებები განპირობებულია კონტაქტების არსებობით, რომლებიც მოითხოვენ პერიოდულად დათვალიერებას და გაანინათ მუშაობის შეზღუდული ვადა; ოპერატორის გადაადგილების შეზღუდულობა, აგრეთვე, კაბელის დაზიანების შესაძლებლობა.

§4. კოშკურა აფხევის ელემტროამრავვის ტელემეძანიზაცია და რადიომართვა

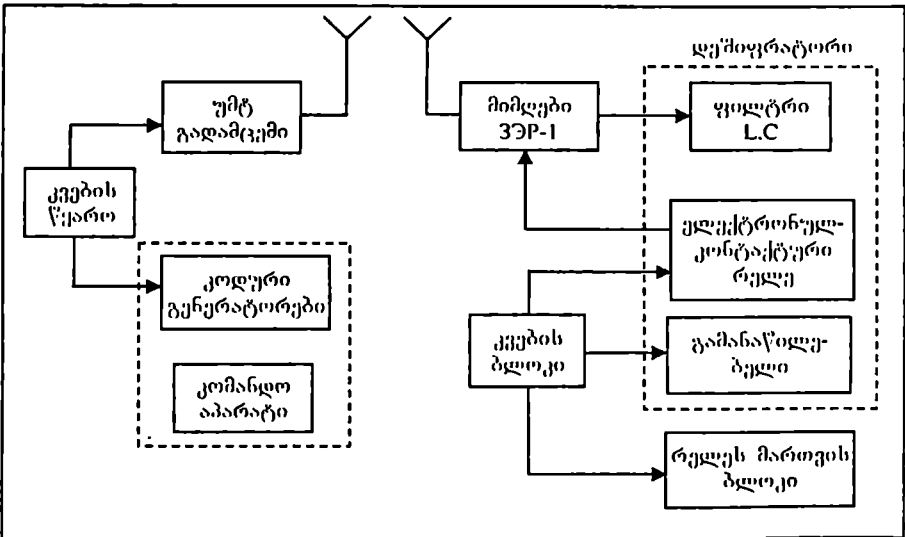
დისტანციური მართვისათვის დამახასიათებელი ნაკლოვანებები აღმოფხვრილია ამწეების რადიოთი მართვისას. ერთ-ერთ მთავარ სიძნელეს, რომელსაც ვხვდებით რადიოთი მართვის დროს, წარმოადგენს დაბრკოლებების აღმოფხვრა, რომლებიც იქმნება ელექტრული შედედებით, რადიოსიგნალებით და ა.შ. ტელემართვა რადიოთი გამოსადეგია, როდესაც მანძილი ოპერატორსა (მემანქანეს) და ამწეს შორის 400-600 მეტრამდეა. ამწის მექანიზმების მართვის ტელემექანიზაცია საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნეს ამწეების სამართავად შემაერთებელი სადენების უმცირესი რაოდენობა, რადგან მმართველი სიგნალები თავდაპირველად კოდირდება გადამცემ მოწყობილობაში, ხოლო შემდეგ იყოფიან მიმღებ მოწყობილობაში ზემოქმედებისათვის მართვის სქემების მოცემულ აპარატებზე. უმეტეს შემთხვევებში გამოიყენება ბრძანებების გადაცემის მეთოდი, რომლებიც შედგებიან იმპულსების კომბინაციისაგან, დაფუძნებული მრავ-

ვადიმპულსური ორობითი კოდის გამოყენებაზე. პრაქტიკულ გამოყენებას პოულობს სიხშირულ-კოდური, დროითი, ამპლიტუდურ-პოლარული და სიხშირულ-გამანაწილებელი სისტემები, რომლებიც გამოიყენება როგორც სადენებით, ისე რადიოთი გადასაცემად.

ამწის ტელემატოვა რადიოთი ხორციელდება შემდეგნაირად: ოპერატორს მკერდზე დაკიდებული აქვს ულტრა-მოკლელტალღიანი გადამცემი (სიხშირული მოდულაციით) კვების ბლოკით, რომლის პანელზეც დამონტაჟებულია დილაკური სადგური ცალკეული მექანიზმების მუშაობის მართვისათვის (ტვირთის აწვევა, დაშვება, ამწის გადაადგილება, ისრის თავის ან პლატფორმის შემობრუნება და სხვ.).

დილაკებზე დატერისას იცვლება ელექტრომაგნიტური რხევების სიხშირე, რომელსაც გამოასხივებს გადამცემის ანტენა. ამწეზე დამონტაჟებულია: მიმღები, რომელიც აღიქვამს რადიოსიგნალებს; დეშიფრატორი, რომელიც განსასხლვრავს, რომელ მექანიზმს გადაეცემა ბრძანება; მმართველი რელეს ბლოკი, რომელიც აღიქვამს ბრძანებებს და შემოქმედებს ამწის ძალურ წრედებზე და კვების ბლოკი.

კოშკურა ამწის მართვის ბლოკური სქემა რადიოთი წარმოდგენილია ნახაზზე 14.27.

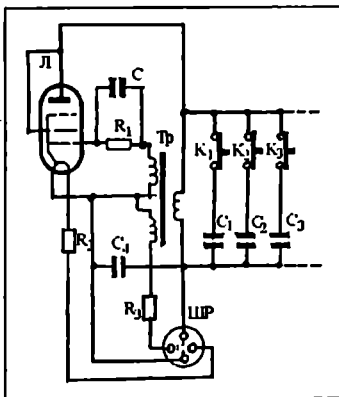


ნახ.14.27. კოშკურა ამწის რადიოთი მართვის ბლოკური სქემა

თუ ამწეების მექანიზმების ამძრავი ხორციელდება მოკლედნართული ასინქრონული ძრავებით მაგნიტური გამწეებებით ან ასინქრონული ძრავებით ფასური როტორით და მაგნიტური კონტროლერით, მაშინ მიმღები მოწყობილობის რეგულური ბლოკი შემოქმედებს კონტაქტორების კოჭების წრედებს.

ფასური ძრავების მართვის დროს მუშტა კონტროლერების საშუალებით დისტანციური მართვის განსახორციელებლად აუცილებელია სერვოდრავის დაყენება (სიმძლავრით 50-70 ვატი), რომელიც შემოაბრუნებდა კონტროლერის ლილვს, კუთხეზე, რომელიც შეესაბამება მექანიზმის განსახლერულ სიჩქარეს, გაცემული ბრძანების ხანგრძლივობისაგან დამოკიდებულებით. ბრძანება "სდექ" გაცემის დროს ძრავა ირთება უკუმიმართულებით და კონტროლერი ბრუნდება ნულოვან მდგომარეობაში. სერვოდრავას გამორთვა ნულოვან და ზღერულად განაპირა მდგომარეობაში წარმოებს ბოლოგამომრთველებით. სერვოდრავას ინტენსიური გაჩერებისათვის გამოიყენება კონდენსატორული დამუხრუჭება.

ნახაზზე 14.28 მოცემულია ოპერატორის პულტის პრინციპული სქემა. K_1, K_2, K_3, \dots , არის მართვის დილაკები, რომელთა დახმარებითაც დაბალი სიხშირის გენერატორის სქემაში ჩაირთვება დამატებითი ტეჟადობები C_1, C_2, C_3, \dots , ხოლო შემდეგ მზიდი სიხშირის მოდულაციისათვის სიგნალი მიეწოდება გადასატან რადიოსადგურს. აქედან სიგნალი შემათანხმებელი ტრანსფორმატორის გავლით მიეწოდება სიხშირულ ფილტრებს.



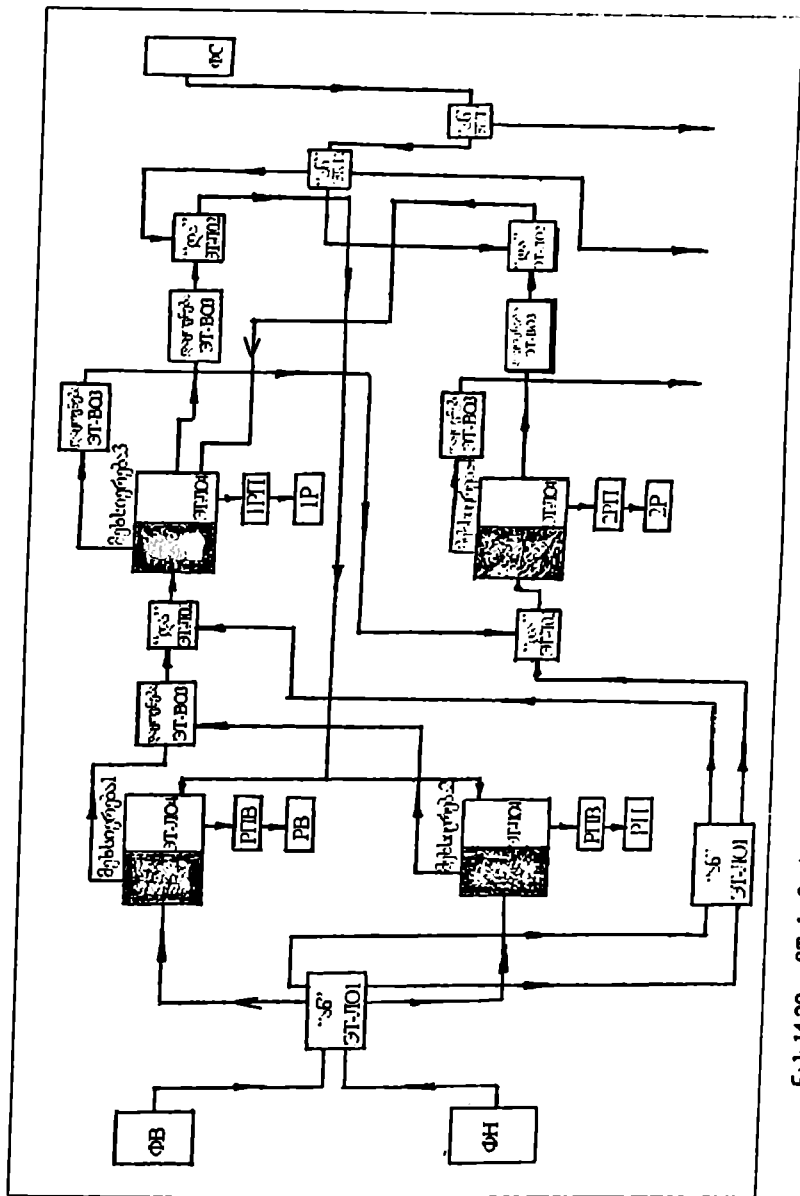
ნახ.14.28. ოპერატორის პულტის პრინციპული სქემა

სიხშირულ სისტემაში ფილტრების მიერ გამოყოფილი სიგნალები მიეწოდება ამწის მექანიზმების სინქარეთა ნაკრების მოწყობილობას. სიხშირულ-კოდურ სისტემაში ეს სიგნალები ფილტრიდან გადაეცემა დეშიფრატორზე, რომელიც შემოქმედებს ძრავას სინქარეთა ნაკრების მოწყობილობაზე.

ნახაზზე 14.29 წარმოდგენილია მართვის მექანიზმის ბლოკის ფუნქციონალური სქემა. მართვის პულტზე გენერატორის მიერ სიგნალის ფორმირება წარმოებს ბრძანების გაგზავნის დროს ნებისმიერი მექანიზმის პირველი სინქარის ჩართვაზე. გადამცემის მსიდი სიხშირე მოდულირდება მოძრაობის შერჩეული მიმართულებისაგან დამოკიდებულებით. მიმდებ მოწყობილობაში სიგნალები ძლიერდება და გარდაიქმნება დაბალსიხშირულში. საბრძანებო სიგნალი გამოიყოფა მოძრაობის მიმართულების ფილტრის მიერ (ФН-უკან, ФВ – წინ), იმართება და მიეწოდება ორმაგ რეოსტატულ-ტრანზისტორულ უჯრედზე “ან” (ЭТ-Л01), რომელიც აძლიერებს და აფორმირებს სიგნალს მადიფერენცირებელი წრედისათვის. დიფერენცირებული იმპულსი მიეწოდება ერთ-ერთ ლოგიკურ ელემენტზე ЭТ-Л04 (მძლავრი ტრიგერი) “память 1” და “память 2”. ტრიგერების კოლექტორულ წრედებში ნართულია პირველი სინქარის რელე РРВ ან РРН (შერჩეული მიმართულებისაგან დამოკიდებულებით).

მუდმივი დენის რელეს РРВ ან РРН კონტაქტები (РЭС-6 ტიპისა) შეირთვება ცვლადი დენის რელეს РВ ან РН წრედში (ПЭ4 ტიპისა), რომლებიც ახორციელებენ გადართვებს ამწის მართვის მექანიზმის პანელის წრედებში. იმავე დროს ელემენტი “память 1” აფორმირებს სიგნალს ელემენტისათვის “задержка” (ЭТ-В03 ტიპისა), საიდანაც ის მიეწოდება დიოდურ მისაბრჯენზე И (ЭТ-Л02 ტიპისა). ამავე ელემენტზე მიეწოდება იმპულსი ФВ და ФН ფილტრებიდან ლოგიკური ელემენტის “ან” (ЭТ-Л01) გავლით.

თუ შეფერხებული სიგნალის ელემენტზე И მიწოდების შემდეგ მასზე მიეწოდება სიგნალი ფილტრებიდან ФВ ან ФН, მაშინ გადაისროლება შემდეგი ელემენტი “память 3” (ЭТ-Л04 ტიპისა), რომელიც ჩართავს სინქარის მეორე რელეს 1РП. ანალოგიურად ელემენტი “память 3” აფორმირებს სიგნალს ელემენტისათვის “задержка” (ЭВ-В03), რომელიც დოლური



ნახ.14.29. ამწის მართვის შეკანონების მიმღები ბლოკის ფუნქციური სქემა

მისაბრჯუნის II (ЭТ-102) გავლით გადაისვრის ელემენტს “на-
матв 4” სიგნალის მიღებისას ფილტრებიდან ФВ ან ФН. ამ-
რიგად, ბრძანების რიცხვის ან მიწოდების დროისაგან და-
მოკიდებულებით შეიძლება მიღებული იქნეს ძრავას ნების-
მიერი სინქარე.

ძრავას გაჩერება ხდება ღილაკზე დაჭერით, ამასთან, საბრ-
ძანებო სიგნალი გამოიყოფა ფილტრით ФС და გამაძლიერ-
ებლის “ან” (ЭТ-101) და დოლური მისაბრჯუნის II გავლით
ზემოქმედებს ელემენტების “наматы” სხვა შესასვლელებზე, და
სხნის ადრე გაცემულ ბრძანებებს და გამორთავს რელეს.

მართვის სქემით გათვალისწინებულია ლაპარაკის შესა-
ძლებლობა ამწის მემანქანესა და დისპეტჩერს შორის, ამ
დროს ავტომატურად გამორიცხულია ამწის მართვა და
იხსნება ყველა ადრე გაცემული ბრძანება.

ამწეების რადიომართვასთან ერთად ფართო გავრცელება
მიიღო ამწეებზე რადიომაწვეულობამ. რადიოკავშირი წარ-
მოებს ტროლეებით (მაღალსიხშირული კავშირი) ან ანტენით.
გადასატანი დანადგარები კვებას ღებულობენ ბატარეებიდან.
გადასაადგილებელ რადიოსადგურს აქვს მიმღებ-გადამცემი
მოწყობილობა და მართვის პულტი. რადიოკავშირი გამოი-
ყენება მშენებლობებზე ამწის მემანქანის დასაკავშირებლად
დისპეტჩერთან, ტაკელაჟნიკებთან მეტალურგიულ საამქროებ-
ში, ხე-ტყის ბირეებზე და ა.შ.

ცნობილია ამწის მუშაობის მართვის სისტემა ადამიანის
ხმით. ასეთ სისტემაში ტელემართვის ჩვეულებრივი აპარა-
ტები შეცვლილია მიკროფონით. მიკროფონის მიერ მიღებული
სიგნალები ძლიერდება და განირჩევა ერთმანეთისაგან ლოგი-
კური სქემის ფილტრების დახმარებით. მიღებული ბრძანებები
გადაეცემა შემსრულებელ ორგანოებს (მაგალითად, კონ-
ტაქტორებს).

ტელემართვის მიკროფონული სისტემის ერთ-ერთ ვარი-
ანტში კოდირებული ბრძანებების გადასაცემად, ტვირთის
ასაწვეად ან დასაშვებად და ორი მიმართულებით გადა-
საადგილებლად, გამოიყენება ოთხი მარტივი სიტყვა. კიდევ
ერთი სიტყვა იძლევა ბრძანებას ნებისმიერი მოძრაობის
შესაწყვეტად. ლენტაზე, რომელიც მემანქანეს თავზე აქვს
დამაგრებული, მიკროფონის გარდა დამაგრებული აქვს,
აგრეთვე, საავარიო გამომრთველი, რომელიც მოქმედებაში
მოიყვანება თავის მოძრაობით. მართვის აღნიშნულ სისტე-
მებში რადიოს დახმარებით, რადიოგადამცემი, საბრძანებო

სიხშირების გენერატორების ბლოკი კომანდოაპარატით შედის მართვის პულტის შემადგენლობაში, რომელიც ადვილად გადაიტანება ამწის მემანქანის მიერ. ამწის თითოეულ მემანქანის მართვის პულტზე შეესაბამება განსაზღვრული ღირებულება. გადამცემის ანტენა განლაგებულია უშუალოდ მართვის პულტზე ან დატანილია ხელსაწყოთა ღერძზე, რაც მემანქანის გადაადგილებას ხდის უფრო მოსახერხებელს.

რიგ შემთხვევებში რადიომართვის სისტემებში მოსახერხებელია სატელევიზიო კამერების გამოყენება, რომლებიც ტელევიზორის ეკრანზე ტვირთის გადაადგილებაზე თვალთვალის საშუალებას იძლევა.

§5. ამწეების პროგრამული მართვის სისტემები

დამტვირთებულობის, დაგაზიანებულობის, მაღალი ტემპერატურების მოქმედების და სხვადასხვა ნივთიერებების მანვე გავლენის დროს, მეტალურგიულ სამაქრობებში, გადასატვირთავ პუნქტებში, პორტებში და რკინიგზებზე, ცემენტის და სუპერფოსფატურ ქარხნებში წარმოიშება აუცილებლობა ამწის მემანქანის გამოყენებისა სამუშაო ზონიდან და ამწის მემანქანის გადაყენებისა პროგრამულ მართვაზე. ეს ამწის მწარმოებელურობის გაზრდის და მისი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესების საშუალებას იძლევა.

პროგრამული მართვა ხასიათდება იმით, რომ მემანქანის მისათვის სდგება პროგრამა (ოპერაციების შესრულების თანამიმდევრობა) მუშაობის მთელ ციკლზე. ასეთი მართვა მიზანშეწონილია, როდესაც ციკლები მეორდება.

ამ შემთხვევაში არ არის აუცილებელი ტელემემანქანური მოწყობილობების გამოყენება ბრძანებების მანძილზე მისაწოდებლად. პროგრამული მართვის დროს ამწეზე დაყენდება სპეციალური გადამრთველი მოწყობილობა, რომელიც უსრუნველყოფს ცალკეული ოპერაციების მოცემულ თანამიმდევრობას.

ამწეების პროგრამული მართვა ყველაზე მარტივად ხორციელდება იმ შემთხვევებში, როდესაც არსებობს მუშაობის მუდმივი პროგრამა, ე.ი. ტვირთის გადაადგილება ხდება სივრცის ორ ფიქსირებულ წერტილს შორის.

თუ ოპერაციების შესრულების თანამიმდევრობა და ხასიათი შეიძლება იცვლებოდეს, სქემაში გათვალისწინებული უნდა იქნეს მოწყობილობა პროგრამის შესაცვლელად.

პროგრამული მართვის დროს ოპერაციების შესრულების თანამიმდევრობა ყველაზე მარტივად შეიძლება უსრუნველყოფილი იქნეს დროის ფუნქციაში. ასეთი სისტემის ნაკლოვანებას წარმოადგენს ის, რომ სხვადასხვა შემთხვევითი ფაქტორების (მომცველი გარემოს ტემპერატურის, ჰაერის ტენიანობის ცვლილება, მუხრუჭების (კვეთა და სხვ.) მოქმედების შედეგად, იცვლება ამწის მიერ გაველილი გზა დროში, რომელიც განკუთვნილი იყო მოცემული ოპერაციის შესასრულებლად. ეს იწვევს მეზარდი შეცდომების წარმოქმნას პროგრამის შესრულებაში. ამიტომ ყველაზე ხშირად მოცემული პროგრამის შესრულება ხორციელდება მექანიზმის მიერ გაველილი გზის ფუნქციაში (ამწის მუშა ელემენტების მდებარეობის ფუნქციაში). პროგრამული მართვის განსახორციელებლად შეიძლება სხვადასხვა ხერხის გამოყენება: 1. ელექტრომექანიკური ამომრთველების დაყენება, რომლებიც მოქმედებენ ამა თუ იმ ტექნოლოგიური ოპერაციის შესრულების კვალობაზე. პროგრამირების ეს წესი საკმარისად მარტივი და საიმედოა. მაგრამ მუშაობის პირობები და პროგრამა უნდა იცვლებოდეს, პროგრამირების ეს წესი აღმონდება არადაამაკმაყოფილებელი; 2. პროგრამის დავალების შესრულება ხდება მაგნიტურ ლენტაზე ნაწერით (ნაკლია – წარმოქმნილი მეზარდი შეცდომის კორექციის აუცილებლობა); 3. ტიპური პროგრამების არსებობისას პროგრამის დავალების შესრულება პერფორატების დახმარებით დათვლის სხვადასხვა წესის გამოყენებით.

პრაქტიკულ გამოყენებას პოულობენ პროგრამული მართვის, როგორც დისკრეტული, ისე უწყვეტი სისტემები. სოგიერთ შემთხვევაში გამოიყენება ამწის მუშაობის სანიმუშო ციკლების წინასწარი ნაწერა მაგნიტურ ლენტაზე ფაზურ მოდულაციის მეთოდით.

ნახაზზე 14.30ა მოყვანილია პროგრამული მართვის ბლოკ-სქემა ნაწერის რეჟიმში. ამ რეჟიმში ამწე იმართება კონტროლერით. სელსინ-გარდამსახზე (4) მიეწოდება ეტალონური სიგნალი გენერატორიდან (1), რომელიც გარდაიქმნება და ძლიერდება ფაზგამპობით (2) და გამაძლიერებლით (3). სელსინის (4) როტორული გრაგნილიდან იხსნება მუშა სიგნალები მოდულირებულ მექანიზმის მუშაობის კანონის შესაბამისად. მუშა სიგნალები ერთდროულად ეტალონურთან იწერება მაგნიტურ ლენტაზე.

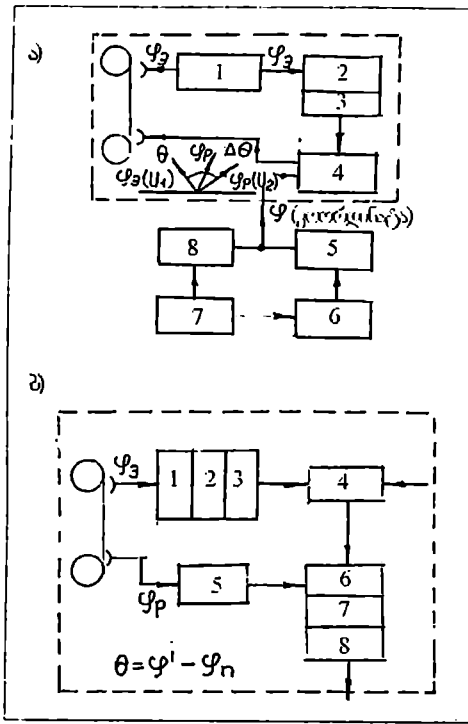
აღწარმოების რეჟიმში (ნახ.14.30ბ) მუშა და ეტალონური სიგნალები ძლიერდება. ეტალონური სიგნალი გენერატორიდან გაიპობა (გაიხლინება) ფაზგამობით (2), ძლიერდება გამაძლიერებელში (3) და ადაგზნებს მდგომარეობის გარდამსახს (4). გარდამსახიდან სიგნალი მიეწოდება დისკრიმინატორის (6) ერთ შესასვლელზე. დისკრიმინატორის მეორე შესასვლელზე გამაძლიერებლის (5) გავლით მიეწოდება მუშა სიგნალები მაგნიტური ღენტიდან. დისკრიმინატორში სიგნალები ერთმანეთს შეედრება და შეუთანხმებლობის არსებობის დროს, დისკრიმინატორის გამოსასვლელზე წარმოიქმნება უწყვეტი სიგნალი, რომელიც კვანტურდება რამდენიმე დონეზე შეუთანხმებლობის დამაკვანტურებლის მიერ. შეუთანხმებლობის დონისაგან დამოკიდებულებით სარგელო ბლოკი ახდენს ამა თუ იმ გადართვას საკონტაქტორო პანელზე ან ჩართავს მუხრუჭს.

ამწეების რიცხვითი პროგრამული მართვის პოზიციურ სისტემებში (ЧПУ) გადაადგილების კოორდინატთა მნიშვნელობები მიეწოდება კლავიშებით ან ავტომატურად ცენტრალური ელექტრონული მმართველი მოწყობილობიდან. შემაღარებელი გადამწევეტი მოწყობილობა აწარმოებს მოცემული კოორდინატის მიხედვით ნამდვილი მდგომარეობის უწყვეტ შედარებას მოცემულთან. გადამწევეტი მოწყობილობის გამოსასვლელზე ჩართულია მადეკოდირებელი მოწყობილობა, რომელიც შემსრულებელი მექანიზმის მართვის სქემაში აგზავნის დამუხრუჭების სიგნალს, როდესაც ამწე უახლოვდება მოცემულ პოზიციას.

პოზიციური სისტემა (ЧПУ) უზრუნველყოფს ეგმთან უშუალო კავშირის შესაძლებლობას, რომელიც მართავს დატვირთვა-განტვირთვის სამუშაოების მთელ კომპლექსს.

ამწეების პროგრამული მართვის სისტემებში გამოყენებას პოულობს, აგრეთვე, სატრანსპორტირებელი ტვირთების ავტომატური ადრესირება.

ციკლის ოპტიმიზაციისათვის სისტემაში რთულ შემთხვევებში აუცილებელია საანგარიშო-გადამწევეტი მოწყობილობების ან ციფრული გამომთვლელი მანქანების ჩართვა ციკლში განსახორციელებელი ოპერაციების კოორდინირების პროგრამის შესადგენად. მაგალითად, ვთქვათ ამწეს აქვს ოთხი მუშა მოძრაობა: ამწის გადაადგილება, ტვირთის აწევა-დაშვება, მობრუნება, ისრის აწევა-დაშვება. მართვის ავტომატური სისტემის ძირითადი ამოცანაა ამ ოპერაციების



ნახ.14.30. მოსაბრუნებელი მექანიზმის პროგრამული მართვის ბლოკ-სქემა: ა) პროგრამული მართვის ბლოკ-სქემა ჩაწერის რეჟიმში; ბ) აღწარმოების ბლოკ-სქემა. φ_p დასაპროგრამირებელი კოორდინატა; φ_3 - ეტალონური სიგნალი; 1 - 8 გარდაქმნის ბლოკები

ოპტიმალური საერთო ციკლის შექმნა. ამისათვის მართვის სისტემამ უნდა მოახდინოს შეთავსებული მუშა მოძრაობების (პირობა: სწრაფმოქმედება და უმოკლესი მანძილი) სინქარეებს შორის ოპტიმალური თანაფარდობის ძიება, იპოვოს შემსრულებელი მექანიზმების მართვის ოპტიმალური დრო მინიმალური გაკერებით, უსრუნველყოს მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმი ბაგირზე ტვირთის რხევის ამპლიტუდის და ამწის კონსტრუქციის ცალკეულ რგოლებში დინამიკური გადატვირთვების შესლუდვის მიზნით, განსასჯერის, მექანიზმების ციკლში ჩართვისა და გამართვის წერტილები, რომელთა დროსაც უსრუნველყოფილია ამწის უდიდესი მწარმოებლურობა და ა.შ.

უნდა აღინიშნოს, რომ პროგრამული მართვა, რომელიც უსრუნველყოფს პროგრამის შესრულების მაღალ სიზუსტეს, მუშაობის პროგრამის შეცვლის ფართო შესაძლებლობას, სისტემის მოქნილობას და ა.შ., ხასიათდება რიგი ნაკ-

ლოვანებებით, რომლებსაც მიეკუთვნება: მართვის სქემების სირთულე, მათი მომსახურებისა და გამართვის სიძნელე, ავტომატიკის მაღალი ღირებულება, დიდი რაოდენობის სხვადასხვა საკონტაქტო იმპულსატორების, დიფერენციალური ავტომატიკების და გადამრთველების არსებობა, რომლებიც ამცირებენ მუშაობის საიმედოობას. ამიტომ პროგრამირების დროს, ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში, აუცილებელია მკაცრი ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება პროგრამული მართვისა და მისი სტრუქტურული სქემის სისტემის შერჩეული ვარიანტის გამოყენებისა. პროგრამირების პირველ ეტაპზე აუცილებელია გადასვლა დისტანციურ მართვაზე ამწის გარეთ გამოტანილი პულტიდან, შემდეგ ყველაზე დამახასიათებელი ციკლური ოპერაციების ნაწილობრივი პროგრამირება და ბოლო ეტაპზე – ამწის ყველა მექანიზმის პროგრამულ მართვაზე სრული გადასვლა.

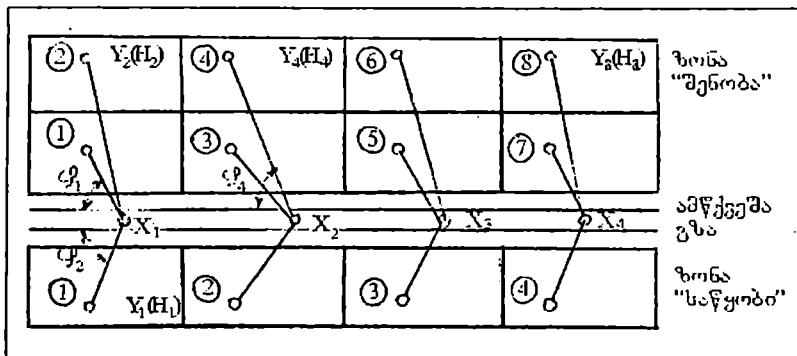
§6. კომპუტრა ამწეების დისტანციური პროგრამული მართვის სისტემები

დისტანციურ პროგრამული მართვის სისტემა წარმოადგენს კომბინირებულ სისტემას, რომელიც მოიცავს ორ მოწყობილობას: ამწის დისტანციური მართვისა და პროგრამული მართვისას სატრანსპორტირებელი კონსტრუქციების ავტომატური ადრესირებით.

სრულაწყობადი ნაგებობების მონტაჟის დროს საწყობიდან ან უშუალოდ “თვლებიდან” დეტალების შენობაზე მიწოდების ოპერაცია ხორციელდება ადრესირების ავტომატური სისტემის და ამწის პროგრამული მართვის დახმარებით, ხოლო კონსტრუქციის სუსტი დაყენება – დისტანციური მართვით ტვირთის აწევისა და დაშვების მცირე სინქარეებზე.

განვიხილოთ ამწეების გამოყენება ავტომატური მართვით კომპუტრა ამწის მაგალითზე რადიოპროგრამული მართვის სისტემით, გათვალისწინებული სამუშაოების შესასრულებლად შენობების დასამონტაჟებლად მსხვილაწყობადი ელემენტებისაგან. ავტომატური მართვის განხილულ სისტემაში მემანქანის ფუნქციები შეცვლილია ტვირთის ტრანსპორტირების პროგრამული მართვით და ელემენტების დაჯამბარებისა და საპროექტო მდგომარეობაში დაყენების დისტანციური მართვით. ამწის ყველა მართვა სრულდება ორი ოპერატორის მიერ: მეტაკულაჟე საწყობში და მემონტაჟე მშენებარე შენობაზე.

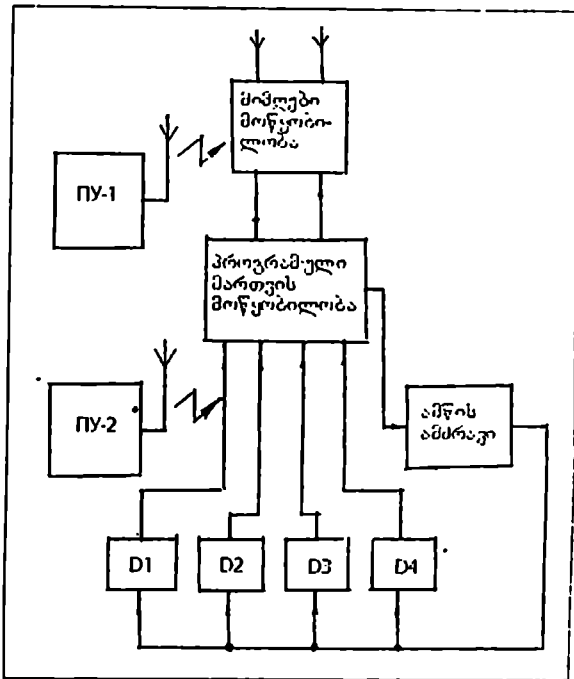
მშენებლობის ტექნოლოგიური სქემის თანახმად სამშენებლო მოედანი ამწექვეშა გზებით იყოფა ორ ზონად: “შენობა” და “საწყობი”. ზონა “შენობა” იყოფა თავის მხრივ, რვა უბნად, ხოლო ზონა “საწყობი” – ოთხად (ნახ.14.31). უბნების ასეთი რიცხვის არჩევა განპირობებულია მართვის წესით, რომლის დროსაც ამწის მოძრაობა, რომელსაც გააჩნია დროის მიხედვით ყველაზე დიდი ხანგრძლივობა, მკვირდება მოძრაობების შეთავსების ხარჯზე და მოძრაობებიდან უმკვირვსის ჩართვის დროის გაზრდით. ამის შედეგად სისტემაში შეიძლება იქნეს ტვირთის მიწოდების თორმეტი მისამართი. მართვის ობიექტს წარმოადგენს კოშკურა ამწის კაკევი, რომლის მდებარეობაც ხასიათდება კოორდინატებით X, H, Y, φ , სადაც X არის ამწის მდებარეობა სარელსო გზაზე, X, Y, φ – ამწის კაკევის კოორდინატები შესაბამისად სიმაღლის, შვერის და ისრის მობრუნების მიხედვით.



ნახ.14.31. სამშენებლო მოედნის დაყოფა ზონებად

მოცემული კოორდინატების გამოყენებისათვის ამწეს გააჩნია ამძრავები: ამწის გადასაადგილებლად, კაკევის ასაწევად, შვერის შესაკვლელად და ისრის მოსაბრუნებლად. თითოეულ ამძრავს გააჩნია მუშაობის რამდენიმე სისქარე.

რადიო-პროგრამული მართვის ბლოკ-სქემა (ნახ.14.32) შედგება მართვის ორი პულტიდან ПУ-1 და ПУ-2, მიმღები მოწყობილობისა, პროგრამული მართვის მოწყობილობისა და გარდამსახებისაგან D_1, D_2, D_3 და D_4 , რომლებიც განსაზღვრავენ “მისამართს”, სადაც მიტანილი უნდა იქნეს ტვირთი პროგრამის გამოყენების დროს.



ნახ.14.32. რადიოპროგრამული მართვის ბლოკ-სქემა

ამწე მუშაობს შემდეგნაირად. საწყობში პანელის დაჯამბარების დროს მეტაკელაჟე დისტანციურად მართავს პროცესს, იმყოფება რა დასაჯამბარებელი პანელის გვერდით. დაჯამბარების შემდეგ იგი წევს პანელს უსაფრთხო სიმაღლეზე, აწვდის საჭირო პროგრამას ("მისამართს") და იძლევა სიგნალს "გაშვება". ამასთან ამწე ავტომატურად აწვდის პანელს შენობაზე მოცემულ უბანზე უმოკლესი ტრაექტორიით.

შენობაზე პანელის უხეში ტრანსპორტირების ოპერაციის ავტომატური შესრულების შემდეგ, მეორე ოპერატორი (მემონტაჟე) დისტანციურად ასრულებს პანელის სამონტაჟო მდგომარეობაში დაყენებისა და განჯამბარების ოპერაციას, შემდეგ აკრეფს საწყობის "მისამართს", გამოჰყავს დაუტვირთავი კაკეი უსაფრთხო სიმაღლეზე და გადაჰყავს ამწე ავტომატურ მართვაზე. ამწე ავტომატურად ასრულებს ცარიელი კაკეის საწყობის მოცემულ უბანზე მიწოდების ოპერაციას, შემდეგ ოპერაცია მეორდება.

უსაფრთხო მუშაობის უსრუნველსაყოფად ამწეზე რადიოპროგრამული მართვით ბლოკირებულია ერთდროულად ორივე პულტიდან მართვის შესაძლებლობა სიგნალების გარდა “ავარიული სდექ” და “სირენა”.

სისტემას შეუძლია უსრუნველყოს 40-მდე მართვის ბრძანების გადაცემა და მიღება 100 მეტრამდე რადიუსში. გადასატანი პორტატული პულტის წონა აღწევს სამ კილოგრამამდე.

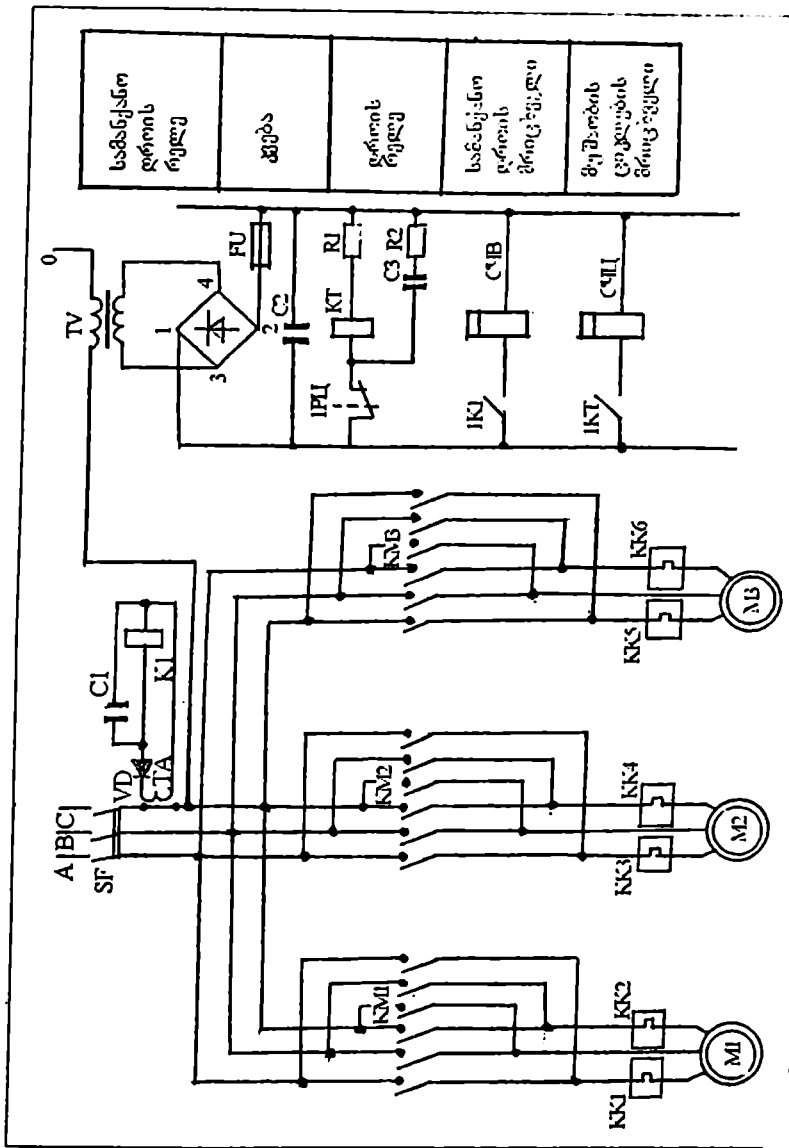
§7. კოშკურა ამწის მუშაობის ავტომატური კონტროლისა და ალრიცხვის სისტემები

მუშაობის გამზომი მოწყობილობის PK-3C პრინციპული ელექტრული სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 14.33. ხელსაწყო დამუშავებულია ინსტიტუტის “ВНИИстройаормааш”-ის ავტომატიკის განყოფილების მიერ. მოწყობილობის საშუალებით მიღებული ინფორმაცია საფუძვლად უდევს შრომის ანაზღაურების ანგარიშების შესრულებას, რისთვისაც მათ უნდა გააჩნდეთ მაღალი საიმედობა.

მუშაობის გამზომი PK-3C საშუალებას იძლევა გათვალისწინებული იქნეს კოშკურა ამწის კაკეის აწვევათა რიცხვი და მისი მუშაობის საერთო დრო (სამანქანო დრო). საერთო დროდ მიღებულია დრო, როდესაც მუშაობს ამწის ერთი ელექტროძრავა მაინც. კაკეის აწვევად ითვლება მისი მოძრაობა ზევით არა ნაკლებ 1,5 მეტრზე.

ელექტროძრავების ჩართვის მომენტები განისაზღვრება ქსელიდან მათ მიერ მოხმარებული დენის (I) მიხედვით. ამისათვის ძრავების კეების საერთო წრედში ჩართულია დენის ტრანსფორმატორი (TA), რომლის მეორად გრაგნილში დაყენებულია ელექტრომაგნიტური რელე (KI). ამწის ნებისმიერი ელექტროძრავის მუშაობაში ჩართვის დროს რელე ამოქმედდება და შერთავს კონტაქტებს (IK1) და ჩაირთვება სამანქანო დროის მრიცხველი (С4В).

მუშაობის ციკლების რიცხვი ფიქსირდება ელექტრომაგნიტური მრიცხველით С4Ц, რომელიც ამოქმედდება დროის რელეს KT კონტაქტის შერთვის დროს, რომელიც მუშაობს კონტაქტიდან 1PL, ეს კონტაქტი განირთვება ელექტრო-



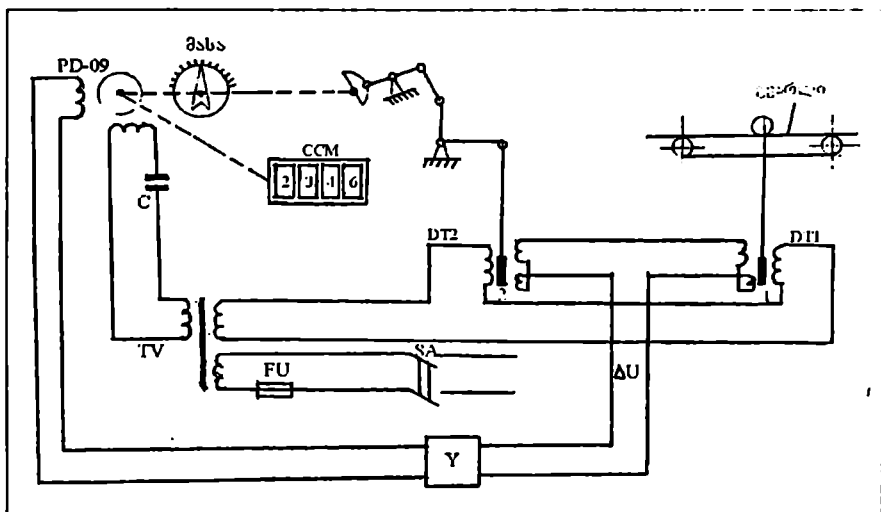
სამანქანო დაროს რელე	ჭეხა	დაროს რელე	სამანქანო დაროს პროტექტორი	მუშაობის ცოცხლების მრეცხველი
----------------------------	------	---------------	----------------------------------	------------------------------------

ნახ.14.33. PK-3C ტიპის მუშაობის საზომის პრინციპული ელემენტრული სქემა.

ძრავას მუშაობისას ტვირთის აწვევაზე, დანარჩენ დროს იგი შერთულია. დროის რელეს გაანხნია გამორთვაზე დროის დაყოვნება 5 წამის ტოლი, რაც უზრუნველყოფს მრიცხველის ამუშავებას ტვირთის აწვევისას არა ნაკლები 1,5 მეტრის სიმაღლეზე. ამის წყალობით ყველა შემთხვევითი ან სამანევრო აწვევები კაკვისა მრიცხველის მიერ არ გაითვალისწინება. ელექტროძრავები ირთება მუშაობაში რევერსიული მაგნიტური გამშვებების KM დახმარებით, რომელთაც გაანხნიათ სითბური დაცვა KK.

მუშაობის გამოსომი ბევრ შემთხვევაში აღჭურვილია, აგრეთვე, ბლოკით, რომელიც ითვალისწინებს გადაამუშავებული ტვირთის მასას. ამ ბლოკს საფუძვლად უდევს მოთვალთვალე სისტემა. ბლოკის მუშაობის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახაზზე 14.34. ბლოკს აქვს აწონვის კვანძი, რომელიც შედგება დიფერენციალურ სქემაში ჩართული ტრანსფორმატორული გარდამსახებისაგან, DT1 და DT2. DT1-ის გულარი შეერთებულია დრეკად ელემენტთან (ბაგირთან), DT-2-ის გულარი კინემატიკური კავშირებისა და რედუქტორის დახმარებით დაკავშირებულია რევერსიული ძრავის PD-09 როტორთან. ძრავა იკვებება ძაბვის ტრანსფორმატორიდან TV, რომელიც უერთდება ქსელს ამომრთველით SA.

ტვირთის P აწვევის დროს დრეკადი ელემენტი დეფორმირდება და, მაშასადამე, გულარი 1 ტრანსფორმატორული გარდამსახისა გადაადგილდება ნულოვანი მდგომარეობიდან, რასაც მიყვავართ დიფერენციალური სქემის განბალანსებასთან. სქემაში წარმოშობილი განბალანსების ძაბვა ΔU , გაძლიერებული გამაძლიერებლით Y, აბრუნებს ძრავას PD-09 როტორს. ამასთან, გარდამსახის DT2-ის გულარი (2) იწვებს გადაადგილებას და დიფერენციალურ სქემაში ბალანსის აღდგენას. სქემაში ბალანსის აღდგენის დროს ($\Delta U = 0$) ძრავა განერდება, ხოლო ისარი, დაკავშირებული ძრავას ლერძთან, სკალაზე უჩვენებს აწეული ტვირთის მასას. ერთდროულად ამასთან გადაამუშავებული ტვირთის მრიცხველი CCM აფიქსირებს ამ მასას.



ნახ.14.34. გადაქუშავებული ტვირთის მასის გამოვალისწინებული ბლოკის მუსაობის პრინციპული სქემა

ტვირთის მოხსნის დროს გარდამსახის DT1-ის გულარი (1) დაბრუნდება ნულოვან მდგომარეობაში, რაც გამოიწვევს სქემაში ახალ განბალანსებას. მაგრამ ამ შემთხვევაში განბალანსების ძაბვას ექნება საწინააღმდეგო ფაზა, რაც აიძულებს ძრავას PD-09 იბრუნოს უკუმიმართულებით. ამის შედეგად ისარი, რომელიც მიუთითებდა აწეულ მასას, დაბრუნდება ნულოვან მდგომარეობაში. მაგრამ მრიცხველი CCM, რომელიც არეგისტრირებს გადაქუშავებული ტვირთის მასას მეზარდი ჯამით, ამასთან არ შეცვლის თავის ჩვენებებს.

ამწის მუშაობის აღრიცხვა სამი პარამეტრის მიხედვით, ერთდროულად, საშუალებას იძლევა დიდი უტყუარობით განვსაჯოთ შესრულებული სამუშაოების მოცულობის შესახებ. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მიღებული ინფორმაცია ამ შემთხვევაში შეიძლება დაედოს საფუძვლად ტექნიკურ-ეკონომიკურ ანგარიშებს.

ლივთების ავტომატიზაცია

§8. ზოგადი ცნობები

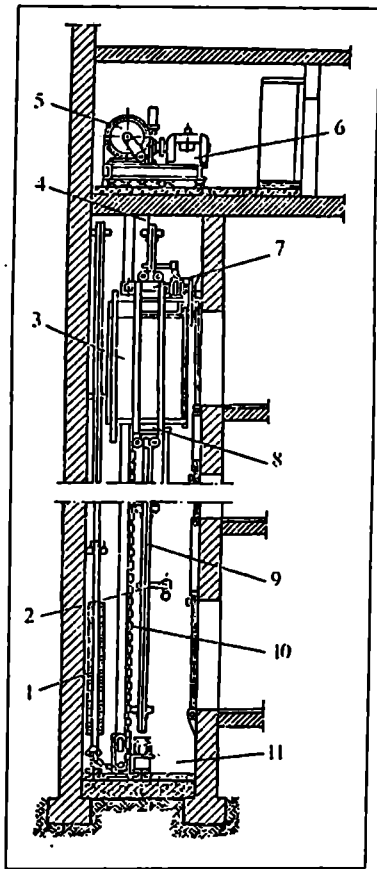
ლივტი წარმოადგენს აშკარად მოწოდებულს, რომელიც განკუთვნილია ადამიანების ან ტვირთის გადასახადებლად კაბინაში (ან პლატფორმაზე), რომელიც უძრავ ელექტროკალურ მიმართულებებში მოძრაობს. თანამედროვე ლივტებს განსხვავებით რთული მექანიკური კონსტრუქციისა და ელექტროსამრავის ხისტემები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მდგრად საიმპლანტს და მეზურების უსაფრთხო მომსახურებას.

ელექტროსამრავი ზოგადად ეწოდება სასახლესო მოწოდების საწილს, რომელიც შედგება ელექტრომრავის, გადამცემი მექანიზმის და ელექტრომრავის მართვისათვის განკუთვნილი აპარატურისაგან.

ლივტებთან მოძრაობაში მუშა მსახურა წარმოადგენს აშკარად მექანიზმის (დოლი ან ბავარწამყვანი შკვი) ხავერდის, შესტახ, დაკიდებულ კვანძებს და მოწოდებლებს დაკავშირებულებს მსიახს.

აშკარად მექანიზმი წარმოადგენს გადამცემ მექანიზმს, ელექტრომრავი, ლივტის ქვედა წრეების ელექტროგაყვანილობა და ელექტრომექანიკური მოწოდებლობა, ელექტრომექანიკური აპარატურით, წარმოადგენს ხაერო სასახლესო მოწოდებლობის იმ საწილს, რომელსაც ეწოდებენ ლივტის ელექტროსამრავს.

ლივტის მოვლი მოწოდებლობა თავსდება შესტახში და სასახლესო განყოფილებაში, რომლის განლაგების ადგილი დამოკიდებულია ლივტის კონსტრუქციულ სქემასზე და მისი მუშაობის თავისებურებებზე. შესტახის ქვედა საწილი (ნახ.14.35), კაბინის ქვედა მდებარეობის დონიდან შესტახის ძირაძვე, იწოდება თანაორმოდ (II). 2მ-ზე მეტი ხიღრმის დროს თანაორმოს უკეთდება შესახველელი კარები, რომელიც იკეტება საკეტი და აღჭურვება ბლოკირებით (ბლოკ-კონტაქტი) აშკარად მართვის წრეში. აშკარად მექანიზმი მოქმედებაში მდის ელექტრომრავით (6) უშუალოდ ან რედუქტორის საშუალებით, რომელიც მრავიან ქერის საშუალებით არის დაკავშირებული. პირველ შემთხვევაში ლივტის კაბინა დაკიდებულია მრავის დიდებზე დამაგრებულ ბავარწამყვან შკვიზე (ურედუქტორი ამრავი), მეორეში მრავლა და შკვი მორის დაყენებულია ჭარბუქტორი (5) გადამცემის რიცხვით $U = 18 \div 120$ (რედუქტორიანი ამრავი).



ნახ.14.35. სამეზავრო
ლოტის შახტისა და
სამანქანო სათავსოს მო-
წყობილობა

(8), რომელიც უზრუნველყოფს კაბისის ვანერებს მზად ბაჯირის გაწვევებს ან დასუბრების დროს, მძინარობის ხიქარის გადატარებისას რომინადურთან შედარებით 25-40°-ით.

კაბისის კარკასი (3) ნაძი-
კიდებულაა ფილადის ბაჯი-
რებზე (4) (1-დას 4-მდე) ხაჯი-
დარის (7) დახმარებით და
აქვს მოძინაროველი ბეხიკები,
რომლებიც კაბისის ბაჯიკებს
შეკრავდ ვერტიკალურ მდვი-
მარეობაში. ფართო ბაჯიკე-
ლებს აქვთ დარეხიხებულ ვირ-
გოლაჯიკის ბეხიკებს, რომლე-
ბიც არ ხაჯარობენ პეროიდულ
შეხეიჯას და უზრუნველყოფენ
კაბისის ხარხარ ხელას.

სის ძელები ან დათობის
რელსები, რომლებზეც მოძ-
რადობენ დაიჯის მსხეწაში კა-
ბისა და ხაძირწონე (1) იწოდ-
ბის მოძინაროველებად (9), სის
მოძინაროველები (წიოველს, მე-
ხს) უზრუნველყოფენ დაიჯის
უხმარო და ხარხარ მიქმარ-
ბას, მავრამ ძირბისა და ხს-
ძარხაწიშები არიას, სისეომ
უფრო სწინად ვაძიოველებს
სპეციალური პროიჯის და-
თობის მოძინაროველები, რომ-
ლებიც დამუქმარებულას ხსი
მქმს ზეგაძირის მიხედეით,
ბაჯირის წონის ხაჯიმქმხსაქიოვ
ვაძიოველებს აჯაჯე (10).

ქველას დახმარებლების დაიჯ-
ის კაბისები აღტურვილას და-
ვაჯე მოწეობილადობით (დასტურით)

დამჭერებთან ერთად მუშაობს სინქარის შექმნულ დედალი, რომელიც წარმოადგენს ცენტრიდანულ მექანიზმს, დაკავშირებულს დამჭერებთან უსასრულო გეარლით.

სამგზავრო ლიფტებს, რომლებიც არ საჭიროებენ გამყოლის მუდმივად ყოვნას კაბინაში და იმართებიან მგზავრების მიერ, გაანიათ მოძრავი იატაკი, დაკავშირებული ბლოკ-კონტაქტთან (იატაკქვეშა კონტაქტი), რომელიც გამორთავს ლიფტის მართვას სართულის ბაქნებიდან, კაბინაში მგზავრის ყოვნის დროს. იატაკის სეგლის სიდიდე განისაზღვრება $10 \div 15$ მმ-ით, ძალა კონტაქტის შესართავად შეადგენს $150 \div 2006$. კაბინიდან მგზავრების გამოსვლისას იატაკი სამბარების მოქმედებით აიწევა და მართვის გარე სისტემის ჩართვის საშუალებას იძლევა. სასოგადოებრივი შენობების ლიფტებს ჩვეულებრივად აქვთ უძრავი იატაკი, რადგან კაბინის გამოძახება სართულების ბაქნებიდან ხორციელდება ავტომატურად, კაბინის მოძრაობის გზადაგზა, ხოლო შეკვეთები სრულდება კაბინაში მყოფი გამყოლის მიერ.

ლიფტის ერთ-ერთ საპასუხისმგებლო მექანიზმს წარმოადგენს კაბინისა და შახტის კარები. კარებების დაკეტვის გაკონტროლება ხდება ბოლოგამორთველების კონტაქტებით; რომლებიც შეყვანილია ლიფტის მართვის წრედში და უზრუნველყოფენ ელექტროამპრავის გამორთვას კარებების გაღებისას მოძრაობის დროს. შახტის კარები ალჭურვილია ელექტრული კონტაქტებიანი ავტომატური კლიტეებით, რომლებიც აკონტროლებენ კარის მექანიზმების გამართულობას. კაბინის მოძრაობის დროს შახტის კარები დახურულია. მათი გაღება შესაძლებელია მხოლოდ კაბინის გაჩერებისას მოცემული სართულის ბაქნის დონეზე. შახტის რომელიმე კარების გაღება კაბინის მოძრაობისას იწვევს ლიფტის გაჩერებას.

ჩქარულ ლიფტებში კაბინისა და შახტის კარები კაბინის გაჩერებისას ერთდებიან და იღებიან ერთდროულად კაბინის სახურავზე განლაგებული ელექტროამპრავის საშუალებით.

კაბინის გასაჩერებლად სართულებზე და მისი მდებარეობის კონტროლისათვის მოძრაობის დროს, შახტაში დაყენებულია სართულის გადამრთველები (2), რომლებიც იძლევიან სიგნალებს მართვის სქემაში გაჩერებაზე და კაბინის დამუხრუჭებისას. სატელეფონო კავშირი და კაბინიდან

ლიფტის მართვა წარმოებს მოქნილი კაბელით, რომელიც აკავშირებს კაბინას სამანქანო განყოფილებასთან.

დამუშავებულია უბაგირო ლიფტების კონსტრუქციაც, რომელიც წარმოადგენს თვითმავალ კაბინას ტვირთამწეობით 200 კგ-მდე და გადაადგილდება მიმმართველებში ფრიქციული, ჯაჭვური ან კბილანა კავშირებით. ელექტროძრავი და მართვის აპარატურა განლაგებულია კაბინის ქვედა ნაწილში, იატაკის ქვეშ.

კვება კაბინასთან მიეწოდება მიმმართველების გასწვრივ დაყენებული მცირე გაბარიტული ტროლეებით და კაბინაზე მოწეობილი დენის ამრთმევებით. ამძრავისათვის გამოიყენება ასინქრონული ძრავები ძაბვით 220 ვოლტი.

ლიფტი იმართება კაბინიდან და შეუძლია განერება სხვადასხვა დონეზე, სარინებლების და კაბინაზე დაყენებული ბოლო გამომრთველის დახმარებით.

დაწერილებით ლიფტების შესახებ იხილეთ ავტორის წიგნში “მშენებლობის ორგანიზაცია, მექანიწაცია, ავტომატიზაცია, დაგეგმვა და მენეჯმენტი”. წიგნი II. მშენებლობის მექანიზაცია (ამწვე-სატრანსპორტო მანქანები).

§9. ლიფტების ელექტროამძრავების სისტემები

ელექტრული ძრავის მართვისათვის, რომელსაც მოძრაობაში მოჰყავს ლიფტის კაბინა, გათვალისწინებულია შემდეგი დამოუკიდებელი ელექტრული წრედები:

1. ელექტროძრავის ძალური წრედი;
2. ლიფტის მართვის წრედი;
3. სიგნალიზაციის წრედები;
4. განათების წრედები (შახტები, სამანქანო და ბლოკური სათავსოები და ბაქნები შახტის კარებებთან).

ამ წრედების დამოუკიდებლობა მდგომარეობს მხოლოდ იმაში, რომ თითოეული დასახელებული წრედებიდან დაცულია თავისი მცველებით. ეს წრედები ელექტრულად შეერთებულია ერთმანეთთან პარალელურად, ხოლო წრედების მუშაობა ურთიერთდაკავშირებულია. თითოეულ წრედს გააჩნია თავისი ელექტრული სქემა, რომელიც განსაზღვრავს წრედების ავტომატური ურთიერთქმედების ხასიათს და სხვადასხვა ხარისხს.

სქემაში შემაჯავლი ელემენტების შეერთების წესის მოხდენით ანხსევავებენ პრინციპულად გაშლილ, ხამონტაჟო და ნახევრადგაშლილ პრინციპულ სქემებს.

პრინციპულად-გაშლილი ეს ისეთი სქემებია, რომლებშიც სქემის ყველა ელემენტი ნახევრებათ მათ პრინციპულ შეერთებაში. ამ ელემენტების ფაქტური და ერთიერთ ადგილმდებარეობის გაყოფადისწინებდად, ამ სქემების მოხანა სქემის მოქმედების პრინციპის წყვეტა უმარტივესი მოხსელებით.

ხამონტაჟო სქემები ეს ის სქემებია, რომლებშიც სქემის ყველა ელემენტი გამოხსეულია ფაქტური, ხამონტაჟო ერთიერთ ადგილმდებარეობის ვათეფადისწინებით. ამ სქემების მოხანა სქემაში შემაჯავლი აპარატების მონტაჟის წესის წყვეტა.

ნახევრადგაშლილი პრინციპული სქემები გამოიყენება იშვიათად, როდესაც ხაჭირთა აპარატების ერთიერთქმედების ცალკეული მომენტების ნათლად ახსნა, რომლებშიც; ზოგიერთი აპარატი განლაგებულია ერთმანეთის გვერდით და ხაჭირებს მათი ერთიერთქმედების ხსიათის წარმონეხს.

ლიფტის ელექტროამძრავის მთავარ სქემას წარმოადგენს ელექტრომძრავების ძალური სქემები. წრედების ყველა დახარენი სქემები განკუთვნილია ძალური წრედის აპარატების ახამოქმედებლად "ლიფტების მოწოდებისა და უხაფრთხი ექსპლუატაციის წესებით" (ИУБМ) დაღვენილი აუცილებელი სიფრთხილის დონისხიებების დაღვა.

იმისგან დამოკიდებულებით თუ, როგორი ელექტრომძრავებია გამოიყენებული სქემებში, ანხსევავებენ ელექტროამძრავებს:

1. მოკლეწინართული როტორიანი ახინქრონიული ელექტრომძრავის; გამოიყენება ხელი ხელის ლიფტებისათვის; ხამკზაფრო, ხატვირთი, მცირე და ხაყადმოყოფებისათვის, რამდენადაც ამ ტიპის ელექტრომძრავებს გაანხიათ გამშვები ღვენების დიდი ჯერადობა ($\eta_{\text{კომ.ხომ.}} = 4 \div 4,5$). ამ ამძრავის დახაყენებლად აუცილებელია ქხელის ხკმარისი ხიმლაჯრე, რომელსაც იგი უერთდება. ეს გახსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მოცემულ ქხელსე ლიფტების დიდი რაოდენობით მიერთების შემთხვევაში.

2. ამძრავი ახინქრონიული ელექტრომძრავით ფაზური როტორის დროს; გამოიყენება ყველა ტიპის ხელი ხელის

ლიფტებისათვის შეზღუდული სიმძლავის ქსელებში, სადაც მოკლედნართულ როტორიანი ელექტროძრავების დაყენება შეუძლებელია. ამ ამძრავის სქემებში გათვალისწინებულია გამშვები წინაღობა, რომელიც ავტომატურად ირთვება როტორის წრედში დროის სხვადასხვა რელეს დახმარებით გამშვების დროს. ამ სქემებში ელექტროძრავის გამშვება უფრო ნარნარია.

3. ამძრავი ორსინქარიანი ასინქრონული ელექტროძრავით; გამოიყენება, როგორც ნელი სელის, ისე სწრაფი სელის ლიფტებისათვის. ყველა შემთხვევაში ამძრავის დაბალი სინქარე გამოიყენება უფრო ზუსტი განყრების უზრუნველსაყოფად, რისთვისაც ძრავის ეს სინქარე ირთვება განყრების წინ. დაბალი სინქარის ასეთი ჩართვის დროს კაბინის სამუხრუჭო გზები მისი სხვადასხვა დატვირთვისას, როგორც ზევით, ისე ქვევით მოძრაობის დროს საკმარისად მკვირეა, რათა პრაქტიკულად განსხვავებოდნენ ერთმანეთისაგან და, რომ უზრუნველყოთ ზუსტი განყრება.

ამ ტიპის ამძრავისათვის გამოიყენებული ელექტროძრავები შეიძლება იყოს ერთგრაგნილიანი ან მრავალგრაგნილიანი. პირველებში სინქარის ცვლილება წარმოებს ერთიდაიგივე გრაგნილის გადართვის ხარჯზე. წვეილი პოლუსების სხვადასხვა რიცხვზე, ხოლო მეორეებში სინქარის გადართვა ხდება წვეილი პოლუსების სხვადასხვა რიცხვის სხვადასხვა გრაგნილების გადართვის გზით. ამჟამად ლიფტებზე გამოიყენება მეორე ტიპის ორსინქარიანი ელექტროძრავები.

ამძრავი ორსინქარიანი ასინქრონული ელექტროძრავებით პოულობს სულ უფრო მეტ გავრცელებას, რადგან ის უზრუნველყოფს კაბინის საიმედო ორმხრივ მოძრაობას ზევით და ქვევით; დატვირთვის მკვეთრი ცვლილებების და გადაადგილების დიდი სინქარის დროსაც და ზრდის რყეუქტორისა და სამუხრუჭო მოწყობილობის ხანგამძლეობას.

* როგორც ცნობილია პლუსების წვეილი
$$P = \frac{60f}{n} = \frac{3000}{n}$$
, სადაც f არის

მკვებაგი დენის სამრეწველო სიხშირე $f=50$ პერცი; n - ასინქრონული ელექტროძრავის სინქრონული სინქარე.

4. გენერატორი – ძრავის სისტემის ელექტროამძრავი გამოიყენება განსაკუთრებით ადმინისტრაციულ და სასოფლო-ეზოურ შენობებში დაყენებულ ჩქაროსნული ლიფტებისათვის.

ამ ამძრავის გამწვევ ძრავს წარმოადგენს მუდმივი დენის ძრავი, რომელიც იკვებება მანქანური გარდამქმნელისაგან; ეს უკანასკნელი სამრეწველო სიხშირის ცვლად დენს გარდაქმნის მუდმივ დენად ასინქრონული ელექტროძრავის საშუალებით, რომელსაც მოქმედებაში მოჰყავს მუდმივი დენის გენერატორი.

გენერატორის აღმზნებად გამოიყენება მანქანური აღმზნები, ელექტრომანქანური რეგულატორი და ელექტრომანქანური გამაძლიერებელი განივი ევლით.

ამ სისტემის ამძრავი ძვირია და რთულია გასამართავად და ექსპლოატაციაში. მაგრამ იგი გაშვებისა და დამუხრუჭების დროს სინქარის ცვლილების მოცემული რეჟიმის მიღების შესაძლებლობას იძლევა, როგორც მუდმივი დენის ძრავის კლემებზე ძაბვის შეცვლის ხარჯზე, ისე აღმზნების დენის ცვლილებით. ამრიგად, ამ ამძრავის დროს სპეციალური ღონისძიებების გამოუყენებლად მიიღება რეგულირების დიაპაზონი 1:30-დან 1:40-მდე სასღვრებში. სხვადასხვა ტიპის გამაძლიერებლების (ელექტრომანქანური, ელექტრონულიონური და მაგნიტური) გამოყენებით რეგულირების სასღვრები შეიძლება მიყვანილი იქნას 1:150-მდე.

5. ამძრავი მუდმივი დენის ძრავით; გამოიყენება იმ შემთხვევებში, როდესაც საწარმოს მანაწილებელ ქსელში გამოიყენება მუდმივი დენი. უმეტეს შემთხვევებში საწარმოს მანაწილებელ ქსელში გამოიყენება ცვლადი დენი, ამიტომ, ამ ამძრავის გამოყენება მეტად შესაღწეულია.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ლიფტის ელექტროამძრავის კონკრეტული სისტემის შერჩევა განპირობებულია მოთხოვნებით – განხრების სიზუსტის, მოძრაობის სინქარის, აჩქარებების დასაშვები სიდიდეების, რაც განისაზღვრება სისტემის რეგულირების დიაპაზონით, აგრეთვე ელექტროძრავის ტიპით.

ლიფტების ელექტრულ სქემებში სწრაფი ორიენტირების მიზნით ქვემოთ მოყვანილია სქემაში მიღებული ელექტროავტომატიკის ელემენტების ასოითი აღნიშვნები.

შემყვანი მოწყობილობა.....	BY
მთავარი ჩამრასი	IP
ასინქრონული ძრავი	AD
სამუხრუჭო ელექტრომაგნიტი	TM
სელენური გამმართველი.....	BC
კაბინის განათების ნათურა.....	OK
ლიფტის წინ მოძრაობის კონტაქტორი.....	B
ლიფტის უკან მოძრაობის კონტაქტორი	H
კოპირ-აპარატის კოჭა.....	KA
ლიფტის დიდი სინქარით მოძრაობის კონტაქტორი.....	B
ლიფტის მცირე სინქარით მოძრაობის კონტაქტორი.....	M
ბრძანების დილაკები	1KP,2KP
გამოძახების დილაკები.....	1KB,2KB
კაბინის მდებარეობის სასიგნალო ნათურები.....	1J1,2J1
სართულის გადამრთველი კონტაქტები.....	1Z1,2Z1
სართულის რელე.....	1ZP,2ZP
იმპულსების ხანგრძლივობის რელე.....	PPI
ავტომატური გამომრთველი	A
მართვის რელე.....	PY
მაგნიტური სარინის ელექტრომაგნიტი	MO
დნობადი მკველები.....	1P,2P
შახტის კარებების საკეტების კონტაქტები.....	1D3,2D3
კოპირ-აპარატის იმპულსური რელე.....	PHK
შახტის კარებების კონტაქტები.....	1D1,2D1
დამკერის კონტაქტი	KJ
იატაკქეშა კონტაქტი.....	PK
უსუსტი განქვების გარდამსახი.....	DTO
სამანქანო განყოფილების შტეფსელის როსეტი	SHIPM
კაბინის შტეფსელის როსეტი.....	PIPK
სამანქანო სათავსოს გამომრთველი	BMP

§10. ლიფტების მართვის წრედები

ლიფტების მართვის წრედები, მთელი რიგი ფირმების მიერ, მეტად დიდი სხვადასხვაგვარობითაა წარმოდგენილი. ზოგადი პრინციპული სახით მათი განხილვა (კი წინამდებარე სახელმძღვანელოს ჩარჩოში შეუძლებელია და არც არის საჭირო. ქვემოთ მოყვანილია ლიფტების მართვის სქემების კლასიფიკაცია.

ლიფტების მართვის სქემები განსხვავდებიან:

1. ავტომატიზაციის ხარისხის მიხედვით – ნახევრად ავტომატურად და ავტომატურად. მართვის ნახევრად-ავტომატურ სქემაში ძალური წრედის კონტაქტორების ჩართვა და გამორთვა წარმოებს არა დილაკზე დაჭერის შემდეგ, არამედ ბერკეტული აპარატის ხელით მართვისა და გამორთვის შემდეგ, რომელიც დაყენებულია კაბინაში და მისი ამოქმედება ხდება კაბინის მუდმივი თანამგზავრი კარგად გათვითცნობიერებული ლიფტიორის მიერ.

ავტომატურ სქემებს წარმოადგენენ ყველა სახის დილაკური მართვა. ამ სქემებში ლიფტის გაშვება ხორციელდება დილაკური მართვით, გაჩერება კი წარმოებს ავტომატურად. ასეთი დილაკური მართვის დროს მართვის წრედი ასრულებს თითოეულ ბრძანებას ცალცალკე. კაბინის მოძრაობის დროს დილაკური მართვის ყველა დილაკი გაუდენურებულია, მათზე დაჭერა არ იძლევა არავითარ ბრძანებას, გარდა დილაკისა “სდექ”.

2. განცალკევებული მართვისაგან განსხვავებით ლიფტის შემკრები მართვის დროს სართულის ბაჭნებზე და ლიფტის კაბინაში მყოფი მგზავრების ყველა გამოძახება და ბრძანება რეგისტრირდება მართვის წრედის მიერ, როგორც გაჩერების, ისე კაბინის გზა-გზა მოძრაობის დროს. დარეგისტრირებული ბრძანებების შესრულება ხდება ავტომატურად, არა რეგისტრაციის რიგის, არამედ კაბინის გაელის რიგის მიხედვით. მორიგი ბრძანების შესრულების შემდეგ მგზავრი ან ლიფტიორი აჭერს დილაკს “სელა” და კაბინა მიემართება რეისში შემდეგი მორიგი ბრძანების შესასრულებლად. როდესაც შესრულებულია ბოლო ბრძანება ან, როდესაც კაბინა მიადწევს ზედა ზღვრულ გაჩერებას იგი ბრუნდება ძირითად დასაჯდომ სართულზე (ჩვეულებრივად პირველზე). ქვევით მოძრაობის დროს შეიძლება მიღებული იქნეს ყველა გზადა-

გზა გამოძახება ქვევით და შესრულებული იქნეს კაბინის გზა-გზა მოძრაობის რიგით.

3. განცალკევებული დილაკური მართვისას დაუტვირთავი კაბინის გამოძახება შეიძლება გათვალისწინებული იქნეს ყველა სართულის ბაქანზე ან მხოლოდ პირველ სართულზე. პირველ შემთხვევაში ლიფტის კაბინის მოძრაობა შესაძლებელია როგორც ზევით, ისე ქვევით. მეორე შემთხვევაში გათვალისწინებულია კაბინით სარგებლობა, მხოლოდ ზევით გადასაადგილებლად.

4. ბრძანებების დილაკების განლაგების მიხედვით დილაკური მართვა არსებობს – გარე დილაკური, შიგა დილაკური და შერეული ან კომბინირებული.

ტიპურ გარე დილაკურ მართვას წარმოადგენს სააგადმყოფოების ლიფტების დილაკური მართვა; ამ ლიფტების მართვა აუცილებლად ეკისრებათ ლიფტიორებს, რომლებიც მუდმივად იმყოფებიან კაბინაში; კაბინის გარე გამოძახებები მოქმედი წესებით აკრძალულია.

ყველა სამგზავრო ლიფტი აღჭურვილი უნდა იყოს კომბინირებული დილაკური მართვით დილაკური აპარატების დაყენებით კაბინაში და გამოსაძახებელი აპარატებისა ყველა ან მხოლოდ პირველ სართულზე.

5. განთავისუფლებული კაბინის ძირითად დასაჯდომ სართულზე (პირველ სართულზე), დაბრუნების წესის მიხედვით, ლიფტების დილაკური მართვა ითვალისწინებს:

ა) დაუტვირთავი კაბინის დაბრუნებას პირველ სართულზე, პირველი სართულის გამოსაძახებელი დილაკის საშუალებით. ამასთან კაბინის კარები შეიძლება ღია იყოს;

ბ) დაუტვირთავი კაბინის დაბრუნებას პირველ სართულზე, დროის რელეს საშუალებით. ამასთან, კაბინა ბრუნდება პირველ სართულზე, კაბინის ღია კარებებით დროის რელეს დაყოვნების შესაბამისი დროის განმავლობაში;

გ) დაუტვირთავი კაბინის დაბრუნებას პირველ სართულზე კაბინის იატაკის განთავისუფლებისთანავე დაუყოვნებლივ და შახტის კარებების დახურვის შემდეგ. ეს წესი გამოიყენება მცირე სართულიან სახლებში, რომლებშიც ლიფტებით სარგებლობენ მხოლოდ ზევით სამოძრაოდ. ამ შემთხვევაში განსაკუთრებით საგულდაგულოდ უნდა იქნეს შემოწმებული კარებების და იატაკქვეშა კონტაქტები.

6. კაბინისა და შახტის კარებების ამძრავის ტიპის მიხედვით ანსხვავებენ ლილაკურ მართვას, რომელიც ითვალისწინებს შახტისა და კაბინის კარებების ხელით გაღებასა და დახურვას და ლილაკურ მართვას, რომელიც ითვალისწინებს კარების ავტომატურ გაღებასა და დახურვას მექანიკური ამძრავის საშუალებით.

7. სატვირთო ლიფტების (გამყოლის გარეშე) და მცირე ლიფტების მართვის წესის მიხედვით ანსხვავებენ:

ა) მართვა ძირითადი სართულიდან სასიგნალო გამოძახებებით ყველა სართულიდან. ამ მართვას ახორციელებს ლიფტიორი პირველ (ძირითად) სართულზე განლაგებული გარე ლილაკური მართვის საშუალებით.

ბ) მართვა ყველა სართულიდან ლილაკური აპარატების საშუალებით, თუ ლიფტის კაბინა შესრულებულია გასაველელი ტიპის მიხედვით და ემსახურება სართულებს სხვადასხვა განცალკევებულ სათავსოებში. ერთდროულად ლიფტების მართვასთან შესაძლებელია სიგნალიზაციის ავტომატურად განხორციელება.

გ) მართვა ორი სართულიდან თითოეულ სართულზე დაყენებული ლილაკური აპარატების დახმარებით, მხოლოდ ორი სართულის არსებობისას დანადგარში. ამ შემთხვევაში ზედა სართულზე დაყენებულია ლილაკი ქვევით მოძრაობის სამართავად, ხოლო ქვედა სართულზე – მხოლოდ ზევით მოძრაობის მართვისათვის.

8. მართვის წრედების კვების წესის მიხედვით ანსხვავებენ ლილაკურ მართვას, რომელიც იკვებება ცვლადი დენით და ლილაკურ მართვას – მუდმივი დენით, რომლის დროსაც სარგებლობენ სელენური გამმართველით. ამასთან, ლილაკური მართვა ეფუძნება უფრო საიმედო და კომპაქტური, უხმაურო ელექტროაპარატურის გამოყენებას.

9. კაბინის ზუსტი გაჩერებისათვის გამოყენებული აპარატურის მიხედვით ანსხვავებენ:

ა) ლილაკური მართვა შახტაში დაყენებული მექანიკური გადამრთველებით (სართულის გადამრთველები) ან სამანქანო განყოფილებაში (ცენტრალური სასართულე გადამრთველები, კოპირაპარატები, სელექტორები);

ბ) ლილაკური მართვა ინდუქციური, ელექტრონული ან ფოტოელექტრონული გარდამსახებით.

10. ღილაკური მართვით ლიფტების ჯგუფის მუშაობის დროს გათვალისწინებულია მუშაობის ავტომატური შეთან-
წყობის შესაძლებლობა მგზავრთა ლოდინის ხანგრძლივობის
შემცირების, უქმი გარბენების რაოდენობის შემცირების და
ჯგუფის საერთო მწარმოებლურობის გასრდის მიხნით,
აგრეთვე მგზავრთა ნაკადების უფრო თანაბარი განაწილების
უზრუნველსაყოფად ჯგუფში შემავალ ლიფტებს შორის. ასე,
მაგალითად, წყვილი ლიფტების მართვისას, თუ ერთი
ლიფტი მოძრაობს ზევით, მაშინ მეორე ლიფტს შეუძლია
მიიღოს გამოძახებები მხოლოდ ქვევით მიმართულებით.

მუშაობის ასეთი შეთანხმებული სისტემის დროს, შესა-
ძლებელია საზოგადოებრივ შენობაში იფუნქციონიროს ლიფ-
ტების რამდენიმე ჯგუფმა, თითოეულში 3-დან 6-მდე. ამ შემ-
თხვევაში ლიფტების სქემა უზრუნველყოფს თანაბარ დატ-
ვირთვას ყველა ლიფტს შორის.

11. ღილაკური მართვის სისტემებში, ლიფტების მომსა-
ხურების ხასიათის მიხედვით, გაითვალისწინება ზოგიერთი
განსაკუთრებული მოთხოვნა, ლიფტების მომსახურებისაგან
დამოკიდებულებით;

ა) ლიფტების დიდი ჯგუფის (ცენტრალიზებული
მომსახურება ერთი ლიფტიორი-დისპეტჩერის დახმარებით;

ბ) მგზავრთა მომსახურება ლიფტიორის გარეშე.

ერთი ლიფტიორ-დისპეტჩერის მიერ ლიფტების დიდი
ჯგუფის ცენტრალიზებული მომსახურების დროს ლიფტიორ-
დისპეტჩერის მართვის პულტზე გათვალისწინებული უნდა
იყოს: ბერკეტები და ღილაკები, აუცილებლობის შემთხვე-
ვაში, ყველა ლიფტით ან ცალკეული ლიფტებით სარგებლო-
ბის შესაწყვეტად, ხელსაწყოები დისპეტჩერის ყველა კაბი-
ნასთან და თითოეულთან ცალკეულ ორმხრივი ხმაიად-
ლამოლაპარაკე კავშირის სიგნალების მართვისათვის, რომ-
ლებიც უჩვენებენ დისპეტჩერს შახტის კარებების გაღებას,
მგზავრის კაბინაში შესვლას, შახტისა და კაბინის კარებების
დახურვას, კაბინის ზევით მოძრაობას, კაბინის განქრებას,
კაბინიდან მგზავრთა გამოსვლას, კაბინის არყოფნას ქვედა
სართულზე, კაბინის ქვევით მოძრაობას და კაბინის მიერ
ქვედა სართულის მიღწევას, კაბინის დაჯდომას დამჭერებსე.

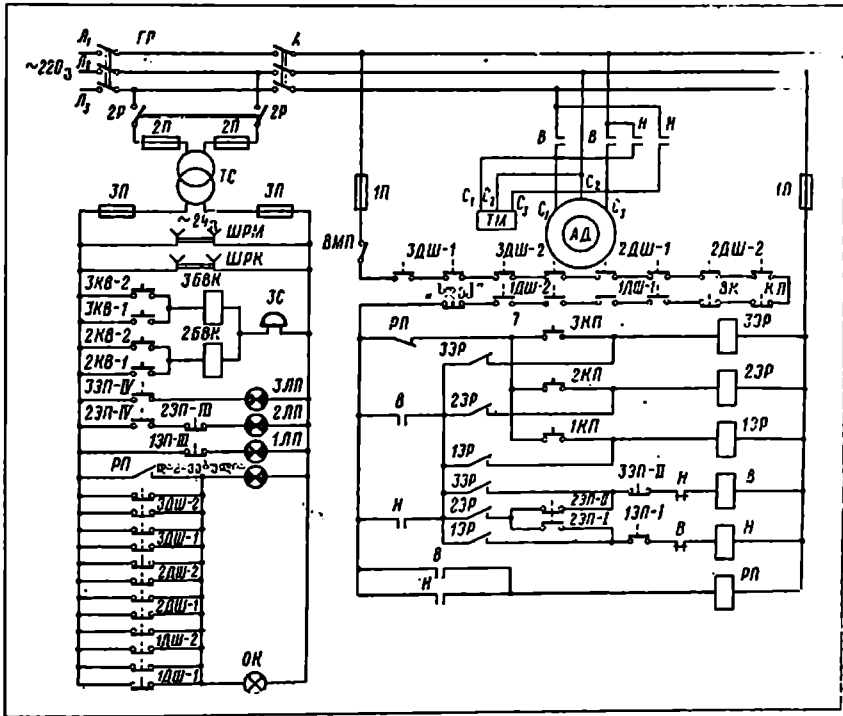
მგზავრთა მომსახურება ლიფტიორის გარეშე, ვარაუდობს სამგზავრო ლიფტების მომსახურებას არა მხოლოდ ლიფტიორთა გარეშე, არამედ ლიფტიორ-დისპეტჩერის გარეშეც.

12. ლიფტების ლილაკური მართვა შეიძლება, აგრეთვე, განვასხვაოთ მართვის სქემაში გათვალისწინებული სიგნალიზაციის ხასიათისა და მოცულობისაგან დამოკიდებულებით. დაკავებული კაბინის აუცილებელი სიგნალიზაციის "დაკავებულია" და კაბინიდან ბგერითი სიგნალიზაციის გარდა, სქემებში შეიძლება გათვალისწინებული იქნეს: კაბინის მდებარეობის მიმართებული სიგნალიზაცია დაყენებული თითოეული სართულის ბაქანზე ან კაბინაში ან ორივე ადგილზე სატვირთო ლიფტის კაბინის გამოძახების მოთხოვნის მიმართებული სიგნალიზაცია; სიგნალიზაცია კაბინის მოძრაობის მიმართულების თაობაზე (გ'სადგ'სა გამოძახებების და ლიფტების შემკრები მართვის არსებობის დროს); სიგნალიზაცია ლიფტიორის პანელზე ბრძანების მიღების შესახებ შესასრულებლად და მიმართულებების თაობაზე, საითაც მიემართება კაბინა; სიგნალიზაცია ლიფტის მართვის მიერ გამოძახების მიღების შესახებ, დაყენებული სართულების ბაქნებზე; სიგნალიზაცია კაბინის მოცემულ სართულზე მოსვლის შესახებ, დაყენებული მაღაზიის მცირე ლიფტებზე და მრავალი სხვა.

მოყვანილი არასრული ჩამონათვალიდან ცხადია, რომ სიგნალიზაციის მართვა ბევრ შემთხვევაში უშუალოდ არის დაკავშირებული მართვის წრედის აპარატთან; ასე რომ შეუძლებელია ლიფტის მუშაობის წარმოდგენა ამძრავების მართვის საერთო წრედიდან ლიფტის რაიმე წრედების მოწყვეტის დროს.

§11. სატვირთო ლიფტის ავტომატური მართვა

ნახაზზე 14.36 მოყვანილია მცირე სატვირთო ლიფტის ელექტრული სქემა ერთსიჩქარიანი ძრავითა და გარე ღილაკური მართვით.



ნახ.14.36. მცირე სატვირთო ლიფტის ელექტრული სქემა ერთსიჩქარიანი ძრავითა და გარე ღილაკური მართვით

ასეთი ლიფტის ტვირთამწეობაა 100 კგ, მოძრაობის სიჩქარე 0,5 მ/წ, განერგების რიცხვი - 3-დან 12-მდე. ლიფტს აქვს შახტის ქვევით განლაგებული ამწევი მექანიზმი ბაგირ-წამყვანი შივით. ამ ლიფტს ხშირად უწოდებენ საწეველას.

განვიხილოთ ელექტრული სქემა სამ განერგებაზე, რომელიც მუშაობს შემდეგნაირად. ლიფტის მართვის ელექტრული წრედების ჩასართავად მოსამზადებლად მოაბრუნებენ მთავარ ჩამრახს GP, ჩართავენ ჩამრახს 2P ტრანსფორმა-

ტორის წრედში TC, ავტომატურ გამომრთველს A და სამანქანო სათავსოს გამომრთველს B.MI.

ლიფტის მართვა ხდება პირველი სართულიდან ლილაკური პანელის დახმარებით ბრძანების ლილაკებით 1KPI, 2KPI და 3KPI და ლილაკით “სდექ”. სქემით გათვალისწინებულია კაბინის სასიგნალო გამოძახება ნებისმიერი სართულიდან და სინათლის სიგნალიზაცია კაბინის მდებარეობის შესახებ.

კაბინა რომ არ აცდეს (ავიდეს ან ჩამოვიდეს) დადგენილ საზღვრებს, ლიფტი აღჭურვილია ბოლო გამომრთველით BK, დაყენებული ჯალამბარზე; ლიფტის ავარიული გაჩერებისათვის კაბინის დამჭერების ამოქმედების შედეგად გათვალისწინებულია დამჭერის კონტაქტი KI.

შახტის კარებების დახურვა კონტროლდება IDIII, 2DIII და 3DIII კონტაქტებით, ორ-ორი კონტაქტი გასაველე ტიპის კაბინის შემთხვევაში კარებებით შახტის ორივე მხარეს.

კაბინის მოძრაობის მიმართულების შეერჩევა და მისი ავტომატური გაჩერება მოცემულ სართულზე ხდება სართულის გადამრთველებით 1ЭП, 2ЭП და 3ЭП, რომლებიც დაყენებულია შახტაში, შესაბამის სართულზე. კაბინაზე დამაგრებულია სპეციალური სარინი, რომელიც ზემოქმედებას ახდენს სართულის გადამრთველზე და გადართავს მის კონტაქტებს. სართულის თითოეულ გადამრთველს აქვს ოთხი კონტაქტი, რომელთა მდებარეობა დამოკიდებულია გადამრთველის ბერკეტის მდებარეობაზე, ხოლო გადამრთველის ბერკეტის მდებარეობა, თავის მხრივ, განისაზღვრება კაბინის მდებარეობით მოცემული გადამრთველის მიმართ.

კაბინის გასაშვებად მესამე სართულზე, აჭერენ ბრძანების ლილაკს 3KPI, ამასთან ამოქმედდება სართულის რელე 3ЭР, რომელიც თავისი ორი შემრთველი კონტაქტებით ჩართავს ლიფტის წინ B მოძრაობის კონტაქტორს. ერთდროულად ამძრავი ასინქრონული მოკლედჩართული ძრავი AD ჩართვით კვებას ღებულობს სამუხრუჭო ელექტრომაგნიტის TM კოჭა, რომელიც განამუხრუჭებს ამძრავის ჯალამბარს და კაბინა იწყებს ზევით მოძრაობას. B კონტაქტორის ჩართვის დროს AD ძრავის გაშვების გარდა, ეს კონტაქტორი ყენდება თვითბლოკირებაზე, აგრეთვე, ჩართავს შუალედ რელეს PI, რომელიც თავის განმრთველი კონტაქტით სართულების რელეების წრედში გამორიცხავს მეორე ბრძანების რეგის-

ტრაციის შესაძლებლობას კაბინის მოძრაობის დროს ბრძანების რომელიმე ღილაკზე შემთხვევით დაჭერისას.

კაბინის მისვლისას მესამე სართულთან სართულის გადამრთველის ბერკეტი კაბინის სარინით გადაიყვანება მარჯვენა მდებარეობიდან შუაში, რასაც მიეყავართ კონტაქტის 3ЭП-II გამორთვასთან და კონტაქტორის B გამორთვასთან და, მაშასადამე, ძრავის AD გამორთვასთან და ლიფტის კაბინის გაჩერებასთან მესამე სართულის დონეზე.

კაბინის გამოსაძახებლად ნებისმიერი სართულიდან პირველზე, უნდა დაეაჭიროთ ბრძანების ღილაკს IКП. ეს ბრძანება რეგისტრირდება სართულის რელეს IЭР ჩართვით, რომელიც თავის შემრთველი კონტაქტის და სართულის გადამრთველის IЭП-I შერთული კონტაქტის გაყვლით ჩართავს ლიფტის უკან H მოძრაობის კონტაქტორს.

კაბინის გამოძახება საჭირო სართულზე წარმოებს ხმოვანი სიგნალის მიცემით და სართულის ნომრით სასიგნალო ბლინკერის გამოგდებით, რომლიდანაც იქნა მიცემული სიგნალი გამოძახების შესახებ. ხმოვანი სიგნალი და ბლინკერი იმყოფება პირველ სართულზე, საიდანაც წარმოებს ლიფტის მართვა. მაგალითად, კაბინის გამოსაძახებლად მესამე სართულზე აუცილებელია გამოძახების ღილაკებზე 3KB-I ან 3KB-2 დაჭერა, რომლებიც განლაგებული არიან შახტის მესამე სართულის სხვიდასხვა კარებებთან, როდესაც ლიფტი აღჭურვილია გასაველელი ტიპის კაბინით. ამის შედეგად ჩაირთვება ზარი 3C და კაბინის გამოსაძახების ბლინკერის ღუზე შეიზიდება მესამე სართულზე 3БВК. გამოძახების ღილაკის აშეებისას ხმოვანი სიგნალი შეწყდება და ბლინკერის აღამი ამოვარდება. მის საწყის მდგომარეობაში დასაბრუნებლად უნდა დაეაჭიროთ ბლინკერის გათიშვის წკირს, რომელიც განლაგებულია ღილაკურ პანელზე.

კაბინის მდებარეობის სასიგნალო ნათურები IЛП, 2ЛП და 3ЛП განლაგებულია პირველი სართულის საშუქ ტაბლოზე და ჩაირთვება შესაბამისი სართულის გადამრთველის კონტაქტებით. მაგალითად, როდესაც კაბინა იმყოფება მეორე სართულზე, კონტაქტები 2ЭП-III და 2ЭП-IV შერთულია და ნათურა 3ЛП ანთია. მას შემდეგ, რაც კაბინა აიწევს ზევით, კონტაქტი 2ЭП-III განირთვება, ხოლო კაბინის ქვევით მოძრაობისას განირთვება კონტაქტი 2ЭП-IV და სასიგნალო ნათურა 2ЛП ჩაქრება.

სასიგნალო ნათურა “დაკავებულია” და კაბინის განათების ნათურა OK ჩაირთვებიან კაბინის მოძრაობის დროს, შუალედი რელეს PII დახმარებით ან შახტის ნებისმიერი კარების გახსნისას ბოლოგამომრთველის DIII დახმარებით.

ლიფტის გასაჩერებლად აუცილებლობის შემთხვევაში ლიფტითრის პანელზე მოთავსებულია ღილაკი “სდკქ”.

არამომუშავე ლიფტი გამოირთვება ავტომატური გამომრთველით A და მთავარი ჩამრახით GP.

გაჩერების სიზუსტის ასამაღლებლად, სატვირთო ლიფტები აღიჭურვება ამძრავით ორსინქარიანი ელექტროძრავით. ნახაზზე 14.37 წარმოდგენილია სატვირთო ლიფტის ელექტრული სქემა ორსინქარიანი ძრავით და შიგა ღილაკური მართვით, ტვირთამწეობით 2000 კგ და მოძრაობის სინქარით 0,5 მ/წ.

ორსინქარიან ამძრავ ძრავს AD დიდი სინქარე 4-ჯერ აღემატება მცირეს. ძრავის ბრუნვის მიმართულება იცვლება კონტაქტორებით B და H, ხოლო სინქარის სიდიდე – კონტაქტორებით E (დიდი სინქარე) და M (მცირე სინქარე).

ქსელის ძაბვა მიიყვანება ლიფტთან შემყვანი მოწყობილობით BY, რომელიც შედგება ჩამრახისა და ფილტრისაგან. უკანასკნელი ამცირებს რადიოდაბრკოლებებს, რომელიც ხვდება ქსელში ლიფტის ელექტრომოწყობილობისაგან. მართვის წრედზე მიეწოდება გამართული ძაბვა 110 ვოლტი სამფაზა დამწვევი ტრანსფორმატორისაგან TIB სელენური გამმართველის BC გავლით, აწყობილი სამფაზა ხიდური სქემის მიხედვით.

სიგნალიზაციის, ავარიული განათების და ორი ინდუქციური გარდამსახის (ზუსტი გაჩერების გარდამსახი DTO და კოპირ-აპარატის DIK იმპულსური გარდამსახი) წრედები იკვებება 24ვ ძაბვით დამწვევი ტრანსფორმატორიდან TC.

სქემაში გათვალისწინებულია ლიფტის მართვის სამი სახე:

1. ლიფტის ნორმალური მუშაობის შესაბამისი შიგა ღილაკური მართვა კაბინიდან;

2. კაბინის სახურავიდან მართვა მისი მცირე სინქარით მოძრაობის დროს, აუცილებელია შახტაში განლაგებული მოწყობილობის სარევიზიოდ;

3. სამანქანო საათავსოდან მართვა, აუცილებელი ლიფტის მუშაობის გასამართავად. წარმოდგენილი სქემა გათვალისწინებულია ლიფტის სამართავად, რომელიც მუშაობს ოთხი გაჩერებით; სქემის გამოსახულება მოცემულია კაბინის პირველ სართულზე მდებარეობისათვის.

კიდული ერთრელსიანი ბზების ავტომატიზაცია

§12. ზოგადი ცნობები

ამწვე-სატრანსპორტო და მოსამზადებელი სამუშაოების შესასრულებლად ფართოდ გამოიყენება ელექტროტალღი და ელექტროტელფერი.

ელექტროტალღი განკუთვნილია ტვირთების მექანიკური აწევისა და დაშვებისათვის. ტვირთის ჰორიზონტალურად გადაადგილება მონორელსზე გორგოლაჭებიან ურიკასთან ერთად, რომელთანაც მაგრდება ელექტროტალღი, წარმოებს ხელით.

ტვირთის აწევის სიმაღლე ელექტროტალღით დამოკიდებულია დოლის ბაგირტევალობაზე და იმყოფება სა'სდერებში 6-დან 30მ-მდე. დიდი ტვირთამწეობების დროს აწევის სიმაღლე მეტია. 5ტ-ზე მეტი ტვირთამწეობის შემთხვევებში აწევის სიმაღლე აღწევს 25-30 მ.

ელექტროტელფერი განკუთვნილია ტვირთის მექანიკური აწევის, დაშვებისა და ჰორიზონტალური გადაადგილებისათვის. ამისათვის იგი აღჭურვილია არა ერთი რევერსიული ელექტროამძრავით, როგორც ელექტროტალღი, არამედ ორი რევერსიული ელექტროამძრავით ტვირთის გადასადგილებლად ზევით-ქვევით და წინ-უკან.

ელექტროტელფერის ტვირთამწეობა იმყოფება სა'სდერებში 0,25-დან 15ტ-მდე.

ტვირთამწეობისა და ექსპლოატაციის სპეციალური მოთხოვნებისაგან დამოკიდებულებით ელექტროტელფერის სინქარები ტოლია 3+15 მ/წთ.

ნორმალურ რეჟიმად ელექტროტელფერისათვის ითვლება რეჟიმი ჩართვის ხანგრძლივობით $PB=25\%$. PB მეტი პროცენტის დროს რეალური ტვირთამწეობა მცირდება 25-30%-მდე ნომინალურის საპირისპიროდ.

ელექტროტელფერები შეიძლება აღჭურვილი იქნენ, როგორც მუდმივი დენის ელექტროძრავებით, ისე ცვლადი დენის. დენის მიყვანა ელექტროტელფერთან ხდება ტროლეუების საშუალებით კიდული კაბელებით. გამშვებებად გამოი-

ყენება მაგნიტური გამშვებები და კიდული დილაკები ან კონტროლერები.

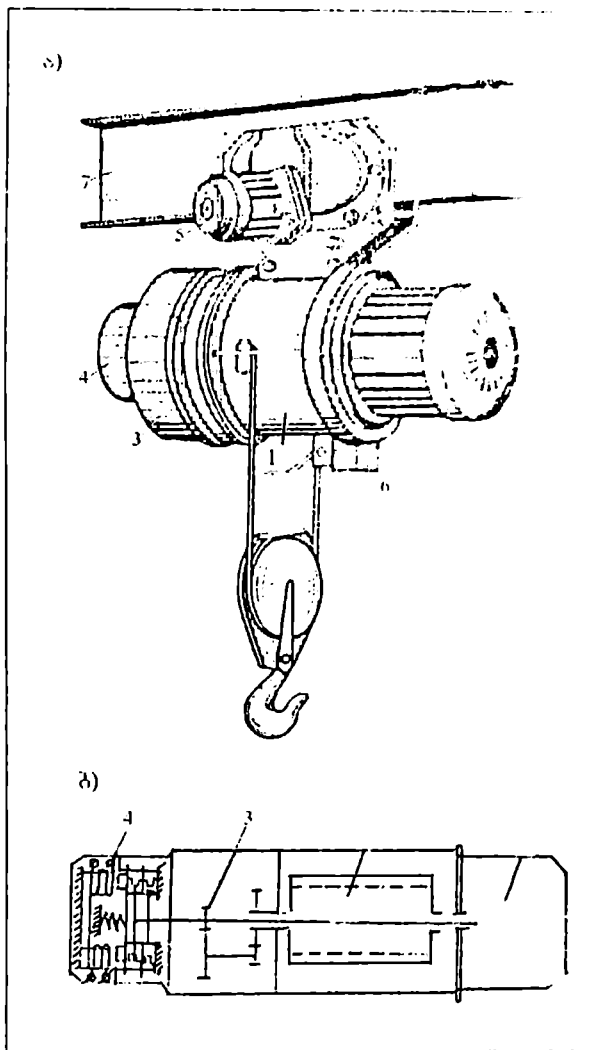
სხვადასხვა კონსტრუქციული სახესხვაობებიდან ყველაზე კომპაქტურია დოლში ჩაშენებული ელექტროძრავიანი მანქანები. მაგრამ, ამ კონსტრუქციებში ელექტროძრავები ცუდად ნიაველება.

ამრიგად, აღნიშნული ამწევ-სატრანსპორტო მანქანები, ანუ კიდული ერთრელსიანი გზები, არსებითად წარმოადგენენ ამწვებს, რომლებსაც შეუძლიათ თავისუფლად გადაადგილება კიდულ სარელსო გზებზე, რომლებიც განლაგებულია სხვადასხვა საამქროში. ამასთან, უზრუნველყოფილია ერთრელსიანი ამწეების გადასვლა ერთი გზიდან მეორეზე, საბრუნე წრის ან გადასასვლელი ისრის დახმარებით. ამ წრეების და ისრების მართვა შეიძლება განხორციელდეს ამწის მართვისაგან დამოუკიდებელი ხელის ამძრავით, აგრეთვე, ამწის მართვასთან დაკავშირებული დისტანციური მართვით. საქარხნო ერთრელსიანი გზების საერთო სიგრძე აღწევს 1,5-2,0 კმ. მობრუნების მინიმალური რადიუსი განპირობებულია ამწის საგალი ურიკების კონსტრუქციით და მისდება სასლერებში 0,75-2,5 მ.

ნახაზზე 14.38 წარმოდგენილია ელექტროტელფერის საერთო ხედი და კინემატიკური სქემა.

ამწევი დოლი (1) ბრუნვაში მოდის ამწევი ელექტროძრავით (2) რედუქტორის (3) დახმარებით. დამუხრუჭება ხორციელდება ელექტრომაგნიტური მუხრუჭის (4) დისკოებით, რომლებიც დაკავშირებულია მთავარ ამძრავ ლილვთან. გადაადგილების მექანიზმი მოქმედებაში მოდის ელექტროძრავით (5) ცილინდრული რედუქტორის საშუალებით.

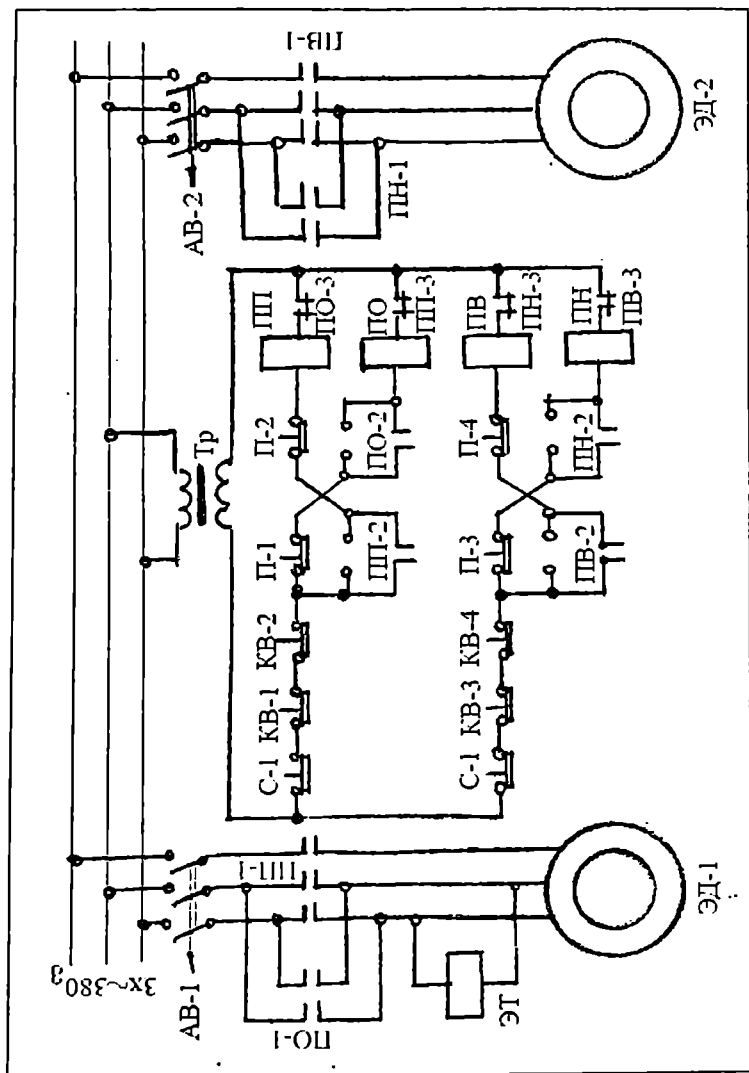
დაწვრილებით მარტივი ტვირთამწევი მანქანებისა და საწვევლების შესახებ იხილე „მშენებლობის ორგანიზაცია, მექანიზაცია, ავტომატიზაცია, დაგეგმვა და მენეჯმენტი“. წიგნი II. მშენებლობის მექანიზაცია (ამწევ-სატრანსპორტო მანქანები).



ნახ.14.38. ა) ელექტროტელფერის საერთო ხედი; ბ) კინემატიკური სქემა

§13. ელექტროტელეფერის ავტომატური მართვა

ნახაზზე 14.39 მოყვანილია ელექტროტელეფერის ელექტროძრავის მართვის სქემა.



ნახ.14.39. ელექტროტელეფერის ელექტროძრავის მართვის სქემა

სქემასზე წარმოდგენილია ორი ელექტროძრავი: ამწევი მექანიზმის ძრავი 0D-1 და გადაადგილების მექანიზმის ძრავი 0D-2. ორივე ძრავი მოკლედნარეული რაქონისა და მისი გაშვება ხდება ტელეფონის გაბარტებში ჩამუშავებული მანქანების გამშვებების დახმარებით. ძრავი 0D-1 ორივედა გამშვებთან H-1 კონტაქტორების B-1 და H-1 შერთვით. ძრავი 0D-2 გამშვებთან H-2 კონტაქტორების B-2 და H-2 შერთვით. ამ კონტაქტორების კოქების ავტონება ხდება აწვეობა (H-1) და დაშვების (H-2) და წინ (H-3) და უკან (H-4) გადაადგილების დოვანების ჩართვით. B-1 და H-1 კოქების წრეში მოძღვრებით არის ჩართული ბოლო გადომროველი KB. გადაადგილების მექანიზმი მართულია B-2 და H-2 კონტაქტორების წრეებში 25V-ზე ხელისრების დროს. ბოლო გადომროველები ხელისრებისა არ ეხება. კარდა ამისა, ამ წრეში არ არის ავტოვლებლია ჩამუშავებული მომხმარება.

ამწევი მექანიზმის ძრავის წრეში კონტაქტორების B-1 და H-1 და გადაადგილების მექანიზმის ძრავის წრეში B-2 და H-2 კონტაქტორების ერთდროულად ჩართვის შესაძლებლობის თვითა და ახალივითა თითოეული ამ ძრავის მართვისათვის გამოიყენება გადომროველი დოვანები. რამდენიმე; ისეა მოწყობილი, რომ დოვანით კოქის B-1 წრეის შერთვისას, გაბარტებში H-1 კოქის წრეა და, პირიქით, დოვანით H-1 კოქის წრეის შერთვისას, გაბარტებში B-1 კოქის წრეა.

ამავე მიზნით კოქების წრეებში; ერთდროულად ბლოკირებულია H და B კონტაქტორები. ამისა (380) ჩამონახით მოწყობილია ტრიალებზე ან კიდევ კაბელებზე შესვლად მართვისათვის ავტოვლებლია შესაძობის დოვანებზე დაკერა. ამისათვის, დოვანები შერთულია არასი თქმულ, ხასამ მათზე ხორციელდება დაკერა. დოვანების ხელის დაკერისათვის გაბარტისულები იწვევს წრეის გაწვევას და ელექტროძრავის გახერებას. ასეთი მდგომარეობა სქემის ავტოვლებლია, რათა ელექტროტელეფონი არ დაშორდეს თქმულთან, რამდენიმე; მის მართვის.

მართვის წრეა მოწყობილი ამისაზე 24 და ამწევი ტრანსფორმაციისათვის Tr, რაც თქმულთან იცავს მდგომარეობის ელექტროული დეზო დახმარებისათვის. ელექტროტელეფონის ამწევი მექანიზმის მეთხერი დახმარებისათვის ელექტროძრავის 0D-1 გადომროვის მომხმარებში გათვალისწინებულია ელექტრომანქანის სენსიტიბილური სენსიტიბილური მეხერება 0E.

კახელამწევის ავტომატიზაცია

§14. ზოგადი ცნობები

კახელამწევი გამოიყენება მოსამსახურებელი მოედნის მნიშვნელოვანი ფართობის დროს. იგი შედგება ორი კიდური კოშკისაგან (სტაციონარული ტიპის ან სარელსო გ'სებზე გადასაადგილებელი), რომელთა შორის გაჭიმულია მსიდი ბაგირი, რომელსედაც საწევი ბაგირის საშუალებით გადაადგილდება სატვირთო ურიკა ტვირთით ამა თუ იმ ტვირთსატაციო მოწყობილობით (გრეიფერი, გასაშლელი ნამწები. ბადები ბეტონისათვის მექანიკური განტვირთვით, ტრავერსები კაკეებით და სხვ.). სუსტად დაჭიმული ტვირთის ასაწევი ბაგირის ნაკიდულობის შესლუდვის მიზნით მალში მისი დაჭერა ხდება სარელსო მსიდ ბაგირზე განლაგებული სპეციალური დამჭერებით.

თუ კოშკები გადაადგილდებიან სარელსო გ'სებზე, ისინი ეყრდნობიან სავალ ურიკებს. მექანიზმების ამირავი დაყენებულია ერთ-ერთ კოშკზე. სატვირთო ურიკის გადაადგილება ხორციელდება სათანადო მექანიზმით უსასრულო ბაგირის დახმარებით, რომელიც ნამაგრებულია ურიკაზე ორივე მხრიდან და გადის მიმართველი ბლოკების სისტემაში. ამირავის მიხედვით ამ ამწეებს შეიძლება ჰქონდეთ ადრე: სემოთ აღნიშნული ნებისმიერი ელექტრული და კომბინირებული ძრავა.

კახელამწევის ტვირთამწეობა მერყეობს სასლვრებში 3-50ტ. 100-დან 1000 მ-მდე მალეების დროს. მუშა მოძრაობების (ტვირთის აწევა და სატვირთო ურიკას მოძრაობა) სინქარეები შეირჩევა საჭირო მწარმოებლურობისა და გადაადგილების გზის სიგრძისაგან დამოკიდებულებით.

ამწის კაბინის ელექტროძრავების განლაგების ადგილებიდან დაშორების გამო, კახელამწევი აღჭურვილია კონტაქტორული მართვით. კახელამწის სამართავ კაბინაში დაყენებულია ინდიკატორები, რომლებიც უნივენებენ ურიკას მდებარეობას მალში, ტვირთის მდებარეობას სიმაღლეზე, გრეიფერის მდგომარეობას (ღია, დახურული) და სხვ., აგრეთვე, ქარის სლვრული მუშა დაწნევის სიგნალიზაცია. ინდიკატორებს შეიძლება ჰქონდეთ ელექტრული კავშირი ჯალამბრის დოლებთან და სავალ თვლებთან სელსინების საშუალებით. მუშაობის სიზუსტის ფართო შესაძლებლობას იძლევა ამწის

დისტანციური რადიო მართვა, რაც შეიძლება განხორციელდეს გადასატანი რადიოსადგურების დახმარებით.

დამე მუშაობის დროს კოშკებზე იდგმება პროექტორები, რომლებიც ანათებენ მზიდი ბაგირების ხაზს. კაბელამწეები როგორც წესი, მუშაობენ ცვლად დენზე.

კაბელამწეზე სულ დაყენებულია ექვსი ელექტროძრავი: ერთი ურიკას გადაადგილების მექანიზმზე, ერთი - ტვირთის ასაწევ მექანიზმზე და ოთხი კოშკების გადაადგილების მექანიზმებზე.

დაწვრილებით კაბელ-ამწეების შესახებ იხილეთ "მშენებლობის ორგანიზაცია, მექანიზაცია, ავტომატიზაცია, დაგეგმვა და მენეჯმენტი". წიგნი II. მშენებლობის მექანიზაცია (ამწე-სატრანსპორტო მანქანები).

§15. კაბელამწეების ელექტროამკრამების მართვის აპარატურა

კაბელამწეებისათვის გამოიყენება, ძირითადად, მართვის ორი სახე - ხელით (არაავტომატური) და ნახევრად ავტომატური, რომლის დროსაც ავტომატიზებულია პროცესების ნაწილი (მაგალითად, გაშვება, დამუხრუჭება, სინქარის რეგულირება და სხვ.).

მართვის აპარატები შეიძლება იყოს ან უნივერსალური დანიშნულების მიხედვით, რომელიც უშვებს მართვას როგორც ცვლადი, ისე მუდმივი დენის წრედში (ბოლო გამომრთველები, კომანდოაპარატები და სხვ.), ან გათვალისწინებული მუშაობისათვის მხოლოდ დენის ერთ სახეზე (კონტაქტორები, სამუხრუჭე მაგნიტები, ელექტროჰიდრავლიკური მბიძგავები და სხვ.). ზოგიერთ აპარატს შეუძლია იმუშაოს ქსელის სხვადასხვა ძაბვის დროს, მაგრამ დასაშვები დატვირთვის შეცვლით სხვადასხვა ძაბვის დროს (მაგალითად, კონტროლერები, რომლებიც ახორციელებენ ძრავების მართვას; მათი სიმძლავრე ეცემა მკვებავი ელექტროქსელის უფრო დაბალი ძაბვის დროს. აპარატების ნაწილი ხანგრძლივად ჩართვის საშუალებას იძლევა, ნაწილი კი მუშაობს მხოლოდ განმეორებით მოკლე ხნით ჩართვის რეჟიმში ჩართვების ფარდობითი ხანგრძლივობით (PB-15, 25, 40 და 60%); ზოგიერთ აპარატს შესწევს უნარი იმუშაოს შესვენების

გარეშე შეხედულად დროით; სორმორებულა, აგრეთვე წართეების რიცხვიც, რასაც შეეძლია გაეძღოს აპარატის ერთი ხაზის განსაკუთრებაში.

აპარატურის ხაზიდან მუქობის უხრუხუქულხაყოფად აუცილებელია მათი დაცვა გარე დაზიანებებისაგან.

კაბელამწის ელექტროსმრავლებში კონტროლერების დასმარებით სორციელდება ძრავების გაშვება, გაჩერება, რევერსირება, დამუხრუხუქება და ბრუხვის ხინქსრის შეცვლა.

ტვირთის ასაწევი ხატვითი ურთის გადაადგილების მექანიზმების ხელის შესახედად, ხილო ზოგჯერ კაბელამწეების კომპეების გადასაადგილებელი მექანიზმებისათვის მოთეხება ბილოგამომროველები.

კაბელამწეების სამუხრუხუქე მექანიზმების ხამროთავად გამოთეხება ხამოვას და ერთოვას ხამუხრუხუქე ელექტრომგონიტები.

დამუხრუხუქების მართვის მეტად ხაომელო მოწეობილია ელექტროსიდრავლიკური მბიბავი.

მართვის დამხმარე წრედებზე ზემოქმედებისათვის, რომლებშიც გაეძიება დები კონტაქტორების კოტეებში გასოეეხება კომახლოაპარატები: კომახლოკონტროლერები, დილაკური ხადგურები და ხაავართი გამომროველები.

კომახლოკონტროლერების დახომუხულებია გადაართეების დიდი რიცხვის შეხრუხუქება მგნიტური კონტროლერების დასმარებით განხორციელებული გაშვების, დამუხრუხუქების, რევერსირების, გაჩერების დროს.

დილაკური ხადგურები (დილაკები) ახედებს ცალკეული კონტაქტორების წართეა-გამომროვას.

ხაავართი გამომროველები გამოთეხება მართვის ძირითადი წრედების მეხიურად გათომეხისათვის კაბელამწის ხწრავი გაჩერების აუცილებლობის შემოსევევაში. ხაავართი გამომროველების დავეხება ხდება კაბისებში და ზოგჯერ კაბელამწეების ხამსქახი ხათავსებში, ამხიას ერთ ამწეზე შეიძლება თეის თახმიდვერბითი შეერთებული რამდენიმე ხაავართი გამომროველი.

კაბელამწეების ცალკეული მექანიზმებისათვის ძირითად დამცავ აპარატს წართოდვეხს მამხიმსდური ელექტრომგონიტური რედე, რომელიც ზედდავს დეხს ხიდიით

$$I = (2.25 \div 2.5) I_{\text{თმ}} .$$

აღწის ექვლა მექსიხისის დაცვის მიხით ვამოიქეხება კომპლექტური მოწოდებობები დამცავი პსხელები, რომლებზეც ვახდავებულაი მსქხმადლერი რელი და ხსახი კონტაქტორი, რომელიც ვამორთავს მოელ დახადვასი მსქხმადლერი რელის ამოქმედების ახ ძაბვის დაცვისს შემოსვევასი დახამქებზე დაბლა.

წინადაბის ევთები ნეველებრივად შეორნევა ვახსახვერელი ხამწეო ძრავებისათვის და კონტროლერების ტიპებისათვის.

თხაკატორების მომხსერებისათვის ვამოიქეხება სვეციადლერი ელექტრული მსქხსეხი-ხელხიხეხი.

დაუმქებელი ძღვის ქრის და მომხსერე პეოხისაღისათვის შესაბამისი ხივსელებს ვადახაცემად ვამოიქეხება ხაქარე ვამომრთველები (კონტაქტური აქმომქტრეხი).

კაბელამწეებთის დეხის მივესახ ხორციელდება ნეველებრივად მოქხილი კაბელებით, რომლებიც ელექტროენერჯითი თქეებებთის ხამწეო გხეების ვახწერე ერომპხეთისაგახს 40-60 მეტრით დაცილლებული სვეციადლერი პექტეხიხეხი.

§16. კახელამწეებთის ავტომატური მართვა

ხსახსზე 1440 მივესახილი კაბელ ამწის ტიპური ხრელი ელექტროსქემს ხამეახსა დეხის ქხელიდახ მართეით, ამ ხქემასი აწევის მექსიხისის ძრავი D-1 იმართება TC ტიპის პსხელთი, ხატეორთი ერიკახ მექსიხისის ძრავი D-2 იმართება T პსხელთი, ხილი კომქების ვადახადვავებელი მექსიხისების ძრავები D-3-D-6 ვადართეებთის თიხი კონტაქტორთი BM და HM (მიექეოენებთის მსქხსერ ხაერდენს-კომქს), BK და HK (მიექეოენებთის მერხეუ ხაერდენს კომქს), მსქხმადლერი და ხეულიეახი დაცეა უხრეხეველეოფილია B ტიპის დამცავი პსხელთი.

ხატეორთი ერიკახ ვადადვავებების ხქემის თავისეპერება მღვომარეობს ხამი დიდაკის არხებობასი (KM, DB და DI), რომელთავახ პირველი ექსახერება ხამეხრეკი ელექტრომაგნიტის ხართავს ვამორთავი ძრავის დროს (ერიკახ თავიხი ხელით მოძრავბის ვახხორციელებს მიხით ქსიბზე მხიდი ბავირის ხაწვის უბახსზე), ხილი თრი დახარხიხი მღებდლო-

კირებელია. მათ გამოყენებას უნდა მოვერიდოთ. ისინი განკუთვნილია მოცემული მიმართულებით ურიკას მოძრაობის შესაძლებლობის უსრუნველსაყოფად ბოლო გამომრთველებების ამოქმედების შემდეგაც. K-2 კონტაქტი შეერთებულია მხოლოდ ნულოვან მდგომარეობაში; სამუხრუჭო მაგნიტის მართვისათვის გათვალისწინებულია კონტაქტორი M. სხვა მხრივ სქემა თითქმის არ განსხვავდება სტანდარტულისაგან.

თითოეული კოშკის გადაადგილება ხორციელდება ორი ელექტროძრავით (D-3 და D-4 მერხეე კოშკზე, D-5 და D-6 სამანქანო კოშკზე).

ელექტროძრავების მახასიათებლების შესარბილებლად როტორების წრედებში ჩართულია მუდმივი დამატებითი წინაღობები, რომლებიც რეგულირდება ელექტროამძრავების გამართვის დროს. შესაძლებელია, აგრეთვე, კონტაქტურ რგოლებიანი ელექტროძრავების შეცვლა მოკლედნართული ძრავებით. უკანასკნელ შემთხვევაში, სტატორის წრედში მიხანშეწონილია სამფაზა ან ერთფაზა წინაღობების ჩართვა. ამუშავების დიდი დენის გავლისას დენის პროპორციული ძაბვის ვარდნა წინაღობაზე იქნება მეტად მნიშვნელოვანი და შესწუდავს ამუშავების მომენტს; ძრავის გაქანებისას კი დენი დაეკემა და ძაბვის კარგვა წინაღობაზე შემცირდება. ამ მცირე დანაკარგის თავიდან ასაკილებლად გამშვებ წინაღობას ხშირად გადართავენ სპეციალური კონტაქტორით ან კონტროლერით.

რეგულირებადი ამუშავების წინაღობის სასურველობა კაბელამწეების კოშკების გადასადგილებელი მექანიზმების ძრავებისათვის განპირობებულია იმით, რომ წინაღობა გადაადგილებისადმი იცვლება მუშაობის პროცესში ძალიან ძლიერად – მასზე გაეღენას ახდენენ ისეთი ფაქტორები, როგორც მექანიზმების მდგომარეობა, წვიმა, ქარი და ა.შ. რეგულირებადი წინაღობა, რომელიც სწუდავს აუცილებლობის დროს ამუშავების მომენტს, უსრუნველყოფს კაბელამწეების კოშკების აჩქარების სიდიდის შენარჩუნებას მოცემულ საზღვრებში.

როგორც 14.40 ნახაზიდან ჩანს, კოშკების გადაადგილებების ოთხივე ელექტროძრავის ჩართვა ხდება ერთი კომანდო-აპარატით და ამასთან ბრუნავენ ერთი მიმართულებით. რადგან თითოეული კოშკის მოძრაობისადმი წინააღმდეგობა

შეიძლება იყოს განსხვავებული, შესაძლებელია ერთი კომპის მიერ მეორის გასწრება. ასეთი გასწრების აღმოსაფხვრელად უნდა იყოს შესაძლებლობა ნებისმიერი კომპის დროებითი გაჩერებისა, მეორე კომპის მოძრაობის გაგრძელების დროს. ამ მიზანს ემსახურება ღილაკი “სდექ” სამანქანო კომპისათვის MB და KB მერხევი კომპისათვის, რომლებიც თიშავენ შესაბამისი კონტაქტორების კოჭების წრედებს მოძრაობის ნებისმიერი მიმართულებისას.

ნულოვანი დაცვა და ბლოკირება, აგრეთვე, კომპების გადაადგილების მექანიზმების ძრავების მაქსიმალური დაცვა ხორციელდება მთელი ამწის საერთო დამცავი პანელის დახმარებით.

პილული საჰაერო-საბაზირო ბუმბის ავტომატიზაცია

§17. ზოგადი ცნობები

კიდული საჰაერო-საბაზირო გზები გველდება ხაჭუროთი და სამკზავრო.

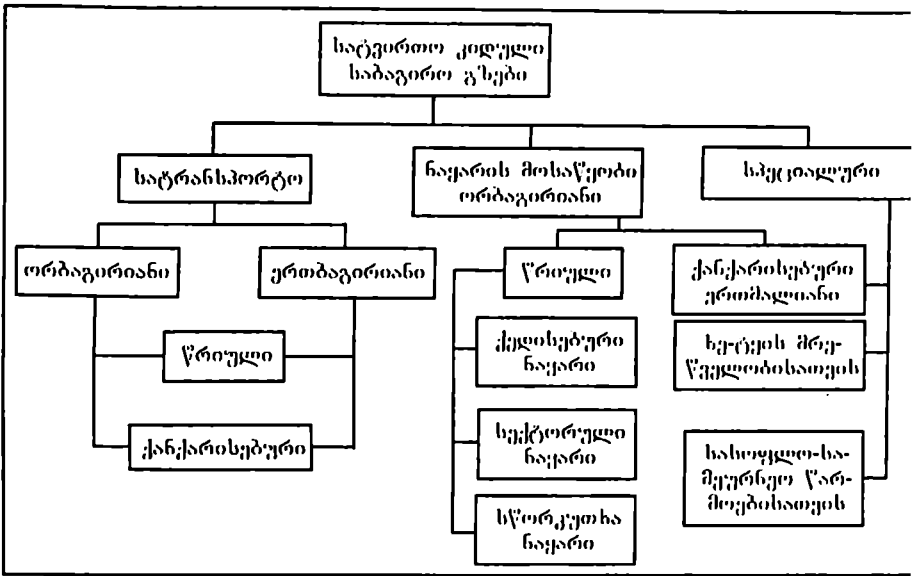
ხაჭუროთი საბაზირო გზები გამოიყენება სხვადასხვა სახის ტერორების (უპირატესად ხაჯარი) გადასახიდად: თხის ემსახურებას სახადლო მეურნეობის სხვადასხვა დარგს: ხალომადლო, ხაწმირის, ქისორ, ხილოკატორ, მქალურგორ, სეჩეის, კეკის, მუბუქი მრეწველობის, ხახოლო-ხამეურნეო წარმოების, ელექტროსადგურების, მშენებლობის და სხე.

ხოგად შემოსევევაში ხაჭუროთი გზა მოიცავს ხაჭუროთაე ხადგურს, ხაბოლოთი გახაჭუროთაე ახ მარტოვად შემოვლებ ხადგურს, ხახხო ხაურდუხებს, შუადუდ ხახხო ხადგურებს (მხოშეგლოეახი ხიგრბის გზებში), მხოდ და ხაწეე ბაჯირებს (ორ ბაჯირას) ახ მხოლოდ მხოდ-ხაწეე ბაჯირს ერთბაჯირასი ხისტემის დროს, ამირაგს, მომრავ შემსადგეხლობს ვავონებებს მოცულობით 0,6-5 მ³

ხაჭუროთი კიდული საჰაერო-საბაზირო გზების ელახიოეკაცია წარმოდგენილია ხახხოხე 1441.

ხამკზავრო საბაზირო გზები გამოიყენება სხვადასხვა მოხისხაოეს: როგორე ხორტეული და ხაჭურისტორ, ხახტორიემების მომსახურებისაოეს, ხაქლავიო ტრახხბორტისაოეს, წელის და ხალოთი გადასახედელებს, მქმსაოთ დასახდეებების დახაკეწმორებლად ხალოთი დამქმსაეებების ადგილებოას და სხე.

ხოგადად ხამკზავრო გზა მოიცავს ქეედა და ზედა ხადგურებს, ხახხო ხაურდუხებს, შუადუდ ხახხო ხადგურებს, ბაჯირების ხისტემას, ამირაგს, მომრავ შემსადგეხლობს ხამკზავრო ვავონებს.



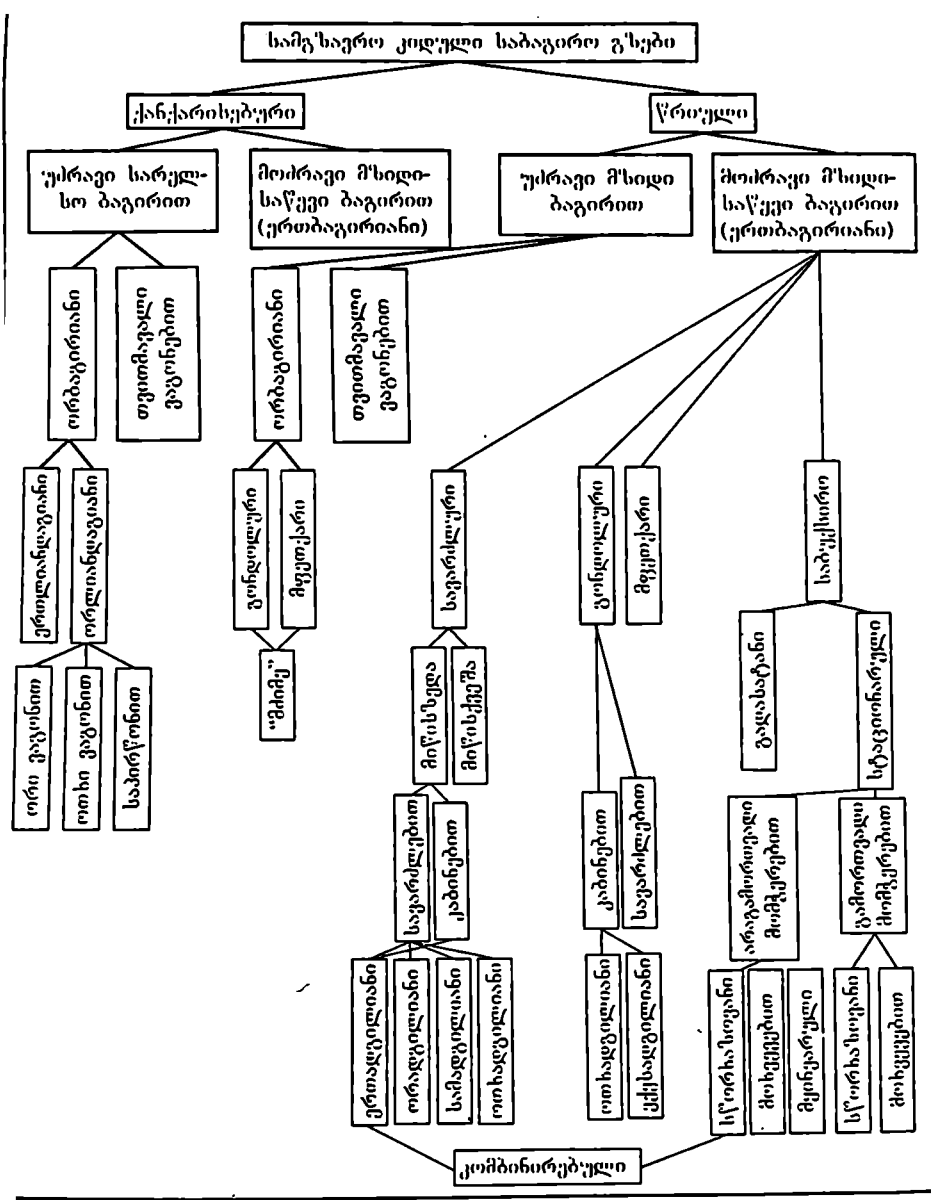
ნახ.14.41. სატვირთო კიდული საჰაერო-საბაგირო გზების კლასიფიკაცია

სამგზაერო კიდული საჰაერო-საბაგირო გზების კლასიფიკაცია მოცემულია 14.42 ნახაზზე.

მოდრავი შემადგენლობის მოძრაობაში მოსაყვანად საწევი ბაგირის დახმარებით გამოიყენება ამძრავები ბაგირ-წამყვანი შკივით. დოლური ჯალამბრები გამოიყენება ძალიან იშვიათად და მხოლოდ ქანქარისებური საბაგირო გზებისათვის სიგრძით 700 მ-მდე.

ამძრავებს წაეყენებათ შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები: წვეის უნარის სტაბილურობა სხვადასხვა დატვირთვის დროს, რაც არ უნდა მცირდებოდეს, როგორც ბაგირწამყვანი შკივის ღარების ან მომჭერების, ისე ბაგირის გაცვეთისას. მუშაობის საიმედოობა სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში; ბაგირწამყვანი შკივისა და ბაგირის ცვეთამდედგობა; სიმარტივე ექსპლოატაციაში.

დაწერილებით საბაგირო გზების შესახებ იხილეთ "მშენებლობის ორგანიზაცია, მექანიზაცია, ავტომატიზაცია, დაგეგმვა და მენეჯმენტი". წიგნი II. მშენებლობის მექანიზაცია (ამწევი-სატრანსპორტო მანქანები).



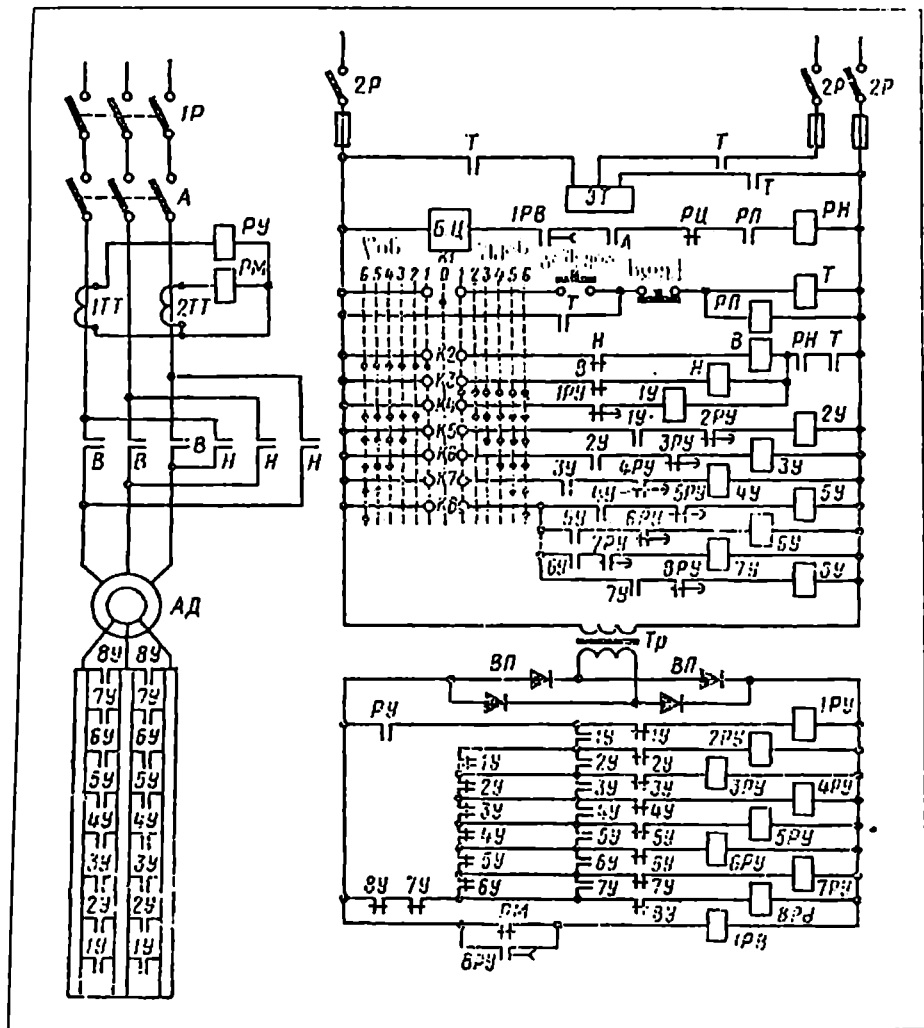
ნახ.14.42. სამგზავრო კიდული საბავირო-საბავირო გზების კლასიფიკაცია

§18. საბაზირო გზების ავტომატური მართვა

საბაზირო გზის ელექტროამძრავის მართვის სქემის შერჩევა განისაზღვრება მისი მუშაობის რეჟიმით. ტრასის ქანობისა და მუშაობის განმავლობაში დატვირთვისაგან დამოკიდებულებით ძრავის მუშაობის რეჟიმი იცვლება. ტვირთების აწევის შემთხვევაში ელექტროამძრავი მუშაობს ძრავულ რეჟიმში, დაშვების დროს გენერატორულში ენერჯის რეკუპერაციით ქსელში. ნიშანცვლადი დატვირთვა იწვევს ელექტროამძრავის მუშაობას ხან ძრავულ, ხან გენერატორულ რეჟიმებში.

საბაზირო გზის მუშაობის დროს ტვირთის აწევაზე (აღმართზე) გამოიყენება ამძრავის მართვის შედარებით მარტივ სქემა (ნახ.14.43). ძრავის გაშვება ხორციელდება კომანდოკონტროლერის KK და გზის გაშვების დილაკის "გაშვება" საშუალებით. წინაღობის საფეხურების გამოყვანა წარმოებს დროის დამოუკიდებელი დაყოვნების ფუნქციაში (რელე $1PY + 8PY$) ძრავის სტატორის დენის მიხედვით კონტროლის საფუძველზე. ამისათვის ძრავის სტატორის წრედში ჩართვება დენის რელე PY, რომელსაც კონტაქტები აქვს ანქარების რელეს წრედში. ამრიგად, ერთი საფეხურიდან მეორეზე გადასვლა ხდება დენის განსაზღვრული სიდიდის დროს. გზის მუშაობის საიმედოობის ასამაღლებლად გაშვების რეჟიმი კონტროლდება მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტური რელეთი, რომელიც იკვებება გამმართველებისაგან BP.

ელექტროამძრავის მართვის სქემაში გათვალისწინებულია მაქსიმალური დაცვა PM და სინქარის დაუშვებელი გაზრდისაგან დაცვა PL, რისთვისაც მართვის წრედში ჩართულია ცენტრიდანული რელეს კონტაქტები. ელექტროამძრავის დასაზუსტებლად დაყენებულია ელექტრომაგნიტური სამუხრუჭო მოწყობილობა მტ. ძაბვის შემცირების კონტროლისათვის, ჩვეულებრივად, გამოიყენება ნულსოვანი დაცვა (რელე PH), რომელს წრედშიც შეიყვანება ყველა ბლოკირება (BL). მართვის სქემის მუშაობა საბაზირო გზის გაშვებით მეტად მარტივია და ახსნას არ საჭიროებს.



ნახ.14.43. საბაგრო გზის ელექტროამძრავის მართვის პრინციპული სქემა

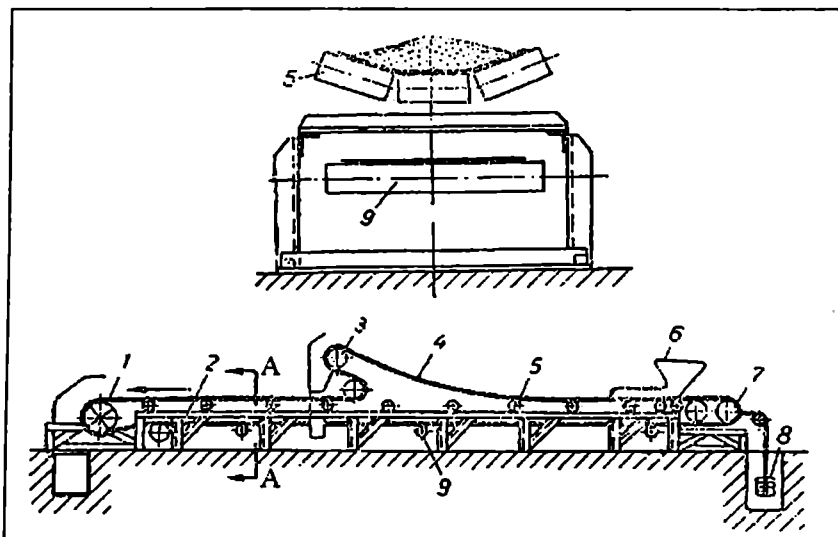
საბაგირო გზის მუშაობა დაღმართზე რამდენადმე განსხვავდება ადრე გარჩეული ვარიანტისაგან. გზის გაშვება შეიძლება უბრალოდ სამუხრუჭო ხუნდების აწვეით. ძრავის მიერ სინქრონულთან ახლო სინქარის მიღწევისას, სინქარის რელე მიუერთებს მას ქსელს. მაგრამ ამ შემთხვევაში გამშვების რეჟიმი დამოკიდებულია სინქარის რელეს მუშაობის საიმედოობაზე. ამიტომ გაშვებისათვის გამოიყენება ნეეულბერივი დროის დამოუკიდებელი დაყოვნებით მომუშავე კონტაქტორ-რელეური სქემა. ელექტროამძრავის გაშვების შემდეგ ძრავა მუშაობს გენერატორულ რეჟიმში ენერჯის ქსელში დაბრუნებით. განსაკუთრებული პირობები წაყენება ამძრავის მართვის სქემას დამუხრუჭების რეჟიმში. საბაგირო გზის მყოსიერად გაჩერებისას კინეტიკური ენერჯის მთელი მარაგი უნდა ჩაქრობილი იქნეს სამუხრუჭო მოწყობილობაში, რაც ართულებს მუხრუჭების მექანიკურ ნაწილს და აქვეითებს მათი მუშაობის საიმედოობას. ამის თავიდან ასაცილებლად საბაგირო გზებზე გამოიყენება დინამიკური დამუხრუჭება, ხოლო სამუხრუჭო ხუნდების შედგება ხდება სინქარის შემცირებისას $\omega_{\text{წმ}}$ -ის 10%-მდე.

მუდმივი დენი მიეწოდება ძრავის სტატორს ნახეარგამტარული გამმართველებისაგან. დამუხრუჭება ხორციელდება ძრავის როტორის წრედში წინაღობის შემცირებით, ამასთან ძრავი მუშაობს გენერატორად როტორულ წინაღობებზე. წინაღობების გამოყვანა როტორის წრედში წარმოებს დროის დამოუკიდებელი დაყოვნების ფუნქციაში.

ნიშანცვლადი დატვირთვის შემთხვევაში საბაგირო გზის ამძრავისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს ფაზურ როტორიანი ასინქრონული ძრავი. მაგრამ ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვნად რთულდება მართვის სქემა, რადგან აღმართისა და დაღმართის რეჟიმებში მართვის აპარატურა მოითხოვს სხვადასხვა მომართვას დროის მიხედვით. ამიტომ, ყველაზე საპასუხისმგებლო გზებზე გამოიყენება გენერატორი-ძრავის სისტემის უმარტივესი სახე; გზის სინქარის რეგულირება წარმოებს გენერატორის ადგზნების დენის სიდიდის ცვლილებით.

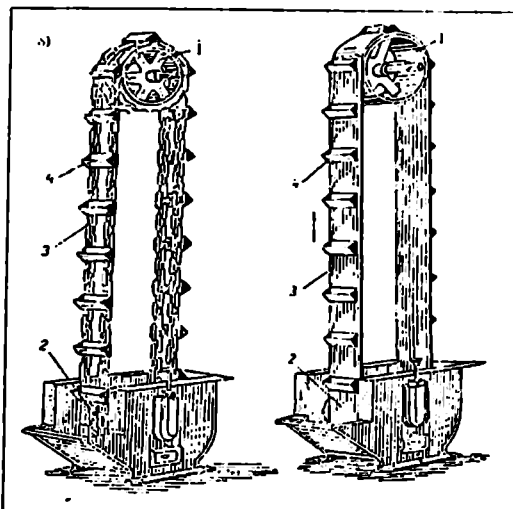
§19. ზოგადი ცნობები

კონვეიერები მიეკუთვნება უწყვეტი ტრანსპორტის მანქანებს. კონვეიერების საშუალებით ხორციელდება ნაყარი და ცალობითი ტვირთების ტრანსპორტირება სამშენებლო მოედნებზე, საწყობებში, კარიერებზე, სამშენებლო ინდუსტრიის ქარხნებში და სხვ. კონვეიერებიდან მშენებლობაზე ფართო გავრცელება ჰპოვეს: ლენტურმა ტრანსპორტერებმა (ნახ.14.44), მრავალჩამიანმა ელევატორებმა (ნახ.14.45) და ხრახნულმა ტრანსპორტერებმა (ნახ.14.46).

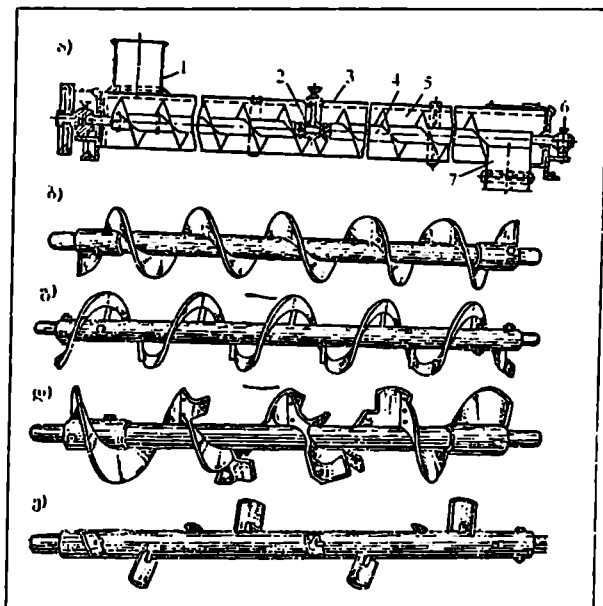


ნახ.14.44. სტაციონალური ლენტური ტრანსპორტიორი: 1 - ამბრავე დოლი; 2 - ჩარჩო; 3 - ურიკა; 4 - მოქნილი უსასრულო ლენტა; 5,9 - საყრდენი გორგოლაჭები; 6 - ჩასატვირთი ძაბბრი; 7 - დამჭიმავი დოლი; 8 - დამჭიმავი ტვირთი

სამშენებლო სამუშაოების წარმოების დროს, განსაკუთრებით ჰიდროტექნიკური, როდესაც აუცილებელია გრუნტის, ღორღის, ხრეშის, ქვიშის დიდი მასების გადაადგილება, აყენებენ თანმიმდევრობით ლენტურ ტრანსპორტერებს.



ნახ.14.45. ჩამოიანი
 ელექტორების სქე-
 მები: ა) ჯაჭეური; ბ)
 ლენტური; 1 - ამბ-
 რაი დოლი; 2 -
 დაბჯიმაი დოლი; 3 -
 საწევი ორგანო; 4 -
 ჩამები



ნახ.14.46. ხრახ-
 ნული ტრანსპორ-
 ტიორი: ა) საერთო
 ხელი; ბ) მთლიანი
 ხრახნი; გ) ფასო-
 ნური ხრახნი; დ)
 ფრთებიანი ხრახნი;
 1 - ჩასატეირთი ძა-
 ბრი; 2 - შუალე-
 დური საკისარი; 3
 - სატრანსპორტი-
 რებელი ხრახნი; 4
 - ამბრაიე ლილევი;
 5 - ღარი; 6 - საბ-
 ჯენი საკისარი; 7 -
 განსატეირთი საბ-
 რომი

§20. კონვეიერების ავტომატური მართვა

ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალური მსვლელობისათვის აუცილებელია შემდეგი წესების დაცვა:

1. სატრანსპორტო ჯაჭვის ცალკეული რგოლების ძრავების გაშვების განსაზღვრული თანმიმდევრობის უზრუნველყოფა; კონვეიერის მასალის დაზვევებისაგან დასაცავად ძრავების გაშვება უნდა მიმდინარეობდეს ტვირთნაკადის საპირისპირო მიმართულებით.

2. ძრავების გაჩერება უნდა მოხდეს თვითნაკადის მიმართულებით;

3. რომელიმე ძრავის ავარიული გამორთვისას გამოირთოს ყველა ძრავი, რომელთა საშუალებითაც ხორციელდება მასალის მიწოდება დაზიანებულ რგოლზე, ხოლო ძრავები, რომლებიც განლაგებულია დაზიანებული უბნის შემდეგ (მასალის სელის მიხედვით) უნდა აგრძელებდნენ მუშაობას;

4. გათვალისწინებული იქნეს ძრავების ცალ-ცალკე გაშვების შესაძლებლობა სისტემის გაწეობისა და მოსინჯვის აუცილებლობისას;

5. გათვალისწინებული იქნეს კონვეიერის ავარიული გაჩერების შესაძლებლობა მისი ნებისმიერი ადგილიდან;

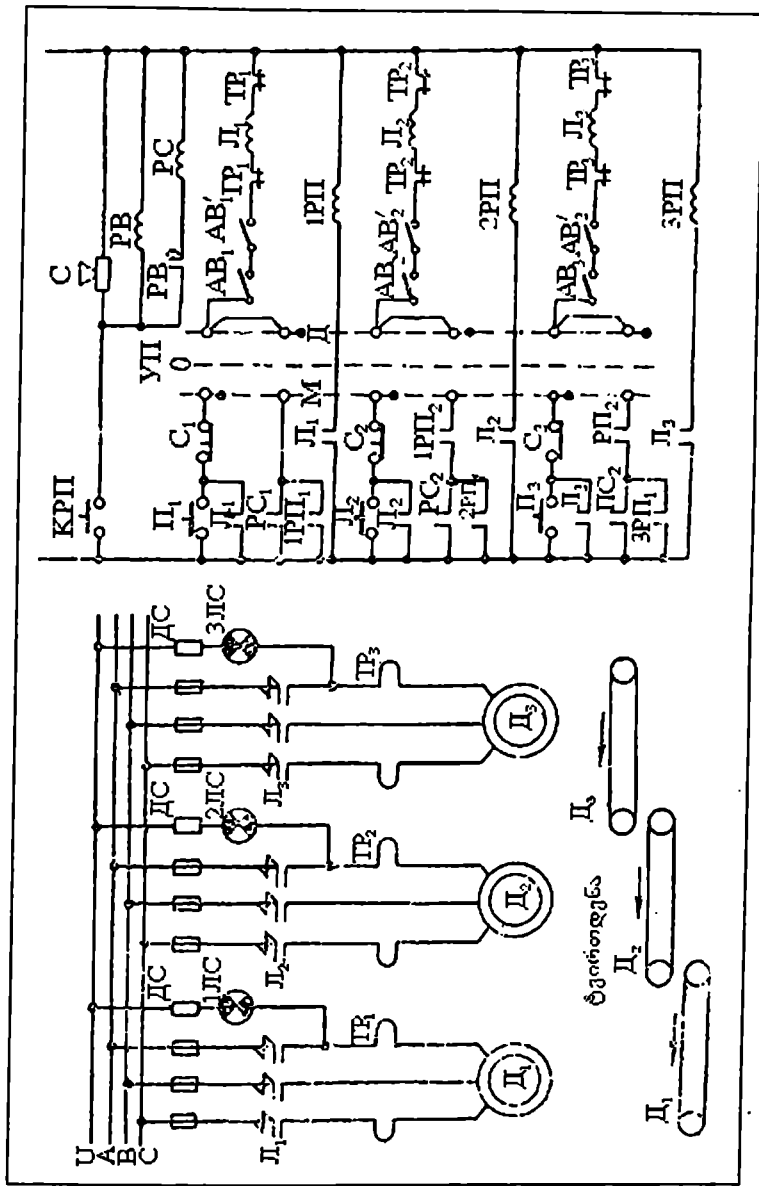
6. გაშვების წინ მიცემული უნდა იქნეს მაფრთხილებელი სიგნალი.

ნახაზზე 14.47 მოყვანილია კონვეიერული ხაზის სამი ძრავის ავტომატური მართვის სქემა, რომელიც შედგება ზემოთ ფორმულირებული მოთხოვნების შესაბამისი სამი რგოლისაგან.

სქემაში გათვალისწინებულია უნივერსალური გადამრთველი YΠ, რომელიც უზრუნველყოფს კონვეიერული ხაზის მუშაობის რეჟიმის შერჩევას.

გადამრთველის დაყენებისას მარჯხენა მდგომარეობაში ხორციელდება ძრავების ცალ-ცალკე (ადგილობრივი) მართვა, ხოლო მარჯვენაში – ცენტრალიზებული (დისტანციური).

ძრავების ცალ-ცალკე გაშვებისას ჩართვაზე იმპულსი მიეწოდება ღილაკებზე Π₁, Π₂ ან Π₃ დაჭერით. ეს ღილაკები ჩართულია მაგნიტური გამშვებების კოჭების Π₁, Π₂ ან Π₃ წრედებში.



ნახ.14.47. კონფიგურული ხაზის ავტომატური მართვის სქემა

კონვეიერული დანადგარის ცენტრალიზებული გაშვება სადისპეტჩერო პუნქტიდან ხორციელდება ღილაკზე KPI დაჯერიტ. ამასთან მიეწოდება ძაბვა სირენაზე C, რომელიც გამოიმუშავებს სიგნალს სისტემის გაშვების შესახებ. ერთდროულად ჩაირთვება დროის რელე PB, რომელიც დროის დაყოვნებით შერთავს თავის კონტაქტებს სიგნალიზაციის რელეს PC წრედში; უკანასკნელი შერთავს PC₁, PC₂ და PC₃ კონტაქტებს მაგნიტური გამშვებების კოჭების J₁, J₂ და J₃ წრედებში.

PC₁ კონტაქტით შერთვის გამო ძაბვა მიეწოდება მაგნიტური გამშვების კოჭზე J₁. უკანასკნელი ამოქმედდება და ჩართავს D₁ ძრავს. ერთდროულად ინთება სასიგნალო ნათურა LС. J₁ ბლოკ-კონტაქტით შერთული ძაბვა მიეწოდება შუალედ რელესზე IPI ორი შერთვადი კონტაქტით. 2PI₁ კონტაქტით ჩაირთვება მაგნიტური გამშვები J₂, რაც იწვევს D₂ ძრავის ამოქმედებას, სასიგნალო ნათურის J₂ ანთებას და შუალედი რელეს 2PI ჩართვას.

KPI ღილაკის აშვებისას წყდება ხმოვანი სიგნალის მიწოდება. მაგრამ ეს სისტემის მუშაობაზე არ აისახება, რადგან PC₁, PC₂ და PC₃ კონტაქტები დაშუნტებულია შუალედი რელეს IPI₁, 2PI₂ და 3PI₃ კონტაქტებით.

კონვეიერული ხაზის გაჩერება შეიძლება იქნეს განხორციელებული უნივერსალური გადამრთველის YII მობრუნებით და შუალედ მდებარეობაში დაყენებით.

კონვეიერული ხაზის ნებისმიერი რგოლის ავარიული გაჩერებისათვის სქემაში გათვალისწინებულია ავარიული გამომრთველები AB₁, AB₁[′], AB₂, AB₂[′], AB₃ და AB₃[′].

კონვეიერული ხაზის გასწვრივ იჭიმება გვარლი, რომლის ბოლოებიც დაკავშირებულია ავარიულ გამომრთველებთან.

გვარლის დაჭიმვისას ამოქმედდება განსახდერული ავარიული გამომრთველი, რაც იწვევს შესაბამისი ძრავის გამორთვას, აგრეთვე, ყველა ძრავისას, რომელსაც მოჰყავს ბრუნვაში კონვეიერული ხაზის რგოლები, რომლებიც მასალას აწოდებენ გამორთულ რგოლზე.

დანართები

დანართი I

1. თავისუფალი გარდნის აჩქარება (g) დედამიწის სხვადასხვა ადგილებში, მ/წ²

პოლუსზე	9,83216	ეკვატორზე	9,78130
45° განედზე	9,80616	ნორმალური	9,80665
g-ს მნიშვნელობა ზოგიერთი ქალაქისათვის, მ/წ²			
არხანგელსკი	9,8228	მოსკოვი	9,8156
ბუღაქოვსკი	9,8085	ოდესა	9,8077
ვაშინგტონი	9,8078	პარიზი	9,8094
პეტერბურგი	9,8192	რომი	9,8037
		ტოკიო	9,7880

(გაგრძელება) დანართი I

2. თავისუფალი გარდნის აჩქარება (g) ზოგიერთი ციური სხეულის ზედაპირზე (ეკვატორისათვის) მ/წ²

უკერა	8,88	მარსი	3,88	მსოფლიო	274,0
დედამიწა	9,81	მერკური	3,68-3,74	ურანი	8,12
მთვარე	1,62	ნეპტუნი	11,2	იუპიტერი	26,2

დანართი II

I. ლითონებისა და შენადნობების სიმკვრივე (ρ) 20°C ტემპერატურის დროს

ლითონი ან შენადნობი	ρ, კგ/მ ³	ლითონი ან შენადნობი	ρ, კგ/მ ³
ალუმინი	2700	ნატრიუმი	970
ბაბიტი	7300-10100	ნიკელის ელქცხლი	8400-8700
ბრინჯაო	8700-8900	ნიკელინი	8500
კოლფორამი	19300	ნიკელი	8900
გერმანიუმი	5323	ნიქრომი	8100-8400

ლითონი ან შენადნობი	ρ , კგ/მ ³	ლითონი ან შენადნობი	ρ , კგ/მ ³
დურადუმინი	2700-2900	კალა	7300
რკინა	7874	ოსმიუმი (უმკვრივესი	
ოქრო	19320	ლითონი)	22570
კალაიუმი	862	პლატინა	21450
კონსტანტანი	8900	პლატინა-ირიდუმი	
სილიციუმი	2300	შენადნობი	21500
თითბერსი	8300-8700	ტყვი	11350
ლითიუმი (უმსუბუქესი		ვერცხლი	10500
ლითონი)	534	ყოლადი	7700-7900
მაგნიუმი	1740	ურანი	18950
მანგანი	8400-8500	თუთია	7140
სპილენძი	8960	თუჯი	7000-7800
მოლიბდენი	10200		

2. მყარი სხეულების სიმკვრივე (ρ) 20°C ტემპერატურის დროს

ნივთიერება	ρ , კგ/მ ³	ნივთიერება	ρ , კგ/მ ³
მყარი აზოტი ($t=-252^{\circ}\text{C}$		ვარცი	1800-2600
ტემპერატურის დროს)	1026	ნაფტალინი	1150
ალმასი	3400-3600	პარაფინი	870-920
ბეტონი	1800-2800	რეზინი	910-1400
ქადალდი	700-1200	საცობი	220-260
მყარი წყალბადი ($t=-262^{\circ}\text{C}$		სტეარინი	970-1000
ტემპერატურის დროს)	81	სარკის მინა	2450-2800
ფუტკრის ცვილი	960-980	ყინჯრის მინა	2400-2700
კანაფოლი	1070	სუფრის მარტილი	2200
მყარი ჟანგბადი ($t=-252^{\circ}\text{C}$		ლუქი	1800
ტემპერატურის დროს)	1426	ყააყური	2200-2500
კონკრეტი ($t=0^{\circ}\text{C}$ ტემპერა-		შიყური	2800
ტურის დროს)	880-920	ქარკა	1100

3. ზოგიერთი პლასტმასის სიმკვრივე (ρ)

პლასტმასა	ρ , კგ/მ ³	პლასტმასა	ρ , კგ/მ ³
ბეტინაქსი	1300-1400	პოლიკლორენილი	1200-1800
კაპრონი	1100-1200	პოლიეთილენი	920
ლაგსანი	1300-1400	მინარტექსტოლიტი	1700-1800
ორგანული მინა	1200	ტექსტოლიტი	1300-1600
ქაჟკლახტი	40-220	კელულოიდი	1300-1500
პოლისტიროლი	1000-1100	ეპონიტი	1200-1400

დანართი III

1. ლითონებისა და შენადნობების ხვედრითი თბოტევადობა

ლითონი ან შენადნობი	ტემპერატურა, °C	ხვედრითი თბოტევადობა	
		კა/კგ·K	კაღ/°C
ალუმინი	0-200	0.92	0.22
ყოფფერამი	0-1600	0.15	0.036
რკინა	0-100	0.46	0.11
რკინა	0-500	0.54	0.13
სპირო	0-500	0.13	0.032
ირიდიუმი	0-1000	0.15	0.037
მაგნიუმი	0-500	1.10	0.27
სპილენძი	0-500	0.40	0.097
ნიკელი	0-300	0.50	0.12
კალა	0-200	0.23	0.056
პლატინა	0-500	0.14	0.033
ტყვია	0-300	0.14	0.033
ვერცხლი	0-500	0.25	0.059
ფოლადი	50-300	0.50	0.12
თუთია	0-300	0.40	0.097
თუჯი	0-200	0.54	0.13

2. შიკარი ნივთიერებების ხვედრითი თბოტევეადობა

ცხრილში მოყვანილია ნივთიერებების ხვედრითი თბოტევეადობის საშუალო მნიშვნელობები ტემპერატურის ინტერვალში 0-დან 100°C-მდე (თუ სხვა ტემპერატურა არ არის ნაჩვენები)

ნივთიერება	ხვედრითი თბოტევეადობა		ნივთიერება	ხვედრითი თბოტევეადობა	
	კვ/კუ ^o K	კალ/კ ^o C		კვ/კუ ^o K	კალ/კ ^o C
შიკარი აზოტი (t=-250°C ტემპერატურის დროს)	0.46	0.11	შიკარი ჯანგბადი (t=200°C ტემპერატურის დროს)	1.60	0.39
ბეტონი (t=20°C ტემპერატურის დროს)	0.88	0.21	ყინული (ტემპერატურების - 40-დან 0°C-მდე ინტერვალში)	0.21	0.50
ქალაქლი (t=20°C ტემპერატურის დროს)	1.50	0.36	ნაფტალინი (t=20°C ტემპერატურის დროს)	1.30	0.31
შიკარი ჰაერი (t=193°C ტემპერატურის დროს)	2.00	0.47	პარაფინი (t=20°C ტემპერატურის დროს)	2.89	0.69
გრაფიტი	0.75	0.18	საცეზი	2.00	0.48
სე:			მინა:		
შიქხა	2.40	0.57	ჩვეულებრივი	0.67	0.16
ნაქი, ფიჭვი	2.70	0.65	სარკის	0.79	0.19
ქვამარილი	0.92	0.22	ლაბორატორიული	0.84	0.20
ქვა	0.84	0.20	ფაიფური	1.10	0.26
აგური (t=0°C ტემპერატურის დროს)	0.88	0.21	შიყერი (t=20°C ტემპერატურის დროს)	0.75	0.18

1. ლითონებისა და შენადნობების წრფივი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი

ცხრილში მოყვანილია ლითონებისა და შენადნობების წრფივი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტის (α) საშუალო მნიშვნელობები 0-დან 100°C-მდე ტემპერატურების ინტერვალში (თუ სხვა ტემპერატურა არ არის ნაჩვენები)

ლითონი, შენადნობი	$\alpha, 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	ლითონი, შენადნობი	$\alpha, 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
ალუმინი	2.4	დურალუმინი (t=20°C ტემპ-პერატურის დროს)	23
ბრინჯაო	13-21	ოქრო	14
ვოლფრამი (0-დან 200°C – მდე ტემპერატურების ინტერვალში)	4.5	რკინა	12
ინვარი*	1.5	პლატინიტი** (t=20°C ტემპ-პერატურის დროს)	8-10
ირიდოუმი	6.5	პლატინა-ირიდოუმი*** (20-დან 100°C –მდე ტემპ-რატურების ინტერვალში)	8,8
კონსტანტანი	12-15	ტყვია	29
თითბერი	17-19	ვერცხლი	20
მანგანინი	18	ნახშირბადოვანი ფოლადი	10-17
სპილენძი	17	თუთია	32
ნიკელის ვერცხლი	18	თუჯი (20-დან 100°C –მდე ტემპერატურების ინტერვალში)	9-11
ნიკელი	14		
ნიქრომი (20-დან 100°C – მდე ტემპერატურების ინტერვალში)	14		
კალა	26		
პლატინა	9.1		

* გამოიყენება ზუსტი საზომი ხელსაწყოების დეტალების დასამზადებლად.

** გამოიყენება ელექტრული ნათურების დასამზადებლად.

*** ამ შენადნობიდან დამზადებულია კილოგრამისა და მეტრის პროტოტიპები.

2. მყარი ნივთიერებების წრფივი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი

ცხრილში მოყვანილია მყარი ნივთიერებების წრფივი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტის (α) საშუალო მნიშვნელობები 0-დან 100°C-მდე ტემპერატურების ინტერვალში (თუ სხვა ტემპერატურა არ არის ნაჩვენები)

ნივთიერება	$\alpha \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	ნივთიერება	$\alpha \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
ალმასი	1,2	მდნარი კიბარცი ($t=40^\circ\text{C}$ ტემპერატურის დროს)	0,4
ბეტონი ($t=20^\circ\text{C}$ ტემპერატურის დროს)	10-14	აგური ($t=20^\circ\text{C}$ ტემპერატურის დროს)	3-9
გრანიტი ($t=20^\circ\text{C}$ ტემპერატურის დროს)	8	ყინული (-20 -დან 0°C -მდე ტემპერატურების ინტერვალში)	51
გრაფიტი	7,9	პრაფინი (16-დან 48°C -მდე ტემპერატურების ინტერვალში)	70*
მუხა (2-დან 34°C -მდე ტემპერატურების ინტერვალში)	4,9	ფიქვი (2-დან 34°C -მდე ტემპერატურების ინტერვალში):	
ბოჭკოების გასწვრივ	54,4	ბოჭკოების გასწვრივ	5,4
ბოჭკოების განივად		ბოჭკოების განივად	34
ხეტიყ ($t=20^\circ\text{C}$ ტემპერატურის დროს):	3,5-5,5	ლაბორატორიული მინა	3-9
ბოჭკოების გასწვრივ	34-60	ფაიფერი	2,5-4,0
ბოჭკოების განივად		შიფერი ($t=20^\circ\text{C}$ ტემპერატურის დროს)	10
ფანჯრის მინა (20-დან 200°C ტემპერატურების ინტერვალში)	10		

* პარაფინის მოცულობითი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი

1. ლითონებისა და შენადნობების დნობის ტემპერატურა t_{დნ} ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს

ლითონი ან შენადნობი	t _{დნ} , °C	ლითონი ან შენადნობი	t _{დნ} , °C
ალუმინი	660,4	მაგნიუმი	648,8
კობალტი	3387	სპილენძი	1084,5
გერმანიუმი	937,4	ნატრიუმი	97,8
დურალუმინი	≈ 650	ნიკელის ქვრცხელი	≈ 1100
რკინა	1539	ნიკელი	1455
ოქრო	1064,4	ნიკრომი	≈ 1400
ინვარი	1425	კალა	231,97
ირიდუმი	2410	ოსმიუმი	3045
კალაუმი	63,6	პლატინა	1772
პაფნიუმიკარბიდი	3890	ვერცხლისწყალი	-38,9
ნიობიუმიკარბიდი	3760	ტყვია	327,50
ტიტანიკარბიდი	3150	ვერცხლი	961,93
კირკინკარბიდი	3530	ფოსფატი	1300-1500
კონსტანტანი	≈ 1260	ფიქრალი	≈ 1460
სილიციუმი	1410	ცესიუმი	28,4
თიზუმი	≈ 1000	თუთია	419,58
ადვილდნობადი შენადნობი*	60,5	თუჯი	1100-1300

* შემადგენლობა 50%Bi, 25% pb, 12,5% Sn, 12,5% Cd.

2. ლითონების დნობის ხვედრითი სითბო ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს

ლითონი	დნობის ხვედრითი სითბო		ლითონი	დნობის ხვედრითი სითბო	
	ქვ/კგ	კალ/გ		ქვ/კგ	კალ/გ
ალუმინი	393	94	პლატინა	133	27
ვოლფრამი	184	44	ვერცხლისწყალი	12	2.8
რკინა	270	64.5	ტყვია	24.3	5.8
ოქრო	67	16	ვერცხლი	87	21
მაგნიუმი	370	89	ვოლფადი	84	20
სპილენძი	213	51	ტანტალი	174	41
ნატრიუმი	113	27	თუთია	112.2	26.8
კალა	59	14	თუჯი	96-140	23-33

დანართი VI

პლასტმასების საორიენტაციო თბოფიზიკური თვისებები
($t=20^{\circ}\text{C}$) ტემპერატურის დროს

პლასტმასა	სუფრითი თბოტევადობა		წრფივი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი $10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$	სამუქსი ტემპ პერატურების 'სუფრები, $^{\circ}\text{C}$
	ქვ/კგ	კალ/გ $^{\circ}\text{C}$		
გუტინაქსი	0.8-20	0.2-0.5	20	-60-დან 105-მდე
კაპრონი	-	-	80-100	210-218*
ლაესანი	1-2	0.3-0.5	53	-
ორგანული მინა	2	0.5	80-100	90-140**
პოლისტეროლი	1	0.3	60-100	60-მდე
პოლიქლორენილი	0.8-2	0.2-0.5	60-250	-
პოლიეთილენი	2-3	0.5-0.7	220-550	105-125*
მინატექსტალიტი	1	0.3	16	125-200
ტექსტოლიტი	1-2	0.3-0.5	20-40	60-მდე

* დნობის ტემპერატურა.

** დარბილების ტემპერატურა.

ბამოყენებული ლიტერატურა

1. კ. ბარამიძე - ავტომატური რეგულირების თეორიის საფუძვლები. გამომცემლობა "განათლება", თბილისი, 1966.
2. В. К. Бензарь - Автоматизация в производстве сборного железобетона. Изд. "Высшая школа", Минск, 1971.
3. А. С. Боронихин, Ю. С. Гризак - Основы автоматизации производства и контрольно-измерительные приборы на предприятиях промышленности строительных материалов. Изд. лит. по строительству, Москва, 1969.
4. С. Вайснер, В. Тыняный - Средства для выверки и установки панелей в проектное положение. "Строительство и архитектура", №3, 1965.
5. И. С. Вайншток - Радиоэлектроника в производстве сборного железобетона. Госстройиздат, 1961.
6. А. И. Горфман, А. Р. Дембо, М. В. Левин - Основы автоматизации и автоматизированного электропривода в строительстве. Изд. лит. по строительству, Ленинград, 1964.
7. Л. Л. Горнштейн - Основы автоматизации и автоматизации производственных процессов. Изд. ВЦИСИ, 1964.
8. С. А. Гинзбург, И. Я. Лехтман, В. С. Малов - Основы автоматизации и телемеханики. "Энергия", Москва, 1968.
9. В. А. Гирский, Ф. А. Лапир, А. А. Сусников - Автоматизированные бетонные и растворные заводы. Машгиз, Москва, 1958.
10. Л. С. Дворкин, К. В. Артамонов, Б. И. Крепс - Автоматический контроль технологических процессов в промышленности строительных материалов. Изд. лит. по строительству, Ленинград, 1972.
11. В. Г. Дранников, И. Е. Звягин - Автоматизированный электропривод подъемно-транспортных машин. Изд. "Высшая школа", Москва, 1973.
12. Р. Джонс - Испытание бетона без разрушения. Стройиздат, 1964.
13. Р. Джонс - Ультразвуковой импульсный способ испытания бетона. Госстройиздат, 1957.
14. Н. В. Дмитриевский - Новые приборы и схемы автоматизации камнедробильных заводов. "Маханизация строительства", №7, 1960.

15. Г. Г. Зеличенко - Автоматизация предприятий строительной индустрии. М., 1965.
16. А. А. Иванов - Теория автоматического управления и регулирования. Изд. "Недра", Москва, 1970.
17. В. И. Колышев, Б. С. Марышев, В. А. Рихтер, Ю. Н. Питецкий, Л. М. Кириллова - Основы автоматизации производственных процессов в дорожном строительстве. Изд. "Транспорт", 1973.
18. В. П. Лукьянов - Автоматическое управление производственными процессами, Машгиз, Москва, 1963, Киев.
19. П. Ф. Мацепон, А. И. Танатар, Н. И. Фоменко – Проектирование систем автоматики в строительстве, Киев, "Выща школа", 1976.
20. О. Л. Малькевич, Н. М. Филатов - Механизация и автоматизация приготовления малярных составов. "Механизация строительства", №3, 1965.
21. П. Ф. Мацепон, А. И. Танатар - Автоматизация в строительстве, Изд. лит. по строительству, Москва, 1967.
22. И. Г. Мясковский - Основы автоматизации производства. Изд. "Высшая школа", Москва, 1968.
23. В. М. Ордынцев, Ю. И. Шендлер - Автоматическое регулирование технологических процессов. Машгиз, 1960.
24. Г. С. Попкович - Основы автоматизации систем водоснабжения и канализации. Изд. лит. по строительству, Москва, 1970.
25. В. И. Рыбальский - Применение кибернетики в строительстве, Госстройиздат, 1963.
26. В. К. Семенов, В. Г. Тыняный - Краткий справочник по автоматизации и диспетчеризации в строительстве, Изд. "Будивельник", Киев, 1967.
27. С. Г. Силенок, А. А. Фоломеев, Ф. А. Лапир - Автоматизация производства строительных изделий, Москва, 1962.
28. В. В. Судаков - Практическое применение электроники в строительстве, М., 1964.
29. В. Г. Фирстов - Применение радиоактивных изотопов в строительстве, Стройиздат, 1964.
30. С. С. Щедровицкий - Автоматизация строительных и дорожных машин. Строительные и дорожные машины, №8, 1964.
31. Ж. П. Эймишен – Электроника? нет ничего проще, "Энергия", Москва, 1970.
32. АС и АСССР, НИИОМ и ТПС БТИ. Механизация и автоматизация бетонных железобетонных и арматурных работ. Сборник

- описании изобретений и рационализаторских предложений, Госстройиздат, 1961.
33. Госстрой СССР, НИИЖБ. Руководство по электропрогреву бетонных и железобетонных конструкций и изделий. Стройиздат, 1964.
 34. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления под редакцией В. А. Бесекерского, Москва, 1972.
 35. В. С. Нагинская - Автоматизация архитектурно-строительного проектирования. Стройиздат, 1986.
 36. რ. ხუციშვილი. გამოთვლითი ტექნიკის საფუძვლები, "განათლება", თბილისი, 1970.
 37. პ. მაცუკონი, ა. ტანატარი, ნ. ფომენკო - ავტომატიკის სისტემების დაპროექტება მშენებლობაში, გამომცემლობა "განათლება", თბილისი, 1989. (მთარგმნელები: ნ. თევდორაშვილი, რ. თევდორაშვილი).
 38. ჯ. ბიჭიაშვილი - სამრეწველო ობიექტის კალენდარული დაგეგმვა და ვარიანტული გაანგარიშების მაგალითები, I და II ნაწილები, 1979, 1980, თბილისი.
 39. А. И. Танатар, П. Ф. Мацепон - Автоматизация строительного производства, Изд. "Будивельник", Киев, 1965.
 40. Автомобильные дороги: Автоматизация производственных процессов в строительстве, под редакцией проф. Л. Я. Цикермана, М., Транспорт, 1986.
 41. К. Л. Богданов, И. Б. Зеленев - Основы автоматизации работы строительных машин, М., Стройиздат, 1976.
 42. Автоматика и автоматизация производственных процессов, под общей редакцией проф. Г. К. Нечаева, Киев, "Выща школа", 1985.
 43. В. А. Зорин - Основы долговечности строительных и дорожных машин, М., "Машиностроение", 1986.
 44. Д. П. Валиков, С. Н. Николаев - Надежность строительных машин и оборудования. М., "Высшая школа", 1979.
 45. ლ. ზალიკაშვილი. სასომეხი ხელსაწყოები და ავტომატიკური რეგულატორები ქიმიურ წარმოებაში. თბილისი, 1979.
 46. Г. К. Нечаев - Электрические измерения и автомеханический контроль. Киев, "Выща школа", 1983.
 47. Држ. В. Бичиашвили - Определение параметров сетевого графика с использованием ЭВМ в процессе выполнения практических упражнений, курсового и дипломного проектов. Тбилиси, 1988.

48. ჯ. ბიჭიაშვილი. სამშენებლო მანქანები და სამშენებლო პროცესების ავტომატიზაცია. მესამე ნაწილი, წიგნი 1. გამომცემლობა "საქართველო", თბილისი, 1997.
49. ი.დ. შენგელია, ჯ.ვ. ბიჭიაშვილი. მშენებლობის ორგანიზაციის, ავტომატიზაციისა და სახარჯთაღრიცხვო ღირებულების განსაზღვრის საკითხები. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 1984.
50. ი. ბეთანელი. სამშენებლო წარმოების პროცესების ავტომატიკისა და ავტომატიზაციის საფუძვლები, თბილისი, 1966.
51. ა. ჭანტურია. პროგრამა და მეთოდური მითითებანი საგანში ავტომატიკის საფუძვლები და მშენებლობის წარმოების ავტომატიზაცია, თბილისი, 1971.
52. Г. Б. Иванченко - Электрооборудование в строительстве, М., 1986.
53. ჯ. ბიჭიაშვილი, გ. თოფაძე, დ. დანელია. საბაზრო სისტემის საფუძვლები. მენეჯმენტი, წიგნი პირველი, თბილისი, 2001.
54. ჯ. ბიჭიაშვილი, რ. იმედაძე, თ. ქორიძე. მენეჯმენტის საფუძვლები მშენებლობაში – თბილისი: სტუ, 2000.
55. Дж. В. Бичиашвили - Опоры канатных дорог (конструкции и расчет), Тбилиси, 1982.
56. ჯ.ვ. ბიჭიაშვილი, კ.ნ. სოზიაშვილი. მშენებლობის დაგეგმვა და მართვა ქსელური ანალიზის მეთოდით, ნაწილი 1 და 2, თბილისი, 1977.
57. ჯ.ვ. ბიჭიაშვილი. მშენებლობის თანამედროვე ორგანიზაცია და კოლექტიური იჯარა, თბილისი, 1995.
58. ი. შენგელია, ჯ. ბიჭიაშვილი. მშენებლობაში დაპროექტებისა და მექანიზაციის საშუალებათა ეფექტურობის განსაზღვრის საკითხები, თბილისი, 1980.
59. Дж. В. Бичиашвили, Л. И. Шарашенидзе - Построение диаграммы грузоподъемности строительных кранов, ТГПИ, №12, (245), Тбилиси, 1981.
60. ჯ. ბიჭიაშვილი, ი. ქართველიშვილი. სამშენებლო მანქანები (ლაბორატორიული პრაქტიკუმი), I ნაწილი, თბილისი, 2001.
61. ო. კაციტაძე, ჯ. ბიჭიაშვილი. სამშენებლო მანქანები და სამშენებლო პროცესების ავტომატიზაცია, წიგნი I, II. თბილისი, 1985.

62. ჯ. ბიჭიაშვილი, ლ. შარაშენიძე. პროგრამა, მეთოდური მითითებები, კითხვები, სავარჯიშოები თვითშემოწმებისათვის და საკონტროლო დაჯავლებები სამშენებლო მანქანებში, თბილისი, 1982.
63. ჯ. ბიჭიაშვილი. სამშენებლო მანქანები, ნაწილი I, თბილისი, 1981.
64. ჯ. ბიჭიაშვილი, მ. ადვიშვილი, რ. იმედაძე. სატრანსპორტო-სამშენებლო მანქანები, თბილისი, გამომცემლობა "განათლება", 2002.
65. ჯ. ბიჭიაშვილი, ი. კირცხალია, გ. ბიჭიაშვილი, ზ. ბიჭიაშვილი. – ამჟ, სატრანსპორტო და უწყვეტი ტრანსპორტის მანქანები – გაანგარიშების მაგალითები, თბილისი, 2001.
66. ჯ. ბიჭიაშვილი, მ. ადვიშვილი, გ. თოფაძე, რ. იმედაძე. საბაზრო სისტემის საფუძვლები. მარკეტინგი, წიგნი მეორე, პირველი და მეორე ნაწილები, თბილისი, 2003.
67. ჯ. ბიჭიაშვილი, კ. სოზიაშვილი. სამშენებლო წარმოების ორგანიზაციის ზოგიერთი ამოცანა და მათი ვარიანტული გაანგარიშება, თბილისი, 1977.
68. ი. ქართველიშვილი, ლ. სუთიძე. სამშენებლო ინდუსტრიის მექანიკური მოწყობილობის ექსპლუატაცია, თბილისი, სპი, 1986.
69. Н. Г. Домбровский, Ю. Л. Картвелишвили, М. И. Гальперин - Строительные машины, М., 1976.
70. И. Л. Каганов - Промышленная электроника, М., 1961.
71. Л. И. Абрамов, В. В. Позняков, С. Н. Петрова, Б. Ф. Ширшиков - Управление строительной организацией, (включая АСУС). М., "Высшая школа", 1990.
72. ჯ. ბიჭიაშვილი, გ. სიჭინავა, გ. ნიუარაძე – მშენებლობის ორგანიზაცია, მექანიზაცია, ავტომატიზაცია, დაგეგმვა და მენეჯმენტი (წიგნი I), გამომცემლობა "ლევა", თბილისი, 2008.
73. ე.ი. ვარენიკი, ი.დ. კაპიტანოვი და სხვ., სამშენებლო წარმოების ტექნოლოგია (მთარგმნელი ი. შენგელია), თბილისი, 1982.
74. Э. Янг - Прогнозирование научно-технического прогресса. Париж, 1967.
75. Д. Форрестер - Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). Нью-Йорк, 1961.
76. Ст. Бир - Наука управления. М., "Энергия", 1971.

77. У. Р. Эшби - Введение в кибернетику. М., Изд. иностр. лит., 1959.
78. В.Р. Крупенченко - Управление строительством. М., Стройиздат, 1986.
79. Е.З. Майминас - Процессы планирования в экономике. М., " Экономика", 1971.
80. Комплексное применение оргавтоматов в управлении. М.: Экономика, 1985.
81. Н.Е. Кобринский - и др. Введение в экономическую кибернетику. М., Экономика, 1975.
82. Д.В.Бичиашвили - Совершенствование комплексной механизаций и автоматизаций строительно – монтажных работ. Тбилиси, 1985.
83. Д.Скотт синк. Управление производительностью. М.: Прогресс, 1989.
84. И. Аниэфф. Стратегическое управление. М., Экономика, 1989.
85. Т. Санталайнен, Э. Воутилайнен, П. Пормене, Й.Х. Ниссинен – Управление по результатам. М.: Прогресс, 1988.
86. ჯ. ბიჭიაშვილი და სხვ., – “მშენებლობის ორგანიზაცია, მექანიზაცია, ავტომატიზაცია, დაგეგმვა და მენეჯმენტი”. წიგნი II. მშენებლობის მექანიზაცია (ამწივე-სატრანსპორტო მანქანები). გამომცემლობა “ლევა”, თბილისი, 2008.

სარჩევი

წინასიტყვაობა.....	3
I თავი. საფუძვლად პროცესების დახასიათება და მათი ავტომატიზაციის პრინციპები.....	5
§1. მშენებლობის ავტომატიზაცია და პერსპექტიული განვითარების ამოცანები.....	5
§2. წარმოების პროცესების ავტომატიზაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტურობა და მისი გაანგარიშების მეთოდიკა.....	17
§3. წარმოების პროცესების ავტომატიზაციის ეკონომიკური ეფექტურობის განსაზღვრის მაგალითები.....	21
§4. სამშენებლო პროცესების დახასიათება.....	23
§5. საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციის ძირითადი პრინციპები და შინაარსი.....	24
§6. პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები ავტომატიკაში.....	30
II თავი. ბარდაშასხები.....	36
§1. ძირითადი განსაზღვრები და კლასიფიკაცია.....	36
§2. ომური გარდამსახები.....	42
§3. ტენზოგარდამსახები.....	47
§4. ინდუქციური გარდამსახები.....	51
§5. ტევადური გარდამსახები.....	56
§6. თერმოელექტრული გარდამსახები.....	60
§7. წინააღმდეგობის ტემპერატურული გარდამსახები.....	65
§8. ფოტოელექტრული გარდამსახები.....	69
§9. წნევის, ხარჯისა და დონის გარდამსახები.....	77
§10. სინქარის, აჩქარებისა და ვიბრაციის გარდამსახები.....	86
§11. რადიაქტიური გარდამსახები.....	92
§12. ულტრაბგერითი გარდამსახები.....	100
§13. ზემოდალი სიხშირის გარდამსახები.....	111
§14. მანძილის გარდამსახები (დისტანციური მართვის საშუალებანი).....	114
III თავი. გამზომი სწავები.....	123
§1. გაზომვის კომპენსაციური სქემა.....	123
§2. ელექტრული გამზომი ხიდები (ბოგირები).....	129
§3. დიფერენციალური გამზომი სქემა.....	133
IV თავი. გამაძლიერებლები.....	135
§1. ძირითადი განსაზღვრებანი და მახასიათებლები.....	135
§2. მქანნიკური გამაძლიერებლები.....	139
§3. ელექტრონული გამაძლიერებლები.....	141

§4. ნახევარგამიტარული გამაძლიერებლები.....	155
§5. მაგნიტური გამაძლიერებლები.....	170
§6. ელექტრომანქანური გამაძლიერებლები.....	177
§7. ელექტრული კონტაქტები და რელე, როგორც გამაძლიერებელი..	182
§8. არაელექტრული მოქმედების გამაძლიერებლები.....	184
V თავი. აღმასრულებელი მქანისხმები	189
§1. აღმასრულებელი მქანისხმების კლასიფიკაცია და მოქმედების პრინციპი.....	189
§2. ელექტრული აღმასრულებელი მქანისხმები.....	191
§3. პნევმატური ამძრავი. პნევმატური აღმასრულებელი მქანისხმები.....	207
§4. ჰიდრაულიკური ამძრავი.....	213
VI თავი. ელემენტრამძრავების ავტომატური მართვისა და დაცვის აპარატურა მშენებლობაში	221
§1. ზოგადი ცნობები.....	221
§2. ელექტროამძრავების ავტომატური მართვის აპარატურის დანიშნულება და კლასიფიკაცია.....	222
§3. საკომანდო აპარატები. მართვის ღილაკები.....	224
§4. ვერცხლისწყლის კონტაქტები.....	225
§5. საგ საო (ბოლო) ამოძრავებლები.....	226
§6. კონტაქტორები.....	227
§7. ელექტრომაგნიტური რელე.....	230
§8. ელექტრონული რელე.....	233
§9. დროის რელე.....	234
§10. ფოტოელექტრონული რელე.....	238
§11. ტრიგერი, როგორც უკონტაქტო ელექტრონული რელე.....	240
§12. არაელექტრული რელეები.....	243
§13. მაგნიტური გამშვები.....	245
§14. ავტომატური დაცვის მოწყობილობა.....	247
VII თავი. ელემენტრამძრავების და აღმასრულებელი მოწყობილობების ავტომატური მართვა	250
§1. ელექტროამძრავების ავტომატური მართვის სახეები.....	250
§2. ავტომატური მართვის ელექტრული სქემები.....	251
§3. ცვლადი დენის ელექტროამძრავების მართვა.....	254
§4. მუდმივი დენის ელექტროამძრავების მართვა.....	261
§5. ელექტრული აღმასრულებელი მქანისხმების მართვა.....	266
§6. ელექტრომაგნიტური ვენტილების ავტომატური მართვა.....	271

VIII თავი. ავტომატური რეგულირების სისტემები და მათი ძირითადი ელემენტები	273
§1. ძირითადი (ვნებები და განსაზღვრებები).....	273
§2. ავტომატური რეგულირების სისტემების კლასიფიკაცია.....	281
§3. პირდაპირი და არაპირდაპირი რეგულირება.....	285
§4. სტატიკური და ასტატიკური რეგულირება.....	287
§5. იზოდრომული რეგულირება.....	292
§6. სარეგულირებელი ობიექტების ძირითადი თვისებები.....	293
IX თავი. ავტომატური რეგულირების თეორიის ელემენტები	301
§1. ავტომატური რეგულირების სისტემების (CAP) ყუნქ(ციონალური სქემები. სისტემების რგოლების (ვნება.....	301
§2. ავტომატური რეგულირების რგოლების სტატიკური მახასიათებლები.....	308
§3. ავტომატური რეგულირების რგოლების გარდამავალი მახასიათებლები.....	313
§4. ავტომატური რეგულირების რგოლების ტიპები და მათი მახასიათებლები.....	317
§5. ავტომატური რეგულირების სისტემების რგოლების 'მყროსება.....	338
§6. ავტომატური რეგულირების სისტემების სტრუქტურული სქემები.....	344
§7. ავტომატური რეგულირების რგოლების სინშირული მახასიათებლები.....	351
§8. ავტომატური რეგულირების სისტემების რგოლების დიფერენციალური განტოლებების ჩაწერის ოპერატორული ფორმა.....	353
§9. ავტომატური რეგულირების სისტემების რგოლების გადამცემი ფუნქციები.....	356
§10. ავტომატური რეგულირების წრფივი სისტემების დიფერენციალური განტოლებები.....	371
§11. ავტომატური რეგულირების წრფივი სისტემების მდგრადობის გამოკვლევა.....	387
§12. ავტომატური რეგულირების პროცესის ხარისხი და ხარისხის მაჩვენებლები.....	402
§13. ავტომატური სისტემის რეგულირების ხარისხის კორექტირება.....	410
X თავი. გამზომი ტიპები და პონტროლი წარმომავალი	440
§1. საკონტროლო-გამზომი მოწყობილობების კლასიფიკაცია.....	440
§2. გამზომი მოწყობილობების ძირითადი ელემენტები. გამზომი სკალების ტიპები.....	444
§3. ცდომილებები გაზომვისა და ავტომატური კონტროლის დროს.....	449
§4. წნევისა და ვაკუუმის გაზომვა.....	455
§5. ტემპერატურის გაზომვა.....	478

§6. სითხეების, ორთქლისა და აირების რაოდენობისა და ხარჯის გასომევა.....	521
§7. თხევადი, მყიფე, და ნატეხოვანი მასალების დონის გასომევა და კონტროლი.....	546
§8. ხარისხობრივი გასომეგები.....	566
XI თავი. არამრღვევი მეთოდებით გეტონისა და რკინაგეტონის ნაპეტონის ნაპეტობათა ხარისხის კონტროლის ავტომატიზაცია	596
§1. ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობათა სიმკვრივის კონტროლის პროცესის ავტომატიზაცია ულტრაბგერის დახმარებით.....	596
§2. ულტრაბგერითი მოწყობილობა ბეტონის გამოსაცდელად....	603
XII თავი. მართვის ტექნიკა, საინფორმაციო სისტემები და მართვის ავტომატიზებული სისტემები	606
§1. დისპეტჩერიზაციისა და კავშირგაბმულობის აპარატურა.....	606
§2. საორგანიზაციო ტექნიკა.....	607
§3. გამომთვლელი ტექნიკა.....	608
§4. ორგანოზომები.....	608
§5. საინფორმაციო სისტემების კლასიფიკაცია.....	610
§6. მართვის ავტომატიზებული სისტემის არსი.....	611
§7. მართვის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურა.....	613
§8. საერთო ცნობები გამომთვლელი მანქანების შესახებ.....	615
§9. სამშენებლო-საანგარიშო სამუშაოების ავტომატიზაცია.....	617
§10. გამომთვლელი მანქანების კლასიფიკაცია.....	618
§11. ელექტრონულ-ვიზუალური გამომთვლელი მანქანის სტრუქტურა.....	624
§12. ათელის სისტემა.....	629
§13. ათელის პოზიციური სისტემები.....	630
§14. მოკლე ცნობები პროგრამირების შესახებ.....	634
§15. ლოგიკური საფუძვლები.....	639
§16. რიცხვების ფიზიკური წარმოდგენა და ელექტრონული ლოგიკური სქემები.....	642
§17. ეგმის მახასიათებლები. ეგმის ძირითადი ტიპები.....	646
§18. გამომთვლელი მანქანების ფუნქციები კომპლექსური ავტომატიზაციის სისტემებში.....	650
§19. ავტომატური სისტემების საიმედოობა.....	660
XIII თავი. წარმოების ტენზრალიზებული მართვა და დისპეტჩერიზაცია	666
§1. დაგეგმვა.....	666
§2. ოპერატიული მართვა.....	667
§3. მართვის ცენტრალიზაცია და კომპლექსური ავტომატიზაცია.....	668

§4. ინფორმაციის გადაცემის საშუალებები და სისტემები.....	670
§5. საინჟინრო ფსიქოლოგიისა და ტექნიკური ესთეტიკის საფუძვლები.....	673
§6. სამშენებლო მრეწველობის საწარმოების დისკეტქურისაჯვისა და ტელეფონისაჯვის ტექნიკური საშუალებები.....	678
§7. ტელემართვისა და ტელესიგნალისაჯვის სადისკეტქური კომპლექსური საშუალებები.....	683

XIV თავი. ტვირთაშწავნი-სატრანსპორტო მანქანების ავტომატიზაცია..... 685

კომპიურა ამწეების ავტომატიზაცია.....	688
§1. ზოგადი ცნობები.....	688
§2. ამწეების ავტომატური დაცვის მოწყობილობები.....	706
§3. კომპიურა ამწის დისტანციური მართვა.....	720
§4. კომპიურა ამწეების ელექტროამძრავების ტელექტქანიისა-ცია და რადიომართვა.....	723
§5. ამწეების პროგრამული მართვის სისტემები.....	729
§6. კომპიურა ამწეების დისტანციური პროგრამული მართვის სისტემები.....	733
§7. კომპიურა ამწის მუშაობის ავტომატური კონტროლისა და აღრიცხვის სისტემები.....	736

ლიფტების ავტომატიზაცია..... 740

§8. ზოგადი ცნობები.....	740
§9. ლიფტების ელექტროამძრავების სისტემები.....	743
§10. ლიფტების მართვის წრედები.....	748
§11. სატვირთო ლიფტის ავტომატური მართვა.....	753

ბიძული ერთაქსიანი ბზების ავტომატიზაცია..... 757

§12. ზოგადი ცნობები.....	757
§13. ელექტროტელფერის ავტომატური მართვა.....	760

ბაბულაშწავნის ავტომატიზაცია..... 762

§14. ზოგადი ცნობები.....	762
§15. კაბულამწეების ელექტროამძრავების მართვის აპარატურა.....	763
§16. კაბულამწეების ავტომატური მართვა.....	765

ბიძული საპარო-საბაბირო ბზების ავტომატიზაცია..... 768

§17. ზოგადი ცნობები.....	768
§18. საბაბირო გზების ავტომატური მართვა.....	771

ბონეიერების ავტომატიზაცია..... 774

§19. ზოგადი ცნობები.....	774
§20. კონეიერების ავტომატური მართვა.....	776
დანართები.....	779
გამოყენებული ლიტერატურა.....	787

The book "BUILDING ORGANIZATION, MECHANIZATION, AUTOMATION, PLANNING AND MANAGEMENT" contains some considerations of the following questions: The bases of building industry organization, material technical providing organization, the questions of building mechanization and automation, operative planning of building industry, handing of completed objects in exploitation, the questions of economical mechanism perfection and building management.

This book is intended for the building managers, specialists, practician engineers and high school students of building and transport-machine building faculty.

**გამომცემლობის რედაქტორი ლამარა კვინიკაძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა მირანდა ნოზაძე**

**დაიბეჭდა გამომცემლობა “ლეგა“-ს სტამბაში
თბილისი, ს. ეულის №3. ტელ. 31-74-08
2008 წ.**