

მ დ ე ქ ტ რ ო ტ ე ქ ნ ი კ ა

დაშვებულია სსრკ მინისტრთა საბჭოსთან არსებული
შრომითი რეზერვების მთავარი სამმართველოს პრო-
ფესიონალურ - ტექნიკური განათლების სანეცნიერო
საბჭოს მიერ, როგორც სახელმძღვანელო არაეფექ-
ტროტექნიკური პროფესიის სახელოსნო სასწავ-
ლებლებისათვის

წიგნი დაწერილია არაელექტროტექნიკური პროფესიის სახელმწიფო და რკინიგზის სასწავლებელთა სასწავლო პროგრამის შესაბამისად. იგი შეიცავს საერთო ცნობებს ელექტროტექნიკის დარგიდან, ტრანსფორმატორების მოწყობილობის, ასინქრონული ძრავების, ცვლადი დენის გენერატორების, მუდმივი დენის მანქანების, გამმართველების და ელექტრული აპარატურის შესახებ.

წიგნი განკუთვნილია როგორც სახელმძღვანელო არაელექტროტექნიკური პროფესიის სახელმწიფო და რკინიგზის სასწავლებელთა მოწავლეათვის.

2, 6, 7 თავები დაწერილია ტექნ. მეცნ. კანდიდატის ვ. ე. კიტაიშვილის მიერ, 4, 5, 8, 9—ინჟ. ვ. კ. პეტროვის, ხოლო 1, 3, 10, 11—ლ. ს. შლიაპინტოვის მიერ.

ზოგადი ცნობები

§ 1. ცნება ნივთიერების აგებულების ელემენტარული თეორიის შესახებ

ყველა ნივთიერება როგორც მარტივი, ისე რთული შედგება მოლეკულებისაგან, ხოლო მოლეკულა — ატომებისაგან. ატომები შეიცავს უფრო პატარა ნაწილაკებს — ელექტრონებს, პროტონებს, ნეიტრონებს და სხვ. მარტივი ნივთიერებები, მაგალითად სპილენძი, ალუმინი, თუთია, ტყვია, შედგება მოცემული ნივთიერების ერთნაირი ატომებისაგან, რთულ ნივთიერებათა მოლეკულები კი მათი წარმომშობი ცალკეული ელემენტების ატომებისაგან. ქლოროვანი ნატრიუმის (სუფრის მარილი) მოლეკულები შედგება ქლორის აირის ატომებისა და ლითონური ნატრიუმის ატომებისაგან.

მოლეკულები და ატომები ზომით ძალზე პატარებია. მათ გასაზომად იყენებენ ერთეულებს, რომლებიც ბევრად ნაკლებია მიკრონზე. ამ ერთეულებს ეწოდება მილიმიკრონი და ანგსტრემი¹.

$$1 \text{ მიკრონი} = \frac{1}{100} \text{ მილიმეტრს.}$$

$$1 \text{ მილიმიკრონი} = \frac{1}{1000} \text{ მიკრონს.}$$

$$1 \text{ ანგსტრემი} = \frac{1}{10} \text{ მილიმიკრონს.}$$

ელექტრონების, პროტონებისა და ატომის სხვა ნაწილაკების გაზომა ხდება ანგსტრემის მეასიათასედ ნაწილებით.

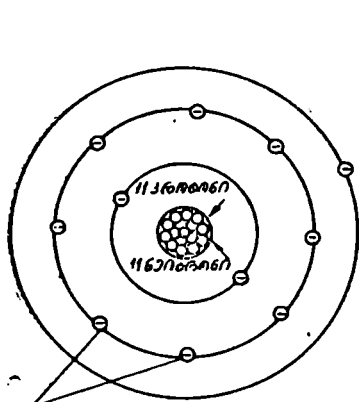
ყოველ ატომს აქვს ატომგული, რომელიც შედგება პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან. ატომგულის გარშემო განლაგებულია

¹ უნდა გვახსოვდეს, რომ მკა სისტემაში სიგრძის ძირითადი ერთეული არის მეტრი. სიგრძის ყველა სხვა ერთეული წარმოებული ერთეულია.

მარად მოძრავი ელექტრონები, რომლებიც შეადგენენ ატომის ელექტრონულ გარსს. ნივთიერების ატომი ჩვეულებრივ მდგომარეობაში შეიცავს პროტონებისა და ელექტრონების თანაბარ რაოდენობას.

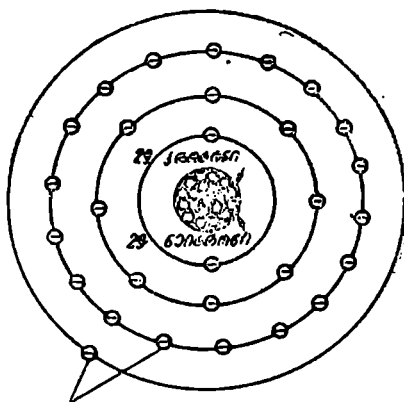
ყოველ ელექტრონს აქვს უარყოფითი, ხოლო პროტონს—დადებითი ელექტრული მუხტი. ხეიტრონებს მუხტი არა აქვთ.

ელექტრონებისა და პროტონების მუხტი სიდიდით ერთნაირია, ხოლო ელექტრონის წონა დაახლოებით 1840-ჯერ ნაკლებია პროტონის წონაზე. განვიხილოთ როგორც მაგალითი ზოგიერთი ელემენტის ატომის სტრუქტურა.



ლითონური

ნაბ. 1. ლითონური ნატრიუმის ატომის აგებულების სქემა.



ა. ა. პეტროვი

ნაბ. 2. სპილენძის ატომის აგებულების სქემა.

ლითონური ნატრიუმის ატომის აგებულების სქემა (ნაბ. 1) შეიძლება წარმოვიდგინოთ ატომგულის სახით, რომელშიც 11 პროტონი და იმდენივე ნეიტრონია. ნატრიუმის ატომის თერთმეტი ელექტრონი კი განლაგებულია ატომგულის ირგვლივ სამფენა-გარსში. პირველ ფენაში განლაგებულია ორი ელექტრონი, მეორეში—რვა, მესამეში, რომელიც ყველაზე მეტად არის დაშორებული ატომგულიდან,—ერთი ელექტრონი.

სპილენძის ატომს (ნაბ. 2) აქვს 29 ელექტრონი და ამდენივე პროტონი და ნეიტრონი. სპილენძის ატომის ელექტრონები ატომგულის გარშემო განლაგებულია ოთხ ფენა-გარსში. პირველ ფენაში განლაგებულია ორი ელექტრონი, მეორეში—რვა, მესამეში—

ათვრამეტი, მეოთხეში, რომელიც ყველაზე მეტად არის დაშორებული ატომგულიდან, — ერთი ელექტრონი.

მუხტების ურთიერთქმედება. ელექტრული მუხტები ერთმანეთს შორის ურთიერთქმედებენ. ეს ურთიერთქმედება იმით გამოისახება, რომ ერთგვაროვანი მუხტები ერთმანეთისაგან განიზიდებიან, ხოლო სხვადასხვაგვარი მიიზიდებიან. პროტონებისა და ელექტრონების ტოლი სიდიდის დადებითი და უარყოფითი მუხტები ერთმანეთს ანეიტრალდებიან. ამის გამო ატომი და ნივთიერება მთლიანად ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ელექტრულ თვისებებს არ ამჟღავნებს.

ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედების ძალა განისაზღვრება კულონის კანონით.

• ამ კანონის მიხედვით ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედების ძალა პირდაპირ პროპორციულია ამ მუხტებში არსებული ელექტრობის რაოდენობის ნამრავლისა და უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის კვადრატისა.

თუ ურთიერთქმედების ძალას აღვნიშნავთ F -ით, თვითეული მუხტის ელექტრობის რაოდენობას — q_1 და q_2 -თი და მუხტებს შორის მანძილს — R -ით, მივიღებთ შემდეგ ფორმულას

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2},$$

სადაც კოეფიციენტი $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ იმ გარემოს ელექტრული თვისე-

ბის დამახასიათებელი სიდიდეა, რომელშიც ელექტრული მუხტები იმყოფებიან. კულონის კანონის განსაზღვრიდან გამომდინარეობს, რომ დიდი ელექტრული მუხტები უფრო ძლიერად ურთიერთქმედებენ, ვიდრე მცირე ელექტრული მუხტები. მუხტებს შორის მანძილის გადიდებით მათი ურთიერთქმედების ძალა სუსტდება. ასე, მაგალითად, მუხტებს შორის მანძილის 3-ჯერ გადიდებით მათი ურთიერთქმედების ძალა 9-ჯერ მცირდება. მუხტებს შორის მანძილის შემცირებით შესაბამისად დიდდება მათი ურთიერთქმედების ძალა.

სხეულების დაელექტროება. ცნობილია, რომ ელექტრონები სხვადასხვა მანძილით არიან დაშორებული ატომის ატომგულისაგან. ამის გამო, კულონის კანონის თანახმად, პროტონების მუხტის ურთიერთქმედება იმ ელექტრონებთან, რომლებიც მოთავსებულია ატომგულიდან ყველაზე უფრო ახლო მდებარე ფენაში, მნიშვნელოვნად ძლიერია, ვიდრე ატომგულის ურთიერთქმედება

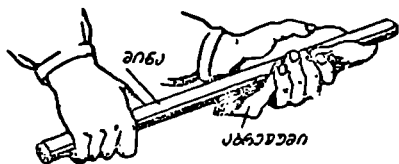
იმ ელექტრონებთან, რომლებიც მოთავსებულია ყველაზე უფრო დაშორებულ ფენაში.

თუ მოცემული ნივთიერების ატომებს „ავტაცებთ“ ატომგულთან სუსტად დაკავშირებულ ერთ ან ორ ელექტრონს, რომლებსაც უარყოფითი მუხტი აქვთ, მაშინ ნივთიერება დადებითი ელექტრობით დაიმუხტება.

პირიქით, თუ ნივთიერების ატომებს აქვთ მეტი რაოდენობის ელექტრონები, ვიდრე პროტონები, მაშინ სხეულს ექნება უარყოფითი ელექტრული მუხტი.

სხვადასხვა მყარი სხეულების ატომებში ელექტრონების რაოდენობის შეცვლა შეიძლება მაგალითად ხახუნის საშუალებით (ნახ. 3).

მინის ღეროთი აბრეშუმის ნაქერზე ხახუნის დროს ორივე ნივთიერება (მინა და აბრეშუმი) დაელექტროვდება სხვადასხვა ნიშნის ელექტრული მუხტებით. მინის ატომთა ელექტრონების ნაწილი გადადის აბრეშუმის ატომებთან და მინა, რომელშიც ახლა ელექტრონების ნაკლებობაა, შეიძენს დადებით ელექტრულ მუხტს. აბრეშუმს კი პირიქით, ელექტრონების



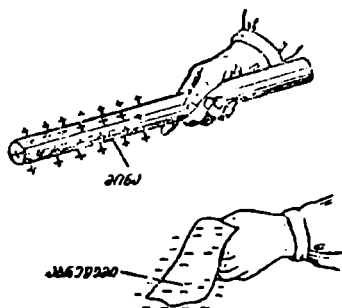
ნახ. 3. სხეულის დაელექტროება შეიძლება ხახუნის საშუალებით.

ტრონების კარბი რაოდენობა ანუ უარყოფითი ელექტრული მუხტი აღმოაჩნდება (ნახ. 4).

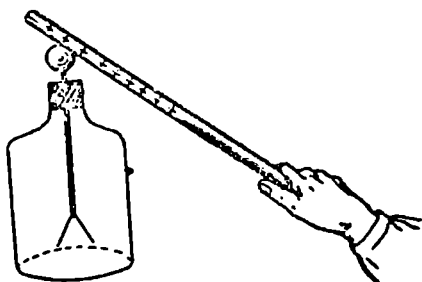
ებონიტით შალზე ხახუნის დროს შალის ატომთა ელექტრონები გადადის ებონიტის ატომებთან და უკანასკნელი, შეიძენს რა ამ ელექტრონებს, უარყოფითი ელექტრობით დაიმუხტება.

ელექტრული მუხტი შეიძლება ერთი სხეულიდან გადავცეთ მეორეს. თუ ელექტროსკოპის ბურთულას შევეხებით ისეთი ჯოხით, რომელსაც აქვს ელექტრული მუხტი, შევნიშნავთ, რომ ელექტროსკოპის ფურცლები განსაზღვრული კუთხით გაიშლება. ეს იმას მოწმობს, რომ ელექტროსკოპის ბურთულა და მის ღეროზე მიმაგრებული ფურცლები ერთგვარი ელექტრობით დაიმუხტა. ელექტროსკოპის ფურცლების გადახრის კუთხის მიხედვით შეიძლება

ვიმსჯელოთ იმის შესახებ, თუ რა სიდიდის მუხტი გადაეცა ბურთულას.



ნახ. 4. მინა და აბრეშუმის ელექტროვდება სხვადასხვაგვარი ელექტრობით.



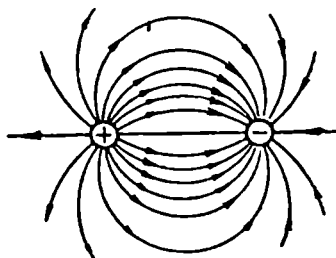
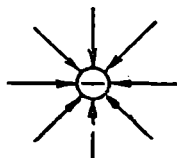
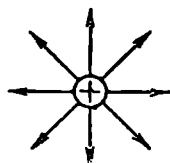
ნახ. 5. დაელექტროვებულ ღეროდან მუხტი გადაეცემა ელექტროკოსს.

§ 2. ელემენტარული ველი. პოტენციალი

სივრცეს, რომელშიაც შეიგრძნობა რაიმე ძალების მოქმედება, შეიძლება ვუწოდოთ ამ ძალების ველი. ძალიან მოხერხებულია ცნების შემოღება ელექტრული ველის შესახებ, რომელშიც ვგულისხმობთ სივრცეს, სადაც თავს იჩენს ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედების მექანიკური ძალები.

ელექტრულ ველს პირობით გამოსახავენ ძალებით. ნახ. 6-ზე გამოსახულია დადებითი და უარყოფითი მუხტების ელექტრული ველი. ნახ. 7-ზე ნაჩვენებია ისეთი ელექტრული ველის ძალები, რომელსაც კმნის ორი ერთნაირი სიდიდის, მაგრამ საწინააღმდეგო ნიშნის მქონე მუხტი.

ძალებების ისრები უჩვენებს, თუ რომელი მიმართულებით იმოქმედებს



ნახ. 6. დადებითი და უარყოფითი ელექტრული მუხტების ელექტრული ველი.

ნახ. 7. სხვადასხვაგვარი მუხტების ელექტრული ველი.

ელექტრული ველის მექანიკური ძალები ამ ველში მოთავსებულ დადებით მუხტზე. ელექტრული ველის ძალთა ზეგავლენით შეიძლება მოხდეს ელექტრული მუხტების გადაადგილება და ამასთან ველის ძალები შეასრულებს მუშაობას. მაშასადამე, ელექტრული ველის ყოველ წერტილში არსებობს პოტენციური ენერგიის მარაგი, რომელიც გარდაიქმნება მოძრავი მუხტების მიერ შესრულებულ მუშაობად. პოტენციური ენერგიის ეს მარაგი, ანუ პოტენციალი, მით უფრო დიდი იქნება, რაც უფრო დიდია ელექტრული ველის შემქმნელი ელექტრული მუხტი.

ელექტრულ ველში რომ მუხტი შევიტანოთ, საჭიროა ველის ძალების დასაძლევად დავხარჯოთ განსაზღვრული მუშაობა. ველის მოცემულ წერტილში ერთი კულონი მუხტის შესატანად დახარჯულ მუშაობას ველის მოცემული წერტილის პოტენციალს უწოდებენ.

თუ ეს მუშაობა ერთ ჯოულს უდრის, მაშინ მოცემული წერტილის პოტენციალი ერთი ვოლტის ტოლია.

პოტენციალს აღნიშნავენ ასო U -ით.

სავსებით გასაგებია, რომ ელექტრული ველის ფარგლებში მუხტის a -დან b წერტილში გადაადგილების დროს, თუ ამ წერტილების პოტენციალები შესაბამისად იქნება U_a და U_b , მაშინ მუშაობა, რომელსაც შეასრულებს ველის ძალები, ტოლი იქნება იმ პოტენციურ ენერგიათა სხვაობისა, რომელიც აღებულ მუხტს ჰქონდა თავისი გზის საწყისსა და საბოლოო წერტილებში, ესე იგი a და b წერტილებში.

ამგვარად, მუხტის მუშაობა A გამოისახება ასე:

$$A = (U_a - U_b) \cdot q.$$

როგორც მიღებულია, პოტენციალთა სხვაობას უწოდებენ ძაბვას და აღნიშნავენ იმავე U ასოთი.

ადვილი გასაგებია, რომ ძაბვა ახასიათებს ჯოულებში გამოსახულ იმ მუშაობის სიდიდეს, რომელიც ელექტრული ველის ზეგავლენით შეასრულა ერთი კულონი ელექტრობის მუხტმა მოცემულ უბანზე.

ასე, მაგალითად, თუ ორ წერტილს შორის ძაბვა უდრის 120 ვ, მაშინ მუშაობა, რომელსაც შეასრულებს ერთი კულონი ელექტრობა ამ წერტილებს შორის გადაადგილების დროს, იქნება 120 ჯ.

§ 3. ველის დამაბულოცა

ელექტრული ველი ყოველ თავის წერტილში ხასიათდება დამაბულობით. რამდენადაც დიდია ძალა, რომლითაც ელექტრული ველი მოქმედებს მის ფარგლებში შეტანილ მუხტზე, იმდენად მეტია ველის დამაბულობა.

ელექტრული ველის სხვადასხვა წერტილში შეიძლება იყოს სხვადასხვა დაძაბულობა. იგი განისაზღვრება შეფარდებით იმ F ძალისა, რომლითაც ველი მოქმედებს მის ფარგლებში შეტანილ მუხტზე ამ Q მუხტის სიდიდესთან.

$$\text{მაშასადამე, ველის დაძაბულობა } E = \frac{F}{Q}, \quad (1)$$

სადაც F არის ელექტრული ველის მოქმედების ძალა მუხტზე, რომელიც იზომება ნიუტონებში¹;

Q —ელექტრული მუხტის სიდიდე კულონებში (კ);

E —ელექტრული ველის დაძაბულობა, რომელიც იზომება

$\frac{\text{ნიუტონი}}{\text{კულონი}}$ ფარდობით.

ელექტრული ველის მუშაობა, რომელიც ჯოულებში იზომება, უდრის ძალისა და მანძილის ნამრავლს.

1 ჯოული = 1 ნიუტონი · 1 მეტრი.

ამ გამოსახულებიდან მივიღებთ, რომ 1 ნიუტონი = $\frac{1 \text{ ჯოული}}{1 \text{ მეტრი}}$.

თუ F ძალის ამ გამოსახულებას ჩავსვამთ (1) ფორმულაში, მივიღებთ, რომ $E = \frac{\text{ჯოული}}{\text{მეტრი} \cdot \text{კულონი}}$. (2)

სიდიდეს $\frac{\text{ჯოული}}{\text{კულონი}}$ ელექტროტექნიკაში უწოდებენ ვოლტს.

ამიტომ, თუ (2) ფორმულაში $\frac{\text{ჯოული}}{\text{კულონი}}$ გამოსახულებას შევცვლით ვოლტის ერთეულით, მივიღებთ, რომ ელექტრული ველის დაძაბულობა იზომება $\frac{\text{ვოლტი}}{\text{მეტრი}}$ ფარდობით. მაგალითისათვის გამოვთვალოთ დაძაბულობა ორი ელექტრული ველისა, რომლებიც მოქმედებენ სასინჯ $Q = 0,002$ კ მუხტზე $F_1 = 0,5$ ნიუტონი და $F_2 = 0,3$ ნიუტონი ძალებით. ცნობილია, რომ ველის დაძაბულობა $E = \frac{F}{Q}$.

ამგვარად, პირველი მუხტის ველის დაძაბულობა $E_1 = \frac{F_1}{Q} \cdot \frac{0,5}{0,002} =$
 $= 250 \frac{\text{ვოლტი}}{\text{მეტრი}}$, ხოლო მეორე მუხტის ველის დაძაბულობა

$$E_2 = \frac{F_2}{Q} \cdot \frac{0,3}{0,002} = 150 \frac{\text{ვოლტი}}{\text{მეტრი}}.$$

¹ 1 ნიუტონი = $\frac{\text{ვოლტი} \cdot \text{კულონი}}{\text{მეტრი}}$.

§ 4. ცნება ელემენტარული ღენის შესახებ

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ატომის შიგნით ელექტრონები სხვადასხვა მანძილითაა დაშორებული ატომგულიდან. ამასთან დაკავშირებით ატომგულის ელექტრული ველი ელექტრონებზე სხვადასხვა ძალით მოქმედებს.

ლითონებში ყოველი ატომის ატომგულის გარშემო არსებობს ერთი ან რამდენიმე ელექტრონი, რომელიც სუსტად არის დაკავშირებული მასთან. ამ ელექტრონების ის ნაწილი, რომელიც მოწყდება თავის ატომგულს, იწყებს უწყესრიგო მოძრაობას. ასეთ ელექტრონებს თავისუფალი ელექტრონები ეწოდება.

ელექტრული ველის ძალის ზეგავლენით შეიძლება მოწყესრიგდეს თავისუფალი ელექტრონების გადაადგილება და ვაიძულოთ ისინი იმოძრაონ განსაზღვრული მიმართულებით.

თავისუფალი ელექტრონების განსაზღვრული მიმართულებით მოძრაობას ეწოდება ელექტრული ღენი¹.

ამის ნათელსაყოფად ვაწარმოთ შემდეგი ცდა: ორი ელექტროსკოპი დაემუხტოთ სხვადასხვაგვარი ელექტრული მუხტებით ისე, რომ მათი ფურცლები ერთნაირი კუთხით გადაიხაროს (ნახ. 8).

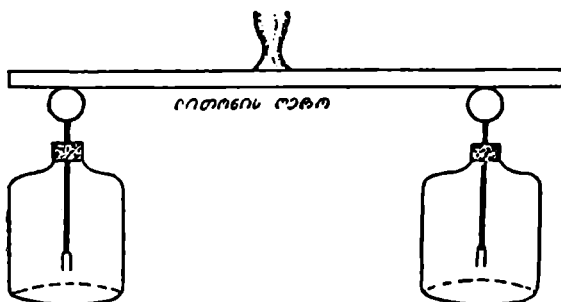
თუ ამ ელექტროსკოპების ბურთულებს შევაერთებთ მინის სახელურიანი ლითონის გამტარით, შევაჩინევთ, რომ ელექტროსკოპების ფურცლები დაეშვება (ნახ. 9). ეს იმას მოწმობს, რომ ელექტრული მუხტები ელექტროსკოპზე მოიპოო მას შემდეგ, რაც ისინი ლითონის ღეროთი შევაერთეთ. აღნიშნული მოვლენა აიხსნება ასე: ცნობილია, რომ ლითონის ატომებში მოიპოვება თავისუფალი ელექტრონები. ისინი დიდი რაოდენობითაა აგრეთვე ლითონის ღეროში. ელექტროსკოპების ლითონის ღეროთი შეერთების დროს მის თავისუფალ ელექტრონებზე მოქმედებს ორი ბურთულას მუხტების ელექტრული ველი.

ბურთულას უარყოფითი მუხტი განიზიდავს ლითონის ღეროს

¹ ელექტრული ღენის ასეთი განმარტება სამართლიანია მხოლოდ მყარ (ლითონის) გამტარებისათვის.

თავისუფალ ელექტრონებს, ხოლო ბურთულას დადებითი მუხტის მიიზიდავს მათ თავისკენ.

ელექტრული ველია ძალთა ზეგავლენით ელექტრონები მოძრა-



ნახ. 9. ლითონის ღეროში, რომლითაც შეერთებულია ელექტროსკოპები, გაიარა ელექტრულმა დენმა.

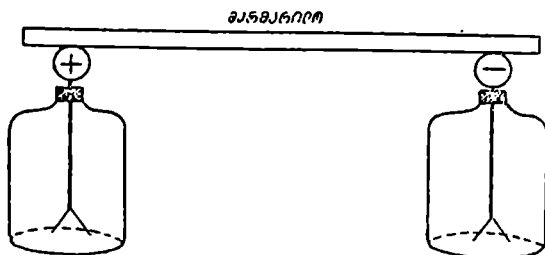
ობს განსაზღვრული მიმართულებით: უარყოფითი მუხტიდან დადებითისაკენ. დენის მიმართულებად პირობით მიღებულია ელექტრონების მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულება.

ელექტრონების გადაადგილება ანუ ელექტრული დენის გაელაგამტარში გაგრძელება მანამდე, სანამ პროტონებისა და ელექტრონების რაოდენობა ბურთულებზე არ გათანაბრდება და, მაშასადამე, სანამ ისინი არ განიტვირთებიან. როგორც ამ ცდიდან ჩანს, განსაზღვრული მიმართულებით ელექტრონები გადაადგილდება ანუ ელექტრული დენი წარმოიქმნება იმ პირობით, თუ არსებობს პოტენციალთა სხვაობა ლითონის მათეულის ბოლოებზე, როცა ადგილი აქვს ელექტრონების სიქარბეს მის ერთ ბოლოზე და მათ ნაკლებობას მეორეზე.

§ 5. გამტარები და იზოლატორები

განსაზღვრული მიმართულებით ელექტრონების გადაადგილება და ელექტრული დენის წარმოშობა ყველა სახის მასალაში როდია შესაძლებელი. ასე, მაგალითად, ორი ელექტროსკოპის ბურთულებს (ნახ. 10), რომლებიც დაშუტულია სხვადასხვაგვარი ელექტრული მუხტებით, თუ შევავრთებთ რეზინის, ფაიდურის ან მარმარილოს ღეროთი, მაშინ ეს ბურთულები მუხტებს შეინარჩუნებენ და ელექტროსკოპების ფურცლები არ ჩამოეშვება. ეს იმით აიხსნება, რომ ისეთ მასალებში, როგორცაა. მაგალითად. ფაიდური, რეზინი, მარმარილო თავისუფალი ელექტრონები თითქმის არ მოი-

პოვება, ხოლო არსებული ელექტრონები მტკიცედ არის დაკავშირებული ატომგულთან. ამიტომ მუხტების ელექტრულ ველებს არ შეუძლია გამოიწვიოს ელექტრონების გადაადგილება განსაზღვრული მიპართულებით და ასეთ მასალებში დენი არ გაივლის. ამრიგად, მასალების ერთი ჯგუფი წარმოადგენს ელექტრული დენის გამტარებს¹, ხოლო მეორე ჯგუფი—არაგამტარებს—იზოლატორებს ანუ დიელექტრიკებს. გამტარებს ეკუთვნის ყველა ლითონი, მარი-



ნახ. 10. მარმარილოში ელექტროდენი არ გადის.

ლის ხსნარები, მჟავები, ნახშირი, აგრეთვე მიწაც. იზოლატორებს ეკუთვნიან ლაქები, ფისი, ფაიფური, მარმარილო, მინა, რეზინი, ქარსი და სხვა მასალები. განსაკუთრებულ პირობებში, მაგალითად მაღალი ტემპერატურის ზეგავლენით, საიზოლაციო მასალები იცვლიან თავიანთ თვისებებს და გამტარებად იქცევიან.

§ 6. ელემენტური ტიპადობა. კონდენსატორები

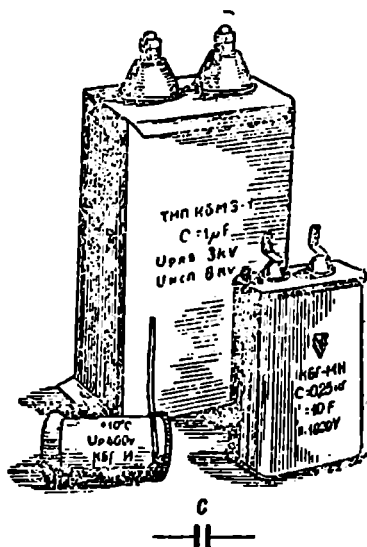
ტექნიკაში ფართო გამოყენება აქვს კონდენსატორებს (ნახ. 11). მათ, შედარებით მცირე ზომების დროს, მუხტის დიდი რაოდენობით დაგროვების უნარი აქვთ.

უმარტივესი სახის კონდენსატორი (ნახ. 12) შედგება ლითონის ორი ფირფიტისაგან, რომლებსაც ერთმანეთისაგან ყოფს დიელექტრიკი. მაგალითად ჰაერი, ქარსი, პარაფინირებული ქაღალდი და სხვ. კონდენსატორს ეწოდება ქაღალდიანი, ქარსიანი, ჰაერიანი და ა. შ. იმის მიხედვით, თუ რა მასალისაგან შედგება დიელექტრიკი, რომელიც მოთავსებულია მის ფირფიტებს შუა.

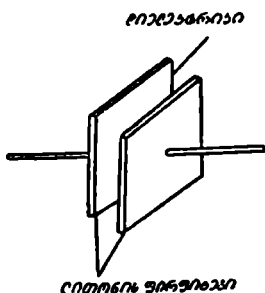
თუ კონდენსატორის ფირფიტებს მივაერთებთ ელექტრული წყაროს პოლუსებთან (ნახ. 13), მისი ერთი ფირფიტა დაიმუხტება

¹ ამჟამად ცნობილია აგრეთვე მასალები, რომლებიც ნახევრად გამტარებს წარმოადგენენ (გერმანი, სელენი, კეზადი და სხვ.). ისინი ხასიათდებიან შუალედური თვისებებით გამტარებსა და იზოლატორებს შორის.

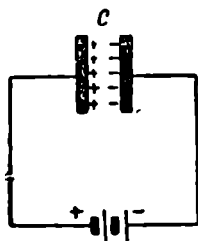
დადებითი ელექტრობით, ხოლო მეორე—უარყოფითი ელექტრობით. უნარი კონდენსატორისა დააგროვოს ელექტრული მუხტი, ესეიგი მისი ელექტრული ტევადობა, განისაზღვრება შეფარდებითიმ Q მუხტისა, რომლითაც დამუხტულია კონდენსატორი, ძის ფირფიტებს შორის არსებულ U ძაბვასთან.



ნახ. 11. მუდმივი ტევადობის კონდენსატორები და მათი პირობითი აღნიშვნა.



ნახ. 12. კონდენსატორის მოწყობილობის სქემა.



ნახ. 13. კონდენსატორის დამუხტვის სქემა.

მაშასადამე, კონდენსატორის ტევადობა $C = \frac{Q}{U}$, სადაც

C არის ტევადობა ფარადებში;
 Q —მუხტის სიდიდე კულონებში;
 U —ძაბვა ვოლტებში.

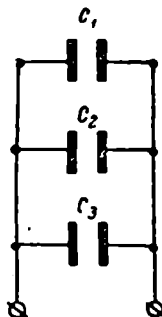
ფარად ტევადობის ძლიერ დიდი ერთეულია და პრაქტიკულად იმით არ სარგებლობენ. ჩვეულებრივად სარგებლობენ უფრო მცირე წარმოებული ერთეულებით—მიკროფარადით (მკფ) და პიკოფარადით (პფ).

1 ფარადა შეიცავს 1 000 000 მკფ.

1 მიკროფარადა შეიცავს 1 000 000 პფ.

კონდენსატორის ტევადობა დამოკიდებულია მისი ფირფიტების ფართობზე.

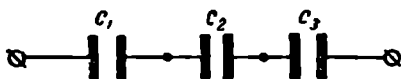
კონდენსატორი, რომლის ფირფიტები დიდი ფართობისაა, უფრო დიდი ტევადობა აქვს, ვიდრე მცირე ზომის ფირფიტებიან იგივე კონდენსატორს. ტევადობის გასაზიარებლად კონდენსატორებს ერთიმეორესთან აერთებენ პარალელურად (ნახ. 14).



ნახ. 14. კონდენსატორების პარალელური შეერთება.

შეერთების ასეთი ხერხის დროს ფირფიტების საერთო ფართობი დიდდება ცალკეული კონდენსატორის ფირფიტების ფართობთან შედარებით.

პარალელურად შეერთებული კონდენსატორების საერთო ტევადობა უდრის



ნახ. 15. კონდენსატორების მიმდევრობით შეერთება.

ცალკეული კონდენსატორების ტევადობათა ჯამს და გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$C_{\text{საერთო}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

თუ სამ კონდენსატორს $C_1 = 2$ მკფ, $C_2 = 0,1$ მკფ და $C_3 = 0,5$ მკფ პარალელურად შევაერთებთ, მაშინ მათი საერთო ტევადობა $C_{\text{საერთო}} = 2 + 0,1 + 0,5 = 2,6$ მკფ.

კონდენსატორის ტევადობა დამოკიდებულია მის ფირფიტებს შორის მანძილზე (დიელექტრიკის სისქეზე). ორ ერთნაირ კონდენსატორთაგან იმას აქვს მეტი ტევადობა, რომლის ფირფიტები ნაკლები მანძილითაა დაშორებული ერთმანეთისაგან.

ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{d} \cdot 0,09 (\text{პფ}),$$

სადაც ϵ არის კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს დიელექტრიკის ელექტრულ თვისებებს და დიელექტრული მუდმივა ეწოდება.

კონდენსატორები შეიძლება შეერთებულ იქნან მიმდევრობით (ნახ. 15). კონდენსატორების მიმდევრობით შეერთების დროს საერთო ტევადობა კლებულობს. საერთო ტევადობის შებრუნებული სიდიდე ($\frac{1}{C_{\text{საერთო}}}$) უდრის შეერთებაში შემავალ ტევადობათა შებრუნებულ სიდიდეთა ჯამს. იგი ფორმულით გამოისახება ასე:

$$\frac{1}{C_{\text{საერთო}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

თუ სამ კონდენსატორს $C_1 = 2$ მკფ, $C_2 = 4$ მკფ და $C_3 = 8$ მკფ მიმდევრობით შევაერთებთ, მაშინ მათი საერთო ტევადობა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{1}{C_{\text{საერთო}}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{7}{8}; \text{ აქედან } C_{\text{საერთო}} = \frac{8}{7} \approx 1,14 \text{ მკფ.}$$

კონდენსატორის ტევადობა დამოკიდებულია ფირფიტებს შორის მოთავსებულ დიელექტრიკის მასალაზე.

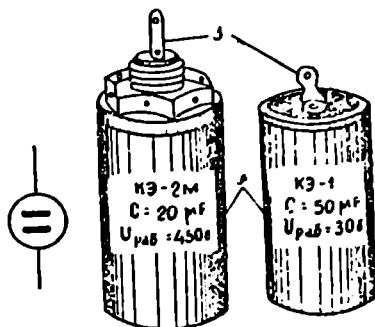
ასე, მაგალითად, ფირფიტების ერთი და იგივე ზომებისა და მათ შორის ერთი და იგივე მანძილის დროს კონდენსატორს, რომლის დიელექტრიკია ქარსი, 6-ჯერ დიდი ტევადობა აქვს, ვიდრე კონდენსატორს, რომლის დიელექტრიკიც პაერია. ერთსა და იგივე პირობებში ქალაღიან კონდენსატორს 2,2-ჯერ დიდი ტევადობა აქვს, ვიდრე პაერიან კონდენსატორს.

კონდენსატორებს, რომელთა ტევადობა უცვლელია, უწოდებენ მუდმივტევადობიან კონდენსატორებს.

მუდმივტევადობიანი კონდენსატორების ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს ნახ. 16-ზე ნაჩვენები ელექტროლიტური კონდენსატორები.

ასეთი კონდენსატორები შედგება ალუმინის ჭკიპებისაგან, რომლებშიც მოთავსებულია გრაგნილად დახეული ალუმინის ორ-ორი ლენტი (ბაფთა).

ლენტებს შორის მოთავსებულია ელექტროლიტით გაყვანილი საფილტრავი (საწურავი) ქალაღი. კონდენსატორის ერთი ალუმი-



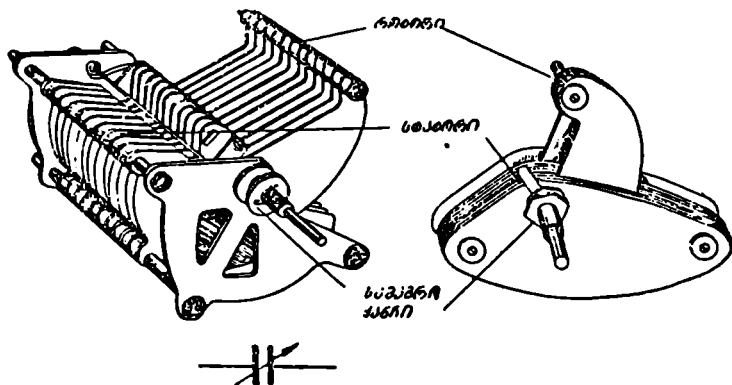
ნახ. 16. ელექტროლიტური კონდენსატორები და მათი პირობითი აღნიშვნა.

ნის ლენტი უერთდება კიკის ტანს, ხოლო მეორე — მის ზედა ხუფზე მიმაგრებულ კ კონტაქტს.

კონდენსატორის დამუხტვისას იმ ალუმინის ლენტის ზედაპირზე, რომელიც მიერთებულია დენის წყაროს დადებით პოლუსთან, წარმოიშევა ალუმინის ეანგის თხელი ფენა, რომელიც წარმოადგენს დიელექტრიკს. ვინაიდან ასეთი დიელექტრიკის ფენა ძალიან თხელია, ზემოთ ხსენებულ კონდენსატორებს დიდი რევალობა აქვთ. ამეამად მხადლება ელექტროლიტური კონდენსატორები, რომელთა ტევადობა 2000 მკფ აღწევს.

ფართო გამოყენება აქვს ცვლადი ტევადობის კონდენსატორებს (ნახ. 17).

ამ კონდენსატორებს აქვთ უძრავი ფირფიტები (სტატორი) და მოძრავი ფირფიტები (როტორი), რომლებიც დამაგრებულია ლერძზე. კონდენსატორის ლერძის შემობრუნებით მოძრავი ფირფიტები მეტად თუ ნაკლებად შედის უძრავ ფირფიტებს შორის არსებულ შუალედებში და იცვლება კონდენსატორის ტევადობა. ფირფიტების გამოწვევით კონდენსატორის ტევადობა მცირდება. როდესაც მოძრავი ფირფიტები მთლიანად მოთავსდება სტატორის ფირფიტებს შორის შუალედებში, კონდენსატორის ტევადობა გახდება უდიდესი.



ნახ. 17. ცვლადი ტევადობის კონდენსატორი და მისი პირობითი აღნიშვნა.

კითხვები განმეორებისათვის

1. როგორია სპილენძის ატომის აგებულება?
2. რა ერთეულებში იზომება ატომებისა და მისი ნაწილაკების ოდენობანი?
3. როგორი ელექტრული მუხტი აქვთ ელექტრონებს?

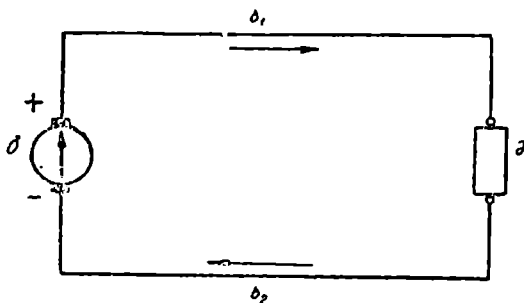
4. როგორი ელექტრული მუხტი აქვთ პოტონებს?
 5. რატომ არის, რომ ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ნივთიერება ელექტრულად ნეიტრალურია?
 6. რას ეწოდება ელექტრული ველი და როგორ გამოისახება იგი პირობით?
 7. რას ეწოდება ელექტრული ველის დაძაბულობა და რა ერთეულებში იზომება იგი?
 8. როგორ ურთიერთქმედებენ ელექტრული მუხტები?
 9. როგორ შეიძლება სხეულის დამუხტვა დადებითი ელექტრობით?
 10. როგორი მუხტი აქვს სხეულს, თუ მას აქვს ელექტრონების ჰარბი რაოდენობა?
 11. რას ეწოდება პოტენციალთა სხვაობა და რა ერთეულებში იზომება იგი?
 12. რას ეწოდება ელექტრული დენი?
 13. რატომ არის, რომ მასალების ერთი ჯგუფი წარმოადგენს გამტარებს, ხოლო მეორე—იზოლატორებს?
 14. რომელი მასალები ეკუთვნიან გამტარებს და რომელი იზოლატორებს?
 15. როგორ არის მოწყობილი კონდენსატორი?
 16. რა ერთეულებში იზომება კონდენსატორის ტევადობა?
 17. როგორ უნდა შევაერთოთ კონდენსატორები, რომ მათი საერთო ტევადობა გადიდდეს?
 18. როგორ უნდა შევაერთოთ კონდენსატორები, რომ მათი საერთო ტევადობა შემცირდეს.
 19. როგორ გამოვთვალოთ საერთო ტევადობა კონდენსატორების პარალელური შეერთების დროს?
 20. როგორ გამოვთვალოთ საერთო ტევადობა კონდენსატორების მიმდევრობით შეერთების დროს?
 21. რა და რა სიდიდეებზეა დამოკიდებული კონდენსატორის ტევადობა?
 22. როგორ არის მოწყობილი ელექტროლიტური კონდენსატორი?
 23. როგორ არის მოწყობილი ცვლადი ტევადობის კონდენსატორი?
-

თ ა ვ ი II

მუდმივი დენი

§ 1. მუდმივი დენის ელემენტრული წრედი

წინა თავში გადმოცემული იყო ძირითადი ცნებები ელექტრობის არსის შესახებ; მაგრამ პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის საკიროა ვიცოდეთ არა მარტო ელექტრულ მოვლენათა ფიზიკური მხარე, არამედ უნდა შევისწავლოთ ელექტრული წრედის ძირითადი კანონებიც.



ნახ 18. უმარტივესი ელექტრული წრედი.

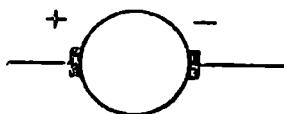
უმარტივესი ელექტრული წრედი (ნახ. 18) შეიცავს ელექტრული ენერგიის $\mathcal{E}$ წყაროს, ელექტრული ენერგიის $\mathcal{R}$ მიმღებსა და x_1 და x_2 ხაზურ სადენებს, რომლებიც მიმღებს წყაროსთან აერთებენ. ხაზური სადენების მისაერთებლად ენერგიის წყაროს აქვს ორი მომკერი, რომლებსაც ენერგიის წყაროს, ანუ სხეანაირად, გენერატორის დადებითი (+) და უარყოფითი (—) პოლუსები ეწოდება.

ელექტრული ენერგიის წყაროს წარმოადგენს გენერატორები (ელექტრული მანქანა). რომლებიც მოძრაობაში მოჰყავს რომელიმე მექანიკურ ძრავს, აკუმულატორები და გალვანური ელემენტები, როგორცაა მოწყობილობას გავეცნობით შემდეგ-

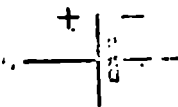
ში. ელექტრული ენერგიის მიმღებს წარმოადგენს ელექტრული ნათურები, ელექტროსათობი ხელსაწყოები, ელექტროძაფები და სხვ.

ელექტრული ენერგიის გენერატორების (ელექტრომანქანების) პირობითი აღნიშვნა სქემაზე მიღებულია ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 19-ზე, ხოლო აკუმულატორებისა და გალვანური ელემენტების — ნახ. 20-ზე.

როგორც გალვანურ ელემენტებს, ისე აკუმულატორებს შესაბამისად ერთმანეთთან აერთებენ იმისათვის, რომ პირველ შემთხვევაში შეადგინონ გალვანური ელემენტების ბატარეა, ხოლო მეორე



ნახ. 19. მუდმივი დენის გენერატორის პირობითი აღნიშვნა.



ნახ. 20. აკუმულატორისა და გალვანური ელემენტის პირობითი აღნიშვნა.



ნახ. 21. აკუმულატორის ბატარეის პირობითი აღნიშვნა.

შემთხვევაში — აკუმულატორების ბატარეა. მრავალი ელემენტისაგან შემდგარ ბატარეას შემდეგში აღვნიშნავთ ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 21-ზე.

ენერგიის წყარო მასზე მიერთებული ხაზური სადენებითა და მიმღებით კმნის შეკრულ ელექტრულ წრედს, რომელშიც განუწყვეტლივ მოძრაობს ელექტრული მუხტები, რასაც ელექტრული დენი ეწოდება.

მუდმივი დენი არის თავისუფალი ელექტრონების დამყარებული წინსვლითი ძრაობა შეკრულ წრედში.

შეკრულ წრედში წარმოიშვება ელექტრული მუხტების განუწყვეტელი მოძრაობა იმ ენერგიის წყაროს (გენერატორის) ელექტრომამოძრავებელი ძალის ზეგავლენით, რომელიც ამ წრედშია ჩართული და რომელიც მასში პოტენციალთა მუდმივ სხვაობას ქმნის. ამგვარად, ელექტრომამოძრავებელი ძალა არის მიზეზი, რომელიც შეკრულ წრედში წარმოშობს მუხტების მოძრაობას. ელექტრომამოძრავებელი ძალა ეწოდება იმ ენერგიის რიცხობრივ მნიშვნელობას, რომელსაც ენერგიის წყარო მიაწოდებს მუხტის ერთეულს (ელექტრონის რაოდენობის ერთეულს).

ელექტრომამოძრავებელი ძალა იზომება ვოლტებში (ვ), ხოლო

ენერგია — ჯოულებში (ჯ). მაშასადამე, თუ, მაგალითად, წრედში გამავალი 2 კულონი (კ) ელექტრობა გენერატორიდან ღებულობს 230 ჯ ენერგიას, მაშინ ამ გენერატორის ელექტრომაგნიტური ძალა უდრის $\frac{230}{2} = 115$ ვ.

ელექტრომაგნიტური ძალის არსებობაში დავრწმუნდებით, თუ წყაროს პოლუსებს ხაზური სადენების მაგივრად მივუერთებთ ხელსაწყოს, ე. წ. ვოლტმეტრს, რომლის მაჩვენებელი ისარი ამ დროს გადაიხრება რაღაც კუთხით. ეს გადახრა მით უფრო მეტი იქნება, რაც უფრო დიდია ენერგიის წყაროს ელექტრომაგნიტური ძალა.

ხაზური სადენებისა და ენერგიის მიმღებთა ერთობლიობა შეადგენს გარეგან წრედს, რომელშიც ელექტრული დენი ენერგიის წყაროს დადებითი პოლუსიდან მიმართულია უარყოფითი პოლუსისაკენ. ენერგიის წყაროს შიგნით ანუ, სხვაგვარად, შინაგან წრედში დენს აქვს საწინააღმდეგო მიმართულება, ესე იგი უარყოფითი პოლუსიდან დადებითი პოლუსისაკენ, როგორც ეს ისრებით ნაჩვენებია ნახ. 18-ზე.

§ 2. ელემენტური წინააღმდეგობა

როგორც გარეგანი წრედი, ისე თვით ენერგიის წყარო აფერხებს დენის მოძრაობას, რასაც ელექტრული წინააღმდეგობა (ანუ, მოკლედ, წინააღმდეგობა) ეწოდება.

ელექტრული დენი წარმოადგენს ელექტრონების მიმართულ მოძრაობას, რომელსაც ხელს უშლის გამტარის უწყვეტი მოძრაობის მოლეკულები და ატომები.

ელექტრულ წრედში ჩართული ენერგიის წყარო მის მიერ გამო-
მუშავებულ ენერგიას ხარჯავს გარეგანი და შინაგანი წრედის წინააღმდეგობათა დასაძლევად.

წინააღმდეგობა აღინიშნება ასო r -ით და სქემაზე გამოისახება ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 22-ზე. წინააღმდეგობის საზომი ერთეული არის ომი.

ნახ. 22. წინააღმდეგობის პირობითი აღნიშვნა.

1 ომი წინააღმდეგობის ეტალონად გამოდგება სინდიეის სვეტი, რომლის სიმაღლე უდრის 106,3 სმ და განივკვეთის ფართობი 1 მმ²-ს 0° ტემპერატურის დროს.

დიდი წინააღმდეგობების გაზომვისას სარგებლობენ ათასჯერ და მილიონჯერ უფრო დიდი ერთეულებით, ვიდრე ომი არის, რომლებსაც შესაბამის კილომომი (კომი) და მეგომომი (მგომი) ეწოდება.

უდრის:

$$r = 1,5 + 0,2 + 0,3 + 20 = 22 \text{ ომი.}$$

მაგალითი. ელექტრულ წრედში ჩართულია პარალელურად შეერთებული ოთხი გამტარი, რომელთა წინააღმდეგობებია: $r_1 = 96$ ომი, $r_2 = 48$ ომი, $r_3 = 32$ ომი და $r_4 = 16$ ომი. განვსაზღვროთ ასეთი წრედის წინააღმდეგობა.

ამოხსნა. გამტარის საძიებელი წინააღმდეგობა აღვნიშნოთ r -ით. (9) ფორმულის შესაბამისად დავწეროთ:

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{96} + \frac{1}{48} + \frac{1}{32} + \frac{1}{16}$$

აბ

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{8}.$$

აქედან ვპოულობთ საძიებელ წინააღმდეგობას:

$$r = 8 \text{ ომი.}$$

§ 5. ომის კანონი

ელექტრომამოძრავებელ ძალას, წრედის წინააღმდეგობასა და ამ წრედში არსებულ დენს შორის თანაფარდობას გამოსახავს ომის კანონი, რომელიც წარმოადგენს პრაქტიკულ გაანგარიშებათა საფუძველს. ოჰმი დაადგინა, რომ დენი წრედში პირდაპირ პროპორციულია ელექტრომამოძრავებელი ძალისა და უკუპროპორციულია მთელი წრედის წინააღმდეგობის.

ამგვარად, თუ აღვნიშნავთ:

E —ენერგიის წყაროს ელექტრომამოძრავებელი ძალა,

r —გარეგანი წრედის წინააღმდეგობა,

r_0 —შინაგანი წრედის (ენერგიის წყაროს) წინააღმდეგობა,

I —დენი წრედში,

ომის კანონი გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$I = \frac{E}{r + r_0} \quad (11)$$

აბ

$$E = I \cdot (r + r_0). \quad (12)$$

ყველა სიდიდე (11) და (12) ფორმულებში უნდა გამოისახოს ერთეულების ერთი და იგივე სისტემით. პრაქტიკულ სისტემაში ასეთი ერთეულებია: დენისათვის—ამპერი (ა), წინააღმდეგობისათვის—ომი და ელექტრომამოძრავებელი ძალისათვის—ვოლტი (ვ).

ელექტრომის რაოდენობას, რომელიც გამტარის განივკვეთში გაივლის ერთ წამში, ეწოდება დენის სიდიდე. თუ ერთ წამში გამტარის განივკვეთში გაივ-

ლის ერთი კულონი ელექტრობის რაოდენობა, მაშინ ამ გამტარში დენი ერთ ამპერს უდრის.

მცირე სიდიდის დენის გამოსახვისათვის იყენებენ ერთეულს, რომელიც ათასჯერ უფრო მცირეა, ვიდრე ამპერი და ეწოდება მილიამპერი (მა).

ამრიგად,

$$1 \text{ ა} = 1000 \text{ მა.}$$

როგორც (12) ფორმულიდან ჩანს, ელექტრომამოძრავებელი ძალა უდრის დენისა და მთელი წრედის წინააღმდეგობის ნამრავლს, ე. ი. თუ მთელი წრედის წინააღმდეგობა უდრის ერთ ომს, ხოლო წრედში გამავალი დენი—ერთ ამპერს, მაშინ ელექტრომამოძრავებელი ძალა (ე. მ. ძ.), რომელიც ამ წრედში მოქმედებს, უდრის ერთ ვოლტს.

მცირე სიდიდის ე. მ. ძალის გამოსახვისათვის სარგებლობენ ერთეულით, რომელიც ათასჯერ უფრო მცირეა, ვიდრე ვოლტი და ეწოდება მილივოლტი (მვ), ხოლო ე. მ. ძალის დიდი სიდიდის გამოსახვისათვის—ერთეულით, რომელიც ათასჯერ დიდია, ვიდრე ვოლტი და ეწოდება კილოვოლტი (კვ).

ამრიგად,

$$1 \text{ მვ} = 0,001 \text{ ვ} \text{ და } 1 \text{ კვ} = 1000 \text{ ვ.}$$

ომის კანონი სამართლიანია არა მარტო მთელი წრედისათვის, როცა დენის სიდიდის განსასაზღვრავად ვიყენებთ ე. მ. ძ. და მთელი წრედის წინააღმდეგობას, არამედ იგი შეიძლება გამოვიყენოთ აგრეთვე მისი ნებისმიერი უბნისათვისაც.

ელექტრული წრედის რომელიმე უბანზე დენის განსაზღვრული სიდიდის შესანარჩუნებლად ელექტრული გენერატორი, ხარჯავს რა გარკვეულ ენერგიას, ქმნის პოტენციალთა რაღაც სხვაობას მოცემული უბნის საწყის და ბოლო წერტილებს შორის. პოტენციალთა ამ სხვაობას ეწოდება ძაბვა განხილული უბნის საწყის და ბოლო წერტილს შორის.

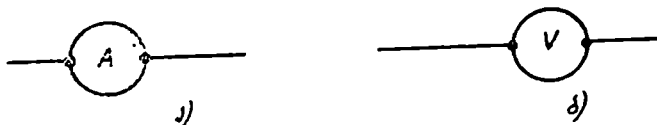
ამრიგად, როცა ომის კანონს ვიყენებთ წრედის უბნისათვის, ფორმულებში (11) და (12) ე. მ. ძ. უნდა შევცვალოთ ამ უბნის საწყის და ბოლო წერტილებს შორის არსებული ძაბვით, ხოლო მთელი წრედის წინააღმდეგობა—ამ უბნის r წინააღმდეგობით. ამ შემთხვევაში ომის კანონის ფორმულა წრედის უბნისათვის მიიღებს ასეთ სახეს:

$$I = \frac{U}{r}. \quad (13)$$

სიტყვაეოდ ომის კანონი შეიძლება ჩამოყალიბოთ ასე: დენი წრედის უბანზე უდრის მის მომკერებზე პოტენციალთა სხვაობას გაყოფილს მის წინააღმდეგობაზე. ომის კანონის ფორმულიდან გვაქვს, რომ

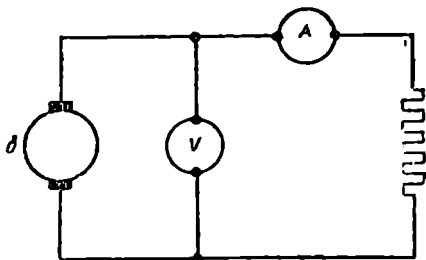
$$U = I \cdot r. \quad (14)$$

ე. ი. ძაბვა წრედის უბანზე უდრის დენს გამრავლებულს ამ უბნის წინააღმდეგობაზე.



ნახ. 29. საზომი ხელსაწყოები: ა—ამპერმეტრი; ბ—ვოლტმეტრი.

ძაბვა, ისევე როგორც ე. მ. ძ., გამოისახება ვოლტებში, კილოვოლტებში და მილივოლტებში. ვოლტმეტრი რომ მიეერთოთ წრედის უბნის საწყისსა და ბოლო წერტილებს, იგი გვიჩვენებს ძაბვის ვარდნის სიდიდეს ამ უბანზე. თუ ვოლტმეტრს მიეუერთებთ გარეგანი წრედის საწყის წერტილს, რომელიც იმავე დროს ენერგიის წყაროს დადებით პოლუსია, და ბოლო წერტილს, ანუ ენერგიის წყაროს უარყოფით პოლუსს, მაშინ ვოლტმეტრი გვიჩვენებს მთელი გარეგანი წრედის ძაბვას, რომელიც იმავე დროს წარმოადგენს ძაბვის ენერგიის წყაროს მომკერებზე ანუ, მოკლედ, ენერგიის წყაროს (გენერატორის) ძაბვას.



ნახ. 30. ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩართვის სქემა.

წრედში დენის გასაზომად იყენებენ ხელსაწყოს, რომელსაც ამპერმეტრი ეწოდება. როგორც ამპერმეტრის, ისე ვოლტმეტრის მოწყობილობას გავცნობით შემდეგში. ამპერმეტრი და ვოლტმეტრი პირობით აღინიშნება ისე, როგორც ნაჩვენებია ნახ. 29-ზე. ამპერმეტრი წრედში უნდა ჩაირთოს მიმდევრობით: დენის წრედს გაჭრიან და იმ ადგილზე გამტარების ბოლოებს შეუერთებენ ამპერმეტრის მომკერებს, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 30-ზე. ამრი-

გად, ამპერმეტრში გაივლის მთელი გასაზომი დენი. ასეთ ჩართვას ეწოდება მიმდევრობითი ჩართვა, ვოლტმეტრის ჩართვისაგან განსხვავებით, რომლის ჩართვა პარალელურად ხდება.

თუ დაეუბრუნდებით (12) ფორმულას და გავხსნით ფრჩხილებს, მივიღებთ:

$$E = I \cdot r + I \cdot r_0, \quad (15)$$

სადაც $I \cdot r$ არის ძაბვის ვარდნა r წინააღმდეგობაში, ე. ი. გარეგან წრედში, ანუ, სხვანაირად, ენერგიის წყაროს (გენერატორის) ძაბვა, თუ მას აღვნიშნავთ U -თი, მივიღებთ

$$U = I \cdot r.$$

შევიტანოთ ეს აღნიშვნა (15) ფორმულაში და გადავწეროთ ასეთი სახით:

$$E = U + I \cdot r_0. \quad (16)$$

ნამრავლი $I \cdot r_0$ არის ძაბვის ვარდნა r_0 წინააღმდეგობაში, ე. ი. ენერგიის წყაროს (გენერატორის) შიგნით.

მაშასადამე, ფორმულა (15) იმას მოწმობს, რომ ენერგიის წყაროს ე. მ. ძ. უდრის ძაბვის ვარდნათა ჯამს გარეგან წრედში და ენერგიის წყაროს შიგნით (შინაგან წრედში).

ფორმულა (16) შეიძლება ასე გადავწეროთ

$$U = E - I \cdot r_0. \quad (17)$$

მაშასადამე, ძაბვა ენერგიის წყაროს (გენერატორის) მომქერებზე უდრის ელექტრომაგნიტური ძალისა და ენერგიის წყაროს (გენერატორის) შიგნით ძაბვის ვარდნის სხვაობას.

თუ შევამცირებთ გარეგანი წრედის r წინააღმდეგობას, მაშინ მთელი წრედის $r + r_0$ წინააღმდეგობაც შემცირდება, ხოლო დენი წრედში, როგორც ეს (11) ფორმულიდან ჩანს, გაიზრდება. ვინაიდან წყაროს r_0 წინააღმდეგობა უცვლელი რჩება, დენის გადიდებით (17) ფორმულაში გადიდება აგრეთვე $I \cdot r_0$ ნამრავლი, რომელიც წარმოადგენს ძაბვის ვარდნას ენერგიის წყაროს შიგნით. ამრიგად, (17) ფორმულიდან გამოდის, რომ გარეგანი წრედის წინააღმდეგობის შემცირებით ძაბვა ენერგიის წყაროს (გენერატორის) მომქერებზე აგრეთვე შემცირდება. თუ ენერგიის წყაროს პოლუსებს შევაერთებთ გამტარით, რომლის წინააღმდეგობა პრაქტიკულად ნულს უდრის, მაშინ ფორმულა (11) ამ შემთხვევისათვის ასეთ სახეს მიიღებს:

$$I = \frac{E}{r_0} \quad (18)$$

და გამოსახავს დენის იმ ზღვრულ მნიშვნელობას, რომელიც შეიძლება მიღებულ იქნას მოცემული წყაროს წრედში.

ჩვენს ზიერ განხილულ შემთხვევას, როცა გარეგანი წრედის r წინააღმდეგობა უდრის ნულს, ეწოდება მოკლედ შერთვა.

ენერგიის წყაროებისათვის, რომელთაც მცირე შინაგანი წინააღმდეგობა აქვთ, მაგალითად, ელექტრული გენერატორებისათვის (ელექტრომანქანებისათვის) და მუდმივი აკუმულატორებისათვის, მოკლედ შერთვა უაღრესად დიდ საფრთხეს წარმოადგენს, რადგან შეუძლია გამოიწვიოს ამ გენერატორების დაზიანება და წყობილებიდან გამოყვანა.

მოკლედ შერთვა ძალიან ხშირად წარმოიქმნება, მაგალითად, იმ სადენების იზოლაციის დაზიანების გამო, რომლებიც მიმღებს ენერგიის წყაროსთან აერთებენ. ამ შემთხვევაში ლითონის, ჩვეულებრივად სპილენძის, ისეთი ხაზური სადენების ურთიერთშეხება, რომელთაც საიზოლაციო საბურველი არა აქვთ, კმნის მეტად მცირე წინააღმდეგობას, რომელიც მიმღების წინააღმდეგობასთან შედარებით შეიძლება ნულის ტოლად მივიჩნიოთ.

მოკლედ შერთვის დენებრსაგან ელექტროტექნიკური აპარატურის დაცვის მიზნით, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, ძუენებენ დამცავ მოწყობილობებს, რომლებსაც აყენებენ ხაზის დასაწყისში ხაზური სადენების კრილში.

მაგალითი. მუდმივი დენის გენერატორის მომკერებზე, რომლის შინაგანი წინააღმდეგობა უდრის 0,2 ომს, და რომელიც კვებავენ 23 ომი წინააღმდეგობის მქონე მიმღებს, მიერთებულია ვოლტმეტრი, რომელიც უჩვენებს 115 ვ. რას უდრის ამ გენერატორის ე. მ. ძ?

ა მ ო ხ ს ნ ა. მთელი წრედის წინააღმდეგობა

$$r + r_0 = 23 + 0,2 = 23,2 \text{ ომს.}$$

დენს წრედში განვსაზღვრავთ (14) ფორმულით:

$$115 = I \cdot 23; \quad I = 5 \text{ ა.}$$

გენერატორის ე. მ. ძ. ვპოულობთ (12) ფორმულით:

$$E = 5 \cdot 23,2 = 116 \text{ ვ.}$$

მაგალითი. რა სიდიდის დენი დამყარდება აკუმულატორული ბატარეის წრედში, რომლის ე. მ. ძ. უდრის 110 ვ და შინაგანი წინააღმდეგობა 0,1 ომს და რომელიც გათვლილია იმაზე, რომ მიაწოდოს დენი 80 ა, თუ ამ ბატარეის პოლუსებს შევაერთებთ მოკლედ.

ა მ ო ხ ს ნ ა. ბატარეის წრედში დენს განვსაზღვრავთ ფორმულით:

$$I = \frac{110}{0,1} = 1100 \text{ ა.}$$

ვინაიდან მაგალითში აღნიშნული ტიპის აკუმულატორული ბა-
3. ელექტროტექნიკა.

ტარვის დენი არ უნდა აღემატებოდეს 80 ა-ს, ცხადია, 1100 ა საფრთხეს წარმოადგენს მისი სიმრთელისათვის.

როგორც უკვე ვიცით, გამტარების მიმდევრობით შეერთებისას საერთო წინააღმდეგობა უდრის ამ გამტარების წინააღმდეგობათა ჯამს. ამრიგად, თუ ენერგიის იმ წყაროს გარეგანი წრედი, რომლის შინაგანი წინააღმდეგობა არის r_0 , შედგება, მაგალითად, მიმდევრობით შეერთებული სამი r_1 , r_2 და r_3 გამტარისაგან, მაშინ მთელი წრედის საერთო წინააღმდეგობა იქნება $r_0 + r_1 + r_2 + r_3$.

თუ ომის კანონის (11) ფორმულაში მთელი წრედის $r + r_0$ წინააღმდეგობას შევცვლით ჩვენს კერძო შემთხვევაში $r_0 + r_1 + r_2 + r_3$ წინააღმდეგობით, დენისათვის წრედში შემდეგ გამოსახულებას მივიღებთ:

$$I = \frac{E}{r_0 + r_1 + r_2 + r_3} \quad (19)$$

ამ ფორმულიდან ვპოულობთ, რომ ენერგიის წყაროს ე. მ. ძ. E უდრის წრედში დენისა და ამ წრედის ცალკეული უბნების წინააღმდეგობათა ნამრავლის ჯამს, ე. ი.

$$E = I \cdot r_0 + I \cdot r_1 + I \cdot r_2 + I \cdot r_3 \quad (20)$$

ამ შემთხვევაში დენისა და წინააღმდეგობების $I \cdot r_1$, $I \cdot r_2$ და $I \cdot r_3$ ნამრავლთაგან თვითთელი წარმოადგენს ძაბვის ვარდნას ენერგიის თვითთელ გამტარ-მიმღებში, ხოლო $I \cdot r_0$ —ძაბვის ვარდნას ენერგიის წყაროს შიგნით. ვინაიდან წრედის ყველა უბანზე დენს აქვს ერთი და იგივე მნიშვნელობა, ამიტომ (20) ფორმულიდან გამოდის, რომ ძაბვის ვარდნა წრედში, რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული გამტარებისაგან, ნაწილდება ამ გამტარების წინააღმდეგობათა პროპორციულად.

გარდა ამისა, ამავე ფორმულიდან ჩანს, რომ თუ ენერგიის წყაროს ე. მ. ძ. უცვლელია, მაშინ ერთ-ერთი გამტარის წინააღმდეგობის შეცვლა გაძოიწვევს წრედში დენის შეცვლას და, აგრეთვე, ძაბვის ვარდნის შეცვლასაც როგორც ამ გამტარში, ისე ყველა დანარჩენ გამტარში და ენერგიის წყაროს შიგნით.

თუ (13) ფორმულაში წრედის უბნის წინააღმდეგობას შევცვლით, ჩვენს მიერ განხილული შემთხვევის შესაბამისად, მთელი წრედის წინააღმდეგობით, ანუ წინააღმდეგობათა ჯამით ($r_1 + r_2 + r_3$), წრედში დენისათვის მივიღებთ ასეთ გამოსახვას:

$$I = \frac{U}{r_1 + r_2 + r_3} \quad (21)$$

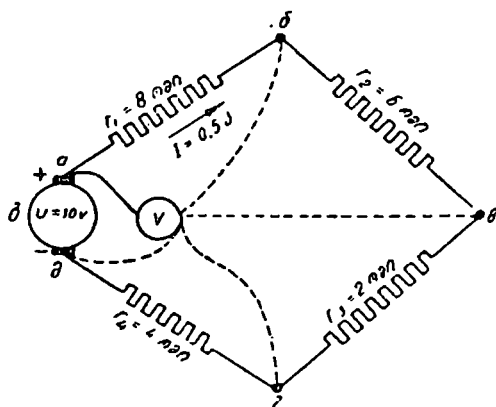
რომლის ასეთი სახით გადაწერის შემდეგ

$$U = I \cdot r_1 + I \cdot r_2 + I \cdot r_3 \quad (22)$$

მივიღებთ, რომ ძაბვა ენერგიის წყაროს მომქერებზე U უდრის ძაბვის ეარდნათა ჯამს გარეგანი წრედის ცალკეულ უბნებზე.

დავუშვათ, რომ მიმდევრობით შეერთებული ოთხი გამტარი (ნახ. 31), რომლის წინააღმდეგობებია $r_1=8$ ომი, $r_2=6$ ომი, $r_3=2$ ომი და $r_4=4$ ომი, მიერთებულია გენერატორის მომქერებზე, რომლის ძაბვა უდრის 10 ვ. (21) ფორმულის თანახმად დენი წრედში უდრის

$$I = \frac{10}{8+6+2+4} = 0,5 \text{ ა.}$$



ნახ. 31. ოთხი წინააღმდეგობის მიმდევრობით შეერთება.

ძაბვის ეარდნა $აბ$ უბანზე უდრის $I \cdot r_1 = 0,5 \cdot 8 = 4$ ვ.

$$ბგ \quad " \quad I \cdot r_2 = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ ვ.}$$

$$გდ \quad " \quad I \cdot r_3 = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ ვ.}$$

$$აბ \quad " \quad I \cdot r_4 = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ ვ.}$$

ძაბვა გენერატორის მომქერებზე უდრის გარეგანი წრედის ყველა უბანზე ძაბვის ეარდნათა ჯამს, ე. ი. $4+3+1+2=10$ ვ.

თუ ვოლტმეტრს მიუერთებთ $ა$ და $ბ$ წერტილებს, გვიჩვენებს 4 ვ, $ა$ და $გ$ -ს— $4+3=7$ ვ, $ა$ და $დ$ -ს— $4+3+1=8$ ვ, $ა$ და $ბ$ -ს— $4+3+1+2=10$ ვ. გარეგანი წრედის ვალიდობა იწვევს დენის შემცირებას

და, მაშასადამე, ამცირებს ძაბვის ვარდნას გარეგანი წრედის ყველა ზუბანზე. დავუშვათ, რომ n ომი წინააღმდეგობის მქონე გამტარი მიერთებულია ელექტროენერგიის წყაროსთან, რომლის ძაბვა $U=24$ ვ. ასეთი წრედის დენი

$$I = \frac{U}{r} = \frac{24}{6} = 4 \text{ ა.}$$

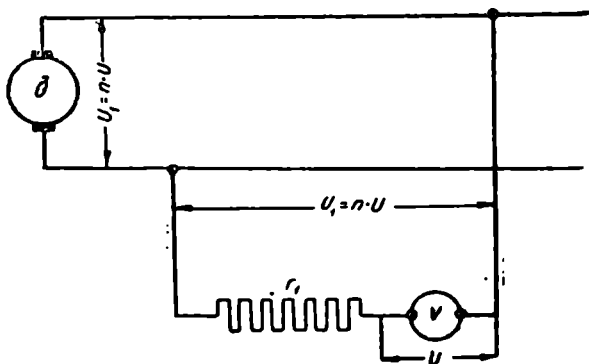
თუ ამ გამტართან მიმდევრობით მივაერთებთ მეორე გამტარს $r'=2$ ომი, მაშინ დენი წრედში იქნება

$$I' = \frac{U}{r+r'} = \frac{24}{6+2} = 3 \text{ ა}$$

და ძაბვის ვარდნა პირველ გამტარში იქნება

$$I' \cdot r = 3 \times 6 = 18 \text{ ვ.}$$

დამატებითი წინააღმდეგობის მიმდევრობით ჩართვას პრაქტიკაში მიმართავენ ძაბვის დასაწევად. მაგალითად, ვოლტმეტრის გაზომვის ზღვრის გასაფართოებლად სარგებლობენ დამატებითი წინააღმდეგობებით, რომლებსაც მიმდევრობით ჩართავენ ხელსაწყოს გამზომ ნაწილთან (ნახ. 32). დამატებითი წინააღმდეგობის



ნახ. 32. სქემა დამატებითი წინააღმდეგობის ვოლტმეტრთან მიერთებისა მისი გაზომვის ზღვრის გასაფართოებლად.

სიდიდის განსაზღვრა შეიძლება შემდეგი მოსაზრების გათვალისწინებით. თუ ვოლტმეტრით, რომლის შინაგანი წინააღმდეგობა არის r , უნდა გაიზომოს ძაბვა U ვოლტამდე, მაშინ მასში გამავალ დენს შეუძლია მიაღწიოს სიდიდეს $I = \frac{U}{r}$ ა. იმისათვის, რომ

ვოლტმეტრით შეიძლება აღვსაზოგოთ U დაბეჭდვით n -ჯერ მეტი დაბ-
ვისა, ე. ი. $U_1 = nU$, ცხადია, საჭირო იქნება მას ისეთი დამატე-
ბითი r_1 წინააღმდეგობა მივუერთოთ, რომ გადიდებული დაბვის გა-
ზომვისას ვოლტმეტრში გაძაღალი დენი არ აღემატებოდეს

$$I = \frac{U}{r}.$$

დამატებითი r_1 წინააღმდეგობის დროს ვოლტმეტრის წრედის
საერთო წინააღმდეგობა უდრის $r + r_1$ და, მაშასადამე, დენი, რო-
მელიც გაივლის ვოლტმეტრში გადიდებული დაბვის გაზომვის
დროს, იქნება

$$I = \frac{n \cdot U}{r + r_1}.$$

ორივე შემთხვევისათვის დენების ტოლობის პირობიდან ეპოუ-
ლობთ:

$$\frac{U}{r} = \frac{n \cdot U}{r + r_1}.$$

აქედან განვსაზღვრავთ დამატებითი წინააღმდეგობის სიდიდეს

$$r_1 = r(n - 1). \quad (23)$$

მაგალითი. როგორი დამატებითი წინააღმდეგობა უნდა მივუერთოთ ვოლტ-
მეტრს, რომელიც გათვლილია 50 ვ-მდე დაბვის გასაზომად, რომ იმით შეიძ-
ლებოდეს 300 ვ-მდე დაბვის გაზომვა, თუ ვოლტმეტრის შინაგანი წინააღმდეგობა
უდრის 2000 ომს?

ა მ თ ხ ს ა. ვოლტმეტრით გასაზომი დაბვა უნდა გადიდდეს $300:50=6$ -ჯერ, ე. ი.
 $n=6$. (23) ფორმულაში ჩავსვათ მნიშვნელობა $n=6$ და მივიღებთ:

$$r = 2000 \cdot (6 - 1) = 10000 \text{ ომი}.$$

§ 6. კირხჰოფის კანონი

წრედებში, რომლებიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული
რამდენიმე მიმდებისაგან, დაბვისა და დენს შორის თანაფარდობა
როგორც მთელ წრედში, ისე მის ცალკეულ უბნებზე ემორჩილება
ომის კანონს. მაგრამ პრაქტიკაში უმეტესად გვხვდება ისეთი წრე-
დები, რომლებშიც რამიმ ნებისმიერი პუნქტიდან დენებს შეიძლე-
ბა ჰქონდეს სხვადასხვა მიმართულების გზა და რომლებშიაც, მაშა-
სადამე, არსებობს წერტილები, სადაც თავს იყრის სამი და მეტი
გამტარი. ამ წერტილებს უწოდებენ კვანძებს (კვანძურ წერტილებს),
ხოლო წრედის იმ უბნებს, რომლებიც აერთებს ორ მოსაზღვრე
კვანძს—წრედის განშტოებებს.

დავუშვათ, რომ a კვანძში (ნახ. 25) აღვიღოთ აქვს წრედის გან-
შტოებას სამ შტოდ, რომლებიც კვლავ თავს იყრის 6 კვანძში.

წრედის განუშტოებელ ნაწილში დენი აღენიშნოთ I -თი, ხოლო შტოებში შესაბამად — I_1 , I_2 და I_3 -თი. ასეთ წრედში აღნიშნულ დენებს შორის არსებობს შემდეგი თანაფარდობა:

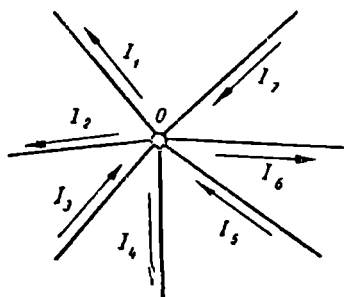
$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

თუ კვანძში თავს იყრის რამდენიმე სადენი, კვანძში შემავალი და კვანძიდან გამავალი სხვადასხვა მიმართულების მქონე დენებით (ნახ. 33), მაშინ ასეთი კვანძისათვის ადგილი აქვს შემდეგ ტოლობას:

$$I_3 + I_6 + I_7 = I_1 + I_2 + I_4 + I_5, \quad (24)$$

რომლის მიხედვით კირხჰოფის კანონი ჩამოყალიბდება შემდეგნაირად: ელექტრული წრედის კვანძში (კვანძურ წერტილში) შემავალი დენების ჯამი უდრის მისგან გამავალი დენების ჯამს.

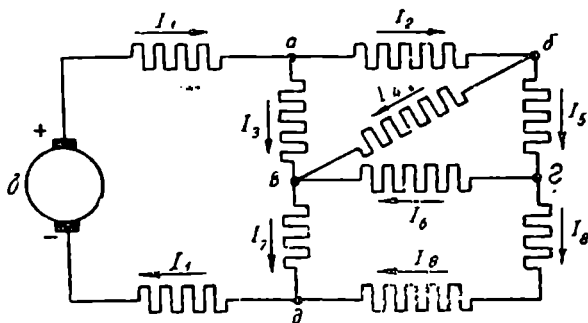
კირხჰოფის კანონის გამოყენების მაგალითად ნახ. 34-ზე გამო-



ნახ. 33. კვანძური წერტილი.

სახულია რთული ელექტრული წრედი, რომელიც შედგება ხუთი კვანძისაგან a , b , c , z , o , რომელთათვის კირხჰოფის კანონის თანახმად შეიძლება დაიწეროს შემდეგი განტოლებები:

a	კვანძისათვის:	$I_1 = I_2 + I_3,$
b	"	$I_3 = I_4 + I_5,$
c	"	$I_3 + I_4 + I_6 = I_7,$
z	"	$I_6 = I_6 + I_8,$
o	"	$I_7 + I_8 = I_1.$



ნახ. 34. რთული ელექტრული წრედი.

მაგალითი. ელექტროგანათების ხაზზე მიერთებულია სახლის (შინაგანი მომ-სახურების) სამი დანადგარი (ნახ. 35). საჭიროა დენის სიდიდის განსაზღვრა ბა-ზურ სადენებში.

ა მო ხ ს ნ ა. $a-a'$ წერტილებს შორის მიერთებული დანადგარის კვებისათვის საჭიროა 4 ა. მაშასადამე, ხაზის $a-a$ უბანზე დენი იქნება $3+1=7$ ა.

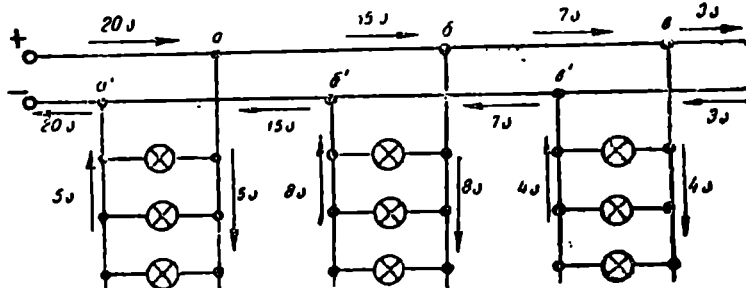
$b-b'$ წერტილებს შორის მიერთებული დანადგარის კვებისათვის საჭირო დენი უდრის 8 ა, მაშასადამე, კირხჰოფის კანონის თანახმად ხაზის $a-b$ და $a'-b'$ უბანზე დენი უდრის ჯამს

$$7+8=15 \text{ ა.}$$

$a-a'$ წერტილებს შორის მიერთებული დანადგარის კვებისათვის საჭირო დენი უდრის 5 ა, მაშასადამე, უბანზე, რომელიც მოთავსებულია ხაზის საწყისსა და პირველი გასტოების წერტილებს შორის, დენი უდრის ჯამს

$$15+5=20 \text{ ა.}$$

დავეშვათ, რომ a კვანძისაკენ წინართული დენი (ნახ. 25) განსტოვდება I_1 , I_2 და I_3 დენებად, რომლებიც გადის r_1 , r_2 და r_3 წინააღმდეგობების მქონე გამ-ტარებში. a და b წერტილებს შორის ძაბვა აღენიშნოთ U -თი, მაშინ ომისა და კირხჰოფის კანონების მიხედვით შეიძლება დავწეროთ შემდეგი ტოლობები:



ნახ. 35.

კირხჰოფის კანონის მიხედვით

$$I = I_1 + I_2 + I_3, \quad (25)$$

ომის კანონის მიხედვით

$$I_1 = \frac{U}{r_1}; \quad I_2 = \frac{U}{r_2}; \quad I_3 = \frac{U}{r_3}. \quad (26)$$

თუ უკანასკნელ სამ ტოლობას შევკრებთ, მივიღებთ:

$$I_1 + I_2 + I_3 = U \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right).$$

(25) და (26) ფორმულების ერთმანეთთან შედარებით ვიპოვი:

$$I = U \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right). \quad (27)$$

თუ α და ϵ კვანძებს შორის ყველა გამტარის საერთო წინააღმდეგობას აღვნიშნავთ r -ით, მაშინ ომის კანონის თანახმად დენი ამ გამტარებში, როცა მათ ბოლოებზე ძაბვა არის U , განისაზღვრება შემდეგი ტოლობით:

$$I = U \cdot \frac{1}{r}. \quad (28)$$

ზემოთ აღნიშნულ (27) და (28) ფორმულებს მარცხენა ნაწილები ტოლი აქვთ, მაშასადამე, მარჯვენა ნაწილებიც ტოლია. ამგვარად, შეიძლება დაიწეროს შემდეგი ტოლობა:

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}. \quad (29)$$

ვინაიდან მიღებულ განტოლებაში $\frac{1}{r}$ არის α და ϵ კვანძებს შორის პარალელურად ჩართული ყველა გამტარის საერთო გამტარებლობა, ხოლო $\frac{1}{r_1}$, $\frac{1}{r_2}$ და $\frac{1}{r_3}$ სიდიდეები—გამტარებლობა შესაბამისად იმ r_1 , r_2 , r_3 წინააღმდეგობებისა, რომლებიც შედის პარალელურად შეერთების შემადგენლობაში, ამიტომ განტოლება (29) შეიძლება გამოითქვას ასე: პარალელურად შეერთებულ გამტართა გამტარებლობა უდრის ამ გამტარების გამტარებლობათა ჯამს.

დავუბრუნდეთ (26) ფორმულას და გადავწეროთ იგი ასეთი სახით:

$$I_1 \cdot r_1 = U; \quad I_2 \cdot r_2 = U; \quad I_3 \cdot r_3 = U.$$

რადგან ამ ტოლობათა მარჯვენა ნაწილები ტოლია, მარცხენა ნაწილებიც ტოლი იქნება, და ამიტომ

$$I_1 r_1 = I_2 r_2 = I_3 r_3.$$

ამ ტოლობებიდან ადვილად შეიძლება მივიღოთ შემდეგი ფარდობები:

$$\frac{I_1}{r_2} = \frac{I_2}{r_1}; \quad \frac{I_2}{r_3} = \frac{I_3}{r_2}; \quad \frac{I_1}{r_3} = \frac{I_3}{r_1}; \quad (30)$$

ეს ფარდობები იმას მოწმობენ, რომ წყვილებში, რომლებშიც წინააღმდეგობები პარალელურად არის ჩართული, დენები ნაწილდება ამ წინააღმდეგობათა უკუპროპორციულად. ამგვარად, რამდენად მეტია პარალელურად ჩართული წინააღმდეგობის სიდიდე, მით მცირეა მასში გაშვებული დენი და პირიქით.

რადგან გამტარის წინააღმდეგობა არის იმავე გამტარის გამტარებლობის შებრუნებული სიდიდე, ამიტომ, თუ ჩვენს მიერ განხილულ პარალელურად შეერთებულ გამტართა გამტარებლობას შესაბამისად აღვნიშნავთ g_1 , g_2 , g_3 -ით, ფორმულა (30) შეიძლება გადავწეროთ ასეთი სახით:

$$I_1 \cdot g_2 = I_2 \cdot g_1; \quad I_2 \cdot g_3 = I_3 \cdot g_2; \quad I_1 \cdot g_3 = I_3 \cdot g_1;$$

ამ ტოლობებიდან ელემენტარულად შეიძლება დავადგინოთ:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{g_1}{g_2}; \quad \frac{I_2}{I_3} = \frac{g_2}{g_3}; \quad \frac{I_1}{I_3} = \frac{g_1}{g_3}, \quad (31)$$

რომლებიც შეიძლება ასე ჩამოვაყალიბოთ: წრედებში, რომლებშიც გამტარები პარალელურად არის შეერთებული, დენები ნაწილდება ამ გამტარების გამტარებლობათა პირდაპირ პროპორციულად.

თუ კვანძებს შორის ძაბვა არ იცვლება, მაშინ ამ კვანძებს შორის მიერთებული ენერგიის მიმღებთა დენები, მათი მიმდევრობით მიერთებიდან განსხვავებით, ერთმანეთზე დამოკიდებული არ არის, და, მაშასადამე, წრედიდან ერთის ან რამდენიმე მთვანის გამოორთვა გავლენას არ მოახდენს სხვა დანარჩენ, მიერთებულ მიმღებთა მუშაობაზე. ამიტომ განათების სავარჯიშო ნათურებს, ელექტროძრავებსა და ენერგიის სხვა მიმღებებს უმთავრესად პარალელურად ჩართავენ.

ელექტრული წრედის უბანზე წინააღმდეგობის პარალელურად ჩართვა იწვევს დენის შეცვლას როგორც მთელ წრედში, ისე მის განსახილველ უბანზე. დავუშვათ, რომ მიმდევრობით შეერთებული ორი $r_1 = 8$ ომი და $r_2 = 4$ ომი წინააღმდეგობები ჩართულია შეკრულ წრედში (ნახ. 36) და გენერატორის მომკერებზე ძაბვა $U = 12$ ვ. დენი წრედში უდრის

$$I = \frac{U}{r_1 + r_2} = \frac{12}{8 + 4} = 1 \text{ ა.}$$

თუ წრედის $\alpha - \delta$ უბანზე r_3 წინააღმდეგობის პარალელურად ჩავრთავთ $r_3 = 8$ ომ წინააღმდეგობას და ჩავიცვავთ h ჩაძრავს, მაშინ წრედის განუშტოებელ ნაწილში დენი იქნება ტოლი

$$I_1 = \frac{U}{r_1 + r_{\alpha\delta}}.$$

პარალელურად შეერთებული ორი გამტარის წინააღმდეგობა უდრის

$$r_{\alpha\delta} = \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3} = \frac{4 \cdot 8}{4 + 8} = \frac{32}{12} = \frac{8}{3} = 2 \frac{2}{3} \text{ ომი,}$$

აქედან

$$I_1 = \frac{12}{8 + \frac{8}{3}} = \frac{9}{8} = 1,125 \text{ ა.}$$

დენები პარალელურად შეერთებულ გამტარებში ნაწილდება ან გამტარების წინააღმდეგობათა უკუპროპორციულად, ე. ი.

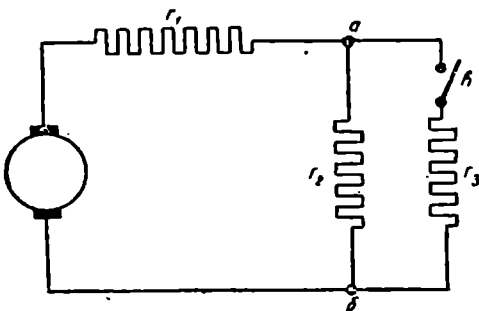
$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{r_3}{r_2}.$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $I_2 + I_3 = I_1$, მაშინ ვიპოვიტ დენების მნიშვნელობებს მეორე და მესამე გამტარებში

$$I_2 = 0,75 \text{ ა და } I_3 = 0,375 \text{ ა.}$$

ამგვარად, მესამე გამტარის მეორესთან პარალელურად ჩართვით შევამცირეთ დენი მეორე გამტარში.

ელექტრული წრედის უბანზე წინააღმდეგობის ამგვარი პარალელური ჩართვით, რომელსაც შუნტი ეწოდება, სარგებლობენ



ნახ. 35. წინააღმდეგობის პარალელურად ჩართვა ელექტრული წრედის უბანზე.

მოცემულ უბანზე დენის შესამცირებლად, კერძოდ, ამპერმეტრის გაზომვის ზღვრის გასაფართოებლად. ამ შემთხვევაში, იმის გამო, რომ შუნტია ჩართული, ხელსაწყოში განზტოვდება გასაზომი დენის მხოლოდ ნაწილი. შუნტის (ნახ. 37) წრედში ჩართავენ მიმდევრობით და A ამპერმეტრს პარალელურად მიერთებენ შუნტზე.

შუნტის r_1 წინააღმდეგობის განსაზღვრისას ხელმძღვანელობენ შემდეგი მოსაზრებებით. თუ ამპერმეტრით, რომლის შინაგანი წინააღმდეგობა არის r და რომელიც განკუთვნილია I ა-მდე დენის გასაზომად, განიზრახეს გაზომონ n -ჯერ მეტი დენი, ე. ი. გაზომონ დენი $I_1 = n \cdot I$ ა-მდე, მაშინ, ცხადია, საჭირო იქნება ისეთი წინააღმდეგობის მქონე შუნტის ჩართვა, რომ საზომ ხელსაწყოში განზტოვდეს I დენი, ხოლო შუნტში — $n \cdot I - I = (n-1) \cdot I$ დენი.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ გამტარების პარალელურად შეერთებისას დენები ამ გამტარებში ნაწილდება მათი წინააღმდეგობების უკუპროპორციულად, შეგვიძლია დავწეროთ შემდეგი პროპორცია:

$$\frac{(n-1) \cdot I}{I} = \frac{r}{r_1},$$

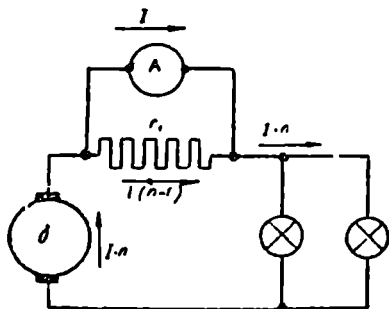
რომლისგანაც შუნტის წინააღმდეგობისათვის ეპოულობთ ასეთ გამოსახვას

$$r_1 = \frac{r}{n-1} \quad (32)$$

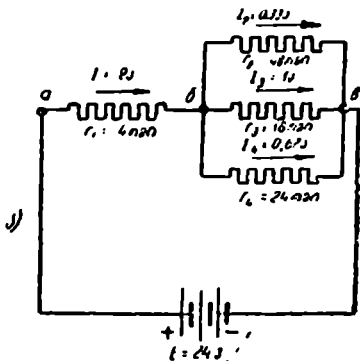
მაგალითი. როგორი r_1 წინააღმდეგობა უნდა ჩაუერთოთ პარალელურად ამპერმეტრს, რომლის შინაგანი წინააღმდეგობა $r=0,12$ ომს და რომელიც განკუთვნილია $I=5$ ა-მდე დენის გასახომად, რომ იმით შეიძლება დენი $I_1=35$ ა-მდე დენის გაზომვა?

ამოხსნა. დენი, რომლის გასახომად განკუთვნილია ამპერმეტრი, უნდა გადიდდეს $35:5=7$ -ჯერ. მაშასადამე, (32) ფორმულაში $n=7$. თუ აღნიშნულ ფორმულაში ჩავსვამთ მნიშვნელობას $n=7$, აგრეთვე $r=0,12$ ომს, ვიპოვით შუნტის წინააღმდეგობას

$$r_1 = \frac{0.12}{7-1} = 0.02 \text{ ომს.}$$



ნახ. 37. შუნტიანი ამპერმეტრის ჩართვა.



ნახ. 38.

მაგალითი. აკუმულატორული ბატარეის წრედში, რომლის ე. მ. ძ. $E=24$ ვ (ნახ. 38, ა), შერეულად არის შეერთებული ოთხი წინააღმდეგობა: $r_1=4$ ომს, $r_2=48$ ომს, $r_3=16$ ომს და $r_4=24$ ომს, განესაზღვროთ დენების განაწილება ამ გამტარებში, თუ აკუმულატორული ბატარეის შინაგანი წინააღმდეგობა შეიძლება ჩაითვალოს ნულის ტოლად.

ამოხსნა. განესაზღვროთ r' წინააღმდეგობა r და n კვანძურ წერტილებს შორის პარალელურად შეერთებული სამი წინააღმდეგობისა:

$$\frac{1}{r'} = \frac{1}{48} + \frac{1}{16} + \frac{1}{24} = \frac{1}{8} \text{ სიმ,}$$

აქედან

$$r' = 8 \text{ ომს.}$$

ახლა დავიყვანოთ ჩვენი წრედი მიმდევრობით შეერთებულ ორ $r_1=4$ ომი და $r'=8$ ომი გამტარებამდე (ნახ. 38, ბ). რადგან ეს გამტარები მიმდევრობითაა შეერთებული, ამიტომ საერთო წინააღმდეგობა უდრის მათს ჯამს, ე. ი.

$$r=4+8=12 \text{ ომს.}$$

პირობა, რომლის მიხედვით აკუმულატორული ბატარეის შინაგანი წინააღმდეგობა ნულს გაუტოლოთ, უფლებას გვაძლევს ამ ბატარეის შიგნით ძაბვის ვარდნაც აგრეთვე გაუტოლოთ ნულს. მაშასადამე, ძაბვა ბატარეის მომკერებზე უდრის მის ელექტროქამოძრავებელ ძალას, ე. ი. $U=E=24$ ვ.

შემდეგ ომის კანონის თანახმად ვპოულობთ დენს წრედში:

$$I=\frac{24}{12}=2 \text{ ა.}$$

ამგვარად, თუ კვლავ დავუბრუნდებით ნახ. 38-ს, დავინახავთ, რომ კვანძური წერტილისაკენ მიმართული დენი უდრის 2ა, რომელიც სამ შტოში ნაწილდება მათი წინააღმდეგობების უკუპროპორციულად, ე. ი.

$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{16}{48} = \frac{1}{3} \quad \text{და} \quad \frac{I_1}{I_4} = \frac{24}{16} = \frac{3}{2},$$

აქედან

$$3I_2=I_3 \quad \text{და} \quad 2I_1=I_4.$$

გარდა ამისა, კირხჰოფის კანონის თანახმად 6 კვანძური წერტილისათვის შეგვიძლია დავწეროთ შემდეგი ტოლობა:

$$I_2+I_3+I_4=2 \text{ ა.}$$

ამგვარად, მივიღეთ სამი განტოლება, სამი I_2 , I_3 და I_4 უცნობით, სახელდობრ:

$$3I_2-I_3=0; \quad 2I_2-3I_4=0; \quad I_2+I_3+I_4=2.$$

მათი ამოხსნით ვპოულობთ:

$$I_2=0,33 \text{ ა;} \quad I_3=I \text{ ა და } I_4=0,67 \text{ ა.}$$

დენების განაწილება პარალელურად შეერთებულ გამტარებში, რომელთა წინააღმდეგობებია: $r_2=48$ ომს, $r_3=16$ ომს და $r_4=24$ ომს (ნახ. 38, ა), შეიძლება განვსაზღვროთ სხვა ხერხითაც, თუ ვიხელმძღვანელებთ შემდეგი მოსაზრებით. როდესაც დენი $I=2$ ა გაივლის გამტარში, რომლის წინააღმდეგობაა $r'=8$ ომს (ნახ. 36, ბ), მაშინ ამ გამტარის ბოლოებზე ძაბვა $U_{\rho\rho}=2 \cdot 8=16$ ვ. იგივე ძაბვა იქნება 6 და 6 წერტილებს შორის (ნახ. 36, ა). მაშასადამე, ომის კანონის თანახმად ვპოულობთ:

$$I_2=\frac{16}{48}=0,33 \text{ ა;} \quad I_3=\frac{16}{16}=1 \text{ ა და } I_4=\frac{16}{24}=0,67 \text{ ა.}$$

ბოლოს, დენების განაწილება პარალელურად შეერთებულ იგივე გამტარებში შეიძლება განვსაზღვროთ მესამე ხერხით, კერძოდ: ამ გამტარებში დენები ნაწილდება მათი გამტარებლობების პროპორციულად, ე. ი.

$$I_2:I_3:I_4=\frac{1}{48}:\frac{1}{16}:\frac{1}{24}=\frac{1}{48}:\frac{3}{48}:\frac{2}{48}.$$

გარდა ამისა, კირხჰოფის კანონის თანახმად კვანძური წერტილისაკენ მიმართული დენი $I=2$ ა, ტოლია დენების ჯამის

$$2=I_2+I_3+I_4.$$

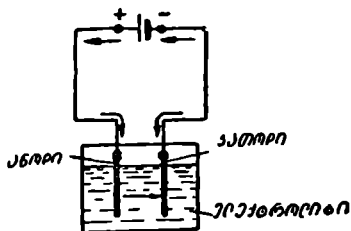
ამგვარად, იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ დენები ჯანშტოებებში, საკმარისია დენი $I=2$ ა დავანაწილოთ 1, 3 და 2 ციფრების პროპორციულ ნაწილებად. ამ მოქმედების შესრულებით მივიღებთ:

$$I_1=0,33 \text{ ა}; \quad I_2=1 \text{ ა} \quad \text{და} \quad I_3=0,67 \text{ ა}.$$

§ 7. დენის ქიმიური მომგებიზა

მარილებისა და მეთავეების ხსნარები წყალში ან სხვა რომელიმე გამხსნელში, რომლებსაც ელექტროლიტებს ან მეორე რიგის გამტარებს უწოდებენ, ატარებენ ელექტრულ დენს, მაგრამ ამასთან იშლებიან თავიანთ შემადგენელ ნაწილებად. ჩვენ უკვე ვიცით, რომ ელექტრული დენი არის ელექტრული მუხტების გადაადგილება გამტარში. ამიტომ დენი შეუძლია გაატაროს მხოლოდ ისეთმა გარემომ, რომელშიც არსებობს გადაადგილების უნარის მქონე ელექტრულად დამუხტული ნაწილაკები. ლითონებში ელექტრობის გადამტანი არის ელექტრონები, ხოლო ელექტროლიტებში—ეგრეთ წოდებული იონები. მარილებისა და მეთავეების წყალში ან სხვა რომელიმე გამხსნელში გახსნის დროს გასახსნელი ნივთიერების მოლეკულების ნაწილი დაიშლება ორ ნაწილად, რომლებსაც იონები ეწოდება. თვითეული იონთაგანი ატარებს ელექტრულ მუხტს: ერთი დამუხტულია დადებითი ელექტრობით, ხოლო მეორე უარყოფითით. ორივე იონის მუხტი ერთნაირი სიდიდისაა.

ამგვარად, გამხსნელები (წყალი, ალკოჰოლი) დამშლელად მოქმედებენ გახსნილი ნივთიერების მოლეკულების იმ რომელიც ნაწილზე, რომელიც იონებად იშლება. ელექტროლიტში ამ იონების ურთიერთ საწინააღმდეგო მიმართულებით გადაადგილებისას წარმოიქმნება ელექტრული დენი.



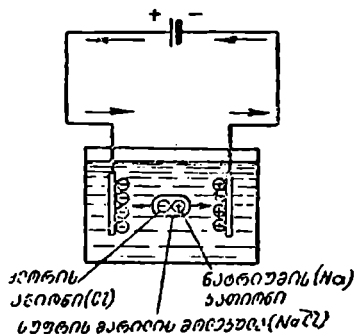
ნახ. 39. დენის გავლა ელექტროლიტში.

ელექტროლიტებში დენის გატარებას თან სდევს ქიმიური პროცესები, რასაც საერთოდ ელექტროლიზი ეწოდება. იმისათვის, რომ თვალყური ადევნონ ქიმიურ პროცესებს, რომლებიც წარმოიქმნიან ელექტრული დენის ზეგავლენით, ელექტროლიტებში ჩაუშვებენ პლატინის ორ ფირფიტას, რომლებსაც ელექტროდებს უწოდებენ. ამ ელექტროდებს მავთულის გამტარით შეაერთებენ ენერ-

გის მუდმივი დენის წყაროს პოლუსებთან, როგორც ეს სქემატურად არის ნაჩვენები ნახ. 39-ზე. ელექტროდს, რომლითაც დენი ელექტროლიტში შედის, ანოდი ეწოდება, ხოლო რომლითაც გამოდის—კათოდი.

ელექტროლიტში დენის გაშვებისას დაშლილი მოლეკულების ის ნაწილი, რომელსაც დადებითი მუხტი აქვს, მოძრაობაში მოდის დენის მიმართულებით, ე. ი. ანოდიდან კათოდისაკენ, და ამიტომ კათიონებს უწოდებენ; დაშლილი მოლეკულების ის ნაწილი კი, რომელსაც უარყოფითი მუხტი აქვს, მოძრაობს საწინააღმდეგო მიმართულებით, ე. ი. კათოდიდან ანოდისაკენ, და ამიტომ ანიონებს უწოდებენ. მაგალითად, სუფრის მარილის ხსნარის ელექტროლიზისას კათოდზე გამოიყოფა ნატრიუმის კათიონები, ხოლო ანოდზე ქლორის ანიონები, როგორც ეს სქემატურად არის გამოსახული ნახ.40-ზე.

ამგვარად, ელექტროლიტში ელექტრული დენის გავლისას ელექტროდებზე გამოიყოფა ნივთიერებათა განსაზღვრული ოდენობა, რომელსაც ელექტროლიტი შეიცავს ქიმიური ნაერთების სახით. ამ



ნივთიერებათა რაოდენობა განისაზღვრება ფარადეს კანონის მიხედვით, რომლის თანახმად, თუ ელექტროლიტში გადის დენი, მაშინ მისგან გამოიყოფილი ნივთიერების წონითი ოდენობა პროპორციულია დენის სიდიდისა და იმ დროის, რომლის განმავლობაში ეს დენი გადის ელექტროლიტში. სხვადასხვა

ნახ. 40. სუფრის მარილის ელექტროლიზი. ელექტროლიტში გამავალი ერთი ამპერი დენი ერთ წამში

გამოჰყოფს ნივთიერებათა სხვადასხვა წონით ოდენობას. ნივთიერების წონითი ოდენობას, რომელიც ერთი ამპერი დენით ერთ წამში გამოიყოფა ელექტროლიტიდან, ეწოდება მოცემული ნივთიერების ელექტროქიმიური ეკვივალენტი.

ამგვარად, თუ აღვნიშნავთ:

k —ნივთიერების ელექტროქიმიური ეკვივალენტი მილიგრამებში; l —ელექტროლიტში გამავალი დენი ამპერებში; t —დრო წამებში, რომლის განმავლობაშიც დენი გადიოდა ელექტროლიტში;

7 — ელექტროლიტიდან განოყოფილი ნივთიერების რაოდენობა, მი-
ვილებთ შეჰდევ ფორმულას:

$$q = k \cdot I \cdot t \text{ მგ.} \quad (33)$$

ელექტროლიზს იყენებენ მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში. პირველი გამოყენება (დროის მიხედვით) ელექტროლიზმა ჰპოვა გალვანოპლასტიკაში, რომლის საშუალებით ხდება რელიეფის გა-
დაღება. ამ მიზნით თაბაშირის ანაბექდს (ნეგატივს), რომელსაც გადასაღები რელიეფიდან აიღებენ, დაფარავენ გრაფიტით და, როგორც კათოდს, ჩაუშვებენ მეტალთა მარილის ხსნარში, რომე-
ლიც ანაბექდზე დაილექება. თაბაშირის მოცილების შემდეგ ელე-
ბულობთ რელიეფის მეტალურ ასლს. ელექტროლიზს იყენებენ აგ-
რეთვე ერთი ლითონით მეორის დაფარვის დროს, რასაც გალვა-
ნოხტეგიახ უწოდებენ. ასეთი ხერხით შეიძლება გაწარმოოთ, მაგა-
ლითად, მოოქრვა, მოვერცხლა, მონიკელება.

ელექტროლიზს იყენებენ აგრეთვე ლითონების, მაგალითად, სპილენძის გაწმენდისათვის (რაფინირებისათვის). ამ მიზნით სხმულ სპილენძის ფირფიტას, რომელიც მადნის გამოწვეით მიიღება, რო-
გორც ანოდს, ჩაუშვებენ შაბიამნის (სპილენძის კუპოროსის) ხსნა-
რის აბაზანაში. ელექტროლიტის გამტარებლობის გასადიდებლად შაბიამნის ხსნარს შეამჟავებენ გოგირდმჟავათი. ამ აბაზანაში კა-
თოდის მოვალეობას ასრულებს სპილენძის თხელი ფურცელი, რო-
მელზეც დაეფინება ელექტროლიტური სპილენძი.

ძლიერ გავრცელებულია მწვავე ტუტეების — ნატრიუმის, კალი-
უმისა და ქლორის ელექტრული წესით მიღება. ელექტროლიზით სარგებლობენ აგრეთვე იმისათვის, რომ მიიღონ თანგბადი და წყალბადი გოგირდმჟავათი შეზქავებული წყლის დაშლით.

მიწისქვეშა ნაგებობისათვის საფრთხეს, რომელიც შეიძლება გამოწვეულ იქნეს ელექტროლიზით, პირველ რიგში კმნის მოხეტია-
ლე დენები, რომლებიც დამანგრეველად მოქმედებენ კაბელების ჯავშანზე, წყალსადენებისა და გაზის მილებზე და ლითონის სხვა ნაგებობებზე. ამ დენების უმთავრეს წყაროს წარმოადგენს ტრან-
სპორტის ელექტრომოწყობილობა, ე. ი. ქალაქის ელექტრული ტრანზვიისა და ელექტროფიცირებული რკინიგზების მოწყობი-
ლობანი. ეს საფრთხე იმით გამოისახება, რომ წვეის ელექტრო-
ძრავების მკვებავი დენები, რომლებიც რელსებში გადიან, გან-
შტოვდებიან მიწაში, მოხვდებიან ლითონის მილებსა და მიწის-
ქვეშა კაბელების ჯავშანში. ამ მილებსა და ჯავშნებიდან მოხეტიალე დენების გამოსვლის ადგილებში ლითონზე ადგილი აქვს ელექტროლიზის მოქმედებას და, ამგვარად, ხდება მიწისქვეშა

ნაგებობათა დაშლა (რღვევა). მოხეტიალე დენების განსაკუთრებით მაღნე ზეგავლენა თავს იჩენს მიწისქვეშა სატელეფონო კაბელებზე, რომელთა საბურავი შიშველი ტყვიის გარსისაგან შედგება.

მაგალითი. ცნობილია, რომ სპილენძის ელექტროქიმიური ეკვივალენტი $k=0,3294$ მგ, განესაზღვროთ რა რაოდენობის სპილენძი გამოიყოფა ელექტროდზე შაბიანის ხსნარიდან 20 მა დენის ზეგავლენით 4 საათის განმავლობაში.

ამოხსნა. დენის მოქმედების ხანგრძლიობა წამებში უდრის

$$t=60 \cdot 60 \cdot 4=14400 \text{ წამი.}$$

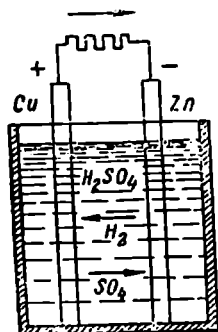
ვინაიდან სპილენძის ელექტროქიმიური ეკვივალენტი $k=0,3294$, ამიტომ გამოყოფილი სპილენძის რაოდენობა იქნება

$$q=0,3294 \cdot 14400 \cdot 0,02=95 \text{ მგ.}$$

§ 8. გალვანური ელემენტები

მოწყობილობას, რომელშიც ადგილი აქვს პირველი (მყარი) და მეორე (თხევადი—ელექტროლიტები) რიგის გამტარების ერთობლივ გამოყენებას, გალვანური ელემენტი ეწოდება; იგი წარმოადგენს მუდმივი დენის ელექტრული ენერგიის წყაროს.

გალვანურ ელემენტში მისი მუშაობის დროს წარმოიქმნება წინა პარაგრაფში განხილული იონების მოძრაობისა და ელექტროლიტიდან გამოყოფილ ნივთიერებათა ელექტროდებზე დალექვის მოვლენები.



ნახ. 41. გალვანური ელემენტი.

უმარტივესი სახის გალვანური ელემენტი წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელიც შედგება წყალში (H_2O) გახსნილი გოგირდმჟავას (H_2SO_4) ხსნარით გავსებული მინის კურკლისაგან, რომელშიც ჩაშვებულია სპილენძის (Cu) და თუთიის (Zn) ფირფიტები—ელემენტის ეგრეთწოდებული დადებითი და უარყოფითი პოლუსები.

თუ ასეთი ელემენტის პოლუსებს რომელიმე გამტარით შევუერთებთ, ე. ი. შევკრავთ წრედს, მაშინ ელემენტის შიგნით

დენი გაივლის თუთიის ფირფიტიდან სპილენძის ფირფიტისაკენ, ხოლო გარეგან წრედში სპილენძიდან (დადებითი პოლუსიდან) თუთიისაკენ (უარყოფითი პოლუსისაკენ). ელემენტის შიგნით მუხტები გადაადგილდება დენის მიმართულებით: წყალბადის კათიონი ($+H_2$) მოძრაობს დენის მიმართულებით, ხოლო გოგირდის მჟა-

ვას ნაშთი ($-SO_4$), რომელიც ანიონს წარმოადგენს, გადაადგილდება დენის საწინააღმდეგო მიმართულებით. როდესაც წყალბადის კათიონები სპილენძის ფირფიტას შეეხება, გადასცემს მას თავიანთ მუხტებს, ხოლო წყალბადი აირის ბუშტულების სახით დაგროვდება ფირფიტის ზედაპირზე. ამავე დროს გოგირდიყვას ნაშთის ანიონები თავიანთ მუხტებს გადასცემენ თუთიოს ფირფიტას. აზრი-გად, მიმდინარეობს ელემენტის ფირფიტების განუწყვეტელი დამუხტვა, რაც უზრუნველყოფს პოტენციალთა სხვაობას (ძაბვას) მის მომჭერებზე.

წყალბადის გამოყოფა ელემენტის სპილენძის ფირფიტაზე ასუსტებს მის მოქმედებას ანუ, როგორც ამბობენ, ახდენს ელემენტის პოლარიზაციას. პოლარიზაციის მოვლენა იმაში მდგომარეობს, რომ დადებით ელექტროდზე დაგროვილი წყალბადი ელექტროდის მეტალთან ერთობლიობაში ქმნის პოტენციალთა დამატებით სხვაობას ანუ პოლარიზაციის ელექტრომომოძრავებელ ძალას, რომელიც ელემენტის ე. მ. ძ. საწინააღმდეგო მიმართულებით მოქმედებს და ამავე დროს ადიდებს ელემენტის შინაგან წინააღმდეგობას ფირფიტის მოქმედი ზედაპირის შემცირების გამო, რომელიც ნაწილობრივ წყალბადის ბუშტულებით დაიფარება.

განხილულ ელემენტში პოლარიზაციის მოვლენა იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ პრაქტიკული მიზნებისათვის მას საესეებით გამოუყენებელს ხდის. პოლარიზაციის მოვლენის თავიდან აცილებას თანამედროვე ელემენტში ახორციელებენ შთანთქმელის საშუალებით, რომელიც ელემენტის შემადგენლობაში შეაქვთ და დეპოლარიზატორს უწოდებენ. მისი დანიშნულებაა შთანთქას წყალბადი და არ დაუშვას მისი დაგროვება ელემენტის დადებით პოლუსზე. ამგვარად, დეპოლარიზატორად გამოდგება ისეთი ქიმიური პრეპარატი, რომელიც მდიდარია ენგბადით ან ქლორით.

გალვანური ელემენტის ელექტრომომოძრავებელი ძალა დამოკიდებულია მის შემადგენელ ნივთიერებათა ქიმიურ და ფიზიკურ თვისებებზე და, როგორც ცდა გვიჩვენებს, არ არის დამოკიდებული ელემენტის შინაგანი მოწყობილობის არც ფორმაზე და არც ზომაზე. მაგრამ ელემენტის შინაგან მოწყობილობას და ცალკეული ნაწილების ზომას დიდი გავლენა აქვს მისი შინაგანი წინააღმდეგობის სიდიდეზე, რადგან იგი დამოკიდებულია: 1) პოლუსებს შორის მანძილზე; ამ მანძილის შემცირებით ელემენტის შინაგანი წინააღმდეგობა მცირდება; 2) სითხეში ჩაშვებული პოლუსების ზედაპირის სიდიდეზე; ამ ზედაპირის გადიდებით ელემენტის შინაგანი წინააღმდეგობა მცირდება; 3) ელემენტის სითხის ქიმიურ შემადგენლობაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ გალვანური ელემენტების შინაგანი წინააღმდეგობა არ არის მუდმივი სიდიდე და იგი, ჩვეულებრივ, ელემენტის მუშაობის ხანგრძლიობასთან ერთად თანდათან იზრდება.

იმისდა მიხედვით, თუ რა ხერხით წარმოებს პრაქტიკაში გამოყენებული გალვანური ელემენტების დეპოლარიზაცია, უკანაა: კენელნი იყოფიან ორ ტიპად: ელემენტები, რომლებშიც დეპოლარიზატორად გამოყენებულია რომელიმე მარილის ხსნარი, მაგალითად, სპილენძ - თუთიის ელემენტები, და ელემენტები, რომლებშიც ანოდი გარემოცულია ზეფანგით, მაგალითად, ნახშირ - თუთიის ელემენტები. აღნიშნული ორი ტიპის გალვანურ ელემენტებს ფართო გამოყენება აქვთ ელექტრული კავშირგაბმულობის ტექნიკაში. სპილენძ - თუთიის ელემენტის (ნახ. 42) შემადგენელი ნაწილებია.

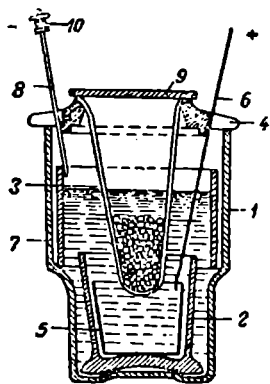
მინის დიდი ქიქა 1, რომელსაც შუაში აქვს შვერილი;

მინის შინაგანი პატარა ქიქა 2;

მინის ფსკერგახვრეტილი ძაბრი 3;

მინის ან ფაიფურის ხუფი 4;

და ემბოთი ელექტროდი (პოლუსი), რომელიც წარმოადგენს ცილინდრულად მოხრილ წითელი სპილენძისაგან გამოკრილ ფირფიტას 5, რაზედაც მიმაგრებული და მიჩილულია სპილენძის იზოლირებული მავთული, ეგრეთ წოდებული რეოფორი 6;



ნახ. 42. სპილენძ-თუთიის ელემენტი.

უარყოფითი ელექტროდი (პოლუსი), რომელიც წარმოადგენს ცილინდრულად მოხრილ ნაგლინი თუთიის ფირფიტას 7, რაზედაც მიმაგრებული და მიჩილულია თითბერის მავთულის რეოფორი 8;

მინის სახურავი ძაბრისათვის 9;

ბატარეის მომჭერი 10.

ელემენტს გაავსებენ გოგირდმჟავა თუთიის წყალხსნარით და ძაბრში 3 ჩაყრიან შაბიამნის კრისტალებს, რომლის ხსნარი მისი ფსკერის ნახვრეტი-

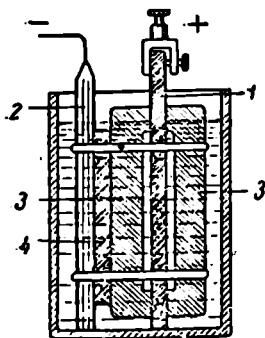
დან გაავსებს პატარა ქიქას. სპილენძის შაბიამნის ხსნარი, რომელიც წარმოადგენს თხევად დეპოლარიზატორს და აქვს დიდი კუთრი წონა, დაიკავებს კურკლის ქვემო ნაწილს და გარშემოერტყმის დადებით პოლუსს. თუთიის შაბიამნის ხსნარი, რომელ-

საც უფრო ნიკრე კუთრი წონა აქვს, მოთავსდება სპილენძის შაბიამნის ხსნარის ზევიდან ქურკლის ზემო ნაწილში.

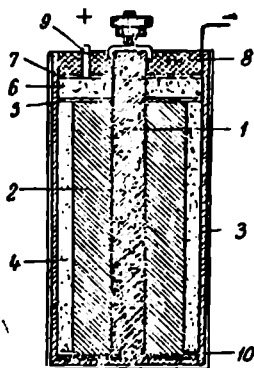
ელემენტში, რომლის გარეგანი წრედი შეკრულია, თუთია, გადავა რა ხსნარში, გამოაძევეს წყალბადს ელემენტში წარმოქმნილ გოგირდმეფასაგან და იძლევა თუთიის შაბიამნის. წყალბადის იონები მიემართებიან რა ელემენტის დადებითი ელექტროდისაკენ, თავიანთ გზაზე შეხედებიან სპილენძის შაბიამნის ხსნარს (დეპოლარიზატორს), რომელშიც აურევენ დადებით ელექტროდზე დალექილ სპილენძს და კვლავ წარმოქნიან გოგირდმეფას.

სპილენძ - თუთიის ელემენტის ე. მ. ძ. უდრის 1,1 ვ და შინაგანი წინააღმდეგობა მუშაობის ხანგრძლიობის მიხედვით უდრის 5—10 ომს.

ნახშირ - თუთიის ელემენტში (ნახ. 43) დადებითი პოლუსის



ნახ. 43. ნახშირ - თუთიის ელემენტი.



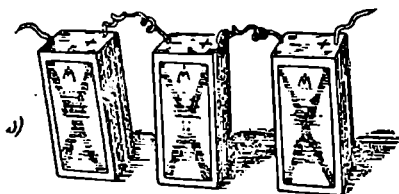
ნახ. 44. მზრალი ელემენტი.

მოვალეობას ასრულებს ნახშირის ფირფიტა 1, ხოლო უარყოფითისას—თუთიის ლერო 2. ამ ელემენტში დეპოლარიზატორს წარმოადგენს დიდი წნევის ქვეშ დაწნეხილი მანგანუმის ზეჟანგისა და გრაფიტის ნარევი. აღნიშნული ნარევიდან დაწნეხის შემდეგ ვლუბულობთ ძელაებს (ბრიკეტებს) 3, რომლებსაც აგლომერატებს უწოდებენ.

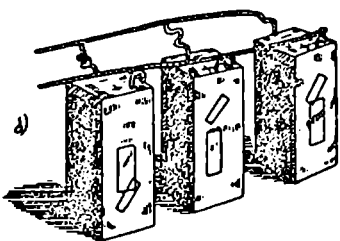
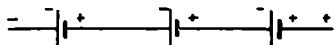
ნახშირ-თუთიის ელემენტში ელექტროლიტად გამოყენებულია ამონიუმის ქლორიდის ხსნარი (NH_4Cl).

ელემენტის აკრეფისას ნახშირის ფირფიტას ორივე მხრიდან შემოადებენ თითო აგლომერატს. ერთ-ერთ მათგანს მიაყრდნობენ მაი-

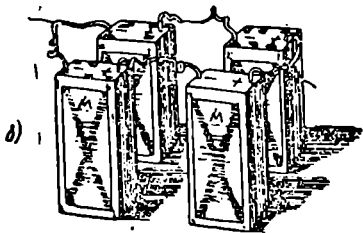
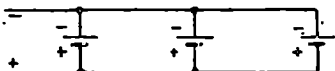
ზოლირებული ფაიფურის ჩაღრმავებულ ზედნადებს 4, რომელშიც: ჩადებენ თუთიის ღეროს 2. ყველა ზემოჩამოთვლილ ნაწილს შეკრავენ რეზინის რგოლებით და მოათავსებენ ქურქელში, რომელსაც შემდეგ გაავსებენ ამონიუმის ქლორიდის ხსნარით.



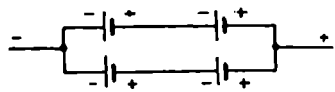
ა) ჰელმჰოლცის პირველი უარათაბა



ბ) ჰელმჰოლცის პირველი უარათაბა



გ) ჰელმჰოლცის უარათაბა



ნახ. 45. გალვანური ელემენტების შეერთების სქემები: ა—მიმდევრობითი; ბ—პარალელური; გ—შერეული.

ნახშირ-თუთიის ელემენტის ელექტრომაგნიტურად მოქმედებელი ძალის საშუალო მნიშვნელობა თუ უდრის $0,9 + 1,1$ ვ. მაშინ მისი განმუხტვის დასაწყისში იგი უდრის $1,4 + 1,5$ ვ, ხოლო შინაგანი წინააღმდეგობა, ელემენტის კონსტრუქციის მიხედვით, მერყეობს $0,25$ -დან $0,70$ ომამდე განმუხტვის დასაწყისში და $1,4$ -დან 5 ომამდე განმუხტვის დამთავრებისას.

ნახშირ-თუთიის ელემენტებს ჩვენი მრეწველობა უშვებს ეგრეთწოდებული მშრალი ელემენტების სახით, რომლებიც ძალიან მოხერხებულია ყოველგვარი სახის გადატანა-გადაზიდვისას, მაგალითად, ჯიბის ელექტრულ ფარნებში.

მშრალ ელემენტებში (ნახ. 44) დადებით პოლუსს 1 აგლომერატთან 2 ერთად მოათავსებენ თუთიის კოლოფის 3 შიგნით, რომელიც წარ-

მოადგენს ელემენტის უარყოფით პოლუსს. სივრცეს თუთიის კოლოუსა და აგლომერატს შორის ავსებენ პასტით 4, რომელიც შეიცავს ამონიუმის ქლორიდის ხსნარს, კარტოფილისა და ხორბლის ფქვილს.

აგლომერატზე აწყობენ პარაფინირებული მუყაოს ზედნადებს 5, რომელზეც მოაყრიან ნახერხის ფენას; ამ ფენას ზემოდან კვლავ დააწყობენ მუყაოს ზედნადებს 7 და, ბოლოს, ჩაასხამენ ფისს 8, რომელსაც თან დაატანებენ მილაკს 9. ამ მილაკის დანიშნულება ის არის, რომ გზა მისცეს ელემენტის შიგნით წარმოქმნილ აირებს.

ფისიდან გამომავალ ნახშირის ელექტროდზე ჩამოაცმევენ ჩაჩს, რომელზეც გამტარის მისაერთებლად მოწყობილია ხრახნი ქანჩით. თუთიის პოლუსიდან გამოდის იზოლირებული მოქნილი გამტარი, რომელიც მის ზემო ნაწილზეა მიჩილული.

აგლომერატისა და ნახშირის ელექტროდის თუთიისაგან იზოლაციის მიზნით თუთიის კოლოფის ფსკერზე ათავსებენ მაიზოლირებელ ზედნადებს 10.

ბატარეის შესადგენად გაღვანურ ელემენტებს ერთიმეორესთან აერთებენ მიმდევრობითი, პარალელური და შერეული სქემებით. მიმდევრობითი შეერთებას ვლუბულობთ მაშინ, როცა პირველი ელემენტის დადებით პოლუსს მიაერთებენ მეორე ელემენტის უარყოფით პოლუსთან, მეორის დადებით პოლუსს—მესამის უარყოფითთან და ა. შ. სამი მიმდევრობითი შეერთებული ელემენტისაგან შემდგარი ბატარეის მაგალითი ნაჩვენებია ნახ. 45-ზე.

თუ ბატარეა შედგება n მიმდევრობითი შეერთებული ელემენტებისაგან, რომელთაგან თვითეულის ე. მ. ძ. არის E_0 ვოლტი და შინაგანი წინააღმდეგობა r_0 ომი, მაშინ ბატარეის ე. მ. ძ. E ვოლტი იქნება

$$E = E_0 \cdot n, \quad (34)$$

ბოლო მისი შინაგანი წინააღმდეგობა

$$r = r_0 \cdot n. \quad (35)$$

პარალელურად შეერთებული ელემენტებისაგან ბატარეის შესადგენად ყველა ელემენტის დადებით პოლუსებს შეაერთებენ ერთმანეთთან, აგრეთვე შეაერთებენ უარყოფით პოლუსებსაც. მიღებული საერთო დადებითი და საერთო უარყოფითი პოლუსები წარმოადგენენ ბატარეის პოლუსებს. მაგალითი ბატარეისა, რომელიც შედგენილია პარალელურად შეერთებული სამი ელემენტისაგან, ნაჩვენებია ნახ. 45, ბ-ზე.

თუ ბატარეა შედგება m პარალელურად შეერთებული ელემენ-

ტებისაგან, რომელთაგან თვითეულის ე. მ. დ. არის E_0 ვ და შინაგანი წინააღმდეგობა r_0 ომი, მაშინ ბატარეის ე. მ. დ. E ვოლტი იქნება

$$E = E_0, \quad (36)$$

ხოლო მისი შინაგანი წინააღმდეგობა

$$r = \frac{r_0}{n}. \quad (37)$$

შერეულად შეერთებული ელემენტებისაგან ბატარეის შესადგენად ელემენტებს ყოფენ ჯგუფებად; ყოველ ჯგუფში შედის ელემენტების ტოლი რაოდენობა. ელემენტების თვითეულ ჯგუფს აერთებენ პარალელურად ან მიმდევრობით, ხოლო ჯგუფებს შორითიერ შორის პირველ შემთხვევაში მიმდევრობით, ხოლო მეორე შემთხვევაში—პარალელურად. ელემენტების შერეული შეერთების მაგალითი ნაჩვენებია ნახ. 45 გ-ზე.

თუ n მიმდევრობით შეერთებული ჯგუფების ან ჯგუფში შემავალი მიმდევრობით შეერთებული ელემენტების რიცხვია, m —პარალელურად შეერთებული ჯგუფების ან ჯგუფში შემავალი პარალელურად შეერთებული ელემენტების რიცხვი, E_0 —ელექტრომამოძრავებელი ძალა და r_0 —შინაგანი წინააღმდეგობა თვითეული ელემენტისა, მაშინ ბატარეის ე. მ. დ. განისაზღვრება ფორმულით

$$E = E_0 \cdot n, \quad (38)$$

ხოლო ბატარეის შინაგანი წინააღმდეგობა—ფორმულით

$$r = \frac{r_0 \cdot n}{m}. \quad (39)$$

მაგალითი. ბატარეა, რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული ათი ელემენტისაგან, მიერთებულია წრედზე, რომლის წინააღმდეგობა უდრის 30 ომს. განვსაზღვროთ დენი წრედში, თუ თვითეული ელემენტის ე. მ. დ. $E_0 = 1,1$ ვ და შინაგანი წინააღმდეგობა $r_0 = 8$ ომს.

ამოხსნა. ბატარეის ე. მ. დ. $E = 1,1 \cdot 10 = 11$ ვ. ბატარეის შინაგანი წინააღმდეგობა $r = 8 \cdot 10 = 80$ ომს. მაშასადამე, დენი წრედში ტოლია

$$I = \frac{11}{80 + 30} = 0,1 \text{ ა.}$$

მაგალითი. ბატარეა, რომელიც შედგება პარალელურად შეერთებული ორი ელემენტისაგან, მიერთებულია 6 ომი წინააღმდეგობის მქონე წრედზე. განვსაზღვროთ დენი წრედში, თუ თვითეული ელემენტის ე. მ. დ. $E_0 = 1,6$ ვ და შინაგანი წინააღმდეგობა $r_0 = 4$ ომს.

ამოხსნა. ბატარეის ე. მ. დ. $E = 1,6$ ვ, მისი შინაგანი წინააღმდეგობა $r = \frac{4}{2} = 2$ ომს, მაშასადამე, დენი წრედში $I = \frac{1,6}{2 + 6} = 0,2$ ა.

მაგალითი. ბატარეა შედგენილია 12 ელემენტისაგან, რომელთაგან თვითეულის ე. მ. დ. უდრის 1,1 ვ, ხოლო შინაგანი წინააღმდეგობა—8 ომს და რომელ-

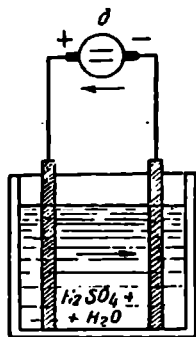
ბიც წარმოადგენს მიმდევრობით შერთებული სამი ელემენტისაგან შემდგარ ოთხ პარალელურ ჯგუფს. ბატარეის პოლუსები შეერთებულია 5 ომი წინააღმდეგობის საშუალებით. განკახლვროთ დენი წრედში.

ამ ომსა. ბატარეის ე. მ. დ. უდრის $1,1 \cdot 3 = 3,3$ ე. ბატარეის შინაგანი წინააღმდეგობა უდრის $\frac{8 \cdot 3}{4} = 6$ ომს, მაშასადამე, დენი წრედში

$$I = \frac{3 \cdot 3}{6 + 5} = 0,3 \text{ ა.}$$

§ 9. აკუმულატორები

თუ წყალს (ქიმიური ფორმულაა H_2O) გამტარებლობის გასადიდებლად შევურევთ ცოტაოდენ გოგირდმჟავას და მიღებულ ელექტროლიტში გავატარებთ დენს, ამ უკანასკნელის ზემოქმედებით წყალი დაიწყებს დაშლას თავის შემადგენელ ნაწილებად, სახელდობრ: წყალბადად და ჟანგბადად. ელექტროლიტის შიგნით მოხდება იონების გადაადგილება: წყალბადის ($+H_2$) კათიონებისა — დენის მიმართულებით, ხოლო ჟანგბადის ($-O$) ანიონებისა — საწინააღმდეგო მიმართულებით. ენერგიის წყაროს გ (ნახ. 46) დადებით პოლუსზე მიერთებულ ფირფიტასთან შეხებისას წყალბადის კათიონები თავიანთ მუხტს გადასცემენ ამ ფირფიტას და დამუხტავენ მას დადებითი ელექტრობით, ხოლო წყალბადი აირის ბუშტულების სახით გამოიყოფა ფირფიტის ზედაპირზე. ამავე დროს ჟანგბადის ანიონები, შეეხებიან რა ენერგიის წყაროს უარყოფით პოლუსზე მიერთებულ ფირფიტას, გადასცემენ მას თავიანთ მუხტს და დამუხტავენ მას უარყოფითი ელექტრობით. ამგვარად, წარმოებს ფირფიტების განუწყვეტელი დამუხტვა, რაც ამ ფირფიტებს შორის ქმნის პოტენციალთა სხვაობას (ძაბვას).



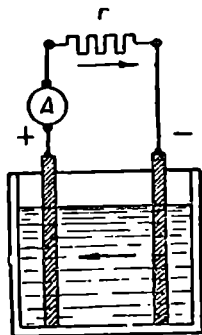
ნახ. 46. აკუმულატორის დამუხტვა.

თუ ახლა გამოვრთავთ გენერატორს და ფირფიტებს შევაერთებთ გარეგან წრედზე, მაშინ ამპერჰეტრის საშუალებით შევინშნავთ, რომ წრედში წარმოიქმნება დენი, რაც იმის დამადასტურებელია, რომ განხილული მოწყობილობა ენერგიის წყაროდ იქცა.

თუ ტყვიის ორ ფირფიტას, რომელთა ზედაპირი დაფარულია გოგირდმჟავა ტყვიის ფენით, ჩავუშევთ გოგირდმჟავას სუსტ წყალხსნარში, მაშინ ასეთ ელექტროლიტში დენის გატარებისას შევინშნავთ, რომ რალაც დროის განმავლობაში ელექტროდებზე წყალბადისა და ჟანგბადის აირივანი ბუშტულების გამოყოფას აღვილი

არ ექნება. ეს მოვლენა იმით აიხსნება, რომ ანოდზე გამოყოფილი ჟანგბადი მას ზედაპირს ჟანგავს ტუყის ზეფანგამდე, ხოლო კათოდზე გამოყოფილი წყალბადით, შედის რა რეაქციაში მჟავას ნაშთთან, აღადგენს მას სუფთა ტუყად. დამუხტვის პროცესს თან სდევს თავისუფალი გოგირდის მჟავას წარმოქმნა როგორც ანოდზე, ისე კათოდზე, რის გამოც ელექტროლიტის კონცენტრაცია დამუხტვის დამთავრებისას მატულობს.

ანოდის დაჟანგვისა და კათოდის განჟანგვის პროცესის დამთავრებისას განხილული მოწყობილობა დამუხტული ანუ, სხვანაირად, პოლარიზებული იქნება და ძასში დენის შემდეგი გატარება გამოიწვევს ელექტროლიტში არსებული წყლის ჩვეულებრივ ელექტროლიზს, როგორც ეს ზემოთ იყო განხილული.



ნახ. 47. აკუმულატორის განმუხტვა.

ჩვენს მიერ განხილული მოწყობილობა წარმოადგენს აკუმულატორს, ე. ი. ხელსაწყოს, რომელსაც უნარი აქვს დააგროვოს (აკუმულირება) ელექტრული ენერგია, შეინახოს იგი ქიმიური ენერგიის სახით რაღაც დროის განმავლობაში. აკუმულატორს, რომელიც ასეთ მდგომარეობაშია, დამუხტული ეწოდება.

დამუხტვის შემდეგ აკუმულატორს თუ გავთიშავთ გენერატორისაგან და მის პოლუსებს გამტარით შევავერთებთ (ნახ. 47), მაშინ A ამპერმეტრის საშუალებით შევნიშნავთ დენს, რომელიც გარეგან წრედში მიმართულია ანოდისაგან (+) კათოდისაკენ (-). დენი ივლის მანამ. სანამ არ გამოილევა აკუმულატორის მუხტი ანუ, როგორც ამბობენ, სანამ არ განიმუხტება აკუმულატორი. განმუხტვის დამთავრებისას ორივე ფირფიტა დაფარული იქნება გოგირდმჟავა ტუყით ამაში მდგომარეობს აკუმულატორის მოკმედების ძირითადი პრინციპი.

აკუმულატორის მუშაობას ახასიათებს ის, თუ როგორია მისი გაცემის უნარი ტევადობის მიხედვით (ელექტრობის რაოდენობის მიხედვით) და თუ როგორია მისი გაცემის უნარი ენერგიის მიხედვით (მუშაობის მიხედვით).

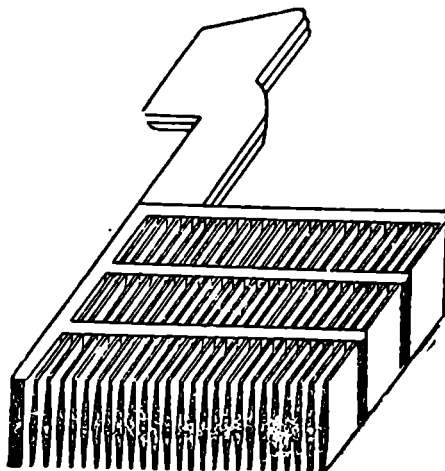
ამპერ-საათებში გამოსახული ელექტრობის რაოდენობას Q ა. ს., რომელიც აკუმულატორმა მიიღო დამუხტვისას, ეწოდება აკუმულატორის ტევადობა დამუხტვისას.

ელექტრობის რაოდენობას q ა. ს, რომელიც აკუმულატორმა გასცა განმუხტვისას, ეწოდება აკუმულატორის ტევადობა განმუხტვისას.

შეჟარდებას $\frac{q}{Q}$ ეწოდება აკუმულატორის გაცემა ტევადობის მიხედვით ან, სხვანაირად, ენერგიის რაოდენობის მიხედვით.

ამჟამად გამოყენებაშია ტყვიის (მუჟას) და ტუტეს აკუმულატორები.

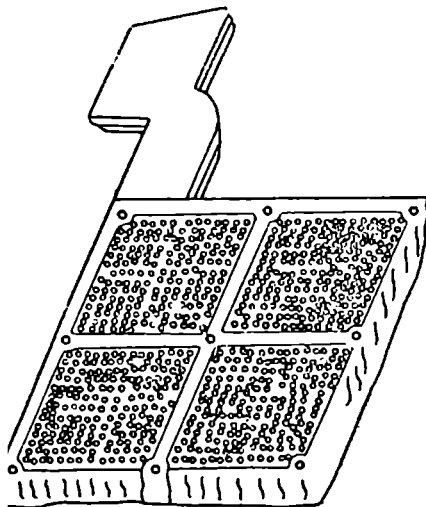
აკუმულატორის ტევადობა დამოკიდებულია მიაი ფირფიტების ზედაპირის სიდიდეზე და იგი შეიძლება გაიზარდოს ამ ზედაპირის გადიდებით. იმისათვის, რომ ტევადობა გაედიდებინათ, აკუმულატორებს მათი გამოყენების პირველ სტადიაში ამზადებდნენ შემდეგნაირად: ტყვიის ორ ფირფიტას ჩაუსვებდნენ გოგირდმუჟას სუსტ ხსნარში და დაამუშავებდნენ განსაკუთრებული წესით, რომელსაც აკუმულატორის ფორმირება ეწოდება. ფორმირების არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ღენის გატარებისას უარყოფითი ფირფიტა განიქანებება, ხოლო დადებითი დაიქანებება. აკუმულატორს ფორმირების დროს მრავალჯერ დამუხტავენ და განმუხტავენ. დამუხტვისა და განმუხტვის გამო აკუმულატორის ტყვიის ფირფიტების ზედაპირი თანდათანობით დაიფარება (დაიჩხვლიტება), რაც ყოველი დამუხტვა - განმუხტვის შემდეგ უფრო ღრმა და შესამჩნევი ხდება.



ნახ. 48. აკუმულატორის დადებითი ფირფიტა.

ვინაიდან ტყვიის ფირფიტების ფორმირება მოითხოვს მნიშვნელოვან დროს, დაახლოებით 500 საათს დამუხტვისა და განმუხტვისათვის და ელექტრული ენერგიის დიდ ხარჯს, ამიტომ გამოყენების შემდგომ წლებში აკუმულატორის დამზადებისას მიმართეს

სურინჯის ფენის შემოგებას ფირფიტებზე, რომელიც დაჟანგვისას შეძლებს მოგვცეს ფორებიანი ტყვიის სქელი ფენა. სურინჯი არის მკაფიო წითელი ფერის ფხვნილი, რომელიც წარმოადგენს ტყვიისა და ჟანგბადის რთულ ქიმიურ შენაერთს. აკუმულატორის ფირფიტების ასეთი ხერხით დასამზადებლად სურინჯს შეზღუდვით წყალში და საგოზავის სახით დაადებენ ფირფიტაზე. დამუხტვისას სურინჯი ერთ ფირფიტაზე იქცევა ტყვიის ზეჟანგად, ხოლო მეორეზე — ლითონურ ტყვიად. ამჟამად ტყვიის (შეავას) აკუმულატორებს ამზადებენ შემდეგნაირად: დადებით ფირფიტას მისი ზედაპირის



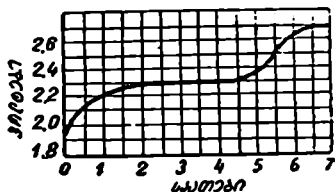
ნახ. 49. აკუმულატორის უარყოფითი ფირფიტა.

გადიდების მიზნით აკეთებენ კვალიანი (ღარებიანი) ტყვიისაგან, შემდეგ მოახდენენ მის ფორმირებას, ხოლო ამის შემდეგ აღნიშნულ კვლებს ამოავსებენ სურინჯის აქტიური მასით და აწარმოებენ ფირფიტის ხელახალ, მეორეჯერ ფორმირებას. უარყოფითი ფირფიტების წინასწარი ფორმირება არ ხდება. გარეგნულად ეს ფირფიტები წარმოადგენს ცხრილს, რომელიც ამოვსებულია მასით, ეგრეთწოდებული მურდასანგით (ნახ. 49).

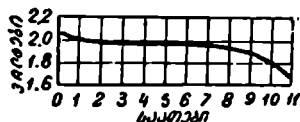
დამუხტვისას ტყვიის აკუმულატორის ძაბვა შედარებით სწრაფად იზრდება 2,2 ვ-მდე (ნახ. 50), შემდეგ ნელა აღწევს 2,3 ვ-მდე, ამის

შემდეგ ისევე საკმაოდ სწრაფად მატულობს 2,6 ვ-მდე და, დასასრულს, ნელა იზრდება 2,7—2,75 ვ-მდე, რომლის შემდეგ აღარ მატულობს. როდესაც ძაბვა მიაღწევს 2,2 ვ, აკუმულატორის კათოდიდან გამოყოფას იწყებს წყალბადის აიროვანი ბუშტულები, ხოლო 2,3 ვ დროს ანოდთან გამოყოფას იწყებს ჟანგბადიც. 2,5 ვ. დროს ორივე ელექტროდთან უხვად იწყებს გამოყოფას აირი, ხოლო როცა ძაბვა მიაღწევს 2,6—2,75 ვ-ს, აკუმულატორი, როგორც ამბობენ, იწყებს „ღუღილს“.

მეავიანი აკუმულატორის გარეგან წრედზე განმუხტვისას დაბე-
მის მოაქერებზე სწრაფად ეცემა 2—1,95 ვ-მდე (ნახ. 51), ხოლო
შემდეგ ნელა კლებულობს 1,85—1,8 ვ-მდე. მიაღწევს რა 1,85—1,8 ვ,
დაბეა კვლავ იწყებს სწრაფად დაწევას, რამდენიმე წუთში იგი და-
იწევს 1,7 ვ-მდე და შემდეგ ნულამდეც. განმუხტვა პრაქტიკულად
არასოდეს არ უნდა გაწარმოთ 1,8 ვ-მდე ქვემოთ, ვინაიდან წი-



ნახ. 50. მეავიანი აკუმულატორის
დაბეა მისი დამუხტვისას.



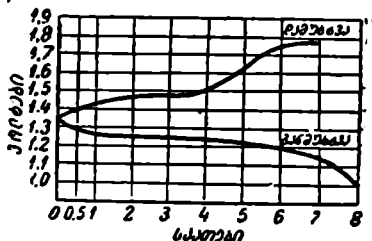
ნახ. 51. მეავიანი აკუმულატო-
რის დაბეა მისი განმუხტვისას.

ნააღმდეგ შემთხვევაში აკუმულატორი უვარგისი გახდება. სრული
განმუხტვისას აკუმულატორის ფირფიტები დაიფარება ძხვნილკრის-
ტალებიანი გოგირდმეფა ტყვიის ნაფიქტით, რომელიც იმდენად
ცუდი გამტარია, რომ შეუძლებელს ხდის აკუმულატორის დამუხ-
ტვას. ამ მოვლენას ეწოდება აკუმულატორის ფირფიტების სულ-
ფატაცია.

ტყვიის აკუმულატორის
მარგი ქმედების კოეფიციენ-
ტის საშუალო მნიშვნელო-
ბა ტევადობის მიხედვით
 $\eta_1 = 0,85$, ხოლო მარგი ქმე-
დების კოეფიციენტის საშუ-
ალო მნიშვნელობა ენერგიის
მიხედვით $\eta_2 = 0,65$.

ჩვენს მიერ განხილულ
ტყვიის (მეავიან) აკუმულა-
ტორებს იყენებენ სტაციო-
ნალურ ელექტროტექნიკურ
დანადგარებში და ავტო-
ტრანსპორტზე. როგორც გადასატანი აკუმულატორი, უმთავრესად
გამოყენებაშია ე წ. ტუტიანი აკუმულატორები.

ტუტიანი აკუმულატორების როგორც კურპელი, ისე ფირფი-
ტები მზადდება რკინისაგან. ამ აკუმულატორებში ელექტროლიტად



ნახ. 52. ტუტიანი აკუმულატორის დაბეა მისი
დამუხტვისას და განმუხტვისას.

ჯამოყენებულია ქიმიურად სუფთა მწვავე კალიუმის ან მწვავე ნატრიუმის 20 პროცენტიანი ხსნარი. აკუმულატორის ფირფიტები წარმოადგენს რკინის ცხაურას დაწნეხილი ბადისებრი ჯიბეებით, რომლებიც გავსებულია აქტიური მასით. დადებითი ფირფიტის აქტიური მასა შედგება ნიკელის ქანგის ჰიდრატის, გრაფიტისა და ელექტროლიტური ნიკელის შენაერთისაგან, ხოლო უარყოფითი ფირფიტის—ფორებიანი რკინისა და კადმიუმის ჰიდროქსიდის შენაერთისაგან.

მრუდე, რომელიც განსაზღვრავს ძაბვას ტუტიანი აკუმულატორის მომპერებზე, ნაჩვენებია ნახ. 52-ზე. ამ ფიგურების ჰორიზონტალურ ღერძზე გადაღებულია დრო საათებში, ვერტიკალურ ღერძზე კი აკუმულატორის ძაბვა.

ტუტიანი აკუმულატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობა ტევადობის მიხედვით $\eta_1 = 0,65$, ხოლო მარგი ქმედების კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობა ენერგიის მიხედვით $\eta_2 = 0,5$.

რამდენიმე ელემენტისაგან ბატარეის შესადგენად ამ ელემენტებს შეაერთებენ მიმდევრობით, ე. ი. პირველი ელემენტის კათოდს შეუერთებენ მეორის ანოდს, მეორის კათოდს—მესამის ანოდს და ა. შ. ამგვარად, მიღებული თავისუფალი ელექტროდები, სახელდობრ, პირველი ელემენტის ანოდი და უკანასკნელის კათოდი წარმოადგენენ აკუმულატორული ბატარეის დადებითსა და უარყოფით პოლუსებს. ტუტიის ელემენტებისაგან შედგარი აკუმულატორის ე. მ. ძ.-ის განსაზღვრავად ერთი ელემენტის ე. მ. ძ.-ს თელიან 2 ვ.-ის ტოლად. მაშასადამე, თუ აკუმულატორული ბატარეის შემადგენლობაში შედის n ელემენტი, მაშინ, ცხადია, რომ ბატარეის ე. მ. ძ. იქნება $n \cdot \text{ჯერ მეტი}$, ვიდრე ერთი ელემენტის ე. მ. ძ. ამგვარად, ე. მ. ძ. E აკუმულატორული ბატარეისა, რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული n ელემენტისაგან, უდრის

$$E = 2n \text{ ვ}$$

და ბატარეის შინაგანი წინააღმდეგობა

$$r_{\text{საერთო}} = n \cdot r_0 \text{ ომს,}$$

სადაც r_0 არის ერთი ელემენტის შინაგანი წინააღმდეგობა.

ტუტიანი აკუმულატორის შინაგანი წინააღმდეგობა დაახლოებით 2-ჯერ მეტია, ვიდრე მთავიანი აკუმულატორის შინაგანი წინააღმდეგობა.

ელემენტების მიმდევრობით შეერთებას იყენებენ იმისათვის, რომ გაადიდონ მუდმივი დენის ძაბვა.

აკუმულატორები შეიძლება შეერთებულ იქნეს პარალელურად, ამისათვის ყველა ელემენტის დადებითსა და უარყოფით პოლუსებს შეაერთებენ ურთიერთ შორის. მიღებული საერთო დადებითი და საერთო უარყოფითი პოლუსები წარმოადგენს ბატარეის პოლუსებს.

თუ ბატარეა შედგება პარალელურად შეერთებული m აკუმულატორისაგან, მაშინ ასეთი ბატარეის ე. მ. ძ. უდრის.

$$E=2\text{ ვ}$$

და მისი შინაგანი წინააღმდეგობა

$$r_{\text{საერთო}} = \frac{r_0}{m}.$$

აკუმულატორების პარალელურად შეერთებას მიმართავენ იმ შემთხვევაში, როცა ბატარეიდან მოიძხოვება დენი, რომელიც მცირე ძაბვას დროს მნიშვნელოვნად აქარბებს მოცემული ტიპის აკუმულატორის ნორმალურ დენს, რადგან ყველა ტიპის აკუმულატორისათვის დადგენილია დამუხტვისა და განმუხტვის განსაზღვრული დენი, რომელიც დამოკიდებულია ფირფიტების ზომებზე და რომელსაც ჩვეულებრივად აწესებს აკუმულატორების დამამზადებელი ქაობანა.

მაგალითი. აკუმულატორული ბატარეა, რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული 40 ელემენტიდან, კვებას ერთ კვანძურ წერტილზე მიერთებულ განათების ოთხ შტოს. პირველ შტოზე მიერთებულია 6 ნათურა, მეორეზე 8, მესამეზე—4 და მეოთხეზე—2 ნათურა. თვითნაღები ნათურის წინააღმდეგობა უდრის 240 ომს, ერთი ელემენტის ე. მ. ძ. უდრის 2 ვ და შინაგანი წინააღმდეგობა —0,00145 ომს. ზაზური სადენების წინააღმდეგობა აკუმულატორული ბატარეის მოპკერებიდან საკვებ კვანძურ წერტილამდე უდრის 1 ომს. განვსაზღვროთ დენი შტოებში.

ამოცანა. ვინაიდან პირველ შტოზე პარალელურად არის მიერთებული 6 ნათურა, ამიტომ ამ შტოს წინააღმდეგობა უდრის

$$\frac{240}{6}=40 \text{ ომს,}$$

მეორე შტოს წინააღმდეგობა

$$\frac{240}{8}=30 \text{ ომს;}$$

მესამე შტოს წინააღმდეგობა

$$\frac{240}{4}=60 \text{ ომს;}$$

მეოთხე შტოს წინააღმდეგობა

$$\frac{240}{2} = 120 \text{ ომს.}$$

კვანძურ წერტილზე მიერთებული ყველა ნათურის საერთო r წინააღმდეგობა:
ბას ვიპოვიტ შემდეგი ტოლობით

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{40} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60} + \frac{1}{120} = \frac{1}{12} \text{ სიმ.}$$

აქედან

$$r = 12 \text{ ომს.}$$

აკუმულატორული ბატარეის შინაგანი წინააღმდეგობა იქნება

$$0,00145 \times 60 = 0,087 \text{ ომი.}$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ ხაზური სადენების წინააღმდეგობა უდრის 1 ომს, ვიპოვიტ სრული წოდის საერთო წინააღმდეგობას

$$r = 0,087 + 1 + 12 = 13,087 \text{ ომი.}$$

აკუმულატორული ბატარეის ე. მ. ძ.

$$E = 2 \times 60 = 120 \text{ ვ.}$$

დენის განუშტოებელ წრედში (ხაზურ სადენებში)

$$I = \frac{120}{13,087} = 9,17 \text{ ა.}$$

ძაბვის ვარდნა აკუმულატორულ ბატარეაში და ხაზურ სადენებში

$$U = 9,17 (0,087 + 1) = 10 \text{ ვ.}$$

ძაბვა საკვებ კვანძურ წერტილში

$$U = 120 - 10 = 110 \text{ ვ.}$$

დენი პირველ შტოში

$$I_1 = \frac{110}{40} = 2,75 \text{ ა.}$$

დენი მეორე შტოში

$$I_2 = \frac{110}{30} = 3,67 \text{ ა.}$$

დენი მესამე შტოში

$$I_3 = \frac{110}{60} = 1,83 \text{ ა.}$$

დენი მეოთხე შტოში

$$I_4 = \frac{110}{120} = 0,92 \text{ ა.}$$

კირხჰოფის კანონის თანახმად კვანძური წერტილისაკენ მიმართული დენი:
ხაზურ სადენებში უდრის განუშტოებებში მყოფი დენების ჯამს:

$$9,17 = 2,75 + 3,67 + 1,83 + 0,92.$$

სხეულის უნარს შეასრულოს მუშაობა ეწოდება ამ სხეულის ენერგია. მაგალითად, სიმძლევზე ატანილ რაიმე ტვირთს აქვს ენერგიის რაღაც მარაგი და ვარდნის დროს შეასრულებს მუშაობას. სხეულის ენერგია მით მეტია, რამდენადაც მეტი მუშაობა შეუძლია შეასრულოს მან მისი მოძრაობის დროს. ენერგია კი არ ისპობა, არამედ ერთი სახიდან გადადის მეორეში. მაგალითად, ელექტრული ენერგია შეიძლება გარდაიქმნას მექანიკურ, ქიმიურ, თბურ ენერგიად და ა. შ. და, პირიქით, მექანიკური და სხვა—ელექტრულად. ყველაფერი ის, რაც ჩვენს გარშემო ბუნებაში ხდება, არის ენერგიის ერთი სახის გადასვლა მეორეში.

რაოდესაც ელექტრობის რაოდენობა q გადაადგილდება წრედში U ძაბვის ზეგავლენით, მაშინ შესრულდება მუშაობა, რომელიც უდრის

$$A = U \cdot q. \quad (40)$$

რადგან ელექტრობის რაოდენობა q შეიძლება გამოისახოს წრედში I დენისა და იმ t დროის ნამრავლით, რომლის განმავლობაში დენი გადის წრედში, ე. ი.

$$q = I \cdot t,$$

ამიტომ წინა ფორმულა შეიძლება გამოისახოს ასე

$$A = U \cdot I \cdot t. \quad (41)$$

გარდა ამისა, თუ გავითვალისწინებთ, რომ ძაბვა U იმ წრედის საწყისსა და ბოლო წერტილებს შორის, რომელშიც გადის დენი I და რომლის წინააღმდეგობა არის r , შეიძლება გამოისახოს დენისა და წინააღმდეგობის ნამრავლით, ე. ი.

$$U = I \cdot r,$$

მაშინ მუშაობის გამოსახვას შეიძლება მივცეთ ასეთი სახე:

$$A = I^2 \cdot r \cdot t. \quad (42)$$

მაგრამ აღნიშნული ფორმულებიდან არც ერთი არ განსაზღვრავს ელექტრული ენერგიის გენერატორის სიდიდეს, რადგან როგორც დიდს, ისე პატარა გენერატორს შეუძლია შეასრულოს ტოლი მუშაობა, მაგრამ დროის სხვადასხვა მონაკვეთში. ამიტომ გენერატორის სიდიდეს განსაზღვრავს არა შესრულებული მუშაობა, არამედ მუშაობა, რომელიც შეიძლება შესრულდეს ერთი წამის განმავლობაში და რომელსაც ეწოდება სიმძლავრე გენერატორისა ან საერთოდ სიმძლავრე რომელიმე ელექტროტექნიკური

ხელსაწყოთა ან მანქანისა, თუნდაც ეს უკანასკნელი იყოს ელექტრო-
რული ენერგიის არა მიმწოდებელი, არამედ მომხმარებელი, რო-
გორც, მაგალითად, ელექტრული ნათურა, სათბობი ხელსაწყო,
ელექტროძრავი და სხვ.

ამგვარად, სიმძლავრე P გამოისახება ფორმულით

$$P = \frac{A}{t} = UI = I^2 \cdot r. \quad (43)$$

თუ ფორმულებში (40—43) ძაბვა გამოსახულია ვოლტებში, დენი—ამპერებში, წინააღმდეგობა—ომებში და დრო—წამებში, მაშინ მუშაობას მივიღებთ ჯოულებში (ჯ) ან ვატ-წამებში (ვატ·წმ), სიმძლავრეს ვატებში (ვტ).

მცირე სიმძლავრის გასაზომად იყენებენ ერთეულს, რომელსაც ეწოდება მილივატი (მვტ) და რომელიც ათასჯერ მცირეა ვატზე, ე. ი. 1 ვტ = 1000 მვტ.

დიდი სიმძლავრეების გასაზომად იყენებენ ერთეულებს, რომ-
ლებსაც ჰექტოვატი (ჰვტ) და კილოვატი (კვტ) ეწოდება. ამ ერთე-
ულებსა და ვატს შორის თანაფარდობა გამოისახება ასე:

$$1 \text{ ჰვტ} = 100 \text{ ვტ},$$

$$1 \text{ კვტ} = 1000 \text{ ვტ}.$$

რადგან ვატ-წამი არის მცირე ერთეული, ამიტომ მიღებულია, რომ დენის მუშაობა გამოისახოს უფრო დიდ წარმოებულ ერთე-
ულებში, სახელდობრ: ვატ-საათებში (ვტ-ს), ჰექტოვატ-საათებში (ჰვტ-ს) და კილოვატსაათში (კვტ-ს):

$$1 \text{ ვტ-ს} = 3600 \text{ ვტ-ს} = 3600 \text{ ჯ},$$

$$1 \text{ ჰვტ-ს} = 100 \text{ ვტ-ს},$$

$$1 \text{ კვტ-ს} = 1000 \text{ ვტ-ს}.$$

ელექტრული დენის მუშაობასა და კილოგრამომეტრებში (კგმ) გამოსახულ მექანიკურ მუშაობას შორის არსებობს შემდეგი თანა-
ფარდობა:

$$1 \text{ ჯ} = 0,102 \text{ კგმ}.$$

მექანიკური სიმძლავრის გასაზომად ხშირად იყენებენ ერთეულს. კილოგრამომეტრს წამებში (კგმ/წმ), რომელიც ვატებში გამოისა-
ხება შემდეგი თანაფარდობით:

$$1 \text{ კგმ/წმ} = 9,81 \text{ ვტ}.$$

სიმძლავრე, რომელსაც I დენი გამოჰყოფს გარეგან წრედში

გენერატორის მომქერებზე U ძაბვის დროს, (43) ფორმულის თანახმად გამოისახება ძაბვისა და დენის ნამრავლით, ე. ი. $P = U \cdot I$.

იმ წრედის თვისებების შეფასება, რომელსაც მოცემული გენერატორი აწვდის ენერგიას, ხდება გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტის მიხედვით. გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ეწოდება ფარდობას გარეგან წრედში მიწოდებული P სიმძლავრის ოდენობისა (ან გენერატორის მომქერებზე მოღებული U ძაბვისა), გენერატორის მიერ განვითარებულ სრულ $P_{\text{სრულ}}$ სიმძლავრესთან (ან გენერატორის E ელექტრომომძრავებელ ძალასთან), ე. ი.

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{სრულ}}} = \frac{U}{E}. \quad (44)$$

თუ ამ შეფარდებას გავამრავლებთ 100-ზე, მივიღებთ მარგი ქმედების კოეფიციენტს პროცენტებში, ე. ი.

$$\eta \% = \frac{P}{P_{\text{სრულ}}} 100 \% = \frac{U}{E} \cdot 100 \%. \quad (45)$$

ფორმულა (44) შეიძლება დაიწეროს ასეთი სახით

$$\eta = \frac{U}{U + I r_0} = \frac{I \cdot r}{I \cdot r + I \cdot r_0},$$

ან

$$\eta = \frac{r}{r + r_0}.$$

უკანასკნელ ტოლობაში წილადის მრიცხველი და მნიშვნელი გავყოთ r -ზე, მივიღებთ

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{r_0}{r}}.$$

მიღებული გამოსახულებიდან დავასკვნით, რომ გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტი η მით მეტია, რამდენადაც ნაკლებია $\frac{r_0}{r}$ შეფარდება, ე. ი. რამდენადაც გენერატორის შინაგანი წინააღმდეგობა ნაკლებია გარეგანი წრედის r წინააღმდეგობასთან შედარებით.

გარეგანი წრედის წინააღმდეგობის გადიდებით იზრდება გენერატორის (ენერგიის წყაროს) მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

მაგალითი. აბონენტი ყოველდღიურად სარგებლობს ელექტრული განათებით 5 საათის განმავლობაში. ელექტრული ნათურების მიერ დენის მოხმარება 110 ვ ძაბვის დროს უდრის 1,8 ა. რამდენს იხდის აბონენტი თვეში (30 დღე) განათებით სარგებლობისათვის, თუ ერთი კვტ-ს ღირს 40 კაპ.

ამოხსნა. ერთი თვის (30 დღე) განმავლობაში ნათურები ხმარებაშია $5 \times 30 = 150$ საათის განმავლობაში.

ენერგიის ხარჯი თვის განმავლობაში განისაზღვრება (41) ფორმულით:

$$1,8 \times 110 \times 150 = 29700 \text{ ვტ-ს} = 29,7 \text{ კვტ-ს}$$

ენერგიის ღირებულება თვეში:

$$40 \times 29,7 = 1188 \text{ კაპ.} = 11 \text{ მან. } 88 \text{ კაპ.}$$

§ 11. ლენტ-ჯოჟლის კანონი

გამტარში გამავალი დენის ერთ-ერთი გამოვლინებაა ამ გამტარის გათბობა, რომელსაც იწვევს სითბოს გამოყოფა დენის სიდიდის შესაბამისად.

როგორც ცნობილია, სითბოს რაოდენობა იზომება ერთეულე-ბით, რომლებსაც დიდი და მცირე კალორია ეწოდება.

დიდი კალორია წარმოადგენს სითბოს ისეთ რაოდენობას, რომელიც უნდა დაიხარჯოს იმისათვის, რომ ერთი კილოგრამი წყლის ტემპერატურა გადიდდეს ერთი გრადუსით ასგრადუსიან სკალაზე.

მცირე კალორია (გრამ-კალორია) წარმოადგენს სითბოს ისეთ რაოდენობას, რომელიც უნდა დაიხარჯოს იმისათვის, რომ ერთი გრამი წყლის ტემპერატურა გადიდდეს ერთი გრადუსით ასგრადუსიან სკალაზე.

რუსმა აკადემიკოსმა ლენცმა და ინგლისელმა ფიზიკოსმა ჯო-ულმა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად დაადგინეს შემდეგი დებულება: გამტარის მიერ გამოყოფილი სითბო მასში დენის გატარებისას პირდაპირ პროპორციულია დენის კვადრატის, გამტარის წინააღმდეგობისა და დროის, რომლის განმავლობაში დენი გადის ამ გამტარში. ამ დებულებას ეწოდება ლენტ-ჯოჟლის კანონი.

თუ აღვნიშნავთ დენით გამოწვეულ სითბოს რაოდენობას Q -თი დენს გამტარში— I , გამტარის წინააღმდეგობას— r და დროს, რომლის განმავლობაში გადიოდა დენი გამტარში,— t , მაშინ ლენტ-ჯოჟლის კანონს შეიძლება მივცეთ შემდეგი მათემატიკური გამო-სახვა:

$$Q = k \cdot I^2 \cdot r \cdot t, \quad (46)$$

სადაც k არის პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია იმ სხვა სიდიდეებისათვის შერჩეულ ერთეულებზე, რომლებიც შედის ამ ფორმულაში.

ცდით დადგენილია, რომ ერთი ამპერი დენის გატარებისას გამტარში, რომლის წინააღმდეგობა უდრის ერთ ომს, ერთი წამის

ჯანმავლობაში გამოიყოფა 0,24 მცირე კალორია (გკალ) სითბო; მაშასადამე, თუ (46) ფორმულაში შემაჯავლი სიდიდეები შესაბამისად გამოსახული იქნება ამპერებში, ომებში და წამებში, მაშინ ლენც-ჯოულის კანონის მათემატიკური გამოსახულება მიიღებს ასეთ სახეს:

$$Q = 0,24 I^2 \cdot r \cdot t \text{ გკალ.} \quad (47)$$

ვინაიდან ომის კანონის მიხედვით გვაქვს

$$I = \frac{U}{r},$$

ამიტომ

$$r = \frac{U}{I}.$$

(47) ფორმულაში I და r შევცვალოთ მათი ზემოაღნიშნული მნიშვნელობებით და დავინახავთ, რომ ფორმულა (47) შეიძლება წარმოვიდგინოთ აგრეთვე ასეთი სახითაც:

$$Q = 0,24 \frac{U^2}{r} t = 0,24 \cdot U \cdot I \cdot t \text{ გკალ.} \quad (48)$$

მაგალითი. ელექტრულ სადულარში, რომლის ტევადობა 2 ლიტრია, 20° საწყისი ტემპერატურის მქონე წყალი აღდუღება 15 წუთში. განვსაზღვროთ ამ სადულარის წინააღმდეგობა, აგრეთვე დენის ის სიმძლავრე და მუშაობა, რომელიც საკირთა აღნიშნული ოდენობის წყლის ასადუღებლად, თუ სადულარი მუშაობს 220 ვ ძაბვაზე და მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტი უდრის 80%.

ამოხსნა. თუ წყლის საწყისი ტემპერატურა არის 20°, მაშინ, იმისათვის, რომ იგი ავადუღოთ, საკირთა მისი ტემპერატურა გავადიდოთ 100°—20°=80°. ამრიგად, სადულარის სათბობი მავთულიდან წყალმა უნდა მიიღოს სითბო

$$80 \times 2000 = 160\,000 \text{ კკალ.}$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ სადულარის მარგი ქმედების კოეფიციენტი უდრის 80%, მაშინ სათბობი მავთულის მიერ გამოყოფილი სითბო იქნება

$$160\,000 : 0,8 = 200\,000 \text{ კკალ.}$$

თუ გამოვიყენებთ (48) ფორმულას, ვიპოვი

$$200\,000 = 0,24 \times 220 \times 15 \times 60 \times I.$$

აქედან ვპოულობთ დენს

$$I = 4,2 \text{ ა.}$$

სათბობი მავთულის წინააღმდეგობას ვპოულობთ (13) ფორმულით:

$$r = \frac{220}{4,2} = 52,4 \text{ ომი.}$$

სადულარის მიერ მოხმარებულ სიმძლავრეს განესაზღვრავთ (43) ფორმულით:

$$P=220 \times 4,2=924 \text{ ვტ.}$$

დენის მუშაობა, რომელიც დაიხარჯა სადულარში, განისაზღვრება (41) ფორმულით:

$$A=220 \times 4,2 \times 15 \times 60=831600 \text{ ჯ.}$$

§ 12. გამტარების გახსნა ელემენტარული დენით

გამტარების გახსნას ელექტრული დენით დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს. ელექტროგანათების, ელექტროსათბობი ხელსაწყოების, ელექტროღუმელების, საზომი და სამედიცინო აპარატურისა და სხვათა მოწყობა დამყარებულია გამტარების ელექტროდენით გახსნის გამოყენებაზე. მაგრამ გამტარის იგივე გახსნა ზოგჯერ არათუ საზიანოა ელექტროენერგიის უსარგებლოდ ხარჯვის თვალსაზრისით, არამედ საფრთხეს ნარმოადგენს ხანძარის მხრივ.

ელექტროგაყვანილობის იზოლაციის უწყისეობის გამო, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ძალიან ხშირად წარმოიქმნება მოკლედ ჩართვა ლითონის ხაზურ სადენებს შორის, რაც მეტად დიდ დენს იწვევს ამ სადენებში. ხაზური სადენები ხურდება მაღალ ტემპერატურამდე, რის გამოც დაიწვება მათი საიზოლაციო ფენა.

ხაზური სადენებისა და, აგრეთვე, ელექტროტექნიკური აპარატურის სხვადასხვა გრაგნილებისა და იზოლირებული მავთულების ზედმეტი გახსნისაგან დაცვის მიზნით, მოცემული სადენის ან გრაგნილისათვის არსებობს დასაშვები დენების მაქსიმალურ მნიშვნელობათა ნორმები. ჩვეულებრივ ამა თუ იმ ელექტროტექნიკური მოწყობილობისათვის დასაშვები დენი გამოისახება ეგრეთ წოდებული დენის სიმკვრივით. დენს, რომელიც მოდის სადენის განივკვეთის ერთ კვადრატულ მილიმეტრზე, ეწოდება დენის სიმკვრივე. მაგალითად, თუ გამტარში, რომლის კვეთი უდრის 6 მმ², გადის 30 ა. დენი, მაშინ დენის სიმკვრივე ამ გამტარში იქნება $30 : 6 = 5 \text{ ა/მმ}^2$.

იმისათვის, რომ აპარატები და ხელსაწყოები დაიცვან მეტად დიდი დენების გავლისაგან, იყენებენ დამცველ მოწყობილობებს, რომლებიც ავტომატურად გათიშავენ დენის წრედს, როგორც კი დენის სიდიდე გადააჭარბებს დასაშვებ ნორმას.

საბინაო დანადგარებში ყველაზე ფართოდაა გამოყენებული დნობადი მცველები, რომლებშიც მცველის როლს ასრულებს ადვილდნობადი, უმთავრესად ტყვიის მავთული, რომლის დიამეტრი დამოკიდებულია საკვები დანადგარის დენის სიდიდეზე.

ასეთ მცველს ჩართავენ სადენის კრილში, მაშასადამე, ამ სადენში გამავალი დენი გაივლის აგრეთვე მცველის ადვილდნობად შავთულშიც. ეს უკანასკნელი გათვლილია დენზე, რომელიც ერთნახევარჯერ აღემატება დასაცავი მოწყობილობის მკვებავ ნომინალურ დენს. ამგვარად, როცა დანადგარის წრედში დენი გაიზრდება ისე, რომ იგი ერთნახევარჯერ გადააჭარბებს მის ნომინალურ მნიშვნელობას, მცველის დნობადი ჩასადგამი მაშინვე გადნება და წრედი ავტომატურად გაითიშება.

მცველებს ვრცლად განვიხილავთ მე-11 თავში.

მაშასადამე, თუ სითბო, რომელსაც დენი წარმოქმნის სადენში, მთლიანად არ გადაეცემა (გამოსხივდება) გარემომცველ გარემოს, მაშინ სადენის ტემპერატურა გაიზრდება. ამრიგად, იმისათვის რომ განესაზღვროთ სადენის გათბობის ტემპერატურა, საჭიროა ვიცოდეთ არა მარტო ის სითბო, რომელსაც დენი გამოჰყოფს ლენტ ჯოულის კანონის თანახმად, არამედ ის სითბოც, რომელსაც სადენის ზედაპირი გადასცემს (გამოსხივებს) გარემომცველ გარემოს.

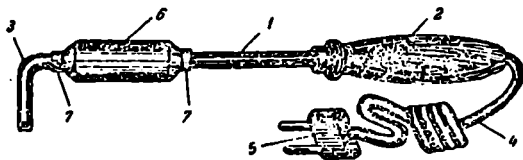
სითბოს ის რაოდენობა, რომელიც სადენის ზედაპირიდან გადაეცემა გარემომცველ სივრცეს, განისაზღვრება ამ სადენის სითბოგადაცემის უნარით და პირველ რიგში დამოკიდებულია სადენისა და გარემომცველი სივრცის ტემპერატურათა სხვაობაზე. მაშასადამე, როცა ეს ტემპერატურები გათანაბრდება, მაშინ სითბოს გადაცემა შეწყდება.

სადენის სითბო გადაცემა წარმოადგენს მცირე კალორიებში (გკალ) გამოსახულ სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა (გამოსხივდება) სადენის ერთი კვადრატული მეტრი ზედაპირიდან ერთ წამში, თუ სადენის ზედაპირისა და გარემომცველი სივრცის ტემპერატურათა სხვაობა უდრის 1°.

გამტარების გათბობის პრაქტიკულად გამოყენების მაგალითისათვის განვიხილოთ ელექტრული სარჩილავი, რომლის მოქმედება ისეთივეა, როგორიც ნებისმიერი სათბობი ხელსაწყოსი, ელექტრონათურის, ელექტროლუმენის და სხვ. ამ ხელსაწყოების მუშაობა დამყარებულია დენის თბური მოქმედების გამოყენებაზე.

ელექტრული სარჩილავი გამოსახულია ნახ. 53-ზე. იგი შედგება ლითონის მილაკისაგან 1 (სარჩილავის კორპუსი), რომლის ერთ ბოლოზე ჩამოცმულია ხის სახელური 2 გამჭოლი ნახვრეტით. მილაკის მეორე ბოლოში ჩადგმულია სპილენძის ღერო 3, რომელზეც

მოთავსებულია დიდი კუთრი წინააღმდეგობის მქონე მავთულის (მაგ. ნიქრომის) გრაგნილი. ეს უკანასკნელი დაცულია გარსაცმით 6, რომელიც დამაგრებულია რგოლებით და სარჩილავის კორპუსიდან იზოლირებულია ქარსით. გრაგნილის ბოლოები მიერთებულია ზონართან 4, რომელიც სარჩილავის ნახვრეტების გავლით შედის მილაკის შიგნით. ზონარის ბოლოზე მიერთებულია საშტებ-



ნახ. 53. ელექტრული სარჩილავი.

სელო ჩანგალი 5, რომლის მეშვეობით სარჩილავეს ჩართავენ საშტებსელო როზეტში და ამგვარად მიაერთებენ ელექტრულ ქსელს. სარჩილავის გრაგნილი გახურდება მასში გამავალი დენით და გაახურებს სპილენძის ლეროს, რომელიც წარმოადგენს სარჩილავის მუშა ნაწილს.

პითხვები განმეორებისათვის

1. რას ეწოდება მუდმივი დენი?
2. როგორ შეიძლება დაერწმუნდეთ, რომ ენერგიის წყაროს გააჩნია ელექტრომომარაგებელი ძალა?
3. რა ერთეულებში იზომება ელექტრული წინააღმდეგობა?
4. რას ეწოდება კუთრი წინააღმდეგობა?
5. რაზე დამოკიდებული გამტარის წინააღმდეგობა?
6. რას ეწოდება წინააღმდეგობის ტემპერატურული კოეფიციენტი?
7. რანაირ ხელსაწყოს ეწოდება რეოსტატი?
8. როგორი თანაფარდობაა წინააღმდეგობასა და გამტარებლობას შორის?
9. როგორ განისაზღვრება მიმდევრობით შეერთებული გამტარების წინააღმდეგობა?
10. როგორ განისაზღვრება პარალელურად შეერთებული ორი გამტარის წინააღმდეგობა?
11. როგორ გამოითქმება ომის კანონი?
12. რა ერთეულებში იზომება ელექტრომომარაგებელი ძალა და ძაბვა?
13. რა ერთეულებში იზომება დენის სიდიდე?
14. რა არის ენერგიის წყაროს ელექტრომომარაგებელი ძალა?
15. რას უდრის ძაბვა წრედის უბანზე?
16. როგორ ჩაირთვება ამპერმეტრი ელექტრულ წრედში?
17. როგორ ჩაირთვება ვოლტმეტრი ძაბვის გასაზომად?
18. როგორ გამოისახება თანაფარდობა, რომელიც არსებობს ელექტრომომარაგებელ ძალასა და ძაბვას შორის ენერგიის წყაროს მომკერებზე?

19. რატომ წარმოადგენს საფრთხეს მოკლედ შერთვა?
20. როგორ ნაწილდება ძაბვის ვარდნა წრედში, რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული გამტარებისაგან?
21. როგორ ყალიბდება კირხჰოფის კანონი?
22. რას უდრის პარალელურად შეერთებული გამტარების საერთო წინააღმდეგობა?
23. როგორ ნაწილდება დენები პარალელურად შეერთებულ გამტარებში?
24. რას ეწოდება შუნტი და რისთვის იყენებენ მას?
25. რას ეწოდება ელექტროლიტი?
26. რას ეწოდება ანოდი?
27. რას ეწოდება კათოდი?
28. რა განსხვავებაა ანიონებსა და კათიონებს შორის?
29. როგორ გამოითქმება ფარადის კანონი?
30. რას ეწოდება ელექტროქიმიური ეკვივალენტი?
31. რა არის გალვანოპლასტიკა?
32. რა არის გალვანოსტეგია?
33. რატომ არის სახიანო მოხეტიალე დენები?
34. რა ასრულებს დეპოლარიზატორის როლს სპილენძ-თუთიის ელემენტში?
35. რა ასრულებს დეპოლარიზატორის როლს ნახშირ-თუთიის ელემენტში?
36. როგორ არის მოწყობილი მშრალი ელემენტი?
37. რაში მდგომარეობს აკუმულატორის ფიარფიტების ფორმირება?
38. რაში მდგომარეობს ტყვიის აკუმულატორების სულფატაცია და რატომ არის იგი სახიანო?
39. რატომ არის, რომ ტყვიის აკუმულატორის განმუხტვისას არ შეიძლება მისი ძაბვის დაწვეა 1,8 ვოლტზე ქვემოთ?
40. რა და რა სიდიდეები ახასიათებს აკუმულატორის მუშაობას?
41. როგორ უნდა შეერთდეს გალვანური ელემენტები ბატარიის შესადგენად?
42. რა ერთეულებში იზომება მუშაობა?
43. რა ერთეულებში იზომება სიმძლავრე?
44. როგორ პირობებში შეიძლება უდიდესი სიმძლავრის მიღება გარეგან წრედში?
45. რას ეწოდება გენერატორის მარგი კმედების კოეფიციენტი?
46. რისგან არის დამოკიდებული გენერატორის მარგი კმედების კოეფიციენტი?
47. როგორ ყალიბდება ლენც-ჯოულის კანონი?
48. რას ეწოდება სადენის თბოგაცემა?

ელექტრომაგნიტიზმი და ელექტრომაგნიტური ინდუქცია

§ 1. მაგნიტური პოლუსების ურთიერთქმედება

საბჭოთა კავშირისა და სხვა ქვეყნებში აწარმოებენ მადნის მოპოვებას, რომელსაც აქვს თვისება მიიზიდოს ფოლადი, თუჯი და ზოგიერთი სხვა ლითონი. ასეთი მადანი, რომელიც რკინის ქანგბადთან ქიმიურ შენაერთებს წარმოადგენს, ბუნებრივი მაგნიტია და მას მაგნიტური მადანი ეწოდება.

ტექნიკაში უფრო ფართო გამოყენება აქვს ხელოვნურ და არა ბუნებრივ მაგნიტს. ხელოვნური მაგნიტი ეწოდება ფოლადის დამაგნიტებულ ნაჭერს.

ასეთ მაგნიტებს აქვს სხვადასხვანაირი ფორმა: სწორკუთხედის, რომბის, ნალისებრი, რგოლისებრი და ა. შ.

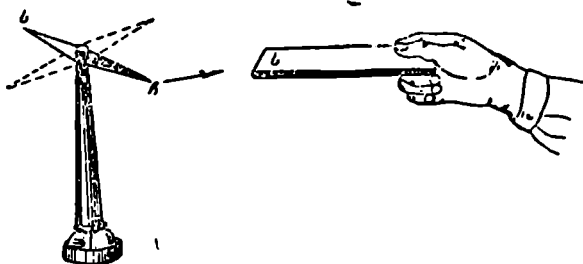
ისინი მზადდებიან ნახშირბადიანი, ვოლფრამიანი, ქრომიანი და კობალტიანი ფოლადისაგან, აგრეთვე სხვა სპეციალური შენადნობებისაგან.

ყოველ მუდმივ მაგნიტს აქვს ორი პოლუსი — ჩრდილოეთი და სამხრეთი.

კომპასის საშუალებით ადვილად დავრწმუნდებით, რომ წვეტზე მბრუნავი მაგნიტური ისარი ყოველთვის ისე დგება, რომ მისი ერთი პოლუსი მიმართულია ჩრდილოეთისაკენ, ხოლო მეორე სამხრეთისაკენ. ჩრდილოეთის მაჩვენებელ პოლუსს ეწოდება ჩრდილოეთის პოლუსი და აღინიშნება ასო N -ით, სამხრეთის მაჩვენებელ პოლუსს ეწოდება სამხრეთის პოლუსი და აღინიშნება ასო S -ით.

მაგნიტური პოლუსების ურთიერთქმედება. თუ მაგნიტური ისრის ჩრდილოეთ პოლუსთან მივიტანთ მაგნიტის ჩრდილოეთ პოლუსს, შევნიშნავთ, რომ მაგნიტის პოლუსი განიზიდავს ისარს. იგივე მოხდება, თუ მაგნიტური ისრის სამხრეთ პოლუსთან მივიტანთ მაგნიტის სამხრეთ პოლუსს.

როცა მაგნიტური ისრის ჩრდილოეთ პოლუსთან შიიტანენ მაგნიტის სამხრეთ პოლუსს (ნახ. 54), ან ისრის სამხრეთ პოლუსთან— ჩრდილოეთ პოლუსს, მაშინ მაგნიტი ორივე შემთხვევაში მიიზიდავს ისარს. აქედან ვასკვნით, რომ მაგნიტის ერთგვარი პოლუსები ერთმანეთს განიზიდავენ, ხოლო სხვადასხვაგვარი — მიიზიდავენ.



ნახ. 54. მაგნიტური პოლუსების ურთიერთქმედება.

კომპასის მუშაობის პრინციპი დამყარებულია დამაგნიტებული ისრის პოლუსების ურთიერთქმედებაზე დედამიწის მაგნიტურ პოლუსებთან.

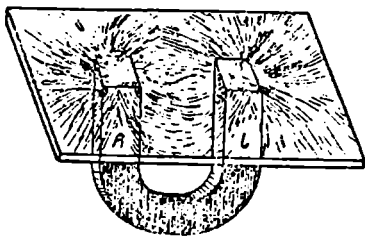
დედამიწა წარმოადგენს ვეებერთელა მაგნიტს, რომლის მაგნიტური პოლუსები არ ემთხვევა გეოგრაფიულს: დედამიწის ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსი იმყოფება სამხრეთ განედის $73^{\circ}30'$ -ზე და დასავლეთ გრძედის $145^{\circ}15'$ -ზე, ხოლო დედამიწის სამხრეთ მაგნიტური პოლუსი— ჩრდილოეთ განედის $70^{\circ}30'$ -ზე და აღმოსავლეთ გრძედის $97^{\circ}71'$ -ზე.

§ 2. მაგნიტური ველი

სივრცეს, რომლის ფარგლებში მუდავნდება მაგნიტური ძალების მოქმედება, ეწოდება მაგნიტური ველი.

მაგნიტურ ველს პირობით გამოსახევენ მაგნიტური ძალებების საშუალებით. მათი განლაგება რომ წარმოვიდგინოთ, ამისათვის წალისებრ მაგნიტს დავაფაროთ მინა (ნახ. 55) და ზედ მოვაყაროთ ფოლადის ნაქლიბი. თუ მინაზე ოდნავ დავკრავთ თითს, შევნიშნავთ, რომ ნაქლიბი განლაგდება განსაზღვრული წესით, მაგნიტის ირგვლივ სივრცეში მაგნიტური ძალებების განლაგების შესაბამისად.

მაგნიტური ძალხაზების მიმართულება პირობით მიღებულია. ჩრდილოეთ პოლუსიდან სამხრეთისაკენ. ამასთან დაკავშირებით მაგნიტური ველის გამოსახვისას მაგნიტური ძალხაზების პირობით მიმართულებას აღნიშნავენ ის-რებით, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 56-ზე.



ნახ. 55. ფოლადის ნაქლიბის განლაგება ნალისებრი მაგნიტის მაგნიტურ ველში.

ურთიერთს განიზიდავენ, ხოლო საწინააღმდეგო მიმართულების მქონე ძალხაზები კი მიიზიდებიან.

ელექტრული დენის მაგნიტური ველი. მაგნიტური და ელექტრული მოვლენები ერთიმეორესთან მჭიდროდ არიან დაკავშირებული. ამაში დავრწმუნდებით, თუ ჩავატარებთ ასეთ ცდას.

წვეროზე დაყენებული მაგნიტური ისარი მივიტანოთ სწორხაზოვან მავთულთან. ისარი დადგება ისე, რომ თავისი ბოლოებით გვიჩვენებს, თუ სად არის ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსები (ნახ. 57).

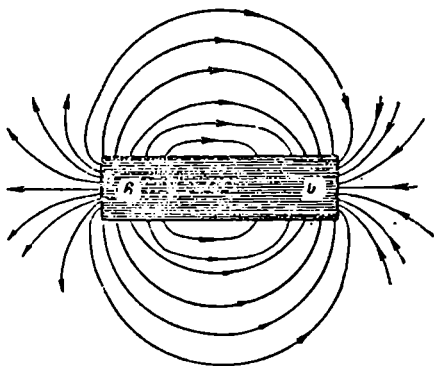
ამის შემდეგ თუ გამტარში გავატარებთ ელექტრულ დენს, მაშინ

მაგნიტური ისარი შებრუნდება ისე, რომ შეუთავსდეს გამტარის ღერძის პერპენდიკულარულ სიბრტყეს (ნახ. 58). გამტარში დენის შეწყვეტისას ისარი თავის საწყის მდგომარეობას დაუბრუნდება.

თუ გამტარში შევცვლით დენის მიმართულებას, მაგნიტური ისარი საწინააღმდეგო მიმართულებით გადაიხრება.

ელექტრული ველის ძალხაზებისაგან განსხვავებით მაგნიტური ძალხაზები წარმოადგენენ ჩაკეტილ ხაზებს. ისინი არ გადაკვეთენ ერთმანეთს და ისწრაფვიან უმოკლესი გზით გავლას.

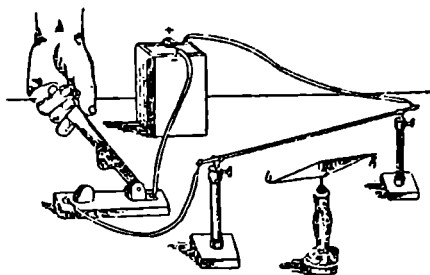
ერთნაირი მიმართულების მქონე მაგნიტური ძალხაზები



ნახ. 56. სწორხაზოვანი მაგნიტის მაგნიტური ველი.

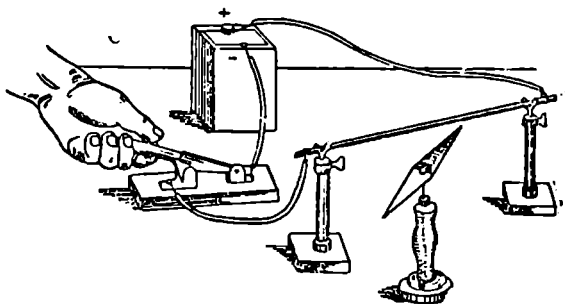
ისრის გადახრა ხდება იმ მაგნიტური ველის ზეგავლენით, რომელიც წარმოიქმნება გამტარის გარშემო, მასში ელექტრული დენის გატარების შედეგად. დენის შეწყვეტისას ისრის საწყის მდგომარეობაში დაბრუნება იმის მაჩვენებელია, რომ ამ დროს აღარ არსებობს დენის მაგნიტური ველი. ამ ცდიდან შეიძლება გავაკეთოთ ასეთი დასკვნა: გამტარში დენის გატარებისას მის გარემოშეს ელ სივრცეში წარმოიქმნება მაგნიტური ველი. დენის შეწყვეტისას მაგნიტური ველი ქრება. დენიანი

გამტარის ირგვლივ წარმოქმნილი მაგნიტური ძალებიან კონცენტრულ წრეებად, რომელთა ცენტრს წარმოადგენს გამტარი. გამტარის ირგვლივ წარმოქმნილი მაგნიტური ველის გამოსახვისას ველის ცენტრში უჩვენებენ არა მთლიან გამტარს, არამედ მართო მის კვეთს. როდესაც დენი მიმართულია ჩვენგან იქით, მაშინ



ნახ. 57. მაგნიტური ისარი უჩვენებს, თუ სად იმყოფება ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსები.

დენი მიმართულია ჩვენგან იქით, მაშინ

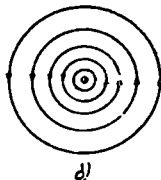
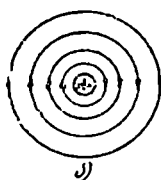


ნახ. 58. გამტარის გარშემო, რომელშიც გადის დენი, წარმოიქმნება მაგნიტური ველი და მაგნიტური ისარი გადაიხრება.

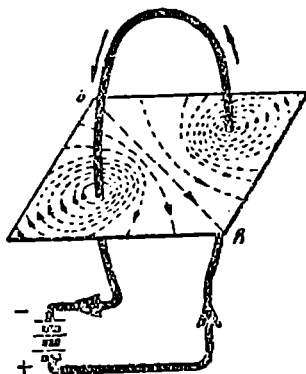
გამტარის კვეთის გამომსახველ წრეში ჩასვამენ (+) ნიშანს, თუ დენი მიმართულია ჩვენსკენ—ჩასვამენ წერტილს (•), როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 59-ზე.

მაგნიტური ძალხაზების მიმართულება განისაზღვრება ბურლის წესით, რომელიც ასე გამოითქმის: თუ ბურლის წინსვლით მოძრაობა გამტარში თანხედება დენის მიმართულებას, მაშინ მისი სახელურის ბრუნვითი მოძრაობა განსაზღვრავს მაგნიტური ძალხაზების მიმართულებას.

მაგნიტური ველი წარმოიქმნება არა მარტო სწორხაზოვანი გამტარის გარშემო, არამედ რგოლური ჯოჯოხითი მოხრილი გამტარის გარშემოც. ასეთი გამტარის გარშემო წარმოქმნილი მაგნიტური ველი გა-



ნახ. 59. დენის მიმართულების პირობითი აღნიშვნები გამტარში.



ნახ. 60. მაგნიტური ველი რგოლისებრი გამტარის გარშემო, როცა მასში გადის დენი.

მოსახულია ნახ. 60-ზე.

აქ მაგნიტური ძალხაზები ქმნის საერთო მაგნიტურ ნაკადს და რგოლისებრ გამტარზე ჩვენ შეგვიძლია განვასხვავოთ, ისევე როგორც მუდმივ მაგნიტზე, ორი პოლუსი—ჩრდილოეთისა და სამხრეთის. რგოლისებრი გამტარის მაგნიტური ველის ამ თვისებას იყენებენ ელექტრომაგნიტებში.

§ 3. ცნება მაგნიტიზმის გუნების შესახებ. დამაგნიტების პროცესი

ერსტედის მიერ XIX საუკუნის დასაწყისში ელექტრული დენის მაგნიტური ველის აღმოჩენამ შესაძლებელი გახადა ეფიქრათ, რომ მაგნიტიზმის ბუნება დაკავშირებულია მოლეკულის შიგნით წარმოქმნილ ელექტრულ დენთან.

ამეხმად დადგენილია, რომ დამაგნიტებულ სხეულებში მაგნიტურ ველს წარმოქმნის ელექტრონები, რომლებიც ბრუნავენ თავიანთი ღერძის ირგვლივ და, აგრეთვე, ორბიტებზე ატომის ატომ-

გულის გარშემო. როგორც ცნობილია, ელექტრონების მოძრაობა წარმოადგენს ელექტრულ დენს, ხოლო დენის გავლას თან სდევს მაგნიტური ველის წარმოშობა. ცხადია, რომ ატომებში თავიანთ მოძრაობისას ელექტრონები ქმნიან მაგნიტური ველის წარმომშობ შიგაატომურ დენებს. რით უნდა აიხსნას ის, რომ ზოგ მასალაში შიგაატომური დენებით წარმოქმნილი მაგნიტური ველი არსებითი სიდიდისაა, მაშინ როცა ზოგში იგი არც კი მელავნდება. ეს აიხსნება იმით, რომ ატომებში ცალკეული ელექტრონების ბრუნვის ღერძები და ორბიტები ერთმანეთის მიმართ შეიძლება იყოს სხვადასხვა მდგომარეობაში და, მაშასადამე, ისეთივე მდგომარეობაში იქნება მოძრავი ელექტრონების მიერ შექანილი მაგნიტური ველებიც.

მაგნიტური ველები ურთიერთ განლაგების მიხედვით ან იკრიბებიან, ან აკლდებიან ერთმანეთს. პირველ შემთხვევაში ატომს ექნება მაგნიტური ველი ან, როგორც ამბობენ, მაგნიტური მომენტი, მეორე შემთხვევაში კი არ ექნება.

მასალებს, რომელთა ატომებს არა აქვს მაგნიტური მომენტი, ეწოდება დიამაგნიტური და მათი დამაგნიტება შეუძლებელია. დიამაგნიტურებს ეკუთვნის სხეულების უმრავლესობა ბუნებაში, მათ შორის აგრეთვე რიგი ლითონებისა: ბისმუტი, სპილენძი, ტყვია, ვერცხლი, თუთია და ზოგიერთი სხვ. განსაკუთრებულ ჯგუფს ქმნის ფოლადი, ნიკელი, კობალტი და მათი შენადნობები, რომელთა ატომებს აქვს დიდი მაგნიტური მომენტი. ამ სხეულებს ეწოდება ფერომაგნიტურები და ისინი ადვილად მაგნიტდებიან.

ფერომაგნიტურ მასალას დასამაგნიტებლად ათავსებენ მაგნიტურ ველში. ამ ველის ზემოქმედებით მასალის ატომების დიდი თუ მცირე ნაწილი მიიღებს ორიენტაციას გარეგანი ველის მიმართულებით, მათი ელემენტარული მაგნიტური ველები შეიკრიბება და მთელი სხეული, მაგალითად ფოლადის ძელაკი, თავის გარშემო შექმნის საკუთარ მაგნიტურ ველს, რომელიც მრავალჯერ აღემატება მის დამამაგნიტებელ ველს, შეიძენს მაგნიტურ თვისებებს, ანუ დამაგნიტდება.

გარემოს მაგნიტურ თვისებებს ახასიათებს მისი მაგნიტური შეღწევადობა, რომელიც აღინიშნება ბერძნულ ასო μ (მიუ) თი.

მაგნიტური შეღწევადობა სივარდილის, ჰაერის, ფოლადის, თუჯისა და სხვ. ნივთიერებების, გარდა ფერომაგნიტურებისა, დაახლოებით ერთნაირია და უდრის:

$$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{ჰენრი}}{\text{მეტრი}}.$$

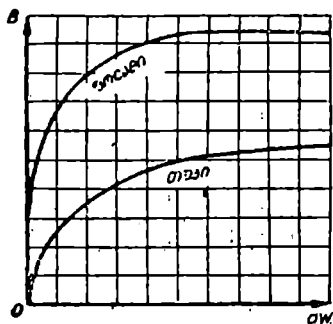
ფერომაგნიტური მასალებისა და მათი შენადნობების მაგნიტური შეღწევადობა მრავალჯერ აღემატება $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{ჰენრი}}{\text{მეტრი}}$ სიდიდეს.

ერთი და იგივე ფერომაგნიტური მასალის შეღწევადობა შეიძლება იყოს სხვადასხვა და დამოკიდებულია მისი დამაგნიტების ხარისხზე. დასამაგნიტებლად ფოლადის ძელაკს მოათავსებენ სოლენოიდის¹ შიგნით, რომლის გრაგნილში გაატარებენ ელექტრულ დენს.

კოქაში დენის ზრდასთან ერთად ძელაკის მაგნიტური ინდუქცია დასაწყისში გაიზრდება დენის ზრდის თითქმის პროპორციულად.

მაგრამ, იმის მიხედვით, თუ რამდენად სულ მეტი და მეტი რაოდენობა ძელაკის ატომებისა მოწესრიგდება სოლენოიდის მაგნიტური ველის მიმართულებით, იმდენად სულ უფრო და უფრო შენელებულია ინდუქციის ზრდა.

ფერომაგნიტური სხეულების მსგავს მდგომარეობას განსაზღვრავენ ტერმინით — მაგნიტური გაჟღენთილობა.



ნახ. 61. ფოლადისა და თუჯის დამაგნიტების მრუდები.

ნახ. 61-ზე გამოსახული მრუდები უჩვენებს თუჯისა და ფოლადის გულში მაგნიტური ინდუქციის ცვლილებას, მათი დამამაგნიტებელი ველის ამპერხვებთან დამოკიდებულებაში. ამ მრუდებიდან ჩანს, რომ მაგნიტური ველის დამამაგნიტებელი ძალის გადიდებასთან ერთად მაგნიტური ინდუქცია მასალებში სწრაფად იზრდება დასაწყისში, შემდეგ კი მათი მაგნიტური გაჟღენთილობის მიხედვით მისი ზრდა სულ უფრო და უფრო ნაკლებად მნიშვნელოვანი ხდება.

ადვილი გასაგებია, რომ მაგნიტური შეღწევადობა, რომელიც ახასიათებს სხეულის დამაგნიტების უნარს, ფერომაგნიტური სხეულებისათვის ცვალებადი სიდიდის უნდა იყოს. დამაგნიტების პროცესის დასაწყისში, როცა გარეგანი ველი იმდენად სუსტია,

¹ სპირალის სახით დახვეულ გამტარს ეწოდება სოლენოიდი.

რომ არ შეუძლია წარმართოს ნივთიერების ატომების ორიენტირება, მაგნიტური შეღწევადობა მცირეა.

ველის გაძლიერებასთან ერთად იგი მკვეთრად იზრდება, მიაღწევს მაქსიმალურ სიდიდეს და შემდეგ მასალის გაჟღენთილობის მიხედვით ისევ მცირდება.

ფერომაგნიტურ მასალებში მაგნიტური შეღწევადობის დამოკიდებულება მათი დამაგნიტების ხარისხისაგან პირველად (1872 წ.) გამოიკვლია რუსმა სწავლულმა მოსკოვის უნივერსიტეტის პროფესორმა ა. გ. სტოლეტოვმა.

სხვადასხვა ფერომაგნიტური მასალების მაგნიტური შეღწევადობა სხვადასხვაგვარია.

მაგალითად, ჩვეულებრივი რბილი ფოლადის უდიდესი მაგნიტური შეღწევადობა 3500-ჯერ აღემატება ჰაერის მაგნიტურ შეღწევადობას, ხოლო პერმალოის შენადნობის (იგი შეიცავს 78,5% ნიკელს, 17,7% რკინას და 3,8% მოლიბდენს) უდიდესი მაგნიტური შეღწევადობა 75000-ჯერ აღემატება ჰაერის მაგნიტურ შეღწევადობას.

ფოლადისა და მისი შენადნობების დამაგნიტება წარმოებს გარეგანი მაგნიტური ველის ზეგავლენით.

ამ დამაგნიტებელი ველის არარსებობისას ფოლადი და მისი შენადნობები სხვადასხვა ხარისხით განმაგნიტდებიან.

მასალის დამაგნიტებულობის შენარჩუნებას გარეგანი ველის არარსებობისას ეწოდება ნარჩენი მაგნიტიზმი.

ნარჩენი დამაგნიტებულობის სიდიდე განისაზღვრება ნარჩენი მაგნიტიზმის შესაბამისი მაგნიტური ინდუქციით.

გარეგანი მაგნიტური ველის მიმართულების შეცვლით შეიძლება ჯანვამაგნიტოთ მასალა და მაშინ მაგნიტური ინდუქცია გაუტოლდება ნულს.

§ 4. ელემტარომაგნიტი. ელემტარომაგნიტური საზომი ხელსაწყო.

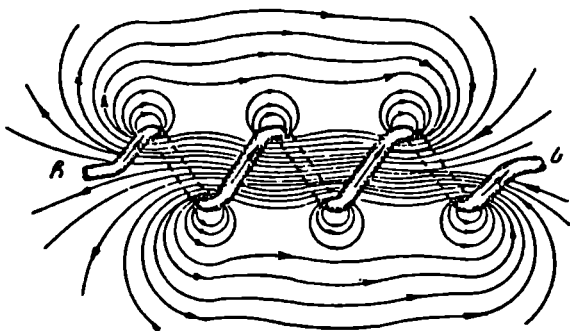
ავიღოთ სპირალური სახის გამტარი და მასში გავატაროთ ელექტრული დენი. ასეთი სპირალის ანუ, როგორც ამბობენ, სოლენოიდის ყოველი ზვიის გარშემო წარმოიქმნება მაგნიტური ძაღხაზები, რომლებიც შეჯამების (შეთავსების) შემდეგ შეადგენენ საერთო მაგნიტურ ველს (ნახ. 62). რამდენადაც მეტი დენია სოლენოიდში და რამდენადაც მეტი რაოდენობის ზვია აქვს მას, იმდენად მძლავრ მაგნიტურ ველს ქმნის იგი.

დამამაგნიტებელი ძალა F , რომელიც იზომება ამპერხეიებით, უდრის მისი გრაგნილის ხეიების რიცხვისა (აღინიშნება W -თი) და მასში გაშვალნი I დენის სიდიდის ნამრავლს

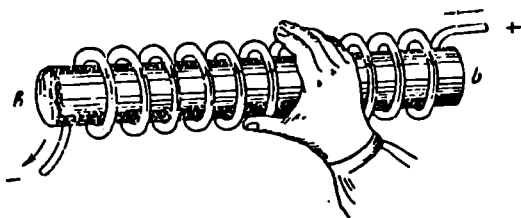
$$F = I \cdot W,$$

სადაც I არის დენი ამპერებში.

W —ხეიების რიცხვი.



ნახ. 62. სოლენოიდის მაგნიტური ველი.



ნახ. 63. ელექტრომაგნიტის პოლუსების განსაზღვრა ჰარჯვენა ხელის წესით.

სოლენოიდის მაგნიტურ ველს დიდი მსგავსება აქვს სწორხაზოვანი მუდმივი მაგნიტის მაგნიტურ ველთან. სოლენოიდს, ისევე როგორც მუდმივ მაგნიტს, აქვს ორი პოლუსი—ჩრდილოეთისა და სამხრეთის.

სოლენოიდში რომ მოვათავსოთ ფოლადის გულა და მის ხეიებში გავატაროთ ელექტრული დენი, მაშინ გულა დამამაგნიტდება და შეიძენს ისეთ მაგნიტურ თვისებებს, როგორიც აქვს მუდმივ მაგნიტს.

სოლენოიდს, რომელშიც მოთავსებულია ფოლადის გულა, ეწოდება ელექტრომაგნიტი.

ელექტრომაგნიტის გრაგნილში დენის წრედის განათვის დროს ფოლადის გულა მეტად თუ ნაკლებად განმაგნიტდება მისი მაგნიტური თვისებებისა და მიხედვით.

სოლენოიდის ან ელექტრომაგნიტის (ნახ. 63) მაგნიტური ველის მიმართულების განსაზღვრისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ მარჯვენა ხელის წესით, რომელიც გამოითქმის შემდეგნაირად: თუ მარჯვენა ხელის გულს დავადებთ ელექტრომაგნიტის კოქას, ისე რომ თითები ემთხვეოდეს გრაგნილში დენის მიმართულებას, მაშინ განზე გაწეული ცერი უჩვენებს ჩრდილოეთ პოლუსის მდებარეობას.



ნახ. 64. ელექტრომაგნიტური ამალი.

პრაქტიკულად ელექტრომაგნიტის პოლუსების განსაზღვრისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ მაგნიტური ისრით. ელექტრომაგნიტის მაგნიტური მოქმედება უფრო ძლიერია, ვიდრე სოლენოიდის, რადგან ფერომაგნიტური მასალის დამაგნიტებული გულა მნიშვნელოვნად აღიდებს საერთო მაგნიტურ ველს.

ელექტრომაგნიტს ფართო გამოყენება აქვს ტექნიკაში.

ამწეებზე დამაგრებულ მძლავრ ელექტრომაგნიტებს იყენებენ ფოლადის, თუჯის და ფერომაგნიტური მასალებისა და მათი შენადნობებისაგან დამზადებულ ნაკეთობათა ასაწევად. ხიდური ამალი, რომელზეც მოწყობილია ამწევი ელექტრომაგნიტი (ნახ. 64), მიიზიდავს ფოლადის ფურცლებს და გადაიტანს მათ საჭირო ადგილზე, სადაც ისინი დენის გამორთვის შემდეგ გასცილებიან ელექტრომაგნიტს.

ამდგავარადვე მუშაობს მაგნიტური ფილა საბურღავ და სხვა ლითონდამამუშავებელ ჩარხებზე (ნახ. 65). ასეთ ფილაში თავსდება

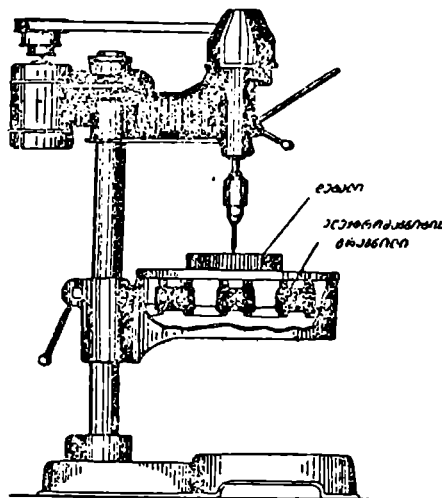
ბა დენის წყაროზე მიერთებული ელექტრომაგნიტი. ელექტრომაგნიტური ფილა დასამუშავებელ ნაკეთობას იჭერს ჩარხის მაგიდაზე.

დეტალის დამუშავების შემდეგ დენს გამორთავენ და ნაკეთობას მოხსნიან ჩარხიდან. ელექტრომაგნიტებს აგრეთვე იყენებენ

ელექტროსაზომ ხელსაწყოებში, ელექტროძრავებში და რიგ სხვა მანქანებსა და აპარატებში.

ელექტრომაგნიტური საზომი ხელსაწყო. განვიხილოთ მუშაობის პრინციპი ელექტრომაგნიტური საზომი ხელსაწყოსი, რომელსაც იყენებენ როგორც ამპერმეტრსა და ვოლტმეტრს.

ასეთი საზომი ხელსაწყო (ნახ. 65) შედგება კ კოქსაგან, რომელზედაც დახვეულია იზოლირებული სპილენძის მათეული. გრაგნილის ბოლოები მიერთებულია (1—2)

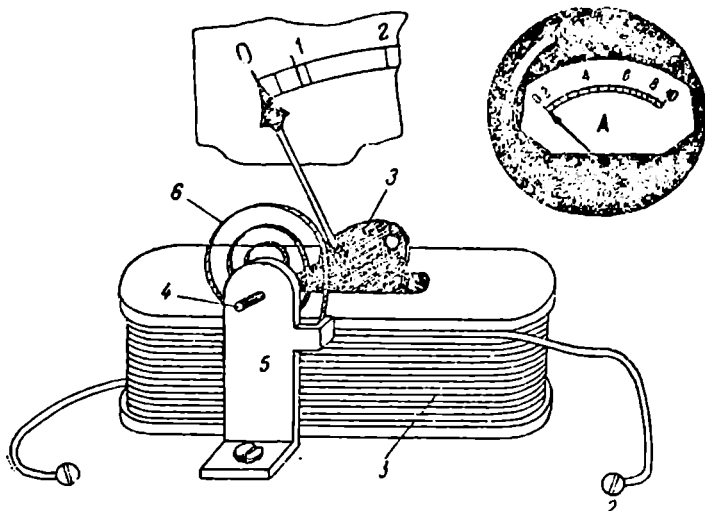


ნახ. 65. საბურღავი ჩარხი, რომელსაც აქვს ელექტრომაგნიტური ფილა დასამუშავებელი დეტალის დასამაგრებლად.

მომჭერებზე. ხელსაწყოს კოქას შიგნით მოთავსებულია რბილი ფოლადის გულა (3), რომელიც დამაგრებულია ღერძზე (4). ღერძი ისრისად დამაგრებულია დგარზე (5). სპირალური ზამბარა (6) ისარს აბრუნებს ნულოვან მდგომარეობაში. ასეთი ხელსაწყოს მოქმედება დამყარებულია სოლენოიდის თვისებაზე — მის ხეიბში დენის გატარებისას წარმოქმნას მაგნიტური ველი და გულა შეიზიდოს შიგნით. როდესაც ხელსაწყოს გრაგნილში გადის დენი, წარმოიქმნება მაგნიტური ველი. იგი მოქმედებს ფოლადის გულაზე და შეიზიდავს მას კოქას შიგნით. ამასთანავე, შებრუნდება ღერძი მასზე დამაგრებული ისრით, რომელიც სკალაზე უჩვენებს გასაზომი დენის სიდიდეს. ისრის გადახრის კუთხე დამოკიდებულია ხელსაწყოს გრაგნილში გამაყალი დენის სიდიდეზე: რამდენად უფრო

მეტია გასაზომი დენის სიდიდე, იმდენად უფრო დიდია ისრის გადახრის კუთხე.

ელექტრომაგნიტურ ხელსაწყოთა ფართოდ იყენებენ მუდმივი და ცვალებადი დენისა და ძაბვის გასაზომად.



ნახ. 66. ელექტრომაგნიტური საზომი ხელსაწყოთა მოწყობის სქემა.

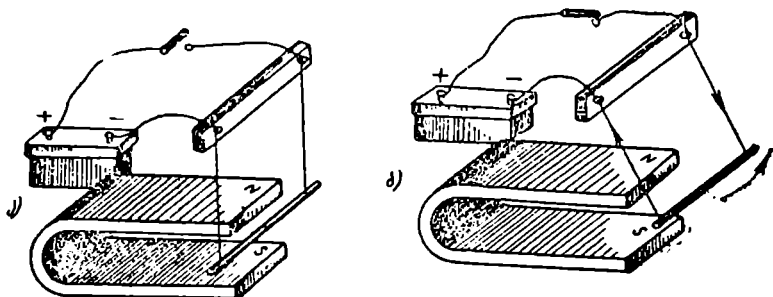
§ 5. დენისა და მაგნიტური ველის ურთიერთქმედება. მაგნიტური ინდუქცია

თუ გამტარს, რომელშიაც გადის დენი, მოვათავსებთ მაგნიტურ ველში, მაშინ ეს ველი იმოქმედებს მასზე ძალით, რომელიც ისწრაფვის განზიდოს ეს გამტარი ველიდან.

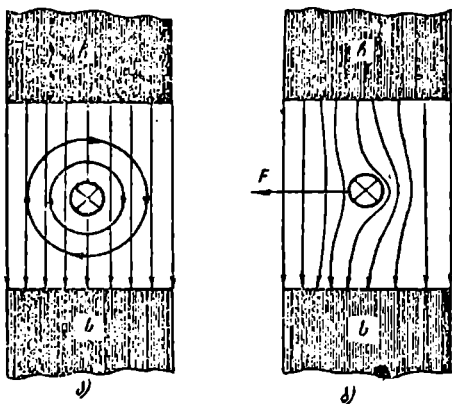
ეს ხდება მაგნიტის ძალხაზებისა და დენიანი გამტარის გარშემო წარმოქმნილი მაგნიტური ველის ურთიერთქმედების შედეგად. თუ გამტარს, რომელშიც დენი არ გადის, მოვათავსებთ მაგნიტურ ველში, ადვილად შევამჩნევთ, რომ იგი ამ ველს არ შეეცვლის (ნახ. 67, ა). თუ ახლა ამ გამტარში გავატარებთ დენს (ნახ. 67, ბ), მაშინ იგი შექმნის საკუთარ მაგნიტურ ველს.

მაგნიტის მაგნიტური ძალხაზებისა და გამტარის მარჯვენა მხრიდან (ნახ. 68, ა) დენის მაგნიტური ველის შიშვალულება ერთმანეთს ემთხვევა, რაც აძლიერებს საერთო მაგნიტურ ველს, მაშინ როცა იმავე გამტარის მეორე მხრიდან (მარცხნიდან) ორი-

ვე მაგნიტური ველის ძალები ერთმანეთს აკლდება, რაც ასუსტებს საერთო მაგნიტურ ველს.



ნახ. 67. ა—მაგნიტურ ველში მოთავსებული უდენო გამტარი უძრავია. ბ—გამტარი, რომელშიც დენი გადის, განიხილება მაგნიტური ველიდან.



ნახ. 68. მაგნიტის მაგნიტური ველისა და დენის მიერ წარმოქმნილი ველის მაგნიტური ძალების განლაგება.

საერთო ველის მაგნიტური ძალები, ცდილობენ რა თითქოს შემოკლებას, გამტარზე მოქმედებენ ძალით, რომლის მიმართულება ნახ. 68, ბ-ზე ნაჩვენებია ისრით.

მაგნიტურ ველში მოთავსებულ დენიან გამტარზე მოქმედი ძალის მიმართულების განსაზღვრა მოხერხებულია მარცხენა ხელის:

წესით (ნახ. 69), რომელიც ყალიბდება ასე: თუ მაგნიტურ ველში მარცხენა ხელს მოვათავსებთ ისე, რომ ძალხაზები შედიოდეს ხელის გულში, ხოლო გამართული ოთხი თითი ემთხვეოდეს დენის მიმართულებას გამტარში, მაშინ განზე გაწეული ცერი უჩვენებს გამტარში მოქმედი ძალის მიმართულებას.

როგორც ცდები გვიჩვენებს, ძალა F , რომლითაც მაგნიტური ველი მოქმედებს l დენიან განტარზე, პროპორციულია ამ დენის სიდიდის, გამტარის მუშა სიგრძისა¹ და მაგნიტური ველის ინტენსივობის; ამ უკანასკნელის შესაფასებლად შემოღებულია ცნება „ველის მაგნიტური ინდუქციისა“, რომელიც აღინიშნება ასო B -თი.

დენიანი გამტარისა და მაგნიტური ველის ურთიერთქმედების ძალის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ მაგნიტური ველის ინდუქციის სიდიდეზე.

დავუშვათ, რომ გამტარი, რომლის დენი უდრის 1 ა, სიგრძე—1 მ, მოათავსეს ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მისი ძალხაზების პერპენდიკულარულად და მასზე ამ ველმა იმოქმედა 1 ნიუტონი ძალით.

ასეთი მაგნიტური ველის ინდუქცია მიღებულია ერთეულად და მას ეწოდება 1 $\frac{\text{ვებერი}}{\text{გ}^2}$.

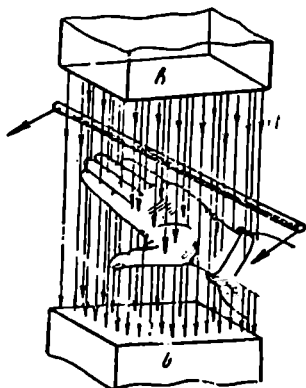
მაშინ დენიანი სწორხაზოვანი გამტარის ურთიერთქმედება მაგნიტურ ველთან შეიძლება გამოისახოს ფორმულით:

$$F = B \cdot I \cdot l,$$

სადაც B არის მაგნიტური ველის ინდუქცია $\frac{\text{ვებერი}}{\text{გ}^2}$ -ში;

l —დენი გამტარში ა-ში;

l —გამტარის მუშა სიგრძე მ-ში.



ნახ. 69. მარცხენა ხელის წესი.

¹ გამტარის მუშა სიგრძე—იმ ნაწილის სიგრძეა, რომელზეც უშუალოდ მოქმედებს მაგნიტური ველი.

აღნიშნული ფორმულა სამართლიანია მხოლოდ მაშინ, თუ გამტარი პერპენდიკულარულად არის მოთავსებული თანაბარი მაგნიტური ველის ძალხაზების მიმართ.

ამგვარად, მაგნიტური ინდუქცია B არის მაგნიტური ველის თვისობრივი მაჩვენებელი, რომლის შესახებ ჩვენ ვმსჯელობთ იმის მიხედვით, თუ როგორ მოქმედებს ეს ველი დენიან გამტარზე.

მაგნიტური ინდუქციის გასაზომად ერთეულების პრაქტიკული სისტემის მ. კ. ს. ა-ს შესაბამის „ვებერი კვადრატულ მეტრზე“ ერთეულის გარდა, სარგებლობენ კიდევ სხვა ერთეულით — გაუსით, რომელიც პირველზე 10 000-ჯერ უფრო მცირეა.

$$\text{მაშასადამე, } 1 \text{ გაუსი} = -\frac{1}{10\,000} \cdot \frac{\text{ვებერი}}{\text{მ}^2} \text{ და } 1 \frac{\text{ვებერი}}{\text{მ}^2} = 10\,000 \text{ გაუსი.}$$

ინდუქციის ერთეული გაუსი შეესაბამება ერთეულების აბსოლუტურ ელექტრომაგნიტურ სისტემას — მ. გ. ს. სი.

მაგალითი. გამოვთვალოთ ველის მაგნიტური ინდუქცია, თუ შიგ მოთავსებული გამტარი დენით $I=20$ ა და მუშა სიგრძით $l=0,25$ მ განიხიდება მაგნიტური ველიდან $F=4,5$ ნიუტონი (459 გ) ძალით.

ამოხსნა.

$$B = \frac{F}{I \cdot l} = \frac{4,5}{20 \cdot 0,25} = 0,9 \frac{\text{ვებ}}{\text{მ}^2} \text{ ან } 90000 \text{ გაუსი.}$$

მაგალითი. გამოვთვალოთ, რა ძალით განიხიდება დენიანი მავთული მაგნიტური ველიდან, თუ ამ ველის მაგნიტური ინდუქცია $B=0,8 \frac{\text{ვებ}}{\text{მ}^2}$, გამტარის მუშა სიგრძე $l=0,3$ მ და მასში გამავალი დენი $I=75$ ა.

ამოხსნა. $F=B \cdot I \cdot l=0,8 \cdot 75 \cdot 0,3=17,6$ ნიუტონი. ვინაიდან 1 ნიუტონი $=0,102$ კგ ძალას, ამიტომ

$$F=17,6 \cdot 0,102=1,795 \text{ კგ, ანუ } 1795,2 \text{ გ.}$$

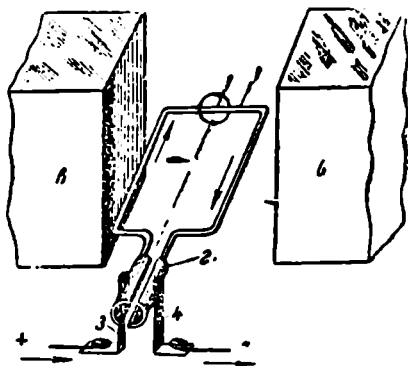
ელექტროძრავის მუშაობის პრინციპი. დენიანი გამტარის მაგნიტური ველიდან განხიდეის მოვლენაზე დამყარებული ელექტროძრავის მოქმედება, რომლის გამომგონებლები და პირველი კონსტრუქტორები იყვნენ ჩვენი თანამემამულენი — აკადემიკოსი ბ. ს. იაკობი და პ. ნ. იაბლოჩკოვი.

ნახ. 70-ზე სქემატურად არის ნაჩვენები ელექტროძრავის მოწყობილობა, ხოლო ნახ. 71-ზე მისი საერთო ხედი. მაგნიტის უძრავ პოლუსებს შორის ღერძზე მოათავსებენ მავთულის გრაგნილს (1). მის ბოლოებს მიარჩილად კოლექტორის ერთმანეთისაგან იზოლირებულ სპილენძის ნახევარგოლებზე (2).

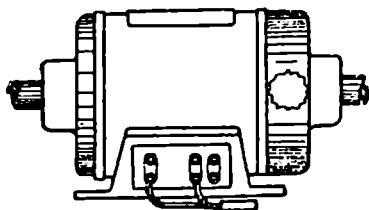
ამ ნახევარგოლებზე დააბჯენენ ჯაგრისებს (3 და 4), რომლებზეც მიაერთებენ მუდმივი დენის წყაროს სადენებს.

დენის წყაროს დადებითი პოლუსიდან უარყოფით პოლუსამდე დენი გაივლის ჯაგრისს (3), კოლექტორის ნახევარგოლებსა და ჯაგრისს (4).

ძრავის გრაგნილში გამავალი დენი ქმნის მაგნიტურ ველს, რომელიც ურთიერთქმედებს მაგნიტის მაგნიტურ ველთან და მოძრავ ხეიას (გრაგნილს) აიძულებს შებრუნდეს საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. გრაგნილის შებრუნებისას კოლექტორის ფირფიტები გადაადგილდება უძრავი ჯაგრისების მიმართ. ამასთანავე, გრაგნილში შეიცვლება დენის მიმართულება და მოხდება ძრავის ლილვის შემდეგი შებრუნება. ხეიას ასეთ ბრუნვას ადგილი ექნება მანამდე, სანამ არ გამოერთავენ დენის წყაროს. ელექტროძრავი ელექტროენერგიას გარდაქმნის მექანიკურ მუშაობად და გამოიყენება სხვადასხვა ჩარხების, მანქანებისა და მექანიზმების დასაბრუნებლად.



ნახ. 70. ელექტროძრავის მოწყობილობის სქემა.



ნახ. 71. ელექტროძრავის საერთო ხედი.

მაგნიტურ ველს რაოდენობის მხრივ შეაფასებს მეორე ფიზიკური სიდიდე—მაგნიტური ნაკადი Φ .

ძალხაზების პერპენდიკულარულ S ფართობში გამავალი მაგნიტური ნაკადის ქვეშ გულისხმობენ მაგნიტური ველის B ინდუქციისა და აღნიშნული S ფართობის ნამრავლს, ე. ი.

$$\Phi = B \cdot S.$$

§ 6. მაგნიტური ნაკადი

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მაგნიტურ ველს ფიზიკური საზომი ახასიათებს მისი ინდუქცია B .

თუ ერთი კვადრატული მეტრი ფართობის ფარგლებში ინდუქცია უდრის ერთ ვებერს კვადრატულ მეტრზე, მაშინ ამ ფართობში გამავალი Φ ნაკადი უდრის ერთ ვებერს.

მაგნიტური ველის ინდუქციასა და მაგნიტურ ნაკადს შორის თანაფარდობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ უფრო თვალსაჩინოდ, თუ შევთანხმდებით, რომ მაგნიტური ნაკადი გრაფიკულად გამოისახოს მაგნიტური ძალხაზების საერთო რაოდენობით.

მაშინ მაგნიტური ველის ინდუქცია, რომელიც უდრის ნაკადისა და მისდამი პერპენდიკულარული ფართობის განაყოფს $B = \frac{\Phi}{S}$, გრაფიკულად წარმოგვიდგება მაგნიტური ძალხაზების სიხ-

შირით, ე. ი. იმით, თუ ძალხაზების რა რაოდენობა მოდის ფართობის ერთეულზე.

მაგნიტური ნაკადის გასაზომად, ერთეულების პრაქტიკული სისტემის შესაბამის ვებერის ერთეულს გარდა, სარგებლობენ აგრეთვე ნაკადის აბსოლუტური ერთეულით—მაქსველით, რომელიც 100 მილიონჯერ ნაკლებია ვებერზე.

თუ მაგნიტური ველის ინდუქციას გამოვსახავთ გაუსებში, ხოლო ნაკადს მაქსველებში, მაშინ ნაკადის და ინდუქციის დამაკავშირებელი ფართობი ფორმულაში უნდა გამოისახოს კვადრატულ სანტიმეტრებში და არა კვადრატულ მეტრებში.

მაგალითი. გამოვთვალოთ ელექტრომაგნიტის გულას მაგნიტური ნაკადის სიდიდე. თუ მაგნიტური ინდუქცია $B = 0,05 \frac{\text{ვებ}}{\text{მ}^2}$, ხოლო განიკვეთის ფართი

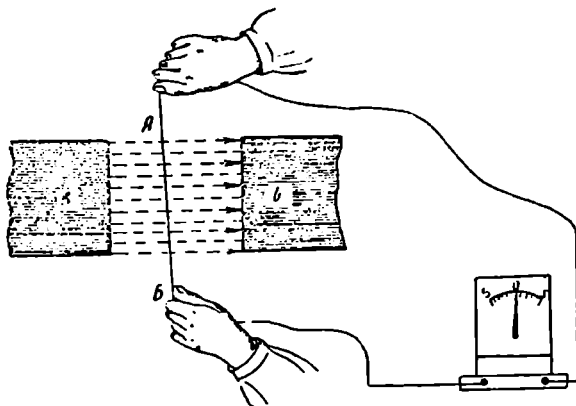
$$S = 0,3 \text{ მ}^2.$$

ამოიღებ. $\Phi = B \cdot S = 0,05 \frac{\text{ვებ}}{\text{მ}^2} \cdot 0,3 \text{ მ}^2 = 0,015 \text{ ვებ}$. ეს იმას ნიშნავს, რომ მოცემულ ფართობში გაივლის 1 500 000 მაგნიტური ძალხაზი.

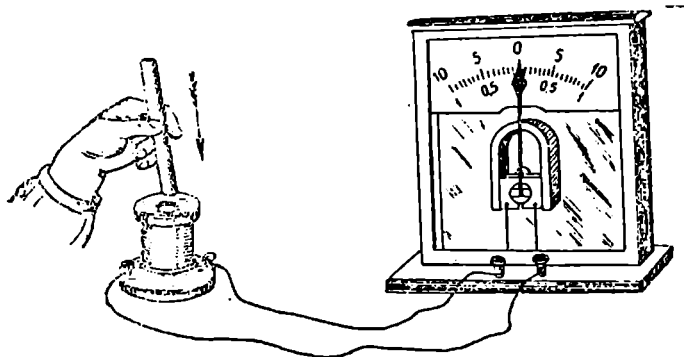
§ 7. ელემენტარული მაგნიტური ინდუქცია. გენერატორის მომუშაების პრინციპი

ზემოთ ნათქვამი იყო, რომ ელექტრული და მაგნიტური მოვლენები მჭიდროდ არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან. ამას ადასტურებს აგრეთვე ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა. იგი იმაში მდგომარეობს, რომ გამტარის (ხეიას) მაგნიტურ ველში მოძრაობისას ან მის გარშემო მაგნიტური ნაკადის ცვლილებისას მასში აღიძვრება ინდუქციის ელექტრომომძრავებელი ძალა (ე. მ. ძ.).

შეკრულ გამტარში აღძრული ე. მ. ძ.-ის ზეგავლენით წარმოიქმნება ელექტრული დენი, რომელსაც ეწოდება ინდუქციის დენი. ზემოაღნიშნულში დაგვარწმუნებს შემდეგი ცდა:



ნახ. 72. გამტარის მიერ მაგნიტური ძალაზღვების გადაკვეთისას მასში აღიძვრება ინდუქციის ე. მ. ძ.

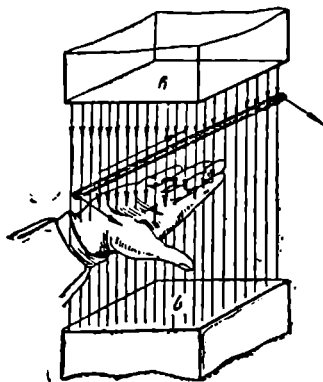


ნახ. 73. კოქაში მაგნიტის გადაადგილებისას მასში აღიძვრება ინდუქციის ე. მ. ძ.

თუ მაგნიტის (ნახ. 72) პოლუსებს შორის გადავაადგილებთ AB გამტარს, რომელიც გადაკვეთს მაგნიტურ ძალაზღვებს, მაშინ ამ გამტარზე მიერთებული ხელსაწყოს ისარი გადაიხრება. თუ გამტარს უძრავად გავაჩერებთ მაგნიტურ პოლუსებს შორის, ან გადავაადგილებთ მას მაგნიტური ძალაზღვების გასწვრივ, მაშინ ამ

გამტარში ე. მ. ძ. არ აღიძვრება და ხელსაწყოს ისარი არ გადაიხრება. ამ ცდიდან დავასკვნით, რომ გამტარის მიერ მაგნიტური ძალხაზების გადაკვეთისას მასში აღიძვრება ინდუქციის ე. მ. ძ.

ინდუქციის ე. მ. ძ. გამტარში წარმოიქმნება იმ შემთხვევაშიაც, თუ გამტარის მიმართ გადავადგილებთ მაგნიტს, ანდა მის გარშემო შევცვლით მაგნიტურ ველს. ამაში დავგარწმუნებთ შემდეგ ცდა.



ნახ. 74. მარჯვენა ხელის წესი.

მავეთ ულის კოქაში, რომელზეც მიერთებულია გალვანომეტრი, მოვათავსოთ მაგნიტი. თუ კოქიდან სწრაფად ამოვიღებთ მაგნიტს, მაშინ ხელსაწყოს ისარი გადაიხრება და შემდეგ ისევ მიიღებს საწყის მდგომარეობას. შემდეგ თუ ისევ სწრაფად ჩავუშვებთ მაგნიტს კოქაში (ნახ. 73), მაშინ ხელსაწყოს ისარი კვლავ გადაიხრება, მაგრამ საწინააღმდეგო მიმართულებით. გამტარში აღძრული ინდუქციის ე. მ. ძ-ის

მიმართულების განსაზღვრისათვის იყენებენ მარჯვენა ხელის წესს (ნახ. 74), რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: თუ მარჯვენა ხელს მოვათავსებთ ისე, რომ მაგნიტური ძალხაზები შედიოდეს ხელის გულში, ხოლო განზე გაშვებული ცერი ემთხვეოდეს გამტარის მოძრაობის მიმართულებას, მაშინ გასწორებული ოთხი თითი უჩვენებს ინდუქციის ე. მ. ძ-ის მიმართულებას.

ინდუქციის ე. მ. ძ. სიდიდე, რომელიც წარმოიქმნება გამტარში მის მიერ მაგნიტური ძალხაზების გადაკვეთისას, დამოკიდებულია მაგნიტურ ინდუქცია B ზე, გამტარის მუშა სიგრძე l ზე და გამტარის მიერ მაგნიტური ძალხაზების გადაკვეთის სიჩქარეზე.

ეს დამოკიდებულება შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი ფორმულით¹:

$$E = B \cdot l \cdot v,$$

¹ ეს ფორმულა მართებულია იმ შემთხვევისათვის, როცა გამტარი მაგნიტურ ძალხაზებს გადაკვეთს 90° კუთხით.

სადაც E არის ინდუქციის ე. მ. დ. ვ-ში;

B —მაგნიტური ინდუქცია $\frac{\text{ვებერი}}{\text{მ}^2}$ - ში;

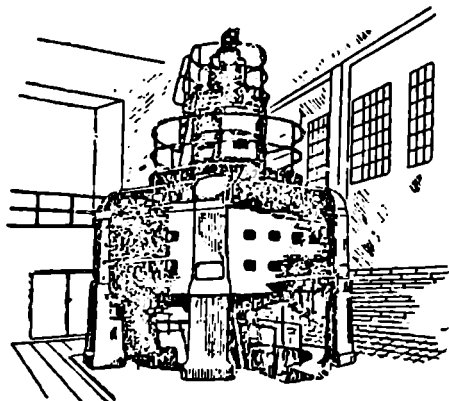
l —გამტარის სიგრძე მ-ში;

v —გამტარის მიერ მაგნიტური ძალებების გადაკვეთის სიჩქარე მ/წმ-ში.

ასე, მაგალითად,
თუ მაგნიტური ინ-
დუქციის $B=2 \frac{\text{ვებერი}}{\text{მ}^2}$

დროს გამტარი, რომ-
ლის მუშა სიგრძე
 $l=24$ მ, მაგნიტური
ველის მაგნიტურ ძა-
ლებს გადაკვეთს 90°
კუთხით $0,25$ მეტრი
წამში სიჩქარით, მა-
შინ მასში აღძრული
ინდუქციის ე. მ. დ.-ის
სიდიდე

$$E = B \cdot l \cdot v = \\ = 2 \cdot 24 \cdot 0,25 = 12 \text{ ვ.}$$



ნახ. 75. თანამედროვე მძლავრი გენერატორი —
ელექტროენერგიის წყარო.

ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენის აღმოჩენამ შესაძ-
ლებელი გახადა მთელი რიგი ელექტრული მანქანებისა და ხელსა-
წყობების აგება, რომელთა მოქმედება დამყარებულია ამ მოვლენის
გამოყენებაზე.

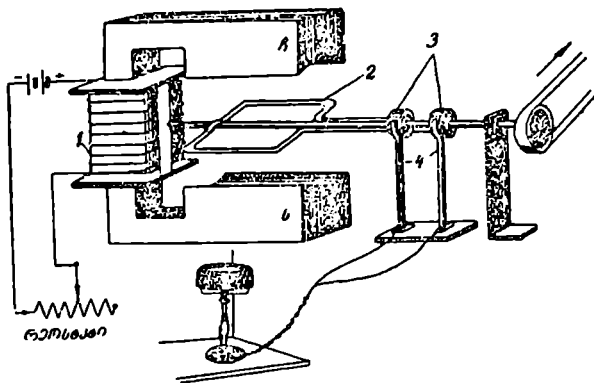
ერთ-ერთი ასეთი მანქანა არის გენერატორი, რომელიც ყვე-
ლაზე უფრო გავრცელებული ელექტრული ენერგიის წყაროა
(ნახ. 75).

გენერატორის მოქმედების პრინციპი. ნახ. 76-ზე გენერატორის
მოწყობილობა ნაჩვენებია სქემატურად.

გენერატორის უძრავ ნაწილზე დამაგრებული ელექტრომაგნი-
ტის (1) პოლუსებს შორის მოთავსებულია ღერძი.

ღერძზე დამაგრებულია ჩარჩოს სახით წარმოდგენილი იზოლი-
რებული მავთულის გრაგნილი (2); მისი ბოლოები მიჩაჩილულია
ერთიმეორისაგან და აგრეთვე ღერძისაგან იზოლირებულ სპილენ-
ძის რგოლებზე (3).

რგოლებზე მქიდროდა დაბჯენილი ნახშირის ჯაგრისები (4), ხოლო ამ უკანასკნელებზე მიერთებულია ელექტრული ენერგიის მომხმარებელი. მაგნიტურ ველში გრაგნილის ბრუნვისას მისი ზეიები გადაკვეთენ ელექტრომაგნიტის მიერ წარმოქმნილ მაგნიტურ ძალხაზებს. ამის შედეგად მასში აღიძვრება ინდუქციის ე. მ. ძ., ხოლო გენერატორის გრაგნილის წრედში—ელექტრული დენი. ეს დენი ცვლადი დენია და იგი მომხმარებელთან აღწევს რგოლებსა და ჯაგრისებზე გავლით.



ნახ. 76. გენერატორის მოწყობილობის სქემა.

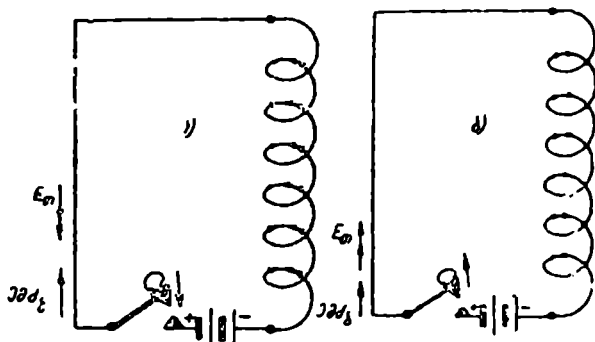
გენერატორის მიერ გამომუშავებული ე. მ. ძ.-ის სიდიდის რეგულირება შეიძლება ვაწარმოოთ როგორც ელექტრომაგნიტის მიერ წარმოქმნილი მაგნიტური ძალხაზების სიდიდის შეცვლის გზით, ისე ბრუნვის სიჩქარის შეცვლის გზითაც, თუმცა უკანასკნელი ხერხით ჩვეულებრივ არ სარგებლობენ. გენერატორის ელექტრომაგნიტის გრაგნილის წრედში ჩართული რეოსტატის წინააღმდეგობის შემცირებით გადიდდება დენი და მის მიერ წარმოქმნილი მაგნიტური ნაკადი და, მაშასადამე, გადიდდება გენერატორის მიერ გამომუშავებული ელექტრომამოძრავებელი ძალაც.

§ 8. თვითინდუქცია, გრიგალისებრი დენები, ურთიმართინდუქცია

ელექტრულ და მაგნიტურ მოვლენებს შორის არსებული მჭიდრო კავშირის დამადასტურებელია აგრეთვე თვითინდუქციის მოვლენაც. თუ კოქას (გამტარის) ელექტრულ წრედს ჩავრთავთ და განვრთავთ, მაშინ წრედის ჩართვისას კოქას გარშემო წარმოიქმ-

ნება მაგნიტური ძალხაზები, ხოლო წრედის განრთვისას ისინი გაქრება. ამ ცვლადი მაგნიტური ველის მაგნიტური ძალხაზები, გადაკეთენ რა გამტარს ან კოქას „საკუთარ“ ხვებზე, მათში აღძრავენ თვითინდუქციის ე. მ. ძ.-ს.

თვითინდუქციის ე. მ. ძ. გამტარში ან კოქაში აღიძვრება „საკუთარი“ მაგნიტური ველის ყოველგვარი ცვლილების შედეგად. გამტარის ან მავთულისაგან დახვეული კოქას უნარს აღძრას თავის თავში თვითინდუქციის ე. მ. ძ., ეწოდება ინდუქტიობა.



ნახ. 77. „საკუთარი“ მაგნიტური ძალხაზებით ხვების გადაკეთის შედეგად კოქაში აღიძვრება თვითინდუქციის ე. მ. ძ.:
ა - წრედის ჩართვის მომენტში; ბ - წრედის განრთვის მომენტში.

ინდუქტიობა აღინიშნება ასო L -ით და იზომება ჰენრებში. თუ გამტარში დენის თანაბარი, ერთი ამპერით წამში ცვლილებისას აღიძვრება ერთი ვოლტის ტოლი თვითინდუქციის ე. მ. ძ., მაშინ ასეთი გამტარის ინდუქტიობა უდრის ერთ ჰენრს. ინდუქტიობის უფრო მცირე საზომ ერთეულს ეწოდება მილიჰენრი. 1 ჰენრი შეიცავს 1000 მილიჰენრს; 1 მილიჰენრი $= \frac{1}{1000}$ ჰენრი.

ინდუქტიობის გასაზომად იყენებენ აგრეთვე ერთეულს, ე. წ. მიკროჰენრს, რომელიც ჰენრზე მილიონჯერ მცირეა.

1 ჰენრი $= 1\,000\,000$ მიკროჰენრი;

1 მილიჰენრი $= 1000$ მიკროჰენრი.

კოქას L ინდუქტიობა იზრდება მისი r კვეთის, w^2 ხვების რიცხვისა და გულის მაგნიტური შეღწევადობის გადიდების შედეგად.

გად, ხოლო კოქას I სიგრძის გადიდების გამო იგი მცირდება. მაგალითად, კოქას ხეიბის რიცხვის 4-ჯერ გადიდების შედეგად მისი ინდუქტიობა 16-ჯერ გაიზარდება.

ფოლადის გულას მქონე კოქას მნიშვნელოვნად მეტი ინდუქტიობა აქვს, ვიდრე კოქას, რომელსაც არა აქვს ასეთი გულა. ეს აიხსნება იმით, რომ ღენიან კოქაში ფოლადის გულას შეტანისას წარმოებს გულას დამაგნიტება და კოქას ხეიბის გადამკვეთი მაგნიტური ნაკადის მნიშვნელოვნად გადიდება და, მაშასადამე, მისი ინდუქტიობის გადიდებაც.

მაგალითად, თუ გულას არამქონე მავთულის კოქას აქვს რაღაც ინდუქტიობა, მაშინ იგივე კოქას, თუ მასში მოვათავსებთ ფოლადის გულას, ექნება ბევრჯერ მეტი ინდუქტიობა. კოქას ინდუქტიობის ზრდა იმით აიხსნება, რომ მოცემული ფოლადის გულას მაგნიტური შეღწევადობა გაცილებით მეტია, ვიდრე ჰაერის მაგნიტური შეღწევადობა.

კოქაში აღძრული თვითინდუქციის ე. მ. დ. სიდიდე დამოკიდებულია კოქას ინდუქტიობაზე და მასში ღენის ცვლილების სიჩქარეზე.

თუ წრედში, რომლის ინდუქტიობა არის L , ღენი I წამი დროის განმავლობაში იცვლება ΔI სიდიდით, მაშინ ასეთ წრედში თვითინდუქციის ე. მ. დ.

$$E_{\text{თ}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

ამ ფორმულაში მინუს ნიშანი იმის მაჩვენებელია, რომ თვითინდუქციის ე. მ. დ. ეწინააღმდეგება მის წარმომშობ მიზეზს.

ცნობილმა რუსმა სწაველულმა აკადემიკოსმა ე. ხ. ლენცმა დამტკიცა, რომ ინდუქციის ე. მ. დ. და მათ შორის თვითინდუქციის ელექტრომაგნიტური ძალაც ყოველთვის ისეა მიმართული, რომ იგი ეწინააღმდეგება მის წარმომშობ მიზეზს. ამ განსაზღვრას ეწოდება ლენცის წესი.

თუ წრედის ჩართვისას ბატარეის ე. მ. დ. მიმართულია ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 77, ა-ზე, მაშინ თვითინდუქციის ე. მ. დ. ამ მომენტში, ლენცის წესის თანახმად, ეწინააღმდეგება რა ღენის ზრდას, როგორც მის წარმომქმნელ მიზეზს, ექნება მისი საწინააღმდეგო მიმართულება (ნახაზზე ნაჩვენებია ორმაგი ისრით). წრედის განრთვის მომენტში (ნახ. 77, ბ), პირიქით, თვითინდუქციის ე. მ. დ. $E_{\text{თ}}$, ეწინააღმდეგება რა წრედში ღენის შემცირებას, ემთხვევა ბატარეის ე. მ. დ.-ის მიმართულებას.

ამრიგად, ინდუქტიობის მქონე წრედის ჩართვისას საერთო ე. მ. ძ. მცირდება აღძრული თვითინდუქციის ე. მ. ძ.-ის სიდიდით.

აღენიშნოთ დენის წყაროს ძაბვა U -თი, თვითინდუქციის ე. მ. ძ.-ის სიდიდე $E_{\text{თ}}$ -თი, ხოლო საერთო ე. მ. ძ. E_0 -ით, მივიღებთ, რომ წრედის ჩართვისას

$$E_0 = U - E_{\text{თ}}.$$

წრედის განრთვის მომენტში საერთო ე. მ. ძ. იზრდება. ელექტრულ წრედებში ინდუქციის ელექტრომაგნიტურ ძალებს შეუძლია რამდენჯერმე გადააქარბოს დენის წყაროს ძაბვას ინდუქციის ე. მ. ძ.-ის სიდიდით

$$E_0 = U + E_{\text{თ}}.$$

ამასთან დაკავშირებით ინდუქტიობის მქონე ელექტრული წრედების განრთვისას აღგილი აქვს წრედის განმრთველი დენკვებებისა და ამომრთველების კონტაქტებს შორის საპაერო შუალედების გარღვევას (გადაფარვას) და ნაპერწყლის ან რკალის წარმოქმნას, რაც იწვევს კონტაქტების შემოწვასა და ნაწილობრივ შექონლობას.

გრიგალისებრი დენები. თუ ლითონის ძელაკს (მასიურ გამტარს) მოვათავსებთ ცვლად მაგნიტურ ველში, მაშინ იგი გადაიკვეთება მაგნიტური ძალებების შიერ და მასში აღიძვრის ინდუქტირებული ელექტრული დენები, რომლებსაც გრიგალისებრი დენები ეწოდება. იმის გამო, რომ მასიურ გამტარს მცირე წინააღმდეგობა აქვს, მასში წარმოიქმნება დიდი დენი, რომელიც მას ათბობს და, ამგვარად, იწვევს ენერგიის დანაკარგებს გათბობაზე.

ზოგიერთ ელექტრულ დანადგარში გრიგალისებრი დენები არასასურველია და მათი შემცირების მიზნით აღიღებენ იმ გამტარების წინააღმდეგობას, რომლებშიც ეს დენები წარმოიქმნება. მასიური გულების დაშლადება, მათში გრიგალისებრი დენების შემცირების მიზნით, წარმოებს 0,35—0,5 მმ სისქის მქონე ფურცლოვანი ფოლადისაგან. ასეთი გულას ცალკეული ფურცლების ერთმანეთისაგან იზოლირებას ახდენენ სანდალოზით ან თხელი ქაღალდით.

მაგრამ ზოგჯერ დანადგარებში გრიგალისებრი დენების არსებობა სასურველია.

ვატმეტრი. ელექტრული ენერგიის მრიცხველი. დენის სიმძლავრის გასაზომი ხელსაწყო—ვატმეტრისა და ელექტრული ენერგიის აღრიცხვის ხელსაწყო—მრიცხველის მოქმედება დამყარებულია გრიგალისებრი დენების გამოყენებაზე. ინდუქტიური

ვატმეტრის (ნახ. 78, ა) ძირითადი შემადგენელი ნაწილებია: ორი გულასაგან შემდგარი მაგნიტური სისტემა (1), ალუმინის დისკო (2), დისკოს ლერძი (3), ისარი (4), საბალანსო ტვირთები (5), უკუქმედების ზამბარა (6) და სკალა (7).

სამღეროვან (III-სებრ) გულაზე მოთავსებულია წვრილი მავთულის მრავალხევიანი გრაგნილი, რომელიც წრედში პარალელურად ჩაირთვება, ხოლო ორღეროიან (II-სებრ) გულაზე—მსხვილ-მავთულიანი გრაგნილი, რომელიც წრედში მიმდევრობით ჩაირთვება. ვატმეტრის ელექტრომაგნიტების გრაგნილებში ცვლადი დენის გავლისას წარმოიქმნება მაგნიტური ნაკადი, რომელიც განქვალავს დისკოს და მასში დაინდუქტივდება გრიგალისებრი დენები. გრაგნილების მაგნიტური ნაკადებისა და დისკოში წარმოქმნილი გრიგალისებრი დენების ურთიერთქმედება წარმოშობს მბრუნავ მომენტს და ვატმეტრის დისკო ლერძითა და ისრით შემობრუნდება გასაზომი სიმძლავრის პროპორციული რაღაც კუთხით. სიმძლავრის სიდიდეზე მსჯელობენ იმის მიხედვით, თუ რა კუთხით გადაიხრება ისარი სკალაზე.

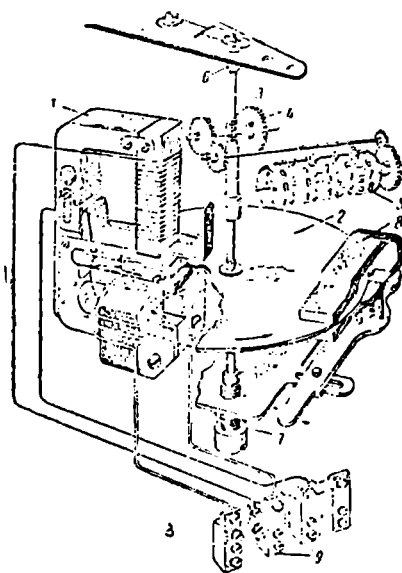
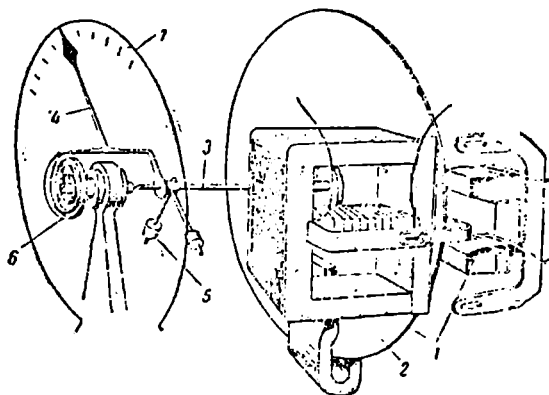
ცვლადი დენის ენერგიის გასაზომად იყენებენ ელექტრულ მრიცხველს.

ელექტრული ენერგიის ინდუქციური მრიცხველის (ნახ. 78, ბ) ძირითადი ნაწილებია: გრაგნილებიანი მაგნიტური სისტემა (1), ალუმინის დისკო (2), ლერძი (3) გადამცემი კბილანებით (4), საანგარიშო მექანიზმი (5), ლერძის საკისარი (6), ლერძის საქუსლე (7), სამუხრუჭო მაგნიტი (8) და მომჭერები (9).

მრიცხველის ერთი გრაგნილი წრედში ჩაირთვება მიმდევრობით, ხოლო მეორე—პარალელურად. თვითეულ გრაგნილში გამავალი ცვლადი დენი ქმნის მაგნიტურ ნაკადს. ეს ნაკადები, ისევე როგორც დენი, ყოველი წამის განმავლობაში მრავალჯერ იცვლის თავის მიმართულებასა და სიდიდეს და განქვალავს რა მრიცხველის ალუმინის დისკოს, დაინდუქტივებს მასში გრიგალისებრ დენებს.

მაგნიტური ნაკადებისა და დისკოში ინდუქტირებული გრიგალისებრი დენების ურთიერთქმედებას დისკო ბრუნვით მოძრაობაში მოჰყავს. ამასთანავე, ბრუნავს ლერძი, რომელიც გადამცემი კბილანების საშუალებით მოძრაობას გადასცემს მრიცხველის საანგარიშო მექანიზმს. მარჯვნიდან პირველი ციფრებიანი დისკოს ერთი შემობრუნებისას მეორე შემობრუნდება ერთი დანაყოფით (ერთი ციფრით). მეორე დისკოს ერთი შემობრუნებისას მესამე

შემობრუნდება ისევ ერთი დანაყოფით. მაშასადამე, იმისათვის, რომ მარცხენა კიდურა დისკო გადაადგილდეს ერთი დანაყოფით, საჭიროა მარჯვენა კიდურა დისკო 1000-ჯერ შემობრუნდეს.



ნახ. 78. ა—ვატმეტრის და ბ—ელექტრული ენერგიის მრიცხველის მოწყობილობის სქემები.

მრიცხველის მუშაობის შედეგად ჩვენ შეგვიძლია დროის ნებისმიერ მომენტში გავიგოთ წრედში დახარჯული ენერგიის რაოდენობა მისი ჩართვის მომენტიდან. გრიგალისებრი დენებისა და მაგნიტური ნაკადების ურთიერთქმედების ძალა პროპორციულია I დენისა და U ძაბვის ნამრავლის, ე. ი. პროპორციულია P სიმძლავრის. თუ ამ სიმძლავრეს გავამრავლებთ იმ t დროზე, რომლის განმავლობაში ბრუნავდა მრიცხველის დისკო, მაშინ მივიღებთ ამ მრიცხველის მიერ გაზომილი ენერგიის სიდიდეს.

ჩვეულებრივად მრიცხველზე აღინიშნება თუ რა ძაბვაზე, დენზე და სიხშირეზეა ის გათვლილი და რა ერთეულებში ზომავს იგი მუშაობას (კილოვატ-საათებში თუ ჰექტოვატ-საათებში).

მრიცხველის დისკო ბრუნვისას გაივლის ნალისებრი სამუხრუქო მაგნიტის (8) პოლუსებს შორის სივრცეს და გადაკვეთს ამ მაგნიტის მაგნიტურ ძალხაზებს. ამის გამო დისკოში წარმოიქმნება გრიგალისებრი დენები. ამ დენების მიერ აღძრული მაგნიტური ველი მიმართულია სამუხრუქო მაგნიტის საწინააღმდეგოდ, რის შედეგადაც დისკო მუხრუქდება.

მრიცხველის გრაგნილში გამავალი დენის გამორთვისას ეს დამუხრუქება გამოიწვევს დისკოს სწრაფ გაჩერებას და, მაშასადამე, მრიცხველის მთვლელი მექანიზმის გაჩერებასაც, რომელიც დამუხრუქების უქონლობისას ინერციის გამო განაგრძობდა ბრუნვას და, ამგვარად, მრიცხველს აიძულებდა ეძლია არასწორი ჩვენებები.

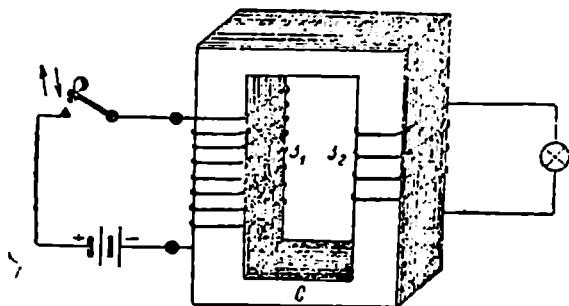
ურთიერთინდუქცია. თუ k_1 და k_2 კოქები (ნახ. 79) იმყოფება ერთმანეთისაგან რაღაც მანძილზე და ერთ-ერთ მათგანში გადის ცვალებადი დენი, მაშინ დენის მიერ წარმოქმნილი მაგნიტური ველი განქველავს (გადაკვეთს) მეორე k_2 კოქას ხვიებს და მასში აღძრავს ელექტრომამოძრავებელ ძალას, რომელსაც ურთიერთინდუქციის ე. მ. ძ. ეწოდება.

ამ ე. მ. ძ-ისა და მეორე k_2 კოქას ხვიებში გამავალი დენის ზეგავლენით მის (მეორე კოქას) გარშემო წარმოიქმნება მაგნიტური ველი.

იგი განქველავს პირველ k_1 კოქას ხვიებს და მასშიც აგრეთვე აღიძვრება. ე. მ. ძ. ასეთ მოვლენას ურთიერთინდუქტიუობა ეწოდება.

ორი კოქას ურთიერთინდუქტიუობა დამოკიდებულია მათ ზომებზე, კოქების ურთიერთგანლაგებაზე და იზომება ჰენრებში, მილი-ჰენრებსა და მიკროჰენრებში.

ორი წრედის ურთიერთინდუქტიობა უდრის ერთ ჰენრს იმ შემთხვევაში, თუ ერთ-ერთ მათგანში აღიძვრება ერთი ვოლტი ურთიერთინდუქციის ე. მ. დ. მეორე წრედში დენის თანაბარი ცვლილებისას, წამში ერთი ამპერის სიჩქარით.



ნახ. 79. ურთიერთინდუქციის ე. მ. დ.-ის მიღება.

ორი წრედის ურთიერთინდუქტიობა შეიძლება გამოვთვალოთ შემდეგი ფორმულით:

$$M = k \sqrt{L_1 \cdot L_2},$$

სადაც M არის ურთიერთინდუქტიობა ჰენრებში;

L_1 და L_2 —წრედების ინდუქტიობა ჰენრებში;

k —კავშირის კოეფიციენტი.

ვინაიდან ყოველთვის ერთი წრედის მაგნიტური ძალბაზების ნაწილი გაიფანტება და არ განჰველავს მეორე წრედის ხეიბს, ამიტომ კავშირის კოეფიციენტი ყოველთვის ნაკლებია ერთზე.

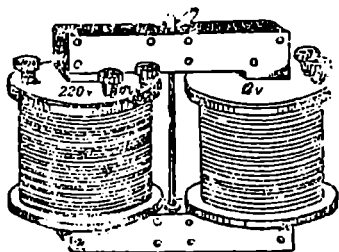
კავშირის კოეფიციენტი არის რიცხვი, რომელიც გვიჩვენებს, თუ ერთი წრედის მაგნიტური ნაკადის რა ნაწილი განჰველავს მეორე წრედის ხეიბს.

ურთიერთინდუქციის მოვლენაზე არის დამყარებული ტრანსფორმატორის (ნახ. 80) მოქმედება.

ტრანსფორმატორს აქვს ფოლადის გულა, რომელიც გრიგალი-სებრი დენების შემცირების მიზნით შეკრებილია ფოლადის ცალკეული ფურცლებისაგან, და w_1 და w_2 ხეიბების რიცხვის მქონე ორი გრაგნილი. ერთ გრაგნილზე— w_1 -ზე მიაერთებენ ცვლადი დენის წყაროს, ხოლო მეორეზე—ელექტრული ენერგიის მომხმარებელს.

ტრანსფორმატორის w_1 გრაგნილში ცვლადი დენის გავლისას გულაში წარმოიქმნება ცვალებადი მაგნიტური ნაკადი, რომელიც w_2 გრაგნილში დააინდუქტივებს ურთიერთინდუქციის ე. მ. ძ.-ს.

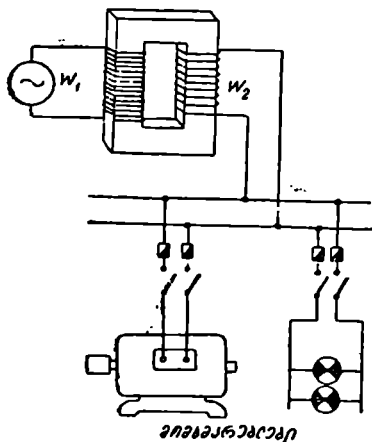
თუ w_2 გრაგნილის ხვეების რიცხვი აღემატება w_1 გრაგნილის ხვიათა რიცხვს, მაშინ ტრანსფორმატორი აღიღებს ძაბვას; ტრანსფორმატორი შეამცირებს ძაბვას, თუ მისი w_2 გრაგნილის ხვეები ნაკლები იქნება w_1 გრაგნილის ხვეებზე.



ტრანსფორმატორის მუშაობას უფრო დაწვრილებით განვიხილავთ მეშვიდე თავში.

ურთიერთინდუქციის მოვლენაზე არის დამყარებული ინდუქციური ლუმელების მუშაობა, რომელსაც იყენებენ ლითონების დნობისათვის და ფოლადის ნაკეთობათა ელექტრული მეთოდებით წრთობისათვის, რომელთა სამრეწველო გამოყენების ფუძემდებელი იყო სსრ კავშირის აკადემიის წევრ - კორესპონდენტი, სტალინური პრემიის ლაურეატი ვოლოგდინი.

ლითონების ინდუქციური გამთბობის უმარტივესი სახე წარმოადგენს რამდენიმე ხვისაგან შემდგარ სპირალს (ნახ. 81), რომელშიც განუ-



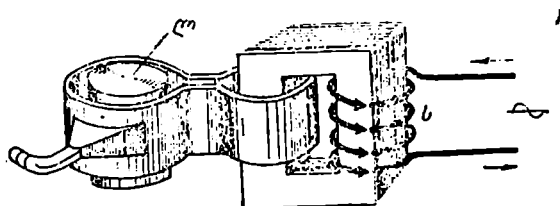
ნახ. 80. ტრანსფორმატორი და მისი ჩართვის პრინციპული სქემა.

წყვეტლივ გადის ცვალებადი მაგნიტური ველის წარმომქმნელი ცვლადი დენი. სპირალთან ახლოს ათავსებენ გასახურებელ ლითონს ლ.

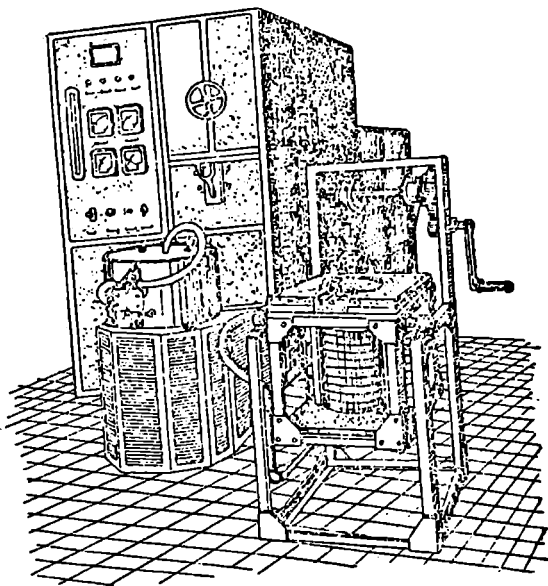
ლითონში აღძრული გრიგალისებრი დენები ახურებს მას და შეუძლია კიდევ გააღნოს იგი.

ამჟამად ქარხნებში მოწყობილია ისეთი ელექტრული დანადგარ-

რები, რომლებსაც შეუძლია აწარმოოს ლითონების დნობა და ფოლადის ნაკეთობათა წრთობა. ნახ. 82-ზე გამოსახულია 30—60 კვტ სიმძლავრის მქონე ასეთი დანადგარი.



ნახ. 81. ინდუქციური გამხურებლის სქემა.



ნახ. 82. დანადგარი დეტალების ელექტრული წრთობისა და ლითონის დნობისათვის 30—60 კვტ სიმძლავრით.

კითხვები განმეორებისათვის

1. როგორ მადანს ეწოდება მაგნიტური მადანი?
2. რას ეწოდება ზელოვნური მაგნიტი?
3. როგორ ურთიერთქმედებენ მაგნიტის პოლუსები?

4. რას ეწოდება მაგნიტური ველი?
5. რა თვისებები აქვს მაგნიტურ ძალსაზებს?
6. რაში მდგომარეობს დენის მაგნიტური მოქმედება?
7. რაში მდგომარეობს ბურღის წესი და როდის გამოიყენება იგი?
8. როგორ მასალებს ეწოდება ფერომაგნიტურები?
9. როგორ მასალებს ეწოდება დიამაგნიტურები?
10. რას ეწოდება ელექტრომაგნიტი?
11. როგორ უნდა განისაზღვროს პოლუსების განლაგება ელექტრომაგნიტზე?
12. სად გამოიყენება ელექტრომაგნიტი?
13. როგორ არის მოწყობილი და როგორ მოქმედებს ელექტრომაგნიტური საზომი ხელსაწყო?
14. როგორ განისაზღვრება მაგნიტური ველიდან დენიანი გამტარის განხიდე-ვის მიმართულება?
15. რა და რა სიდიდეებზეა დამოკიდებული მაგნიტური ველი და დენიანო გამტარის განხიდევა?
16. როგორ არის მოწყობილი და როგორ მოქმედებს ელექტროძრავი?
17. რას ეწოდება მაგნიტური ნაკადი და რა ერთეულებში იზომება იგი?
18. რისგან არის დამოკიდებული ფერომაგნიტური მასალების მაგნიტური შეღწევადობა?
19. რაში მდგომარეობს ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა?
20. რა და რა სიდიდეზეა დამოკიდებული ინდუქციის ე. მ. ძ-ის სიდიდე?
21. როგორ არის მოწყობილი და მუშაობს ცვლადი დენის გენერატორი?
22. რაში მდგომარეობს თვითინდუქციის მოვლენა?
23. რა ერთეულებში იზომება ინდუქტიობა?
24. რაში მდგომარეობს ზრთიერთინდუქციის მოვლენა?
25. როგორ დენებს ეწოდება გრიგალისებრი დენები?
26. როგორ არის მოწყობილი და რისთვის გამოიყენება ტრანსფორმა-ტორი?
27. რისთვის იყენებენ და როგორ არის მოწყობილი ვარმეტრი?
28. რისთვის იყენებენ და როგორ არის მოწყობილი ელექტრული მრიცხ-ველი?
29. როგორ არის მოწყობილი და როგორ მოქმედებს ინდუქციური გამზუ-რებელი?

მართვაზა ცვლადი დენი

§ 1. ცვლადი დენის მიღება

დენს, რომელიც დროის განმავლობაში იცვლის სიდიდეს და მიმართულებას, ეწოდება ცვლადი დენი. ისეთ ცვლად დენს, რომლის მნიშვნელობები დროის თანაბარ შუალედში ერთი და იგივე მიმდევრობით მეორდება, ეწოდება პერიოდული დენი.

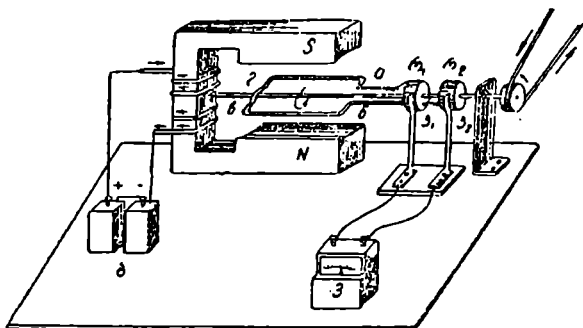
ცვლად დენს მეტად ფართო გამოყენება აქვს. ელექტრულ ენერგიას თითქმის მთლიანად იმუშაებენ ცვლადი დენის სახით, რადგანაც მას აქვს უნარი ერთი ძაბვიდან გარდაიქმნას მეორე სახის ძაბვად, რაც მეტად მნიშვნელოვანია მაღალი ძაბვის ენერგიის დიდ მანძილზე გადაცემისას.

უფრო ადრე, მესამე თავში, ჩვენ დავადგინეთ, რომ მუდმივი დენი წარმოადგენს თავისუფალი ელექტრონების მოწესრიგებულ წინსვლით მოძრაობას. ცვლადი, პერიოდული დენი მაშინ შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც თავისუფალი ელექტრონების რხევითი მოძრაობა, რომლის დროს ისინი არ მიიწევენ რა წინ გამტარში, ე. ი. არ ასრულებენ რა მასში წინსვლით მოძრაობას, მხოლოდ ორგანიზებულად, ყველა ერთად განიცდიან რხევას მათთვის განკუთვნილი მიმართულებით.

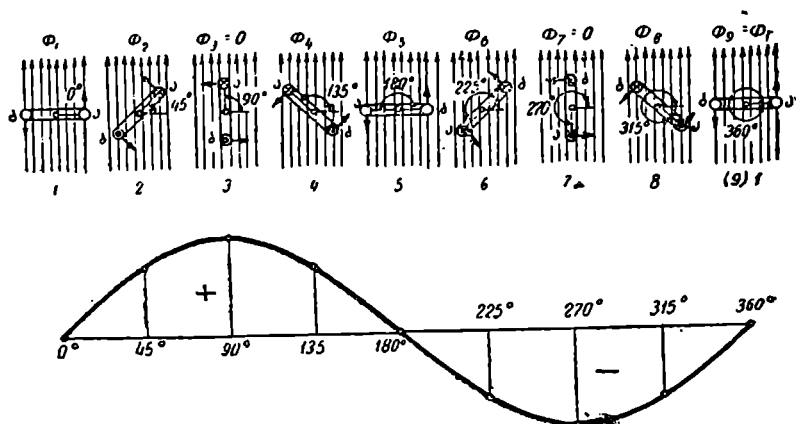
ცხადია, რომ მუდმივი დენის მიღების პირველი პირობის— შეკრული წრედის არსებობის აუცილებლობა მოცემულ შემთხვევაში მოიხსნება, რადგან ელექტრონების რხევითი მოძრაობა განრთულ წრედშიც არის შესაძლებელი. მაშასადამე, ცვლადი, პერიოდული დენის მისაღებად საჭიროა მხოლოდ ერთი პირობა— დენის წრედში არსებობდეს ცვლადი ელექტრომაგნიტური ძალის წყარო, რომელიც წრედში დაამყარებს ცვალებად პოტენციალთა სხვაობას.

განვიხილოთ ცვლადი დენის გენერატორის მუშაობის პრინციპი, რომელიც წარმოქმნის ასეთ ცვლად ე. მ. ძ. და რომელიც სქემატურად წარმოდგენილია ნახ. 83-ზე.

ელექტრომაგნიტი, რომლის გრაგნილი იკვეთება მუდმივი დენის β წყაროდან, პოლუსებს შორის წარმოქმნის ქვემოდან ზემოთ მიმართულ მაგნიტურ ველს. ამ ველში მოთავსებულია სპილენძის მავთულის ხვია $a n B r$. ხვია დამაგრებულია ღერძზე, რომელსაც თანაბარი სიჩქარით აბრუნებს ლედური გადაცემა. ხვიის a და n



ნახ. 83. ცვლადი დენის უმარტივესი გენერატორი.



ნახ. 84. ტალღური დიაგრამა.

ბოლოები მიჩილულია სპილენძის r_1 და r_2 საკონტაქტო რგოლებზე, რომლებიც ხისტად არის დამაგრებული ღერძზე.

ხვიის ბრუნვისას უძრავად დამაგრებული z_1 და z_2 ჯაგარისები სრიალებენ საკონტაქტო რგოლებზე. თუ აღწერილ მოწყობილო-

ბას შეეხებათ საკონტაქტო რგოლების მხრიდან, მაშინ შევნიშნავთ, რომ ან BF ხვია ბრუნავს საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

დავუშვათ, რომ მაგნიტური ველი პოლუსებს შორის თანაბარია. ერთი ნობრუნებისას ხვიის სიბრტყე აღწერს 360° კუთხეს. დავყოთ ეს კუთხე რვა თანაბარ (თვითთული 45°) ნაწილად და განვიხილოთ, თუ როგორ იცვლება ან BF ხვიის განმქვეალავი ნაკადი მისი ბრუნვისას (ნახ. 84). როდესაც ხვიის სიბრტყე მაგნიტური ძალხაზების ნიმართულების პერპენდიკულარულ მდგომარეობაშია, მაშინ ხვიას განქვეალავს უდიდესი მაგნიტური ნაკადი (I) , ხვიის სადენების მოძრაობა ხდება ვერტიკალური მიმართულებით, რომელიც ემთხვევა მაგნიტური ძალხაზების მიმართულებას, მაშასადამე, ან და ნხ გამტარები არ გადაკვეთს მაგნიტურ ძალხაზებს და ხვიის განმქვეალავი მაგნიტური ნაკადი არ იცვლება. ელექტრომაგნიტური ინდუქციის კანონის თანახმად ან BF ხვიაში აღძრული ელექტრომამოძრავებელი ძალა ამ მომენტში იქნება ნულის ტოლი, რომლის ფიქსირებას მოახდენს $\mathcal{E}_1$ და $\mathcal{E}_2$ ჯაგრისებზე მიერთებული ვ ვოლტმეტრი.

ამ მომენტიდან დაწყებული ხვიის ან და ნხ გამტარები, მოძრაობენ რა წრიულად, გადაადგილებისას მაგნიტური ძალხაზების მიმართულებასთან ქმნიან კუთხეს და გადაკვეთენ ამ ძალხაზებს. გადაკვეთილი მაგნიტური ძალხაზები აღმოჩნდებიან ხვიის გარეთ და, მაშასადამე, მისი განმქვეალავი მაგნიტური ნაკადი მცირდება. ვინაიდან ხვიის განმქვეალავი მაგნიტური ნაკადი იცვლება, ამიტომ ელექტრომაგნიტური ინდუქციის კანონის თანახმად ამ ხვიაში წარმოიქმნება ინდუქციის ელექტრომამოძრავებელი ძალა. ხვიის სიბრტყის 1-ლი მდებარეობიდან 2-ში გადასვლისას, ე. ი. 45° -ით ნობრუნებისას, ინდუქციის ე. მ. ძ. გაიზრდება რაღაც სიდიდით, რომელიც განისაზღვრება შეფარდებით მაგნიტური ნაკადის Φ_1 -დან Φ_2 -მდე ცვლილებით, ე. ი. $\Phi_1 - \Phi_2$ სხვაობით იმ ΔI დროსთან, რომლის განმავლობაში მოხდა ეს ცვლილება.

თუ ვისარგებლებთ მარჯვენა ხელის წესით, ადვილად განვსაზღვრავთ, რომ ხვიაში ელექტრომამოძრავებელ ძალას ექნება მე-2 მდებარეობაში ნაჩვენები მიმართულება, ე. ი. ა გამტარში სურათის სიბრტყიდან იქით, ხოლო ნ გამტარში—სურათის სიბრტყიდან აქეთ.

შევთანხმდეთ, რომ ელექტრომამოძრავებელი ძალის ასეთი მიმართულება ჩავთვალოთ დადებით მიმართულებად, მაშინ ხვიის შეკრულ წრედში მოქმედი ელექტრომამოძრავებელი ძალის ის სი-

დიდე, რომელიც ხეიის მე-2 მდებარეობაში გავლის მომენტს შეესაბამება, დიაგრამაზე უნდა გადავდოთ მონაკვეთის სახით ჰორიზონტალური ღერძის ზემოთ.

ხეიის სიბრტყის მე-2 მდებარეობიდან მე-3 მდებარეობაში გადასვლისას, ე. ი. კვლავ 45° -ით შემობრუნებისას, ხეიის კონტურის განმკვეთი მაგნიტური ნაკადი, შემცირდება რა ნულამდე, შეიცვლება $\phi_2 - 0 = \phi_2$ სიდიდით. მე-3 მდებარეობაში ელექტრომამოძრავებელი ძალის სიდიდე კიდევ გაიზარდება. ამიტომ ელექტრომამოძრავებელი ძალის იმ სიდიდეს, რომელიც შეესაბამება ხეიის მე-3 მდებარეობას, როცა მისი სიბრტყე თავის საწყის მდებარეობასთან აღგენს 90° კუთხეს, გადავდებთ უდიდესი მონაკვეთის სახით. ეს მონაკვეთი, ისევე როგორც წინა მონაკვეთი, ჰორიზონტალური ღერძის ზემოთ გადადებულია იმიტომ, რომ ორივე ა და ნ გამტარებში ელექტრომამოძრავებელ ძალას აქვს დადებითი მიმართულება, ე. ი. ა გამტარში სურათის სიბრტყის იქით, ხოლო ნ გამტარში—სურათის სიბრტყის აქეთ, რაშიც აღვიღად დავრწმუნდებით, თუ გამოვიყენებთ მარჯვენა ხელის წესს.

ხეიის შემდგომი ბრუნვისას ელექტრომამოძრავებელი ძალა მასში, რჩება რა დადებითი, შემცირდება. როცა ხეიის სიბრტყე საწყისი მდებარეობიდან შემობრუნდება 180° -ით და დაიკავებს მე-5 მდებარეობას, ე. მ. ძ. მასში შემცირდება ნულამდე, ისევე როგორც 1-ლ მდებარეობაში.

ხეიის სიბრტყის მიერ მე-5 მდებარეობის გავლის შემდეგ ელექტრომამოძრავებელი ძალის მიმართულება მასში შეიცვლება და ა გამტარში იქნება სურათის სიბრტყიდან აქეთ, ხოლო ნ გამტარში—სურათის სიბრტყიდან იქეთ. ხეიის შემობრუნების მიხედვით მასში ელექტრომამოძრავებელი ძალის აბსოლუტური სიდიდე გაიზარდება. მე-7 მდებარეობის გავლისას ელექტრომამოძრავებელი ძალის სიდიდეს ხეიაში კვლავ ექნება უდიდესი მნიშვნელობა და იგი აღმოჩნდება აბსოლუტური სიდიდით ტოლი, მაგრამ საწინააღმდეგო მიმართულების იმ ელექტრომამოძრავებელი ძალის მიმართ, რომელიც შეესაბამება მე-3 მდებარეობას.

ხეიის შემდგომი ბრუნვისას ელექტრომამოძრავებელი ძალის აბსოლუტური სიდიდე მასში ისევ დაიწყებს შემცირებას და, ბოლოს, ხეიის სიბრტყის საწყისი მდებარეობიდან 360° -ით შემობრუნებისას გახდება ნულის ტოლი. ამ მომენტიდან ელექტრომამოძრავებელი ძალის ცვალებადობის პროცესი განმეორდება ისე, როგორც ეს აღწერილია ზემოთ. თუ ხეიის სიბრტყის ცალკეული მდებარეობების შესაბამისი ელექტრომამოძრავებელი ძალების გამო-

სახელი მონაკვეთების წეროებს შევადრთებთ ტალღური ხაზით, მივიღებთ ე. მ. ძ-ის ეგრეთ წოდებულ ტალღურ ანუ ბრტყელ დიაგრამას, რომელიც ხ ი ნ უ ს ი ი დ ა ს წარმოადგენს.

აღნიშნული მრუდის მიხედვით.

ცვალებად ელექტრომაგნიტურ ბელ ძალასა და დენს ეწოდება სინუსოიდალური ე. მ. ძ. და დენი.

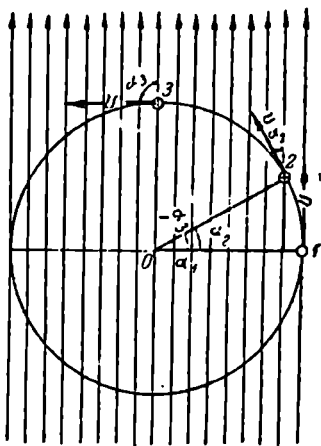
ამგვარად, იმ გამტარში დაინდუქტირებული ე. მ. ძ-ის სიდიდე, რომელიც ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში წრიულად გადაადგილდება თანაბარი სიჩქარით, დამოკიდებულია კუთხეზე, რომელიც წარმოიქმნება მაგნიტური ძალხაზების მიმართულებასა და ამ გამტარის მოძრაობის მიმართულებას შორის.

ნახ. 85-ზე გამოსახულია იმ გამტარის სამი მდებარეობა, რომელიც თანაბარი v სიჩქარით წრიულად მოძრაობს მაგნიტურ ველში, რომლის მაგნიტური ინდუქცია არის B . როდესაც გამტარი იმყოფება 1-ლ მდებარეობაში, მაშინ v სიჩქარის მიმართულება ემთხვევა B მაგნიტური ინდუქციის მიმართულებას, მაშასადამე, v და B შორის კუთხე α უდრის ნულს.

გამტარის მე-2 მდებარეობაში v და B შორის კუთხე არის α_1 . ცხადია, რომ ეს კუთხე ტოლია 02 რადიუსსა და გამტარის საწყისი მდებარეობის განმსაზღვრელ 01 რადიუსს შორის არსებული კუთხისა.

გამტარის მესამე მდებარეობაში v და B შორის კუთხე $\alpha_2 = 90^\circ$, ე. ი. კუთხეს, რომელსაც ქმნის 03 რადიუსი გამტარის საწყისი მდებარეობის შესაბამის 01 რადიუსთან.

განხილულის მიხედვით დავასკვნით, რომ გამტარში ელექტრომაგნიტურ ბელ ძალის სიდიდე, რომელიც დამოკიდებულია v და B შორის კუთხეზე, შეიძლება მივიჩნიოთ იმ კუთხეზე დამოკიდებულად, რომელიც იქმნება მაგნიტური ძალხაზების მიმართულების პერპენდიკულარულ რადიუსსა და წრის იმ რადიუსს შორის, რომელიც მბრუნავი გამტარის განივკვეთზე გადის.



ნახ. 85. გამტარის ბრუნვა მაგნიტურ ველში.

ცვლადი დენის თანამედროვე გენერატორებში იყენებენ უძრავ გრაგნილს (ლუზას) და მბრუნავ მაგნიტურ სისტემას (ინდუქტორს). ჩვენს შემთხვევაში უძრავი მაგნიტი აღებულია იმ მოსაზრებით, რომ მაგნიტურ ველში ელექტრომამოძრავებელი ძალის აღძვრის პროცესი უფრო თვალსაჩინოდ და გასაგებად აგვეხსნა.

§ 2. სინუსოიდური ელემენტარული მაგნიტური ძალა

ელექტრომამოძრავებელი ძალის მყისური მნიშვნელობა, ე. ი. მისი მნიშვნელობა დროის ნებისმიერ მომენტში, აღვნიშნოთ ასო e -თი.

აღრე გადმოცემული მასალიდან ცნობილია, რომ იმ სწორხაზოვან გამტარში წარმოქმნილი ინდუქციის ელექტრომამოძრავებელი ძალის სიდიდე, რომელიც მაგნიტურ ძალხაზებს გადაკვეთს სწორი კუთხით, გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$e = B l v.$$

თუ გამტარი მაგნიტური ძალხაზებსადმი გადაადგილდება არა პერპენდიკულარულად, არამედ რაღაც α კუთხით, მაშინ მასში აღძრული ინდუქციის ე. მ. ძ. იქნება უფრო ნაკლები და განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$e = B l v \sin \alpha,$$

სადაც α არის კუთხე მაგნიტური ძალხაზების მიმართულების პერპენდიკულარულ რადიუსსა და წრის იმ რადიუსს შორის, რომელიც მბრუნავი გამტარის განივკვეთზე გადის (იხ. ნახ. 85).

თუ გამტარის ბრუნვის კუთხური. სიჩქარე იქნება ω , მაშინ, ცხადია, რომ

$$\alpha = \omega t.$$

ელექტრომამოძრავებელი ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა, ანუ მისი ამპლიტუდა აღვნიშნოთ E_m -ით

$$E_m = B l v.$$

ელექტრომამოძრავებელი ძალის ზემოთ აღწერილი მნიშვნელობა შეიძლება გამოისახოს ამპლიტუდით

$$e = E_m \sin \omega t.$$

ისევე როგორც მუდმივ დენში, ე. მ. ძ-ის იმ ნაწილს, რომელიც გარეგან წრედში შთაინთქმება, ეწოდება ძაბვა.

ძაბვის მყისურ მნიშვნელობას აღვნიშნავენ ასო u -თი, ხოლო ამპლიტუდას— U_m -ით.

დენის მყისური მნიშვნელობა აღინიშნება ასო i -თი, ხოლო ამპლიტუდის — I_m -ით.

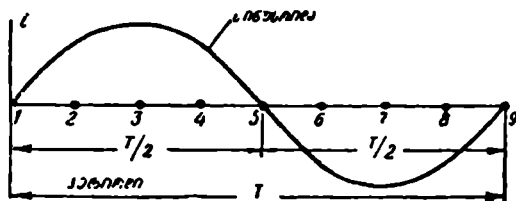
ელექტრომაგნიტური ველის მყისური მნიშვნელობასა და ამპლიტუდას შორის ზემოაღნიშნული დამოკიდებულება მართებულია აგრეთვე ძაბვისა და დენისათვისაც:

$$u = U_m \sin \omega t;$$

$$i = I_m \sin \omega t.$$

§ 3. პერიოდი და სიხშირე

როგორც ზემოთ იქნა დადგენილი, როდესაც ხვია წრიულად მოძრაობს თანაბარ მაგნიტურ ველში, მაშინ მისი ერთი შემობრუნებისას ე. მ. ძ. გამტარში, იქნება რა ერთი მიმართულების, იზრდება ნულიდან მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე, და შემდეგ მცირდება ნულამდე; ხოლო ამის შემდეგ, იცვლის რა მიმართულებას, კვლავ იზრდება ნულიდან მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე და მცირ-



ნახ. 86. ცვლადი დენის სინუსოიდა.

დება მაქსიმალური მნიშვნელობიდან ნულამდე (ნახ. 86). დროს, რომლის განმავლობაში ცვალებადი სიდიდე შეასრულებს სიდიდისა და მიმართულების ერთ სრულ შეცვლას, ეწოდება პერიოდი. პერიოდი აღინიშნება ასო T -თი და იზომება წამებში.

პერიოდების რიცხვს წამში ეწოდება ცვლადი დენის სიხშირე, ანუ მოკლედ სიხშირე. იგი აღინიშნება ასო f -ით და იზომება პერიოდებში (პკ).

რადგან სიხშირე გვიჩვენებს დენის სიდიდისა და მიმართულების სრული შეცვლის რიცხვს ერთ წამში, ამიტომ პერიოდი განიხილავრება ერთი წამის სიხშირესთან შეთარღებით.

$$T = \frac{1}{f},$$

აქედან

$$f = \frac{1}{T}.$$

ერთი პერიოდის განმავლობაში მბრუნავი ხვია მაგნიტურ ველში შემობრუნდება $360^\circ = 2\pi$ კუთხით.

შეფარდება $\frac{2\pi}{T}$ გვიჩვენებს მაგნიტურ ველში ხვიის შემობრუნების კუთხეს ერთ წამში.

მაშასადამე, შეფარდება $\frac{2\pi}{T}$ წარმოადგენს კუთხურ სიჩქარეს, რომელსაც ცვლადი დენის თეორიაში ეწოდება კუთხური სიხშირე; იგი აღინიშნება ბერძნული ასო ω -თი (ომეგა). ამგვარად,

$$\omega = \frac{2\pi}{T};$$

მაგრამ, რადგან

$$f = \frac{1}{T},$$

ამიტომ $\frac{1}{T}$ -ს მაგივრად თუ ჩავსვამთ f სიხშირეს, მივიღებთ, რომ

$$\omega = 2\pi f.$$

დროის t წამის განმავლობაში გამტარი მაგნიტურ ველში შემობრუნდება α კუთხით

$$\alpha = \omega t = 2\pi f t.$$

§ 4. დენისა და ძაბვის მოძმედი (მუშაობური) მნიშვნელობები

ცვლადი დენის მკისური მნიშვნელობები არ განსაზღვრავს დროის გარკვეულ შუალედში მის მოქმედებას. ამიტომ უფრო მოხერხებულია ვისარგებლოთ ცვლადი დენის მოქმედი (ეფექტური) მნიშვნელობებით. ჩვენ ვიცით, რომ ცვლადი დენი, რომელიც სინუსოიდის მიხედვით იცვლება, ერთი პერიოდის განმავლობაში სხვადასხვა მნიშვნელობას ღებულობს. ისმება კითხვა, ცვლადი დენის რა მნიშვნელობას გაზომავს წრედში ჩართული ამპერმეტრი.

ამ წრედისათვის ცვლადი დენის მოქმედი მნიშვნელობა უთანაბრდება ისეთი ეკვივალენტური მუდმივი დენის მნიშვნელობას, რომელიც გაივლის რა იმავე წინააღმდეგობაში, რომელშიც ცვლადი დენი, ერთსა და იმავე დროის განმავლობაში მასში გამოყოფს ერთნაირი რაოდენობის სითბოს. სტანდარტის თანახმად მოქმედი მნიშვნელობები აღინიშნება: დენი— I , ძაბვა U -თი, ე. მ. ძ. E -თი. ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის სკალაზე აღინიშნება დენის ან ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობები.

როდესაც ღენი იცვლება სინუსოიდის მიხედვით, მაშინ მისი მოქმედი მნიშვნელობა შეადგენს ამპლიტუდური მნიშვნელობის 0,707-ს, ანუ ამპლიტუდურ მნიშვნელობაზე ნაკლებია $\sqrt{2}$ -ჯერ, ე. ი.

$$I = 0,707 \cdot I_m = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$

ასეთივე თანაფარდობა მართებულია აგრეთვე ე. მ. ძ. და ძაბვისათვის

$$E = 0,707 E_m = \frac{E_m}{\sqrt{2}};$$

$$U = 0,707 U_m = \frac{U_m}{\sqrt{2}}.$$

§ 5. ფაზათა ძვრა

დავუშვათ, რომ მაგნიტის ჩ-ს პოლუსებს შორის ცილინდრზე მოთავსებულია სივრცეში ერთიმეორის მიმართ დაძრული ორი ხეია (ნახ. 87).

ვინაიდან ხეიები ერთნაირი სიჩქარით ბრუნავენ ერთსა და იმავე მაგნიტურ არეში, ამიტომ ცილინდრის ბრუნვისას მათში აღიმკვრება ტოლი ამპლიტუდისა და სიხშირის მქონე ელექტრომაგნიტური ძალები.

ხეიების ბრუნვის დროს (მაგ. საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით) დროის საწყის მომენტში, როცა $t=0$, პირველი ხეიის მდებარეობა ნეიტრალურ ხაზთან კმნის φ_1 კუთხეს, ხოლო მეორე — φ_2 კუთხეს. მაშინ პირველ ხეიაში დაინდუქტივებული ე. მ. ძ.

$$e_1 = E_m \sin(\omega t + \varphi_1),$$

ხოლო მეორე ხეიაში დაინდუქტივებული ე. მ. ძ.

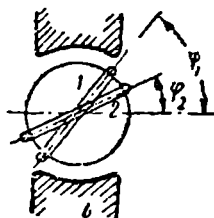
$$e_2 = E_m \sin(\omega t + \varphi_2).$$

ორივე ეს ელექტრომაგნიტური ძალა მაქსიმალურ მნიშვნელობებს ერთდროულად არ აღწევს:

როცა $\omega t = 0$

$$e_{10} = E_m \sin \varphi_1; \quad e_{20} = E_m \sin \varphi_2.$$

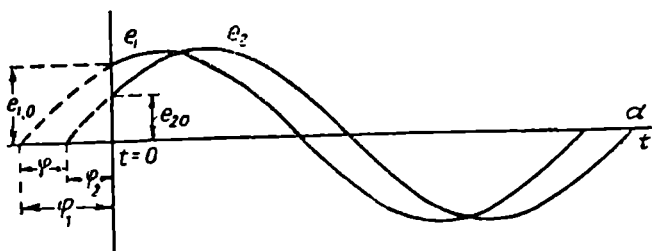
ნახ. 88-ზე ნაჩვენებია e_1 და e_2 ელექტრომაგნიტური ძალები.



ნახ. 87. ფაზით დაძრული ხეიები.

φ_1 და φ_2 ელექტრულ კუთხეებს ეწოდება საწყისი ფაზური კუთხეები ანუ საწყისი ფაზები.

ერთნაირი სიხშირის მქონე სინუსოიდური სიდიდეების საწყის



ნახ. 88. ცალკეულ ხვევებში ე. მ. დ.-ის გრაფიკები.

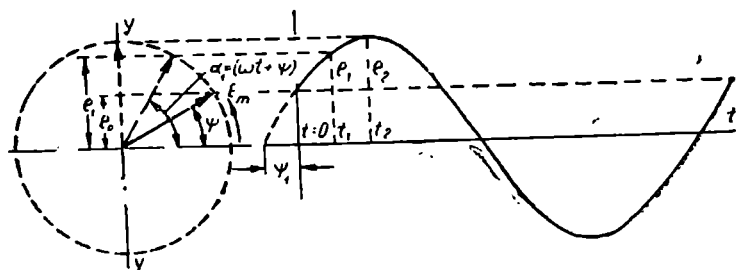
ფაზათა სხვაობას ეწოდება ფაზათა ძვრის კუთხე ან, უბრალოდ, ფაზათა ძვრა:

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2.$$

თუ ფაზათა ძვრის კუთხეს გავყოფთ კუთხურ სიხშირეზე, მივიღებთ ფაზათა ძვრის დროს

$$\frac{\varphi}{\omega} = t.$$

დრო t გვიჩვენებს თუ ერთი სინუსოიდა მეორესთან შედარებით რამდენად ადრე აღწევს ამპლიტუდურ ან ნულოვან მნიშვნელობას.



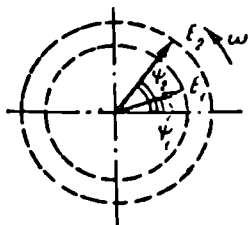
ნახ. 89. სინუსოიდური სიდიდის გამოსახვა მბრუნავი ვექტორითა და სინუსოიდით.

იმ სინუსოიდას, რომელიც დადებით ამპლიტუდას ან ნულოვან მნიშვნელობას აღწევს ადრე, ეწოდება ფაზით წასწრებული,

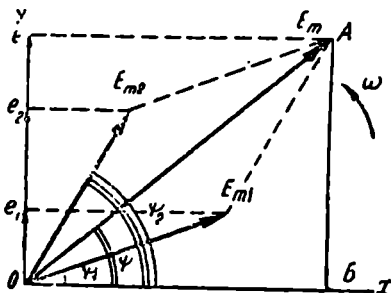
ხოლო იმას, რომელიც ამ მნიშვნელობებს უფრო გვიან აღწევს— ჩამორჩენილი.

თუ ორი სინუსოიდა ერთდროულად აღწევს ნულოვან და დადებით (ან უარყოფით) ამპლიტუდურ მნიშვნელობებს, მაშინ ეს სინუსოიდები ფაზით ერთმანეთს ემთხვევა.

ცვლადი დენის თეორიაში ფართოდ იყენებენ ისეთ ხერხს, როცა მათ წარმოადგენენ ვექტორებად წოდებული განსაზღვრული სიგრძისა და განსაზღვრული მიმართულების მქონე სწორი ხაზების სახით. მასშტაბით გამოსახული ვექტორის სიგრძე წარმოად-



ნახ. 90. ვექტორული დიაგრამა.



ნახ. 91. ორი სინუსოიდური ე. მ. ძ-ის შეკრება.

გენს სინუსოიდის ამპლიტუდას. ის კუთხე, რომელსაც ვექტორი ქმნის აბსცისების ღერძის დადებით მიმართულებასთან, საწყის მომენტში უდრის საწყის ფაზას, ხოლო მბრუნავი ვექტორის კუთხური სიჩქარე—კუთხურ სიხშირეს.

სინუსოიდური სიდიდის მყისური მნიშვნელობა შეიძლება მივიღოთ როგორც პროექცია მბრუნავი ვექტორისა ორდინატების ღერძზე (ნახ. 89).

ცალკეულ ელექტრულ სიდიდეებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკულად გამოსახვას ვექტორების სახით ეწოდება ვექტორული დიაგრამა.

ნახ. 90-ზე გამოსახულ ვექტორულ დიაგრამაზე წარმოდგენილია ორი E_1 და E_2 ე. მ. ძ.

ერთი და იგივე ვექტორული დიაგრამის ვექტორების ბრუნვისას მათი ურთიერთგანლაგება უცვლელი რჩება. ნახ. 91-ზე ნაჩვენებია ვექტორების შეკრება: E_{m1} და E_{m2} . მბრუნავი ვექტორების ორდინატების ღერძზე პროექციების ჯამი უდრის იმ E_m ვექტო-

რის პროექციას ორდინატების ღერძზე, რომელიც წარმოადგენს E_{m1} და E_{m2} ვექტორების გეომეტრიულ ჯამს. აღნიშნული მუდმივი ვექტორების პროექციების ჯამი აბსცისების ღერძზე ზუსტად ასევე უდრის E_m ვექტორის პროექციას აბსცისების ღერძზე.

$$E_m = E_{m1} + E_{m2}.$$

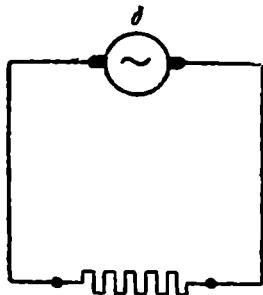
ვექტორული სიდიდეები იკრიბება გეომეტრიულად და აღინიშნება წანახაზით, რათა გასაგები იყოს, რომ მათ, გარდა სიგრძისა, აქვთ მიმართულებაც.

§ 6. აქტიური წინააღმდეგობა ცვლადი დენის წარმოადგენს

იმ გამტარის წინააღმდეგობას ცვლადი დენისადმი, რომელსაც არა აქვს ინდუქტიობა და ტევადობა, ეწოდება აქტიური წინააღმდეგობა და აღინიშნება ასო r -ით.

როგორც ცვლადი, ისე მუდმივი დენისადმი წინააღმდეგობის საზომ ერთეულად იხმარება ომი.

განვიხილოთ აქტიური წინააღმდეგობის შემცველი ცვლადი დენის წრედი (ნახ. 92).



ნახ. 92. ცვლადი დენის წრედი აქტიური დატვირთვით.

დავუშვათ, რომ ასეთი წრედის მომკერებზე მოდებულია სინუსოიდურად ცვლადი ძაბვა, რომლის მყისური მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$u = U_m \sin \alpha = U_m \sin \omega t,$$

სადაც U_m არის ძაბვის ამპლიტუდა (მაქსიმალური მნიშვნელობა).

დენი დროის ნებისმიერ მომენტში შეიძლება გამოვსახოთ ომის კანონით

$$i = \frac{u}{r}$$

ან, თუ u -ს მაგნიტუდა მის მნიშვნელობას ჩავსევამთ წინა ფორმულიდან, მაშინ

$$i = \frac{U_m}{r} \sin \omega t.$$

ცხადია, რომ დენის ამპლიტუდა

$$I_m = \frac{U_m}{r},$$

აქედან

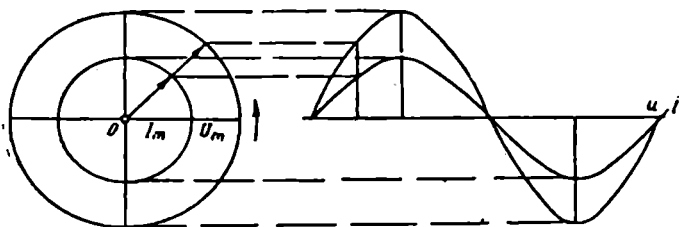
$$i = I_m \sin \omega t.$$

როგორც ტალღური დიაგრამიდან ჩანს (ნახ. 93), საწყისი მომენტისათვის, როცა $t=0$, $\omega t=0$ და $\sin \omega t=0$,

$$u = U_m \sin \omega t = 0;$$

$$i = I_m \sin \omega t = 0.$$

დენი და ძაბვა ერთდროულად აღწევენ მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობებს და ერთდროულად იცვლიან ნი-



ნახ. 93. ვექტორული და ტალღური დიაგრამები აქტიური წინააღმდეგობის მქონე წრედის ძაბვისა და დენისათვის.

შანს ნულოვანი მნიშვნელობის გავლისას. ამრიგად, თუ გარეგან წრედს აქვს მხოლოდ აქტიური წინააღმდეგობა, მაშინ მის ბოლოებზე მოდებული ძაბვა და მასში გამავალი დენი ერთხვევად ერთმანეთს ფაზით.

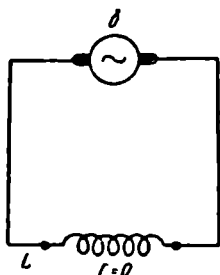
აქტიურ წინააღმდეგობას ეკუთვნის ელექტრული სავარგარო ნათურები, ელექტროსათბობი ხელსაწყოები და აპარატები.

§ 7. ინდუქტიური წინააღმდეგობა ცვლადი დენის წრედში

დავუშვათ, რომ U_m ამპლიტუდის მქონე ცვლადი ძაბვა მოდებულია კოქას მომქერებზე, რომლის ინდუქტიობა არის L ჰენრი. და აქტიური წინააღმდეგობა r იმდენად მცირეა, რომ შეიძლება იგი მხედველობაში არ მივიღოთ (ნახ. 94). ცვლადი ძაბვის ნაცვლად რომ მუდმივი ძაბვა მოგვედო კოქაზე, მაშინ მისი აქტიური წინააღმდეგობის მცირე მნიშვნელობის გამო მასში გაივლიდა დიდი დენი. მაგრამ თუ კოქაზე მოვდებთ იმ მოქმედი მნიშვნელობის მქონე ცვლად ძაბვას, რომელიც ტოლია მუდმივი ძაბვის მნიშვნელობისა, მაშინ მასში გამავალი დენი შეიძლება მეტად უმნიშვნელო სიდიდის იყოს.

ეს იმით აიხსნება, რომ ცვლადი დენის წრედში ჩართულ კოქაში აღიძვრება თავითინდუქციის ცვლადი ელექტრო-

მაშოდრავებელი ძალა. თვითინდუქციის ეს ე. მ. დ. მიმართულია ზოდებული ძაბვის საწინააღმდეგოდ და წრედში ცვლადი დენის გატარებას უქმნის წინააღმდეგობას, რომელსაც ინდუქტიური წინააღმდეგობა ეწოდება.



ნახ. 94. ინდუქტიობა ცვლადი დენის წრედში.

გობა, რადგან აღნიშნული სიდიდეების გადიდება იწვევს თვითინდუქციის ე. მ. დ.-ის გადიდებას.

ინდუქტიური წინააღმდეგობის საზომ ერთეულად იხმარება ომი. ინდუქტიური წინააღმდეგობის ფორმულაში სიხშირე გამოისახება ჰერცებში, ხოლო ინდუქტიობა—ჰენრებში.

მოქმედი მნიშვნელობა ძაბვისა, რომელიც აწონასწორებს თვითინდუქციის ე. მ. დ.-ს, ე. ი. ძაბვა, რომელიც მისი ტოლი და საწინააღმდეგო მიმართულებისაა, განისაზღვრება წრედში დენის მოქმედი მნიშვნელობისა და ამ წრედის ინდუქტიური წინააღმდეგობის ნამრავლით:

$$U_L = -E_L = I \cdot X_L.$$

გავარჩიოთ, თუ როგორ წარმოიქმნება წრედში თვითინდუქციის ე. მ. დ. მასში გამავალი დენის ცვლილებისას (ნახ. 95). თვითინდუქციის ე. მ. დ. გამოისახება ფორმულით:

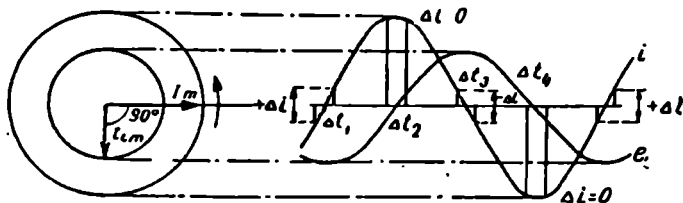
$$\mathcal{E}_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}.$$

დავუშვათ, რომ განსახილველ კოქაში დენი იცვლება სინუსოიდურად:

$$i = I_m \cdot \sin \omega t,$$

მაშინ დროის $t=0$ მომენტში I_m ვექტორი ვექტორულ დიაგრამაზე ჰორიზონტალურ მდებარეობაში იმყოფება.

როგორც ϵ_L -ის ფორმულიდან ჩანს, თვითინდუქციის ე. მ. ძ. სიდიდე დამოკიდებულია არა დენის სიდიდეზე, არამედ მისი ცვლილების სიჩქარეზე. რაც მეტია დენის ცვლილების სიდიდე Δi



ნახ. 95. ინდუქტიობის მქონე წრედში დენისა და თვითინდუქციის ძალის ვექტორული და ტალღური დიაგრამები.

დროის მოცემულ Δt შუალედში, მით მეტია თვითინდუქციის ე. მ. ძ. იმისათვის, რომ განვიხილოთ დროის ცალკეულ მონაკვეთებში შესაბამისი მყისური მნიშვნელობები, გავარჩიოთ დროის უფრო მეტად დამახასიათებელი Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 და Δt_4 შუალედები, რომლებიც ურთიერთტოლებია და შეესაბამებიან დენის ვექტორის ფაზებს:

$$\omega t_1 = \alpha_1 = 0; \quad \omega t_2 = \alpha_2 = 90^\circ; \quad \omega t_3 = \alpha_3 = 180^\circ \quad \text{და} \quad \omega t_4 = \alpha_4 = 270^\circ.$$

Δt_1 დროის მანძილზე დენი იზრდება Δi სიდიდით, დენის ნამატი დადებითია და უდრის $+\Delta i$.

ჩავსვათ ეს მნიშვნელობა თვითინდუქციის ე. მ. ძ.-ის ფორმულაში და მივიღებთ:

$$\epsilon_{L1} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t_1}.$$

Δt_2 დროის განმავლობაში დენის სიდიდე პრაქტიკულად არ შეიცვლება და დროის ამ შუალედში დენის ნამატი უდრის ნულს. აქედან

$$\epsilon_{L2} = -L \frac{0}{\Delta t_2} = 0.$$

Δt_3 დროის განმავლობაში დენი მცირდება Δi სიდიდით, დენის ნამატი გახდება უარყოფითი და უდრის $-\Delta i$. აქედან

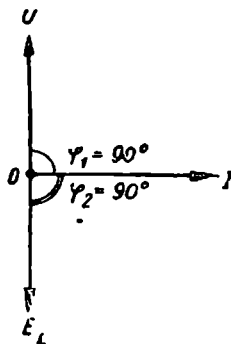
$$\epsilon_{L3} = -L \frac{(-\Delta i)}{\Delta t_3} = L \frac{\Delta i}{\Delta t_3}.$$

ΔI_3 დროის განმავლობაში თვითინდუქციის ე. მ. დ. კვლავ გახდება ნული

$$\epsilon_{L4} = -L \frac{0}{\Delta t_4} = 0.$$

ამგვარად, დროის Δt_2 და Δt_4 მომენტებში ე. მ. დ. უდრის ნულს, ხოლო Δt_1 და Δt_3 მომენტებში აქვს მაქსიმალური მნიშვნელობები, ამასთან Δt_1 მომენტში — უარყოფითი, ხოლო Δt_3 მომენტში — დადებითი სიდიდე.

ამის თანახმად ტალღურ დიაგრამაზე აგებულია თვითინდუქციის ელექტრომამოძრავებელი ძალის ϵ_L სინუსოიდა, ხოლო ვექტორულ დიაგრამაზე E_{Lm} ამპლიტუდის ტოლი რადიუს-ვექტორი.



ნახ. 96. დენის, ძაბვისა და თვითინდუქციის ე. მ. დ. ვექტორული დიაგრამა ინდუქტიობის მქონე წრედში.

განხილული ვექტორული და ტალღური დიაგრამებიდან ჩანს, რომ დენსა და თვითინდუქციის ელექტრომამოძრავებელ ძალას შორის არსებობს ფაზათა ძერა 90° -იანი კუთხით.

დენი თვითინდუქციის ელექტრომამოძრავებელ ძალას უსწრებს 90° -ით ანუ $\frac{1}{4}$ პერიოდით (თვლიან, რომ ვექტორების დადებითი მიმართულებით

ბრუნვა ხდება საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით).

ეს იმას ნიშნავს, რომ ე. მ. დ. დენთან ერთდროულად არ აღწევს მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობებს,

არამედ ჩამორჩება მისგან $\frac{1}{4} T$ დროით.

როგორც უკვე ზემოთ იყო ნათქვამი, ინდუქტიური კოქას მოძერებზე მოღებული ძაბვა გადალახავს თვითინდუქციის ე. მ. დ.-ის მოქმედებას და მიმართულია მის შემხვედრად, ე. ი. 180° კუთხით.

აქედან შეიძლება ის დასკვნა გავაკეთოთ, რომ ინდუქტიურ კოქაზე მოღებული ძაბვა ფაზით წინ უსწრებს დენს 90° -იანი კუთხით.

E ე. მ. დ., U ძაბვისა და I დენის ეფექტიურ მნიშვნელობათა ვექტორული დიაგრამა ნაჩვენებია ნახ. 96-ზე.

კოქაზე მოღებული ძაბვა ფაზით დენს უსწრებს $\varphi_1 = 90^\circ$ -იანი კუ-

თხით, ხოლო დენი თვითინდუქციის ე. მ. დ. უსწრებს ფაზით $\varphi_2 = 90^\circ$ კუთხით.

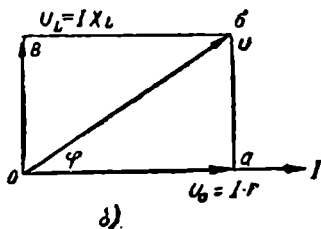
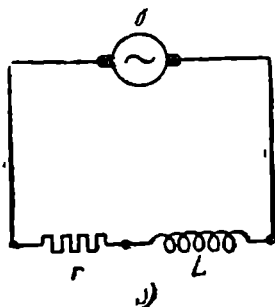
ინდუქტიობის მქონე წრედის ბოლოებზე მოდებული U ძაბვის ეფექტური მნიშვნელობა განისაზღვრება ასე: $U = I\omega L$. აქედან დენი წრედში, რომელსაც აქვს ინდუქტიობა და უმნიშვნელო აქტიური წინააღმდეგობა, შეიძლება გამოისახოს ფორმულით

$$I = \frac{U}{\omega L}.$$

§ 8. აქტიური და ინდუქტიური წინააღმდეგობები ცვლადი დენის წრედში

აქტიური წინააღმდეგობა დამოკიდებულია გამტარის მასალაზე, სიგრძეზე და განივკვეთზე. როგორც უკვე ზემოთ ითქვა, ინდუქტიური წინააღმდეგობა დამოკიდებულია ცვლადი დენის წრედის ინდუქტიობაზე.

პრაქტიკულად ინდუქტიური წინააღმდეგობა ცალკე არ არსებობს, რადგან ყოველგვარი გრაგნილი, გარდა ინდუქტიობისა, შეიცავს აგრეთვე აქტიურ წინააღმდეგობას.



ნახ. 97. აქტიური წინააღმდეგობა და ინდუქტიობა ცვლადი დენის წრედში (ა); დენის, ძაბვის, ძაბვის აქტიური ვარდნისა და ძაბვის ინდუქტიური ვარდნის ვექტორული დიაგრამა (ბ).

განვიხილოთ r აქტიური წინააღმდეგობისა და ინდუქტიური წინააღმდეგობის წარმომქმნელ L ინდუქტიობის მიმდევრობით შეერთების მაგალითი (ნახ. 97).

წრედში გაშვებული f სიხშირის მქონე I ცვლადი დენი, მოდებული U ძაბვის ზემოქმედებით, r აქტიურ წინააღმდეგობაში ქმნის

$U_a = I \cdot r$ ძაბვის ვარდნას, რომელსაც ეწოდება აქტიური ძაბვის ვარდნა, და X_L ინდუქტიურ წინააღმდეგობაში $U_L = I \cdot X_L$ ძაბვის ვარდნას, რომელსაც ინდუქტიური ძაბვის ვარდნა ეწოდება.

ჰორიზონტალზე გადავდეთ დენის ვექტორი I და აქტიური ძაბვის ვარდნის ვექტორი U_a , რომელიც ფაზით ემთხვევა I დენის ვექტორს.

ინდუქტიური ძაბვის ვარდნა $U_L = I \cdot X_L$, რომელიც იხარჯება თვითინდუქციის ე. მ. ძ. გადალახვაზე, ფაზით უსწრებს დენს 90° კუთხით. ამიტომ ინდუქტიური ძაბვის ვარდნის ვექტორი U_L დენის ვექტორის მიმართ გადავდეთ წინსწრებად მხარეზე (საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით) 90° -იანი კუთხით.

საერთოდ მოდებული ძაბვა U განისაზღვრება აქტიურ და ინდუქტიურ ძაბვათა ვარდნის (U_a და U_L) გეომეტრიული ჯამით.

U_a და U_L ვექტორების გეომეტრიული (პარალელოგრამის წესით) შეკრებით მივიღებთ U ვექტორს, რომელიც თავისი სიდიდით და მიმართულებით განსაზღვრავს წრედზე მოდებული გენერატორის ძაბვის ეფექტურ მნიშვნელობას.

ვექტორული დიაგრამის განხილვიდან ჩანს, რომ U ძაბვის ვექტორი ფაზით უსწრებს I დენის ვექტორს კუთხე φ -ით. ამავდროს U ვექტორი წარმოადგენს იმ მართკუთხა სამკუთხედის ჰიპოტენუზას; ამ სამკუთხედს ეწოდება ძაბვათა სამკუთხედი, მისი კათეტებია:

$$U_a \text{ და } U_L.$$

შეიძლება დაიწეროს, რომ

$$U^2 = U_a^2 + U_L^2,$$

აქ

$$U^2 = (I \cdot r)^2 + (I \cdot X_L)^2 = I^2 (r^2 + X_L^2).$$

თუ ტოლობის ორივე მხარეს ამოვფესავთ, მივიღებთ:

$$U = I \sqrt{r^2 + X_L^2},$$

აქედან

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + X_L^2}}.$$

ეს ფორმულა გამოსახავს ომის კანონს ცვლადი დენის წრედისათვის, რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული აქტიური და ინდუქტიური წინააღმდეგობებისაგან.

ამ გამოსახვის მნიშვნელს ეწოდება მოჩვენებითი ანუ სრული წინააღმდეგობა და აღინიშნება ასო Z -ით.

ცვლადი დენის წრედის მოჩვენებითი ანუ სრული წინააღმდეგობის საზომ ერთეულად იყენებენ ომს.

$$Z = \sqrt{r^2 + X_L^2}.$$

ამ ტოლობის თანახმად, ძაბვათა სამკუთხედის ანალოგიურად, შეიძლება ავაგოთ წინააღმდეგობათა მართკუთხა სამკუთხედი, რომლის ჰიპოტენუზა იქნება Z , ხოლო კათეტები r და X_L (ნახ. 98).

დენსა და ძაბვას შორის ფაზათა ძვრის კუთხე არის φ . $\cos \varphi$ განისაზღვრება r -ისა და Z -ის შეფარდებით:

$$\cos \varphi = \frac{r}{Z} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + X_L^2}}.$$

როცა ვიცით $\cos \varphi$, მაშინ დენსა და ძაბვას შორის ფაზათა ძვრის კუთხეს განვსაზღვრავთ ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ცხრილის საშუალებით.

§ 9. ტევადობა ცვლადი დენის წრედში

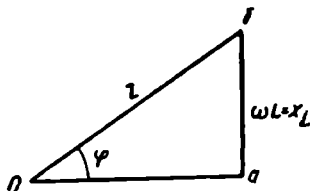
თუ C ტევადობის მქონე კონდენსატორს ჩაერთავთ მუდმივი დენის წრედში, მაშინ იგი U ძაბვის ზემოქმედებით დაიმუხტება (ნახ. 99) და მის შემონაფენებზე დაგროვდება ტოლი, მაგრამ სხვადასხვაგვარი ელექტრული მუხტები.

კონდენსატორი მუდმივი დენის წყაროდან გამორთვის შემდეგ რჩება დამუხტული და ინარჩუნებს პოტენციალთა სხვაობას.

თუ ახლა კონდენსატორის შემონაფენებს ერთმანეთთან შევაერთებთ გამტარით, მაშინ აღნიშნული კონდენსატორი განიმუხტება. ამასთან, საზომი ხელსაწყოთა საშუალებით შევნიშნავთ, რომ წრედში გაივლის ზანმოკლე განმუხტვის დენი.

კონდენსატორის განმუხტვის დენს აქვს დამუხტვის დენის საწინააღმდეგო მიმართულება.

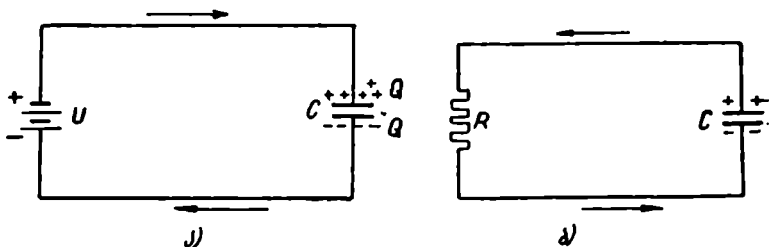
თუ კონდენსატორს ჩაერთავთ წრედში, რომელზეც მოდებულია სინუსოიდური $U = U_m \sin \omega t$ ძაბვა, მაშინ კონდენსატორის შემონაფენებზე ძაბვის ცვლილებისას მუხტის სიდიდის განუწყვეტელი



ნახ. 98. წინააღმდეგობათა სამკუთხედი.

ცვალებადობა გამოიწვევს დენის მუდმივად გავლას ცვლადი დენის წრედში.

თავისთავად იგულისხმება, რომ დიელექტრიკში დენი არ გავლის.



ნახ. 99. კონდენსატორის დამუხტვა (ა); კონდენსატორის განმუხტვა (ბ).

კონდენსატორის შემონაფენზე ძაბვის ეფექტური მნიშვნელობა გამოისახება ფორმულით

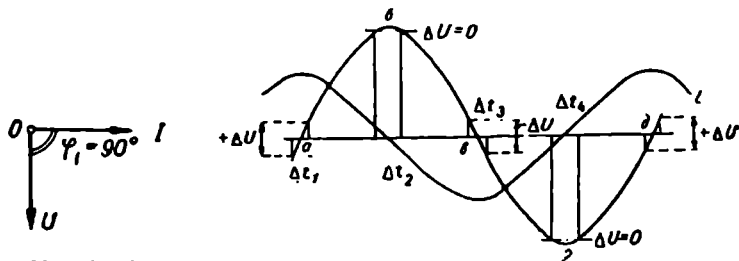
$$U = I \cdot \frac{1}{\omega C},$$

სადაც I არის დენის ეფექტური მნიშვნელობა;

ω — კუთხური სიხშირე;

C — კონდენსატორის ტევადობა ფარადებში.

კონდენსატორის მომქერებზე მოღებული ძაბვა (ნახ. 100) ფა-



ნახ. 100. ვექტორული დიაგრამა კონდენსატორის შემონაფენზე არსებული დენისა და ძაბვისათვის.

ნახ. 101. ტალღური დიაგრამა ძაბვისა და დენისათვის ტევადობის მქონე წრედში.

ზით ჩამორჩება დენს 90° კუთხით. ეს იმიტომ აიხსნება (ნახ. 101), რომ დენი კონდენსატორის წრედში დამოკიდებულია ძაბვის არა-

სიდიდეზე, არამედ მისი ცვალებადობის სიჩქარეზე დროის განსაზღვრულ Δt შუალედში.

განვიხილოთ უფრო მეტად დამახასიათებელი დროის Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 და Δt_4 შუალედები, რომლებიც ურთიერთტოლებია და შეესაბამებიან გენერატორის U_m ძაბვის ვექტორის ფაზებს:

$$\begin{aligned} \omega t_1 = \alpha_1 = 0 & & \omega t_3 = \alpha_3 = 180^\circ \\ \omega t_2 = \alpha_2 = 90^\circ & & \omega t_4 = \alpha_4 = 270^\circ. \end{aligned}$$

პერიოდის პირველ მეოთხედში ძაბვა იზრდება 0-დან U_m -მდე; ძაბვის პროპორციულად იზრდება კონდენსატორის მუხტიც. ძაბვის ზრდის სიჩქარე კი კლებულობს, და თუ დროის Δt_1 შუალედში ძაბვის ნამატი უდრიდა ΔU მონაკვეთს, დროის Δt_2 შუალედში მისი ნამატი გაუტოლდება ნულს.

დენი წრედში ძაბვის ცვლილების პროპორციული იქნება და პერიოდის პირველ მეოთხედში შემცირდება I_m -დან ნულამდე. პერიოდის მეორე მეოთხედში ძაბვა შემცირდება U_m -დან ნულამდე. ძაბვის შემცირების სიჩქარე კი გაიზრდება, და თუ დროის Δt_3 შუალედში ძაბვის შემცირება უდრიდა ნულს, მაშინ დროის Δt_4 შუალედში მისი შემცირება გაუტოლდება ΔU მონაკვეთს.

დენი გახდება უარყოფითი და გაიზრდება ნულიდან უარყოფით ($-I_m$) ამპლიტუდამდე.

პერიოდის მესამე მეოთხედში ძაბვა გახდება უარყოფითი და გაიზრდება ნულიდან U_m -მდე, ზრდის სიჩქარე ძაბვისა კი შემცირდება, და თუ დროის Δt_5 შუალედში ძაბვის ნამატი უდრიდა ΔU მონაკვეთს, მაშინ დროის Δt_6 შუალედში ნამატი გაუტოლდება ნულს.

დენი წრედში რჩება უარყოფითი და მცირდება $-I_m$ -დან ნულამდე.

პერიოდის მეოთხე მეოთხედში ძაბვა უარყოფითია და მცირდება U_m -დან ნულამდე, ხოლო დენი იცვლება ნულიდან $+I_m$ -მდე. კონდენსატორიან წრედში დენის ეფექტური მნიშვნელობა უდრის

$$I = U_e C = \frac{U_e}{\frac{1}{\omega C}}.$$

მიღებული ფორმულა გამოსახავს ომის კანონს ტევადობის მქონე ცვლადი დენის წრედისათვის.

$\frac{1}{\omega C}$ სიდიდეს ეწოდება ტევადობის წინააღმდეგობა, აღინიშნება ასო X_c და იზომება ომებში (ტევადობა C —ფარადებში).

ამრიგად, ინდუქტიობა და ტევადობა ცვლადი დენის წრედში ამელავნებენ ურთიერთსაწინააღმდეგო თვისებებს და ცოტად თუ ბევრად ახდენენ ერთმანეთის კომპენსირებას.

ინდუქტიური კოქისა და კონდენსატორის მიმდევრობით შეერთებისას შეიძლება მივალწიოთ იმას, რომ:

$$X_L = X_c.$$

მაშინ

$$U_L = U_c.$$

ასეთი ელექტრული წრედი ისეთ შთაბეჭდილებას სტოვებს, თითქოს მასში იყოს მარტო აქტიური წინააღმდეგობა; დენსა და ძაბვას შორის ფაზათა ძვრის კუთხე ფუდრის ნულს, ხოლო დენი წრედში შეიძლება გახდეს ძალიან დიდი, თუ მისი აქტიური წინააღმდეგობა არის მცირე. ამ მოვლენას ეწოდება ძაბვის რეზონანსი.

§ 10. ცვლადი დენის სიმძლავრე

აქტიური წინააღმდეგობისა და ინდუქტიობის მქონე წრედში ცვლადი დენის სიმძლავრე ნებისმიერ მომენტში შეიძლება განვიხილოთ როგორც ორი სიმძლავრის ჯამი:

1) სიმძლავრის, რომელიც იხარჯება აქტიურ წინააღმდეგობაში, რომელშიც ელექტრული ენერგია გარდაიქმნება თბურ ენერგიად და გაიფანტება სივრცეში ან სასარგებლო მუშაობად იქცევა;

2) სიმძლავრის, რომელიც შთაინთქმება დენის ზრდისას წრედის ინდუქტიურ ნაწილში, რომლის მაგნიტურ ველში ამასთან ერთად გროვდება ენერგია, ეს უკანასკნელი კი უკან უბრუნდება წრედს დენის შემცირების დროს.

განგარიშებათა შესრულებისას ცვლადი დენის წრედში ყველაზე უფრო ხშირად მხედველობაში ღებულობენ საშუალო ან უაქტიურ სიმძლავრეს, რომელიც წარმოადგენს დენისა და ძაბვის მოქმედ სიდიდეთა $\cos \varphi$ -ზე ნამრავლს.

$$P = U \cdot I \cos \varphi.$$

ძაბვათა სამკუთხედიდან (იხ. ნახ. 97) ჩანს, რომ აქტიური ძაბვის ვარდნა

$$U_a = I \cdot r.$$

ნახ. 102, ა-დან ჩანს, რომ

$$U_a = U \cdot \cos \varphi.$$

აქედან ვპოულობთ აქტიური სიმძლავრის მეორე გამოსახვას:

$$P = I^2 \cdot r.$$

აქტიური სიმძლავრის საზომ ერთეულად, ისე როგორც მუდმივ დენში, იყენებენ ვატს.

ძაბვისა და დენის მოკმედ მნიშვნელობათა ნამრავლს ეწოდება წრედის მოჩვენებითი ანუ სრული სიმძლავრე და აღინიშნება ასო S -ით.

$$S = U \cdot I:$$

მოჩვენებითი სიმძლავრის საზომი ერთეულია ვოლტამპერი (ვა)..

უფრო დაწვრილებით განვიხილოთ საკითხი რეაქტიული სიმძლავრის შესახებ.

აქტიური სიმძლავრე, რომელსაც ვატმეტრი უჩვენებს, დაუბრუნებლად იხარჯება წრედში გამოყოფილი სითბოს ან სასარგებლო მუშაობის სახით, ხოლო რეაქტიული სიმძლავრე იხარჯება დენის ზრდის დროს წრედის ინდუქტიურ ნაწილში მაგნიტური ველების შექმნაზე. დენის შემცირებისას წრედი თითქმის გენერატორად იქცევა და მასში დაგროვილი ენერგია უბრუნდება ამ წრედის მკვეთრ გენერატორს. ენერგიის ასეთი მიმოქცევა გენერატორიდან წრედში და პირიქით, უსარგებლოდ ტვირთავს ხაზსა და გენერატორის გრაგნილს, განაპირობებს რა მათში, ენერგიის ზედმეტ, კარგვებს.

რეაქტიული სიმძლავრე აღინიშნება ასო Q -თი

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = I \cdot U_L = I^2 \cdot X_L.$$

რეაქტიული სიმძლავრე იზომება რეაქტიულ ვოლტამპერებში (ვარ).

სიმძლავრეთა სამკუთხედი. თუ ძაბვათა სამკუთხედის (ნახ. 102) ყველა გვერდს გავამრავლებთ I დენის სიდიდესზე, მივიღებთ სიმძლავრეთა სამკუთხედს.

მისი ჰიპოტენუზა იქნება მოჩვენებითი ანუ სრული სიმძლავრე S , ფ კუთხესთან მდებარე კათეტი წარმოადგენს აქტიურ სიმძლავ-

რეს P -ს, ხოლო მოპირდაპირე კათეტი—რეაქტიულ სიმძლავრეს Q -ს.

თუ გამოვიყენებთ პითაგორას თეორემას, მივიღებთ:

$$S^2 = P^2 + Q^2.$$

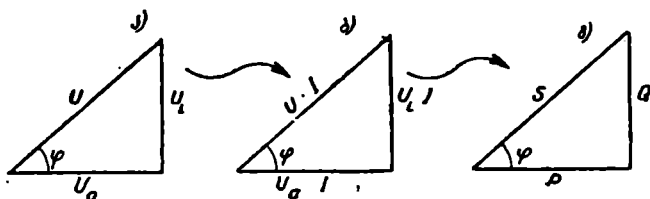
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

სიმძლავრის კოეფიციენტი. აქტიური სიმძლავრის სრულ ანუ მოჩვენებით სიმძლავრესთან შეფარდებას სიმძლავრის კოეფიციენტი ეწოდება.

სიმძლავრის კოეფიციენტი

$$\frac{P}{S} = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi}{U \cdot I} = \cos \varphi.$$

ამგვარად, სინუსოიდური ცვლადი დენისათვის სიმძლავრის



ნახ. 102. სიმძლავრეთა სამკუთხედის აგება.

კოეფიციენტი წარმოადგენს დენსა და ძაბვას შორის ფაზათა ძვრის კუთხის კოსინუსს.

სიმძლავრის $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ ფორმულიდან ჩანს, რომ $\cos \varphi$ -ს გადიდებით იზრდება აგრეთვე აქტიური სიმძლავრეც.

თუ $\cos \varphi = 1$, ხოლო კუთხე φ არის ნულის ტოლი, მაშინ აქტიური სიმძლავრე ხდება სრული ანუ მოჩვენებითი სიმძლავრის ტოლი.

$\cos \varphi$ შეიძლება განისაზღვროს ძაბვათა სამკუთხედიდან $\cos \varphi = \frac{U_a}{U}$ და წინააღმდეგობათა სამკუთხედიდან $\cos \varphi = \frac{r}{Z}$.

$\cos \varphi$ გასაუმჯობესებლად, ე. ი. მის გასაზრდელად და ინდუქტიური წინააღმდეგობის ზეგავლენის შესამცირებლად, ინდუქტიუბის მქონე დატვირთვის პარალელურად ჩართავენ კონდენსატორებს, ამასთან ერთად ცდილობენ შეარჩიონ ისეთი ტევადობა, რომ ტევადობის წინააღმდეგობა სიდიდით ინდუქტიურ წინააღმდეგობას უახლოვდებოდეს.

თუ ტევადობის წინააღმდეგობა ტოლი იქნება ინდუქტიური წინააღმდეგობის, ე. ი.

$$X_C = X_L \text{ ანუ } \frac{1}{\omega C} = \omega L.$$

მაშინ $\cos \varphi$ გაუტოლდება ერთს.

ჩვეულებრივად კმაყოფილებიან $\cos \varphi$ -ს 0,85—0,9-მდე გადიდებით, ვინაიდან შემდგომი მისი გადიდება 1-მდე მეტად უმნიშვნელო გავლენას ახდენს საერთო დენის შემცირებაზე და ეკონომიური თვალსაზრისით გაუმართლებელია.

ამოცანები

1. ინდუქტიობის კოქას აქტიური წინააღმდეგობა $r=50$ ომს და ინდუქტიობა $L=0,08$ გნ-ს, განსაზღვრეთ კოქას სრული წინააღმდეგობა Z , თუ მასში გადის ცვლადი დენი, რომლის სიხშირე $f=100$ ჰც. ააგეთ წინააღმდეგობათა სამკუთხედი და განსაზღვრეთ $\cos \varphi$.

2. კოქა, რომლის აქტიური წინააღმდეგობა $r=10$ ომს და ინდუქტიური წინააღმდეგობა $X_L=15,7$ ომს, მიერთებულია ცვლადი დენის წყაროზე, რომლის სიხშირე $f=50$ ჰც.

კოქაში გამავალი დენი $I=6$ ა.

განსაზღვრეთ:

- ა) სრული წინააღმდეგობა Z ;
- ბ) ძაბვა U კოქას ბოლოებზე;
- გ) ინდუქტიური ძაბვის ვარდნა U_L ;
- დ) კოქას ინდუქტიობა L ;
- ე) დენსა და ძაბვას შორის ფაზათა ძვრის კუთხის კოსინუსი $\cos \varphi$.

ამოხსნა:

ა) $Z = \sqrt{r^2 + X_L^2} = \sqrt{10^2 + 15,7^2} = 18,6$ ომი;

ბ) $U = IZ = 6 \cdot 18,6 = 111,6$ ვ;

გ) $U_L = I X_L = 6 \cdot 15,7 = 94,2$ ვ;

დ) $X_L = 2\pi f L$; $L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{15,7}{6,28 \cdot 50} = 0,05$ გნ;

ე) $\cos \varphi = \frac{r}{Z} = \frac{10}{18,6} = 0,538$.

3. ცვლადი დენის წრედში, რომლის სიხშირე $f=400$ ჰც, ჩართულია ამპერ-მეტრი, ინდუქტიობის კოქა, ვატმეტრი და ვოლტმეტრი.

ამპერმეტრი უჩვენებს დენს $I=4$ ა, ვატმეტრი—სიმძლავრეს $P=350$ ვტ და ვოლტმეტრი—ძაბვას $U=120$ ვ.

განსაზღვრეთ:

- ა) სრული (მოჩვენებითი) სიმძლავრე S ;
- ბ) დენსა და ძაბვას შორის ფაზათა ძვრის კუთხის კოსინუსი— $\cos \varphi$;

გ) ინდუქტიური ძაბვის ვარდნა U_L ;

დ) აქტიური ძაბვის ვარდნა U_a ;

ე) კოქს ინდუქტიობა L .

ა მ ო ხ ნ ა :

ა) $S = I \cdot U = 120 \cdot 4 = 480$ ვა;

ბ) $\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{350}{480} = 0,73$;

გ) $U_L = U \sin \varphi = 120 \cdot 0,682 = 81,8$ ვ;

დ) $U_a = U \cos \varphi = 120 \cdot 0,73 = 88$ ვ;

ე) $L = \frac{X_L}{2\pi f}$; $X_L = \frac{U_L}{I} = \frac{81,8}{4} = 20,4$ ომი;

$$L = \frac{20,4}{6,28 \cdot 400} = 0,00815 \text{ ჰნ} = 8,15 \text{ მჰნ.}$$

პითხვები განმმორაბისათვის

1

1. როგორ დენს ეწოდება ცვლადი?
2. რა არის ე. მ. ძ.-ის, დენისა და ძაბვის მყისური მნიშვნელობა?
3. რაზე დამოკიდებული ინდუქციის ე. მ. ძ.?
4. რას ეწოდება ფაზა?
5. რას ეწოდება ამპლიტუდა?
6. ჩამოაყალიბეთ პერიოდის განსაზღვრა?
7. რას ეწოდება სიხშირე?
8. როგორი დამოკიდებულება არსებობს პერიოდსა და სიხშირეს შორის?
9. რას ეწოდება კუთხური სიხშირე?
10. ჩამოაყალიბეთ ცვლადი დენის მოქმედი მნიშვნელობის განსაზღვრა.
11. როგორ არის დაკავშირებული ცვლადი დენის მოქმედი მნიშვნელობა მის მაქსიმალურ მნიშვნელობასთან.
12. რა არის ფაზათა ძვრა?
13. რა არის აქტიური წინააღმდეგობა?
14. როგორი ხელსაწყოები და აპარატები წარმოადგენს აქტიურ წინააღმდეგობას?
15. დენსა და ძაბვას შორის ფაზათა ძვრას აქვს თუ არა ადგილი აქტიური წინააღმდეგობის მქონე ცვლადი დენის წრედში?
16. როგორ წინააღმდეგობას ეწოდება ინდუქტიური?
17. რაზე დამოკიდებული ინდუქტიური წინააღმდეგობა?
18. რას ეწოდება სიმძლავრის კოეფიციენტი?
19. როგორ სიმძლავრეს ეწოდება რეაქტიული?
20. როგორ სიმძლავრეს ეწოდება აქტიური?
21. როგორ სიმძლავრეს ეწოდება სრული ანუ მოჩვენებითი?
22. როგორ ამტკიცებს თავს ტეგადობა ცვლადი დენის წრედში?
23. როგორ შეიძლება $\cos \varphi$ -ს გაუმჯობესება?

სამუშაო ცვლადი დენი

§ 1. სამუშაო სისტემის წარმოქმნა

სისტემას, რომელიც შედგება ერთი და იგივე პერიოდის ცვლადი დენის სამი ელექტრული წრედისაგან, რომელთა ელექტრომამოძრავებელი ძალები ფაზით ერთმანეთის მიმართ დაძრული არიან $1/3$ პერიოდით, ეწოდება ცვლადი დენის სამუშაოანი სისტემა.

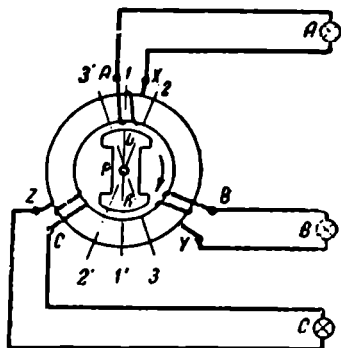
სამუშაო ცვლადი დენი ფართოდ არის გავრცელებული, რადგან სამუშაო სისტემა უზრუნველყოფს ელექტროენერგიის უფრო ეკონომიურ გადაცემას, ვიდრე ერთფაზიანი.

ცვლადი დენის სამუშაო სისტემა პირველად წამოაყენა და განახორციელა გამომგონებელმა რუსმა ინჟინერმა—ელექტრიკოსმა მ. ო. დოლივო - დობროვოლსკიმ.

სამუშაო სისტემის წარმოსაქმნელად საჭირო, ფაზით პერიოდის $1/3$ -ით დაძრული სამი ელექტრომამოძრავებელი ძალის მიღება შეიძლება სამუშაო გენერატორიდან, რომელიც სქემატურად გამოსახულია ნახ. 103-ზე.

სტატორის (უძრავ ნაწილს) აქვს სამი $A-X$; $B-Y$ და $C-Z$ გრაგნილი. როტორი (გენერატორის მოძრავი ნაწილი) წარმოადგენს ჩს მაგნიტს. სტატორის შინაგან ზედაპირზე მანძილს სხვადასხვაგვარ პოლუსებს შორის ეწოდება საპოლუსო დაყოფა. სტატორის გრაგნილები ერთმანეთის მიმართ გადაწეულია $2/3$ საპოლუსო დაყოფით.

9. ელექტროტექნიკა.

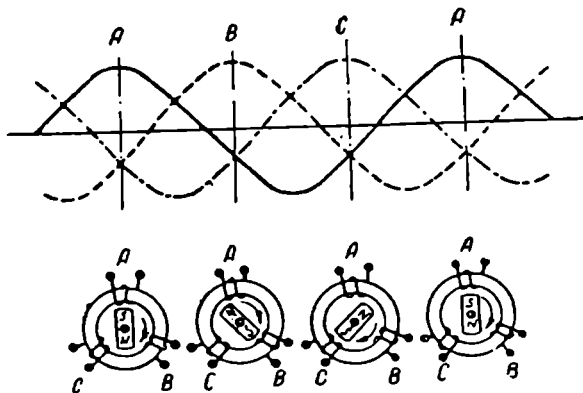


ნახ. 103. სამუშაო გენერატორის სქემა.

როტორის მუდმივი სიჩქარით ბრუნვისას გრაგნილში აღიძვრება ტოლი ამპლიტუდისა და სიხშირის მქონე, მაგრამ ერთმანეთის მიმართ ფაზით პერიოდის $1/3$ ანუ 120° -ით დაძრული ელექტრომაგნიტური ძალები.

ნახ. 104-ზე გამოსახულია სამი ტალღური დიაგრამა, რომლებიც უჩვენებს ელექტრომაგნიტური ძალების მყისური მნიშვნელობების ცვლილებას $A-X$, $B-Y$ და $C-Z$ გრაგნილებში შესაბამისად A , B და C მრუდების მიხედვით.

ნახ. 104-ის ქვედა ნაწილში ნაჩვენებია როტორის მდებარე-



ნახ. 104. სამფაზიან სისტემაში ელექტრომაგნიტური ძალების მყისური მნიშვნელობების ცვლილებადგება.

ობები, რომლებიც შეესაბამება ელექტრომაგნიტური ძალების სხვადასხვა მყისურ მნიშვნელობებს.

თვითმუდმივ გრაგნილში დაინდუქტივებული ე. მ. ძ. ამ გრაგნილების ბოლოებზე კმნის ძალებს, რომლებსაც ფაზური ძალები ეწოდება.

ნახ. 103-ზე გამოსახულია სამი დამოუკიდებელი A , B და C წრედი, რომლებსაც ჯერ კიდევ არ წარმოუქმნიათ სამფაზიანი სისტემა.

იმისათვის, რომ ამ, ჯერ კიდევ დამოუკიდებელი, ერთფაზა სისტემებიდან შეიქმნას ერთიანი სამფაზიანი სისტემა, საჭიროა ცალკეული გრაგნილები შევეერთოთ ელექტრულად.

შეიძლება შეერთებულ იქნას, მაგალითად, ფაზების ყველა X , Y , Z ბოლო ან A , B , C საწყისი ერთ საერთო ნულოვან წერტილში.

ამასთან, სქემა მიიღებს ნახ. 105-ზე ნაჩვენებ სახეს.

ამგვარ შეერთებას ეწოდება ვარსკვლავა შეერთება, რომლის თავისებურებათა განხილვას ჩვენ ახლავე შევუდგებით.

§ 2. ვარსკვლავისებრად შეერთება

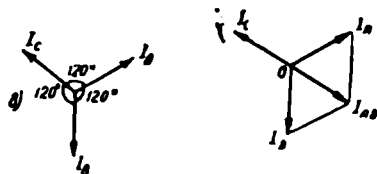
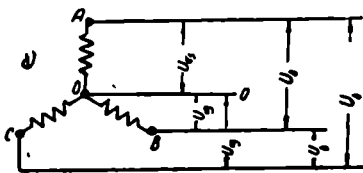
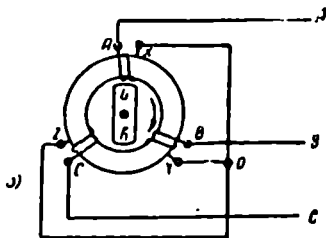
როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ამ შეერთების დამახასიათებელი თავისებურება ის არის, რომ გენერატორის ან მომხმარებლის სამი A, B, C საწყისის (ან სამი X, Y, Z ბოლოს) შეერთება ხდება ერთ საერთო ნულოვან წერტილში, ხოლო დარჩენილ თავისუფალ X, Y, Z ბოლოებზე (ან A, B, C საწყისებზე) მიერთებენ გადამცემი ხაზის სადენებს (ნახ. 105).

გენერატორისა და მომხმარებლის ნულოვანი წერტილების შემაერთებელ სადენს ეწოდება ნულოვანი ანუ ნეიტრალური სადენი, ხოლო გენერატორის ფაზების თავისუფალი ბოლოების შემაერთებელ სადენებს მომხმარებლის ფაზების ბოლოებთან—ხაზური სადენები.

ამრიგად, ცვლადი დენის სამი ერთფაზა სისტემიდან ვარსკვლავისებრად შეერთებული სამფაზა სისტემის მისაღებად ექვსი სადენის მაგივრად საჭირო ხდება მხოლოდ ოთხი სადენი.

იმისათვის, რომ წარმოდგენა გვქონდეს იმ ეკონომიის ოდენობაზე, რომელსაც ვაღწევთ ერთფაზა სისტემიდან სამფაზა სისტემაზე გადასვლით, უწინარეს ყოვლისა საჭიროა დავადგინოთ ნეიტრალური სადენში გამავალი დენის სიდიდე, რადგან იგი განსაზღვრავს ამ სადენის კვეთს.

ვინაიდან ნეიტრალური სადენი მივიღეთ იმ სამი სადენის შენაცვლების გზით, რომლებიც აერთებენ გენერატორის ფაზების A, B, C საწყისებს მომხმარებლის



ნახ. 105. ნეიტრალური (ნულოვანი) სადენის მქონე სამფაზა გენერატორის გრაფიკების ვარსკვლავისებრად შეერთების სქემა (ა); გრაფიკების ვარსკვლავისებრად შეერთების პრინციპული სქემა (ბ); დენების ვექტორული დიაგრამა ფაზების თანაბარი დატვირთვისას (გ).

ფაზების საწყისებთან, ამიტომ, ცხადია, რომ დენი მასში დროის ნებისმიერ მომენტში კირხჰოფის პირველი კანონის თანახმად უდრის I_A , I_B და I_O დენების ჯამს.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქმე გვაქვს ცვლად, სინუსოიდურ დენებთან, მაშინ დენების მყისურ მნიშვნელობათა ალგებრული შეკრება, როგორც ვიცით, შეიძლება შეიცვალოს მოქმედი მნიშვნელობების გამომსახველი ვექტორების გეომეტრიული შეკრებით და, ამრიგად, დენი ნეიტრალურ სადენში ტოლი იქნება ფაზური დენების გეომეტრიული ჯამის

$$I_0 = I_A + I_B + I_O.$$

ნახ. 105, გ-ზე გამოსახულია ვექტორული დიაგრამა, რომელიც წარმოადგენს ნულოვან სადენში დენის გრაფიკულად განსაზღვრის ილუსტრაციას.

მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, რომ ფაზური დენების გამოთვლა წარმოებს ისევე, როგორც ერთფაზიან წრედში, ომის კანონის მიხედვით:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}; \quad I_B = \frac{U_B}{Z_B}; \quad I_O = \frac{U_O}{Z_O},$$

სადაც Z_A , Z_B , Z_O არის მომხმარებლის ფაზების მოჩვენებითი წინააღმდეგობები;

U_A , U_B , U_O —მათი ფაზური ძაბვები.

დენებსა და ძაბვებს შორის ფაზათა ძვრის კუთხეები წრედში რეაქტიული წინააღმდეგობების არსებობისას შეიძლება მოინახოს, მაგალითად, მათი კოსინუსების საშუალებით:

$$\cos \varphi_A = \frac{r_A}{Z_A}; \quad \cos \varphi_B = \frac{r_B}{Z_B} \quad \text{და} \quad \cos \varphi_O = \frac{r_O}{Z_O},$$

სადაც r_A , r_B , r_O არის მომხმარებლის ფაზების აქტიური წინააღმდეგობები.

ყუ მომხმარებელს აქვს ერთნაირი ფაზური წინააღმდეგობები, ე. ი. ადგილი აქვს თანაბარ დატვირთვას, როცა $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_O = \varphi$ და $Z_A = Z_B = Z_O = Z$, მაშინ სამი ფაზური დენი, ცხადია, ქმნის შეკრულ ტოლგვერდიან სამკუთხედს და, მაშასადამე, დენი ნეიტრალურ სადენში, რომელიც მათ გეომეტრიულ ჯამს წარმოადგენს, უდრის ნულს.

ამგვარად, თანაბრად დატვირთული სამფაზა სიმეტრიული სისტემის დროს ნეიტრალური სადენი საჭირო არ არის და სამფაზა

სისტემის მთელი სიმძლავრე შეიძლება გადაცემულ იქნას სამი სადენით, მაშინ როცა იგივე სიმძლავრის ერთფაზა სისტემით გადასაცემად საჭირო იქნებოდა იმავე კვეთის ექვსი სადენი.

მაგრამ სავსებით თანაბარი დატვირთვის უზრუნველყოფა შეიძლება მხოლოდ და მხოლოდ ისეთი სამფაზა მომხმარებლის კვებისას, რომელთა ჩართვა და გამორთვა სამივე ფაზით ერთდროულად ხდება.

ერთფაზა მომხმარებლების, როგორიც, მაგალითად, სავარვარო ნათურებია, ჩართვა ხდება ერთიმეორისაგან დამოუკიდებლად და, ცხადია, რომ ასეთი მომხმარებლის კვებისას არ შეიძლება მიღწეულ იქნას ფაზათა დატვირთვის სრული თანაბრობა.

ასეთ შემთხვევაში დენი ნეიტრალურ სადენებში ნულის ტოლი არ იქნება და მოგვიხდება მისი (ნეიტ. სადენის) შენარჩუნება.

ითვალისწინებენ რა, რომ დენი ნეიტრალურ სადენში ჩვეულებრივად მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე დენები ხაზურ სადენებში, ამიტომ ნეიტრალური სადენის კვეთს იღებენ ხაზური სადენის კვეთის ნახევარს (უახლოეს სტანდარტულ კვეთამდე დამრგვალებით).

ვარსკვლავისებრად შეერთებული გენერატორის განხილვისას შევაძინეთ, რომ გრაგნილების იმ თავისუფალ A, B, C ბოლოებს შორის ძაბვა, რომლებიც მიერთებული არიან ხაზურ სადენებზე, განსხვავდება ფაზური ძაბვისაგან.

ორ ხაზურ სადენს შორის ძაბვას ეწოდება **ხ ა ზ უ რ ი ძ ა ბ ვ ა**.

ხაზური ძაბვები აღინიშნება იმ ხაზური სადენების ინდექსებით, რომელთა შორის იზომება ისინი. მაგალითად, B და C სადენებს შორის ძაბვა აღინიშნება U_{BC} -თი.

დავადგინოთ ხაზურ და ფაზურ ძაბვებს შორის თანაფარდობა ვარსკვლავისებრად შეერთების დროს.

ვინაიდან გენერატორის ფაზები შეერთებულია თავიანთი საწყისებით, ამიტომ ჩვენ შეგვიძლია თვითეული წყვილი ფაზა განვიხილოთ როგორც ორი მიმდევრობით შეერთებული დენის წყარო, რომლებსაც აქვთ ერთმანეთის მიმართ ფაზით პერიოდის $1/3$ დაძრული შემხვედრი მიმართულების მქონე ელექტრომაგნიტური ველები ძალები.

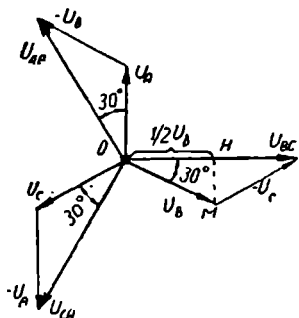
ცხადია, რომ ამასთან ერთად ხაზური ძაბვის მყისური მნიშვნელობა უნდა უდრიდეს შესაბამისი ფაზური ძაბვების მყისური მნიშვნელობათა სხვაობას.

თუ მხედველობაში მივიღებთ ძაბვების სინუსოიდურ ხასიათს,

მაშინ მყისური მნიშვნელობების ალგებრული გამოკლება შეიძლება შევცვალოთ მათი მოქმედი მნიშვნელობების გამომსახველი ვექტორების გეომეტრიული გამოკლებით და, ამგვარად, ხაზური ძაბვები იქნება შესაბამისი ფაზური ძაბვების გეომეტრიული სხვაობის ტოლი.

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B \quad \dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C \quad \text{და} \quad \dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A.$$

ნახ. 106-ზე ხაზური ძაბვები გრაფიკულად არის განსაზღვრული ვექტორული დიაგრამის საშუალებით.

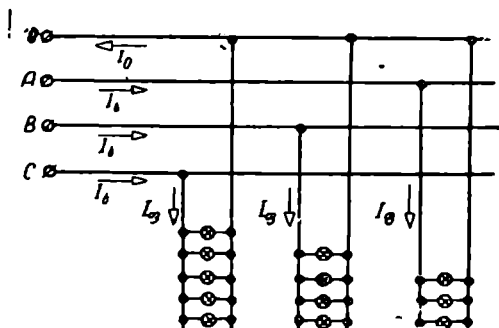


ნახ. 106. გენერატორის ვარსკვლავისებრად შეერთების დროს ძაბვების ვექტორული დიაგრამა.

U_A , U_B და U_C ფაზური ძაბვები ერთმანეთის მიმართ დაძრული არიან ფაზით 120° -ით. U_{AB} ხაზური ძაბვის განსაზღვრისას U_A ძაბვის ვექტორს გეომეტრიულად გამოაკლდება ვექტორი U_B (ე. ი. მიემატება ტოლი სიდიდის, მაგრამ საწინააღმდეგო მიმართულების მქონე ვექტორი— U_B).

ანალოგიურად განისაზღვრება ვექტორი U_{BC} და ვექტორი U_{CA} : პირველი როგორც U_B და U_C ვექტორების სხვაობა, ხოლო მეორე—როგორც U_C და U_A ვექტორების სხვაობა.

ძნელი მისახედრი არ არის, რომ ფაზური ძაბვების ერთმანეთს შორის ტოლობის დროს, ე. ი. როცა $U_A = U_B = U_C = U_{\phi}$



ნახ. 107. ნულთან სადენის მქონე ოთხსადენიან წრედში ნატურების ჩართვის სქემა.

ცხადია, ხაზური ძაბვებიც აღმოჩნდებათ ტოლები, ე. ი. $U_{AR} = U_{BO} = U_{OA} = U_b$.

თუ ნებისმიერი ფაზური ძაბვის ვექტორის, მაგალითად U_b -ს ბოლოდან დაეწვევებთ პერპენდიკულარს U_{BO} ხაზური ძაბვის ვექტორზე, მივიღებთ მართკუთხა OHM სამკუთხედს, რომლიდანაც ჩანს, რომ

$$\frac{1}{2} U_b = U_{\phi} \cos 30^\circ.$$

მაგრამ $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ და, მაშასადამე, $\frac{1}{2} U_b = U_{\phi} \frac{\sqrt{3}}{2}$, აქედან

$$U_b = U_{\phi} \sqrt{3}.$$

ამრიგად, ხაზური ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობა $\sqrt{3}$ -ჯერ აღემატება ფაზური ძაბვის მოქმედ მნიშვნელობას.

ხაზური ძაბვები, ისევე როგორც ფაზური ძაბვები, ერთმანეთის მიმართ დაძრული არიან ფაზით 120° -ის ტოლი კუთხით.

ხაზური დენები (I_b) ტოლია გენერატორის გრაგნილებში ან მომხმარებლის ფაზებში გამავალი დენების, ე. ი. ფაზური დენების (I_{ϕ})

$$I_b = I_{\phi}.$$

ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ არათანაბარი დატვირთვის დროს ნეიტრალურ სადენში დენი არ უდრის ნულს და ამიტომ გვიხდება მისი შენარჩუნება, თუმცა ამ სადენის კვეთს იღებენ ხაზური დენის კვეთის ნახევრის ტოლს.

შევეცადოთ გავარკვიოთ ნეიტრალური სადენის როლი ფაზების არათანაბარი დატვირთვის დროს.

დენი ნეიტრალურ სადენში უდრის ფაზური დენების გეომეტრიულ ჯამს. გამოვრთოთ იგი მომხმარებლის ნეიტრალური წერტილიდან, მაშინ დენი მასში ნულის ტოლი გახდება.

ნახ. 105, გ-ზე გამოსახულ ვექტორული დიაგრამის განხილვიდან აღვიღად მივხვდებით, რომ ამისათვის ფაზებში უნდა შეიცვალოს დენები. გადატვირთული ფაზების ფაზური დენები შემცირდება; ხოლო დაუტვირთავის—გაიზრდება.

როგორც შედეგი, შეიცვლება მომხმარებლის ფაზური ძაბვებიც, სახელდობრ, გადატვირთული ფაზების ანუ უმცირესი წინააღმდეგობის მქონე ფაზების მომპერებზე ძაბვა შემცირდება ნორმალურზე კვევით და, პირაქით, დაუტვირთავი ფაზის მომპერებზე აღვიღი ექნება ზეძაბვას.

მართლაც, ომის კანონის თანახმად ფაზური ძაბვები უდრის:

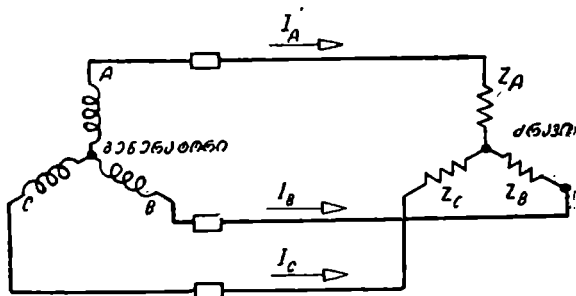
$$U_A = I_A \cdot Z_A; U_B = I_B \cdot Z_B \text{ და } U_C = I_C \cdot Z_C,$$

სადაც Z_A , Z_B , Z_C არის მომხმარებლის ფაზური წინააღმდეგობები.

აღვილი მისახვედრია, რომ ფაზებში დენების შეცვლისას შეიცვლება ფაზური ძაბვებიც.

ნეიტრალური სადენის გაწყვეტის შედეგად მომხმარებელთა ნორმალური რეჟიმის დარღვევის თავიდან აცილების მიზნით ნეიტრალურ სადენზე არასდროს არ აყენებენ ამომრთველებს ან მცველებს.

ამგვარად, როგორც დავრწმუნდით, ფაზების არათანაბარი დატვირთვის დროს ნეიტრალური სადენის როლი იმაში გამოიხატება, რომ მომხმარებლის ფაზური ძაბვები დაიქიროს ერთმანეთს შორის ტოლი (გააწონასწოროს).



ნახ. 108. გენერატორისა და მიმღების შეერთება ვარსკვლავისებრად.

ფაზების თანაბარი დატვირთვის დროს სამფაზა სისტემის გაანგარიშება დაიყვანება ერთი ფაზის გაანგარიშებამდე (ნახ. 108).

$$\text{ფაზური ძაბვა } U_{\Phi} = \frac{U_b}{\sqrt{3}};$$

$$\text{ფაზური დენი } I_{\Phi} = \frac{U_{\Phi}}{Z_{\Phi}},$$

$$\text{სადაც } Z_{\Phi} = Z_A = Z_B = Z_C.$$

$$\cos \varphi = \frac{r_{\Phi}}{Z_{\Phi}},$$

$$\text{სადაც } r_{\Phi} = r_A = r_B = r_C.$$

ერთი ფაზის აქტიური სიმძლავრე

$$P_{\text{ფ}} = U_{\text{ფ}} \cdot I_{\text{ფ}} \cdot \cos \varphi.$$

ფაზების თანაბარი დატვირთვის დროს სამფაზიანი სისტემის აქტიური სიმძლავრე

$$P = 3P_{\text{ფ}} = 3U_{\text{ფ}} I_{\text{ფ}} \cos \varphi = \sqrt{3} U_{\text{ბ}} I_{\text{ბ}} \cos \varphi.$$

რადგან

$$\sqrt{3} U_{\text{ფ}} = U_{\text{ბ}} ; I_{\text{ბ}} = I_{\text{ფ}}.$$

მიმღებთა ფაზების არათანაბარი დატვირთვის დროს სამფაზიანი სისტემის აქტიური სიმძლავრე განისაზღვრება ცალკეული ფაზების სიმძლავრეთა ჯამით

$$P = P_{\text{A}} + P_{\text{B}} + P_{\text{C}} = U_{\text{A}} \cdot I_{\text{A}} \cos \varphi_{\text{A}} + U_{\text{B}} \cdot I_{\text{B}} \cos \varphi_{\text{B}} + U_{\text{C}} \cdot I_{\text{C}} \cos \varphi_{\text{C}}.$$

§ 3. სამკუთხა შემართება

გენერატორისა და მომხმარებლის ფაზების სამფაზიანი სისტემაში ჩართვა, ჩვენს მიერ უკვე განხილული ვარსკვლავისებრად შეერთების გარდა, შეიძლება მეორე ვარიანტითაც.

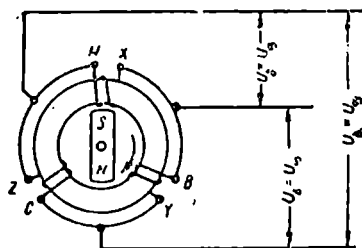
მაგალითად, ენერგიის ერთფაზი მიმღებები, როგორც საფარ-ვარო ნათურები, შეიძლება მიერთებულ იქნან უშუალოდ ხაზურ სადენებზე, ხაზურ ძაბვაზე.

ანალოგიურად შეიძლება სამფაზიანი მომხმარებლის ფაზების ჩართვაც; მხოლოდ ამ შემთხვევაში მიერთების დროს, დავიცავთ რა ფაზების საწყისსა და ბოლოებს, საჭიროა მივყვეთ რაღაც განსაზღვრულ სისტემას.

გენერატორის ფაზების ამგვარი შეერთება ნაჩვენებია ნახ. 109-ზე და მას სამკუთხა შეერთება ეწოდება.

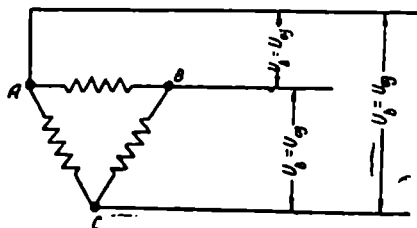
მისი განმასხვავებელი თავისებურება ის არის, რომ პირველი ფაზის ბოლო უერთდება მეორის საწყისს, მეორის ბოლო—მესამის საწყისს და მესამის ბოლო—პირველის საწყისს, ხოლო ფაზების შეერთების წერტილებზე მიერთებენ ხაზურ სადენებს.

აშკარაა, რომ შეერთების სქემაზე ფაზების გეომეტრიული სამ-

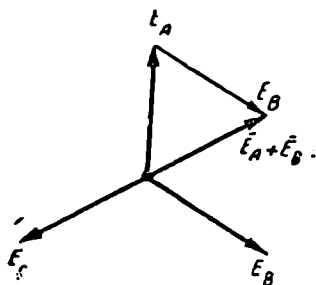


ნახ. 109. სამფაზიანი გენერატორის გრაფიკული სამკუთხა შეერთების სქემა.

კუთხედის ფორმით განლაგება სრულებით არ არის აუცილებელი; მაგალითად ნახ. 114-ზე გამოსახული ფაზები, თუმცა ერთი შეხედვით არ გვაგონებს სამკუთხედს, მაგრამ მაინც სამკუთხადაა არის შეერთებული, რადგან მათი ერომანეთთან შეერთება შეესაბამება ზემოხსენებულ განმასხვავებელ ნიშნებს.



ნახ. 110. გრაგნილების სამკუთხა შეერთების სქემა.



ნახ. 111. გენერატორის ე. მ. დ. ვექტორული დიაგრამა მისი გრაგნილების სამკუთხა შეერთების დროს.

გენერატორების გრაგნილების შეერთება შეიძლება აგრეთვე სამკუთხადა, ისე როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 110-ზე.

სამკუთხა შეერთების დროს გენერატორის ფაზები ქმნის მეტად მცირე წინააღმდეგობის მქონე შეკრულ კონტურს, მაგრამ განრთული გარეგანი წრედის დროს მასში დენი არ იარსებებს, რადგან ამ კონტურში მოქმედი ელექტრომამოძრავებელი ძალების ჯამი ნულის ტოლი იქნება.

ამის დასამტკიცებლად განვიხილოთ ნახ. 111-ზე გამოსახული ე. მ. დ. ვექტორული დიაგრამა. E_A და E_B ვექტორების შეკრებით მივიღებთ E_C ვექტორის ტოლი სიდიდისა და საწინააღმდეგო მიმართულების მქონე ვექტორს.

$$\vec{E}_A + \vec{E}_B = -\vec{E}_C,$$

მაშასადამე, $\vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C = 0$.

გრაგნილების არასწორად შეერთების შედეგად ე. მ. დ. შეიძლება გაიზარდოს ერთიორად, რაც მცირე წინააღმდეგობის მქონე კონტურში გამოიწვევს მოკლედ შერთვასთან მიახლოებულ რეჟიმს.

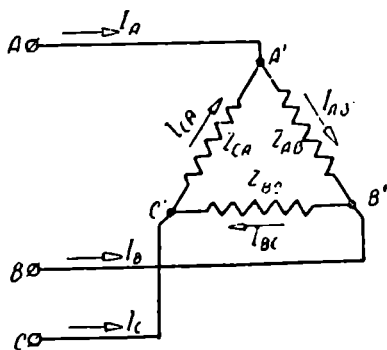
ახლა გავარკვიოთ, თუ როგორი თანათარდობა არსებობს ხაზურ და ფაზურ დენებსა და ძაბვებს შორის სამკუთხა შეერთების დროს.

ვინაიდან მომხმარებლის ან გენერატორის მიერთება სამკუთხა შეერთების დროს ხდება უშუალოდ ხაზურ სადენებზე, ამიტომ, ცხადია, რომ მათი ფაზური და ხაზური ძაბვები ტოლი იქნება, ე. ი.

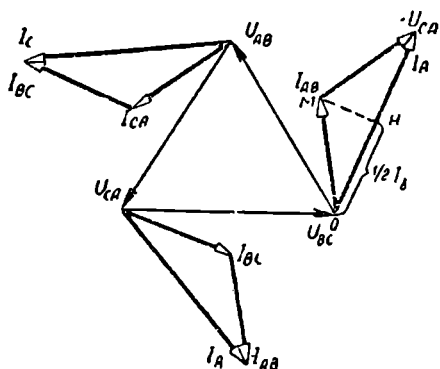
$$U_{\text{ფ}} = U_{\text{ხ}}.$$

იმის გამო, რომ ფაზებისა და ხაზური სადენების შეერთების A, B, C წერტილები წარმოადგენენ განშტოების წერტილებს, ხაზური დენები საერთოდ არ შეიძლება იქნეს ფაზური დენების ტოლი.

თუ ყველა ხაზური და აგრეთვე ყველა ფაზური დენებისათვის მივიღებთ ერთიან დადებით მიმართულებას, როგორც ეს, მაგალითად, ნაჩვენებია ნახ. 112-ზე, მაშინ კირხჰოფის პირველი კანონის თანახმად დენების მყისური მნიშვნელობებისათვის, ცხადია, შეგვიძლია დავწეროთ:



ნახ. 112. ენერგიის მიმღების სამკუთხა შეერთება.



ნახ. 113. ვექტორული დიაგრამა სამფაზა წრედისა ფაზების თანაბარი დატვირთვისა და მიმღებების სამკუთხა შეერთების დროს.

შეგვიძლია დავწეროთ:

$$i_A = i_{AB} - i_{CA};$$

$$i_B = i_{BC} - i_{AB};$$

$$i_C = i_{CA} - i_{BC}.$$

თუ გავითვალისწინებთ დენების სინუსოიდურობას, მაშინ

შეგვიძლია დენების მყისური მნიშვნელობების ალგებრული გამო-

კლება შეეცვალოთ მათი მოქმედი მნიშვნელობების გამომსახველი ვექტორების გეომეტრიული გამოკლებით, ე. ი.

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} \quad \text{და} \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}.$$

ფაზების თანაბარი დატვირთვის დროს ფაზური დენების ეფექტური მნიშვნელობები ერთმანეთს შორის ტოლებია და ერთნაირი კუთხით არიან რა დაძრული შესაბამისი ძაბვების მიმართ, ურთიერთ შორის კმნიან 120° -იან კუთხეს (ნახ. 113).

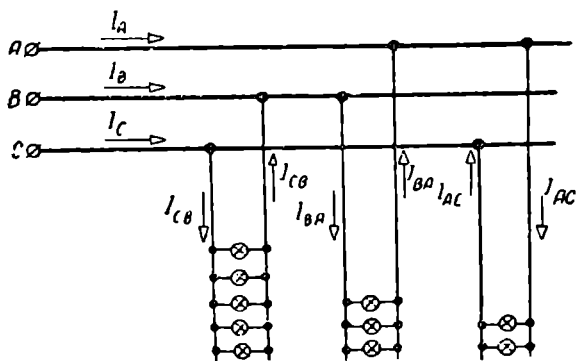
თუ ნებისმიერი ფაზური ძაბვის ვექტორის (მაგალითად I_{AB} -ს) ბოლოდან დაუშვებთ პერპენდიკულარს ხაზური დენის ვექტორზე (მაგალითად I_A -ზე), მაშინ OMH მართკუთხა სამკუთხედიდან მივიღებთ:

$$\frac{1}{2} I_b = I_{\Phi} \cos 30^\circ = I_{\Phi} \frac{\sqrt{3}}{2},$$

აქედან

$$I_b = I_{\Phi} \sqrt{3}.$$

ამგვარად, ფაზათა თანაბარი დატვირთვის დროს ხაზური დენები სიდიდით $\sqrt{3}$ -ჯერ მეტია ფაზურ დენებზე.



ნახ. 114. სამსადენიან ქსელში ნათურების სამკუთხა ჩართვის სქემა.

ფაზური დენის ფაზით დაძვრის კუთხის კოსინუსი ფაზური ძაბვის მიმართ განისაზღვრება წინააღმდეგობათა სამკუთხედიდან:

$$\cos \varphi = \frac{r_{\Phi}}{Z_{\Phi}}.$$

ერთი ფაზის აქტიური სიმძლავრე შეიძლება გამოვსახოთ აეს-
თი ტოლობით:

$$P_{\Phi} = U_{\Phi} \cdot I_{\Phi} \cos \varphi.$$

ფაზების თანაბარი დატვირთვის დროს სისტემის საერთო სიმძ-
ლავრე, ისევე როგორც ვარსკვლავისებრი შეერთების დროს, იქნება:

$$P = 3P_{\Phi} = 3U_{\Phi} \cdot I_{\Phi} \cos \varphi = \sqrt{3} U_{\text{ხ}} I_{\text{ხ}} \cos \varphi.$$

სამკუთხა შეერთებას (ნახ. 114) იყენებენ განათებისა და
ძალოვანი დატვირთვებისათვის.

ამოცანები

1. გენერატორზე, რომლის გრადნილები ვარსკვლავისებრადაა შეერთებული,
მიერთებულია ასევე ვარსკვლავისებრად შეერთებული დატვირთვა.

გენერატორის ფაზური ძაბვა $U_{\Phi} = 38,5$ ვ, თვითმული ფაზის აქტიური წი-
ნალმდებლობა $r = 40$ ომს, ხოლო ინდუქტიური $X_L = 30$ ომს.

განსაზღვრეთ:

- ა) ფაზური დენები I_{Φ} ;
- ბ) ხაზური ძაბვები $U_{\text{ხ}}$;
- გ) დენსა და ძაბვას შორის ფაზით დაძვრის კუთხის კოსინუსი.

ამოხსნა:

ა) ფაზური დენის განსაზღვრისათვის წინასწარ უნდა განსაზღვროს დატ-
ვირთვის თვითმული ფაზის სრული წინააღმდეგობა Z

$$Z = \sqrt{r^2 + X_L^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ ომი,}$$

აქედან

$$I_{\Phi} = \frac{U_{\Phi}}{Z} = \frac{38,5}{50} = 0,77 \text{ ა.}$$

$$\text{ბ) } U_{\text{ხ}} = U_{\Phi} \sqrt{3} = 38,5 \cdot 1,73 = 66,5 \text{ ვ.}$$

$$\text{გ) } \cos \varphi = \frac{r}{Z} = \frac{40}{50} = 0,8.$$

2. ერთი კოპას აქტიური წინააღმდეგობა არის 5 ომი და ინდუქტიური—20
ომი, მეორის—აქტიური წინააღმდეგობა არის 3 ომი და ინდუქტიური—14 ომი,
მესამის—აქტიური წინააღმდეგობა არის 7 ომი, ინდუქტიური—35 ომი.

კოპები შეერთებულია სამკუთხად და ჩართულია 120 ვ-იან ქსელში. განსაზღ-
ვრეთ სამივე კოპას მიერ მოთხოვნილი აქტიური სიმძლავრე.

3. სამფაზა გენერატორი 100 მეტრით არის დაშორებული დატვირთვიდან,
რომელიც შედგება სამკუთხად შეერთებული ასოცი 50 ვტ სიმძლავრის ნათური-
საგან, რომლებიც ფაზებზე განაწილებულია თანაბრად. თვითმული ნათურა იმ-
ყოფება 220 ვ ძაბვის ქვეშ.

განსაზღვრეთ:

ა) დენი ხაზურ სადენში;

ბ) ერთი სადენის წინააღმდეგობა, თუ ძაბვის ვარდნა მასში შეადგენს ნათუ-
რების ძაბვის $2\frac{1}{2}\%$ -ს.

კითხვები განმეორებისათვის

1. ჩამოაყალიბეთ სამუშაო დენის განსაზღვრა.
 - 2) როგორი დამოკიდებულება არსებობს ხაზურ და ფაზურ დენებსა და ძაბვებს შორის ვარსკვლავისებრად და სამკუთხა შეერთების დროს?
 - 3) განმარტეთ ოთხსადენიანი და სამსადენიანი სისტემა ვარსკვლავისებრად შეერთების დროს და მათი გამოყენება.
 - 4) განმარტეთ სამკუთხა შეერთება და მისი გამოყენება.
 - 5) რა უპირატესობა აქვს სამუშაო დენს ერთმუშა დენთან შედარებით?
-

ტრანსფორმატორები

§ 1. ზოგადი ცნობები ტრანსფორმატორების შესახებ

ცვლადი დენის ელექტრული ენერგიის გარდამქმნელ სტატი-
კურ ელექტრომაგნიტურ აპარატს ეწოდება ტრანსფორმატორი.

საერთოდ რომ ვთქვათ, ტრანსფორმატორი შეიძლება გამოყე-
ნებულ იქნას ცვლადი დენის ძაბვის, სიხშირის, ფაზების რიცხვისა
და ძაბვის პრუდის ფორმის გარდასაქმნელად.

ამ თავში ჩვენ შევჩერდებით ცვლადი დენის ძაბვის გარდამქმნე-
ლი ტრანსფორმატორების განხილვაზე, რომლებსაც უაღრესად
ფართო პრაქტიკული გამოყენება აქვთ ელექტროენერგიის დიდ
შანძილზე გადაცემისა და მიმღებთა შორის მისი განაწილების
დროს, აგრეთვე სხვადასხვა გამმართველ, სასიგნალიზაციო, გამა-
ძლიერებელ და სხვა მოწყობილობებში.

ელექტროსადგურიდან მომხმარებელამდე ელექტროენერგიის გა-
დაცემის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს სადენებში გამავალ I დე-
ნის სიდიდეს.

დენის სიდიდის მიხედვით შეარჩევენ ენერგიის გადამცემა ხა-
ზის სადენების კვეთს, მაშასადამე, განსაზღვრავენ სადენების ლი-
რებულებას და, აგრეთვე, მასში ენერგიის კარგვებსაც.

სადენების კვეთი და მათში ენერგიის კარგვები განისაზღვრება
შემდეგი გამოსახულებებით:

$$s = \frac{I}{\delta}; \quad P_g = I^2 \cdot r,$$

სადაც s არის გამტარის განიკვეთი მმ²-ში.

I —სადენში გამავალი დენი ა-ში.

δ —დენის სიმკვრივე ამპერებში მმ²-ზე;

P_g —სადენებში სიმძლავრის კარგვები ვტ-ებში;

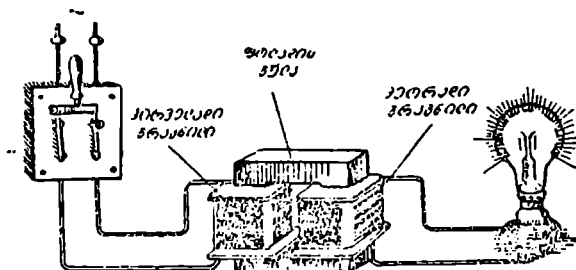
r —სადენის ელექტრული წინააღმდეგობა ომებში.

თუ ერთი და იგივე სიმძლავრის გადაცემის დროს გაავადილებთ
ძაბვას, მაშინ ძაბვის გადიდების მიხედვით შემცირდება დენი და,

მაშასადამე, მოგვეცემა იმის შესაძლებლობა, რომ ელექტროენერგიის გადამცემა ხაზის მოწყობისას გამოვიყენოთ უფრო მცირე განივკვეთის მქონე სადენები, რაც ხაზის მოწყობის დროს ამცირებს ფერადი ლითონების ხარჯს და ამცირებს მასში სიმძლავრის კარგებას.

ძაბვის გასაღიდეblად იყენებენ ძაბვის ამწვე ტრანსფორმატორებს.

ენერგიის მიმღებები (სავარგარო ნათურები, ელექტროძრავები და ა. შ.) ამ პირთა სიცოცხლის უსაფრთხოების მიზნით, რომლებიც სარგებლობენ ამ მიმღებებით, გათვლილია დაბალ ძაბვაზე:



ნახ. 115. ტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა.

(110—380 ვ), ამიტომ მაღალი ძაბვა, რომლითაც წარმოებს ენერგიის გადამცემა, არ შეიძლება უშუალოდ იქნას გამოყენებული მიმღებთა კვებისათვის.

მიმღებთან მიყვანილი ენერგიის ძაბვის შემცირებას ახდენენ დაჰწვევი ტრანსფორმატორის საშუალებით.

რუსმა სწავლულმა პავლე ნიკოლოზის ძე იაბლოჩკოვმა 1876 წელს პირველმა განახორციელა ცვლადი დენის ტრანსფორმირება ელექტრული სანათის კვებისათვის.

ნახ. 115-ზე გამოსაუღლია ტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა, სადაც მეტი სიცხადისათვის გრაგნილები მოთავსებულია ფოლადის გულას სხვადასხვა ღეროზე. სინამდვილეში ორივე გრაგნილი განაწილებულია გულას ორივე ღეროზე ისე, რომ ორთავე გრაგნილის პირველი ნახევრები მოთავსდეს მარცხენა ღეროზე, ხოლო მეორე ნახევრები—მარჯვენა ღეროზე.

ელექტროენერგიის წყაროს ქსელზე მიერთებულ გრაგნილს ეწოდება პირველადი, ხოლო გრაგნილს, რომლიდანაც ენერგიის მიწოდება ხდება მომხმარებლისადმი—მეორადი.

ჩვეულებრივ, პირველადი და მეორადი გრაგნილების ძაბვები ერთნაირი არ არის.

თუ პირველადი ძაბვა მეორად ძაბვაზე მცირეა, მაშინ ტრანსფორმატორის ეწოდება ამწევი, ხოლო თუ პირველადი ძაბვა მეტია მეორადზე, მაშინ—დამწევი. ნებისმიერი ტრანსფორმატორი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ძაბვის როგორც ამწევად, ისე დამწევად.

§ 2. ტრანსფორმატორის მოძმედების პრინციპი და მოწყობილობა

ტრანსფორმატორის მოქმედება დამყარებულია ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენებზე.

თუ ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილს ჩავრთავთ ცვლადი დენის წყაროს ქსელში, მაშინ მასში გაივლის I_1 ცვლადი დენი, რომელიც ტრანსფორმატორის გულაში შექმნის ცვალებად მაგნიტურ ნაკადს. ეს მაგნიტური ნაკადი განქვალავს ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილს და მასში დაინდუქტივებს E_2 ელექტრომამოძრავებელ ძალას. თუ მეორად გრაგნილს ჩავრთავთ ენერგიის რაიმე მიმღებზე (ნახ. 115-ზე ასეთი მიმღებია სავარჯიშო ნათურა), მაშინ დაინდუქტივებული ელექტრომამოძრავებელი ძალის ზემოქმედებით ამ გრაგნილში და ენერგიის მიმღებში გაივლის I_2 დენი. ამრიგად, ელექტრული ენერგია ტრანსფორმატორების შემდეგ პირველადი ქსელიდან გადაეცემა მეორად ქსელს იმ ძაბვით, რომელზეც გათვლილია მეორად ქსელში ჩართული ენერგიის მიმღები.

პირველად და მეორად გრაგნილებს, მათ შორის მაგნიტური კავშირის გაძლიერების მიზნით, ათავსებენ ფოლადის გულაზე. იმისათვის, რომ შეამცირონ გრიგალისებრ დენებზე დანაკარგები, ტრანსფორმატორის გულას შეკრებენ 0,35 ან 0,5 მმ სისქის შპონე სატრანსფორმატორო ფოლადის თხელი ფურცლებისაგან, რომელთა ერთ მხარეზე დაწებებულია თხელი ქაღალდი ან დავარულია ლაქით. 3-4, 3-4·A და 3-4·AA მარკების სატრანსფორმატორო ფოლადს ახასიათებს უფრო მცირე კარგვები, ვიდრე ჩვეულებრივ ელექტროტექნიკურ ფოლადს. ფოლადის მარკების აღნიშვნებში ასო 3 აღნიშნავს, რომ ფოლადი არის ელექტროტექნიკური, ციფრი 4—ტრანსფორმატორული ანუ ლეგირებული (კაეხადის 5,5%-მდე მინარევით), ასო A—შემცირებული კარგვებით, AA—მცირე კარგვებით.

ამჟამად დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორების გულების დასამზადებლად იყენებენ ХВН და ХТ—18 მარკების ცივად ნაგ-

ლინ ფოლადს, რომელშიც დანაკარგები კიდევ უფრო მცირეა, ვიდრე 3-4-AA მარკის ფოლადში.

ტრანსფორმატორების გრაგნილებს უმთავრესად ცილინდრულ ფორმას აძლევენ; მათი შესრულება, მცირე კვეთის საგრაგნილო სადენების დროს, წარმოებს მრგვალი განივკვეთის მქონე სპილენძის იზოლირებული სადენისაგან, ხოლო დიდი კვეთის მქონე საგრაგნილო სადენების დროს—მართკუთხა განივკვეთის მქონე სპილენძის სადენისაგან.

გულასთან უფრო ახლოს ათავსებენ დაბალი ძაბვის გრაგნილს, რადგან მისი იზოლირება გულასაგან უფრო ადვილია, ვიდრე მაღალი ძაბვის გრაგნილისა.

გრაგნილების განლაგება ტრანსფორმატორის გულაზე ნაჩვენებია ნახ. 116-ზე.

დაბალი ძაბვის გრაგნილის გულასაგან იზოლირებას ახდენენ რომელიმე საიზოლაციო მასალის ნაფენის საშუალებით.

მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ერთმანეთისაგან გაყოფაც საიზოლაციო შუასადენის საშუალებით ხდება.

მძლავრ ტრანსფორმატორებში, გრაგნილების მიერ გარემოცული ფართობის უკეთ გამოყენების მიზნით, გულას კვეთს აკეთებენ საფეხურებიანს, ხოლო მცირე სიმძლავრის (1000 ვა-მდე) ტრანსფორმატორების გულას ჩვეულებრივ აქვს მართკუთხა კვეთი.

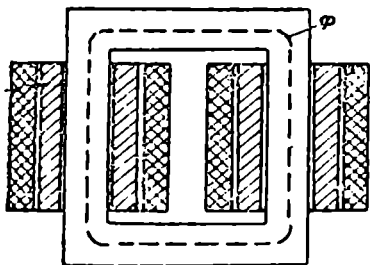
ნახ. 116. მძლავრი ტრანსფორმატორის გრაგნილების განლაგება გულაზე.

დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებს მოწყობილი აქვთ ზეთით გაცივება, რისთვისაც მათ ათავსებენ მინერალური სატრანსფორმატორო ზეთით გავსებულ ავზში; მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებისათვის, რომლებსაც გაცივების დიდი კუთრი ზედაპირი აქვთ ყოველთვის, ჰაერით გაცივება სავსებით საკმარისია.

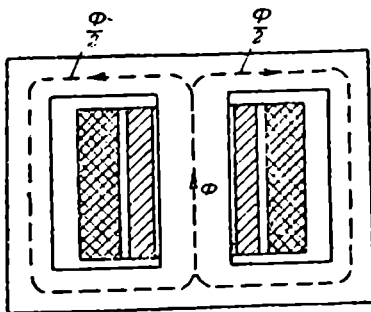
გულას კონსტრუქციის მიხედვით ტრანსფორმატორები შეიძლება იყოს ლეროვანი და ჯაფშნოვანი. ერთფაზიანი ტრანსფორმატორის ლეროვანი გულა შედგება ორი ლეროსაგან, რომლებზეც მოთავსებუ-

ლია მისი გრაგნილები (ნახ. 117). ეს ღეროები ორივე მხრიდან შეერთებულია უღლით, ისე რომ მაგნიტური ნაკადი შეიკვრება ფოლადში. ჯავშნოვანი გულა შეიცავს ერთ ღეროს, რომელზეც სრულად არის მოთავსებული ტრანსფორმატორის ორივე გრაგნილი. ღერო ორივე მხრიდან გარემოცულია (შეჯავშნულია) უღლით ისე, რომ გულა ნაწილობრივ იცავს გრაგნილს მექანიკური და ზიანებისაგან (ნახ. 118).

ამჟამად დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორები კეთდება მხოლოდ და მხოლოდ ღეროვანი, რადგან ამ ტიპის ტრანსფორმატო-



ნახ. 117. ღეროვანი გულა.



ნახ. 118. ჯავშნოვანი გულა.

რებში უფრო ადვილად ხორციელდება მაღალი ძაბვის გრაგნილების გულასაგან იზოლირება, ვიდრე ჯავშნიან ტრანსფორმატორებში. მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებში გრაგნილების ძაბვა ჩვეულებრივად მცირეა, რის გამოც გულასაგან მათი იზოლირება მნიშვნელოვნად ადვილდება. ამიტომ მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებს ხშირად აკეთებენ ჯავშნოვანი გულათი, რომელსაც აქვს მხოლოდ ერთი კოჭა მასზე მოთავსებული ორი გრაგნილით, მაშინ როცა ღეროვან გულას აქვს ორი კოჭა.

ჯავშნოვან გულაში წარმოქმნილი მაგნიტური ნაკადი ღეროდან გამოსვლისას ორ ტოლ ნაწილად განშტოვდება, ასე რომ უღელში შეკრული ნაკადი ორჯერ ნაკლებია, ვიდრე ღეროში, რის გამოც მისი კვეთი ღეროს კვეთთან შედარებით შემცირებული კეთდება.

§ 3. ტრანსფორმატორის უძვირესი სველა

თუ ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილი განრთულია, მაშინ მასში დენი არ არსებობს, და მუშაობის ასეთ რეჟიმს უქმის სველა ეწოდება.

დაუშვათ, რომ ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილი ჩავრთეთ ცვლადი დენის წრედში, რომელიც ენერგიას ლებულობს ნახ. 115-ზე სქემატურად ჩაჩვენებ რომელიღაც გენერატორიდან. ცვლადი დენი, რომელიც გაივლის პირველად გრაგნილში მისი ქსელში ჩართვისას, გულაში წარმოქმნის ცვალებად მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც განკველავს რა პირველად და მეორად გრაგნილს, დააინდუქტივებს მათში ელექტრომამოძრავებელ ძალას.

პირველად და მეორად გრაგნილებში დაინდუქტივებული ელექტრომამოძრავებელი ძალების მოქმედი მნიშვნელობები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$E_1 = 4,44 \cdot w_1 \cdot f \cdot \Phi_m \text{ ვ;}$$

$$E_2 = 4,44 \cdot w_2 \cdot f \cdot \Phi_m \text{ ვ,}$$

სადაც w_1 და w_2 — არის პირველადი და მეორადი გრაგნილების ხვეების რიცხვი;

f — ცვლადი დენის სიხშირე ჰც-ში.

Φ — ვებერებში გამოსახული მაგნიტური ნაკადი ტრანსფორმატორის გულაში; თუ მაგნიტური ნაკადი გამოსახულია მაქსველებში, მაშინ აღნიშნული ფორმულა უნდა გამოავლდეს 10^{-8} -ზე.

ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დროს დენი მეორად გრაგნილში არ არსებობს, მაშასადამე, არც ძაბვის ვარდნას აქვს ადგილი ამ გრაგნილში და მასში დაინდუქტივებული ე. მ. ძ. E_2 ტოლია ამავე გრაგნილის მომკერებზე არსებული U_2 ძაბვისა, ე. ი.

$$E_2 = U_2.$$

ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის მომკერებზე მოდებულ U_1 ძაბვას პრაქტიკულად უთანასწორდება ამ გრაგნილში მაგნიტური ნაკადით დაინდუქტივებული E_1 ე. მ. ძ. და, მაშასადამე, ამ ძაბვისა და ე. მ. ძ.-ის აბსოლუტურ სიდიდეებს შორის შეიძლება დაშვებულ იქნას შემდეგი მიახლოებითი ტოლობა:

$$U_1 = E_1.$$

ძნელი მისახვედრი არ არის, რომ ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დროს პირველადი და მეორადი გრაგნილების მომკერებზე ძაბვების შეფარდება ტოლია შესაბამისი გრაგნილების ხვეების რიცხვთა შეფარდების, ე. ი.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44 \cdot w_1 \cdot f \cdot \Phi_m}{4,44 \cdot w_2 \cdot f \cdot \Phi_m} = \frac{w_1}{w_2}.$$

ფარდობას, რომელიც გამოსახავს ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის ხეიების რაოდენობის შეფარდებას მისი მეორადი გრაგნილის ხეიების რაოდენობასთან, ეწოდება ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი და აღიწინება ასო c -თი.

$$\frac{w_1}{w_2} = c.$$

ამრიგად, თუ ტრანსფორმატორს აქვს ხეიების სხვადასხვა რაოდენობის მქონე პირველადი და მეორადი გრაგნილები, მაშინ პირველადი გრაგნილის U_1 ძაბვის მქონე ცვლადი დენის წრედზე მიერთებისას მეორად გრაგნილში წარმოიქმნება U_2 -ის არატოლი U_2 ძაბვა.

თუ მეორადი გრაგნილის ხეიების რიცხვი ნაკლებია პირველადი გრაგნილის ხეიების რიცხვზე, მაშინ მეორადი გრაგნილის მომკერებზე არსებული ძაბვა იგივე ფარდობით იქნება ნაკლები პირველადი გრაგნილის მომკერებზე მოდებულ ძაბვაზე, და ტრანსფორმატორი იქნება დამწვევი. თუკი მეორადი გრაგნილის ხეიების რიცხვი მეტია პირველადი გრაგნილის ხეიათა რიცხვზე, მაშინ მეორადი გრაგნილის ძაბვაც მეტი იქნება პირველადი გრაგნილის ძაბვაზე, და ტრანსფორმატორი იქნება ამწვევი.

ამრიგად:

$$U_2 = \frac{w_2}{w_1} \cdot U_1 = \frac{1}{\frac{w_1}{w_2}} U_1 = \frac{1}{c} U_1.$$

მაგალითად, თუ წრედის ძაბვა $U_1 = 220$ ვ, ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილს აქვს $w_1 = 440$ ხვია, ხოლო მეორადს — $w_2 = 24$ ხვია, მაშინ მეორადი გრაგნილის მომკერებზე ძაბვა მოინახება შემდეგი თანათფარდობით:

$$U_2 = \frac{24}{440} \cdot 220 = 12 \text{ ვ.}$$

უქმი სვლის დროს ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში გადის მცირე დენი, რომელსაც ეწოდება უქმი სვლის დენი I_{10} და რომელიც, შეადგენს რა ჩვეულებრივად ნომინალური დენის 5—10%-ს, ტრანსფორმატორის გულაში წარმოქმნის მაგნიტურ ნაკადს. მაგნიტური ნაკადის შესაქმნელად ტრანსფორმატორი ქსელიდან მოითხოვს რეაქტიულ სიმძლავრეს. რაც შეეხება აქტი-

ურ სიმძლავრეს, რომელსაც ტრანსფორმატორი შოითხოვს უქმი სვლის დროს, იგი იხარჯება ენერგიის იმ კარგების დასაფარავად გულაში, რომლებიც გამოწვეულია ჰისტერეზისითა და გრიგალი სებრი დენებით.

რადგან ტრანსფორმატორის უქმი სვლისას რეაქტიული სიმძლავრე მეტია აქტიურ სიმძლავრეზე, ამიტომ მისი სიმძლავრის კოეფიციენტი ($\cos \varphi$) ძალიან მცირეა და იგი ჩვეულებრივ $0,2-0,3$ უდრის.

§ 4. ტრანსფორმატორის მუშა რეჟიმი

თუ ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილს ჩავრთავთ ენერგიის რომელიმე მიმღებზე, მაშინ გრაგნილში გაივლის დენი.

თუ უგულვებელყოფთ ძაბვის ვარდნას ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის წინააღმდეგობებში, მაშინ მისი ნებისმიერი დატვირთვისას შეგვიძლია დავუშვათ ამ გრაგნილის მომქერებზე მოდებული ძაბვისა და მის გამაწონასწორებელ პირველად გრაგნილში წარმოქმნილი ელექტრომაგნიტური ძალის აბსოლუტურ სიდიდეთა შიახლოებითი თანასწორობა, ე. ი.

$$U \approx E_1.$$

ამ ტოლობის საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ სიდიდით უცვლელი მოდებული U_1 ძაბვის დროს დაახლოებით უცვლელი იქნება ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში დაინდუქტივებული E_1 ე. მ. ძ. მისი ნებისმიერი დატვირთვისას. მაგრამ E_1 ე. მ. ძ. დამოკიდებულია Φ_m მაგნიტურ ნაკადზე და თუ იგი დაახლოებით უცვლელია, მაშინ აგრეთვე დაახლოებით უცვლელი იქნება ტრანსფორმატორის გულაში აღძრული მაგნიტური ნაკადიც დატვირთვის ნებისმიერი ცვლილებისას.

ამრიგად, უცვლელი მოდებული ძაბვის დროს მაგნიტური ნაკადი ტრანსფორმატორის გულაში პრაქტიკულად უცვლელი დარჩება ნებისმიერი დატვირთვისას და ტოლი იქნება უქმი სვლის მაგნიტური ნაკადისა.

ტრანსფორმატორის დატვირთვისას მეორად გრაგნილში გამავალი დენი წარმოქმნის თავის მაგნიტურ ნაკადს, რომელსაც ლენცის კანონის თანახმად გულაში არსებული მაგნიტური ნაკადის შემხვედრი მიმართულება ექნება და რომელიც ისწრაფვის შეამციროს იგი. იმისათვის, რომ რეზულტიური მაგნიტური ნაკადი გულაში დარჩეს უცვლელი და უქმი სვლის მაგნიტური ნაკადის ტოლი, მეორადი გრაგნილის შემხვედრი მიმართულების

მაგნიტურ ნაკადს უნდა აწონასწორობდეს პირველადი გრაგნილის მაგნიტური ნაკადი.

მაშასადამე, მეორადი გრაგნილის I_2 დენის გადიდებისას იზრდება ამ გრაგნილის განმამაგნიტებელი მაგნიტური ნაკადი და ერთდროულად იზრდება პირველადი გრაგნილის როგორც I_1 დენი, ისე ამ დენით წარმოქმნილი ნაკადი. რადგან პირველადი გრაგნილის მაგნიტური ნაკადი აწონასწორობს მეორადი გრაგნილის განმამაგნიტებელ ნაკადს, ამიტომ რეზულტირებული მაგნიტური ნაკადი გულაში ინარჩუნებს თავის უცვლელ მნიშვნელობას, რომელიც დაახლოებით უდრის უქმი სვლის მაგნიტურ ნაკადს.

ამრიგად, მეორად გრაგნილში I_2 დენის ნებისმიერი ცვლილებისას შესაბამისად შეიცვლება I_1 დენი ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში. პირველადი გრაგნილის დენი აწონასწორობს მეორადი გრაგნილის დენის განმამაგნიტებელ მოქმედებას და გულაში წარმოქმნის პრაქტიკულად უცვლელ მაგნიტურ ნაკადს ტრანსფორმატორის ნებისმიერი დატვირთვის დროს.

მაგრამ, როცა დატვირთულია ტრანსფორმატორი, მაშინ მის პირველად და მეორად გრაგნილში გადის რიცხობრივად არატოლი დენები. თუ უგულვებელყოფთ სიმძლავრის კარგვებს ტრანსფორმატორში, მაშინ შეგვიძლია დავუშვათ, რომ $U_2 I_2$ სიმძლავრე, რომელსაც ტრანსფორმატორი გადასცემს მიმღებს, დაახლოებით ტოლია იმ $U_1 I_1$ სიმძლავრისა, რომელსაც ტრანსფორმატორი მოითხოვს ენერგიის წყაროს ქსელიდან, ე. ი.

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 I_1,$$

აქედან

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = c \text{ და } I_2 = c \cdot I_1.$$

დამწვევ ტრანსფორმატორში პირველადი გრაგნილის U_1 ძაბვა c -ჯერ მეტია მეორადი გრაგნილის U_2 ძაბვაზე და მეორადი გრაგნილის I_2 დენი აკრეფევ c -ჯერ მეტია პირველადი გრაგნილის I_1 დენზე. ამწვევ ტრანსფორმატორში აღგილი აქვს გრაგნილების ძაბვებსა და დენებს შორის შებრუნებულ თანაფარდობას.

თუ, მაგალითად, ტრანსფორმატორის სრულ დატვირთვაზე ჩართვის დროს პირველადი გრაგნილის ძაბვა $U_1 = 220$ ვ და მეორადი გრაგნილის ძაბვა $U_2 = 12$ ვ, მაშინ პირველადი გრაგნილის

ნომინალური დენის $I_1=0,3$ ა დროს დენი მეორად გრაგნილში იქნება:

$$I_2=0,3 \frac{220}{12}=5,5 \text{ ა.}$$

ამრიგად, გრაგნილი, რომელიც უფრო მაღალი ძაბვისათვისაა განკუთვნილი და რომელსაც ხვიების უფრო მეტი რაოდენობა აქვს, შეიძლება გაკეთებულ იქნას უფრო მცირე განივკვეთის მქონე სადენით, ვიდრე უფრო დაბალი ძაბვის გრაგნილი, რადგან მასში გადის უფრო მცირე დენი.

როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, ტრანსფორმატორის უქმი სელის დროს მისი სიმძლავრის კოეფიციენტი ($\cos \varphi$) ძლიერ მცირეა. ტრანსფორმატორის აქტიური დატვირთვის ზრდასთან ერთად იზრდება მისი $\cos \varphi$ და სრული დატვირთვის დროს თითქმის ერთამდე აღწევს.

სიმძლავრე, რომელსაც ტრანსფორმატორი მოითხოვს ქსელიდან, უდრის:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1.$$

სასარგებლო სიმძლავრე, რომელსაც ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილი გადასცემს ენერგიის მომხმარებელს, უდრის:

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2.$$

ტრანსფორმატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტი წარმოადგენს შეფარდებას ტრანსფორმატორის სასარგებლო სიმძლავრისა მის მიერ ქსელიდან მოთხოვნილ სიმძლავრესთან, ე. ი.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 I_2 \cdot \cos \varphi_2}{U_1 I_1 \cdot \cos \varphi_1}.$$

მომხმარებელ და სასარგებლო სიმძლავრეთა შორის სხვაობა უდრის სიმძლავრის დანაკარგებს, რომელიც იხარჯება გულას ფოლადში ჰისტერეზისითა და გრიგალისებრი დენებით გამოწვეულ კარგვებზე (აღინიშნება $P_{\text{ფოლ-ით}}$) და ტრანსფორმატორის გრაგნილების სპილენძში კარგვებზე—ამ გრაგნილების გახურების გამო მათში გამავალი დენებით (აღინიშნება $P_{\text{აილ-ით}}$), ე. ი.

$$P_1 - P_2 = P_{\text{ფოლ}} + P_{\text{აილ}}.$$

მაშასადამე, ტრანსფორმატორის მ. ქ. კ. შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი გამოსახულებით:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{ფოლ}} + P_{\text{სილ}}} = \frac{U_2 I_2 \cdot \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cdot \cos \varphi + P_{\text{ფოლ}} + P_{\text{სილ}}}.$$

ტრანსფორმატორის მ. ქ. კ. უდიდესი იქნება მისი ისეთი დატვირთვისას, როდის ჯდროს ფოლადში კარგვები გაუტოლდება სპილენძში კარგვებს.

თანამედროვე ტრანსფორმატორების მ. ქ. კ. ძალიან მაღალია და მძლავრ ტრანსფორმატორებში მათი სრული დატვირთვის ჯდროს იგი აღწევს 98—99,5%.

§ 5. სამფაზა ტრანსფორმატორები

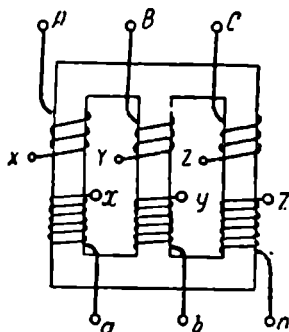
სამფაზა ტრანსფორმატორის გამომგონებლად ითვლება მ. ო. დოლივო-დობროვოლსკი, რომელმაც 1891 წელს პირველმა გამოიყენა სამფაზა ტრანსფორმატორი იმისათვის, რომ ელექტრული ენერგიის გადაცემა განეხორციელებია სამფაზა დენით.

სამფაზა ტრანსფორმატორების გულას აქვს ულლით შეერთებული სამი ღერო, რომლებზეც მოთავსებულია გრაგნილები (ნახ. 119).

ღეროებში წარმოქმნილი მაგნიტური ნაკადები თავიანთი ამპლიტუდებით ტოლი არიან და ერთმანეთის მიმართ ფაზით დაძრულები $1/3$ პერიოდით, რის გამოც ნებისმიერი ღეროს მაგნიტური ნაკადი ღეროს ნებისმიერ მომენტში უდრის ორი დანარჩენი ღეროს მაგნიტური ნაკადის ჯამს შებრუნებული ნიშნით.

სამფაზიანი ტრანსფორმატორი შეიძლება გაკეთებულ იქნას აგრეთვე სამი ერთნაირი სიმძლავრის მქონე ერთფაზიანი ტრანსფორმატორებისაგან, თუ მათ გრაგნილებს ურთიერთ შორის შევაერთებთ.

მაღალი ძაბვის გრაგნილების მომჭერები ჩვეულებრივად აღიწინებენ დიდი ასოებით: *A*, *B*, *C*—გრაგნილების საწყისები და



ნახ. 119. სამფაზა ტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა.

X, Y, Z —გრაგნილების ბოლოები. დაბალი ძაბვის გრაგნილების მომქერები აღინიშნება პატარა ასოებით: a, b, c —გრაგნილების საწყისები და x, y, z —გრაგნილების ბოლოები. გამოყვანილი ნულოვანი წერტილები აღინიშნება O და o ასოებით.

გრაგნილების უჯრეთების სკეშები		კინაზიკური აღნიშვნები
გაბილი სკეშ	გაბილი სკეშ	
		Y/Y_0
		Y/Δ
		Y_0/Δ

ნახ. 120. სამფაზა ტრანსფორმატორების შეერთებების სტანდარტული სკემები.

მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილები შეიძლება შეერთებულ იქნან ვარსკვლავისებრად ან სამკუთხად. სამფაზიანი ტრანსფორმატორის გრაგნილების ვარსკვლავისებრად შეერთება აღინიშნება Y ნიშნით, ხოლო სამკუთხად— Δ ნიშნით; თუ გრაგნილები შეერთებულია ვარსკვლავისებრად და აქვთ გამოყვანილი ნულოვანი წერტილი, მაშინ ასეთი შეერთება აღინიშნება Y_0 ნიშნით.

ნახ. 120-ზე ნაჩვენებია სამფაზა ტრანსფორმატორების შეერთების სტანდარტული სკემები. მესამე სვეტში მოცემულია სამფაზა ტრანსფორმატორების გრაგნილების შეერთების სქემათა აღნიშვნები, სადაც ხაზ-ზევითა ნიშანი უჩვენებს მაღალი ძაბვის გრაგნილების შეერთების სქემას, ხაზქვევითა—დაბალი ძაბვის გრაგნილების შეერთების სქემას.

სტანდარტული სკემების განხილვიდან ჩანს, რომ მაღალი ძაბვის გრაგნილები ჩვეულებრივ შეერთებულია ვარსკვლავისებრად. გრაგნილების ვარსკვლავისებრად შეერთებისას ფაზური ძაბვა $\sqrt{3}$ -ჯერ უფრო მცირეა ხაზურ ძაბვაზე, რაც ამარტივებს გრაგნილების იზოლაციას. დაბალი ძაბვის გრაგნილებს ყველაზე ხშირად აერთებენ სამკუთხად, რადგან ასეთი შეერთებისას ტრანსფორმატორი უფრო ნაკლებად მგრძნობიარეა ფაზათა დატვირთვის უთანაბრობის მიმართ.

ფაზების თანაბარი დატვირთვისას სიმძლავრე P_2 , რომელსაც სამფაზიანი ტრანსფორმატორი გადასცემს ქსელს, უდრის

$$P_2 = \sqrt{3} \cdot U_2 I_2 \cos \varphi_2,$$

სადაც U_2 და I_2 არის მეორადი წრედის ხაზური ძაბვა და დენი.

სამფაზიანი ტრანსფორმატორის მ. ქ. კ. გინისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\eta = \frac{\sqrt{3} \cdot U_2 I_2 \cos \varphi_2}{\sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_{\text{ფოლ}} + P_{\text{საილ}}}.$$

§ 6. ავტოტრანსფორმატორი

ავტოტრანსფორმატორი წარმოადგენს ელექტრომაგნიტურ აპარატს, რომელსაც აქვს ფოლადის გულაზე მოთავსებული ერთი გრაგნილი.

ნახ. 121-ზე ნაჩვენებია დამწვევი ავტოტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა; ავტოტრანსფორმატორი შეიძლება იყოს ამწვევიც.

ავტოტრანსფორმატორის $A-X$ გრაგნილს აქვს მიმდებარებით შეერთებული w_1 ხვიები და ჩართულია U_1 ძაბვის მქონე ცვლადი დენის ქსელში. გრაგნილის $a-X$ ნაწილი ხვიების w_2 რიცხვით ჩართულია ენერგიის მიმღებზე.

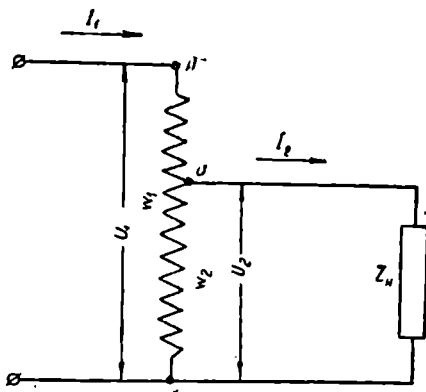
ავტოტრანსფორმატორის გრაგნილში დაინდუქტივებული ელექტრომაგნიტური ძალები უდრის:

$$A-X \text{ გრაგნილში: } E_1 = 4,44 w_1 f \Phi_m;$$

$$\text{გრაგნილის } a-X \text{ ნაწილში: } E_2 = 4,44 w_2 f \Phi_m.$$

ავტოტრანსფორმატორის უქმი სვლის დროს მეორადი ქსელის U_2 ძაბვა ტოლია გრაგნილის $a-X$ ნაწილში დაინდუქტივებული E_2 ე. მ. ძ.-ის, ხოლო ქსელის ძაბვა დაახლოებით უდრის $A-X$ გრაგნილში დაინდუქტივებულ E_1 ე. მ. ძ.-ს, ე. ი.

$$U_2 = E_2 \text{ და } U_1 = E_1.$$



ნახ. 121. დამწვევი ავტოტრანსფორმატორის სქემა.

ავტოტრანსფორმატორის უქმი სვლის დროს პირველადი და მეორადი მხარის ძაბვათა შეფარდება, ცხადია, უდრის მისი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტს, ანუ w_1 და w_2 ხვეების შეფარდებას, ე. ი.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44w_1 \cdot f \cdot \Phi_m}{4,44w_2 \cdot f \cdot \Phi_m} = \frac{w_1}{w_2} = c.$$

ავტოტრანსფორმატორის დატვირთვისას პირველადი და მეორადი წრედის სიმძლავრეები შეიძლება მივიჩნიოთ ერთნაირად, თუ უგულებელვყოფთ მასში არსებულ უმნიშვნელო კარგვებს, ე. ი.

$$I_1 \cdot U_1 = I_2 \cdot U_2.$$

ჩვენს შემთხვევაში w_1 მეტია, ვიდრე w_2 , ასე რომ პირველადი U_1 ძაბვა მეტია, ვიდრე მეორადი U_2 , მაშასადამე, მეორადი წრედის I_2 დენი მეტი უნდა იქნეს პირველადი წრედის I_1 დენზე.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ტრანსფორმატორებში და, აგრეთვე, ავტოტრანსფორმატორებშიც I_1 და I_2 დენები მოქმედებენ ერთმანეთის შემხვედრად— I_1 დენი ახდენს გულას დამაგნიტებას, ხოლო I_2 დენი—განმაგნიტებას.

ამრიგად, ტრანსფორმატორის გრაგნილის საერთო ნაწილში, $a-X$ უბანზე, გადის დენი, რომელიც დროის ნებისმიერ მომენტში წარმოადგენს ერთმანეთის საწინააღმდეგო მიმართულების მქონე i_1 და i_2 დენების ჯამს, ე. ი. იგი უდრის პირველადი და მეორადი მხარის დენების სხვაობას

$$I_{1,2} = I_2 - I_1.$$

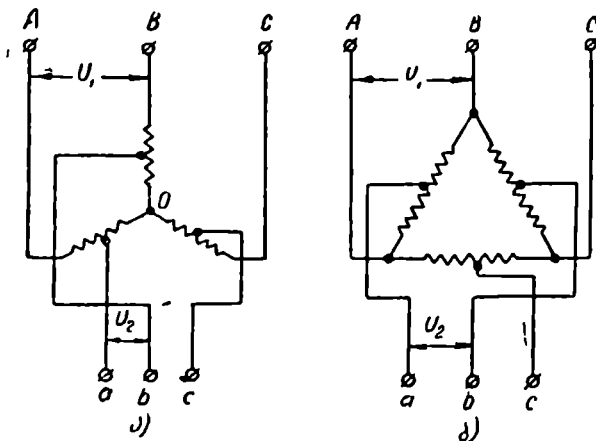
მაშასადამე, გრაგნილის $a-X$ ნაწილი შეიძლება შესრულდეს შეშვირებული კვეთის მქონე სადენისაგან, რადგან მათში გამავალი დენი უდრის I_2 და I_1 დენების სხვაობას.

ავტოტრანსფორმატორების ძირითადი უპირატესობა ჩვეულებრივი ტრანსფორმატორების მიმართ არის სპილენძის და ფოლადის უფრო ნაკლები ხარჯი და ენერგიის უფრო მცირე კარგვები.

ავტოტრანსფორმატორებს ფართო გამოყენება აქვს $\frac{1}{2}$ -დან 2-მდე ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის დროს. 2-ზე მეტი და $\frac{1}{2}$ -ზე ნაკლები ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის დროს ავტოტრანსფორმატორების უპირატესობა ლითონის ხარჯის სიმცირის მხრივ კლებულობს. გარდა ამისა, ავტოტრანსფორმატორის დიდ ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ დაბალი ძაბვის ქსელი შეიძლება მოექცეს მაღალი ძაბვის ქვეშ, მაღალი და დაბალი ძაბვის ქსელების ელექტრულად შეერთების გამო. ავტოტრანსფორმატორის ტრანსფორ-

მაციის კოეფიციენტის გადიდებასთან ერთად იზრდება მისი მომსახურების საფრთხეც.

სამუაზა ქსელებში იყენებენ სამუაზა ავტოტრანსფორმატორებს, რომელთა სქემები ნაჩვენებია ნახ. 122-ზე.



ნახ. 122. სამუაზა ავტოტრანსფორმატორების სქემები:
ა—გრაგნილების ვარსკვლავისებრად შეერთება; ბ—გრაგნილების სამკუთხედის შეერთება.

კითხვები განმეორებისათვის

1. რა მიზნებისათვის გამოიყენება ტრანსფორმატორები?
2. განმარტეთ, რატომ არის რომ ტრანსფორმატორების გამოყენება იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ დავზოგოთ ლითონი ზაზურ სადენებზე და გავადიდოთ ელექტრული ენერგიის გადაცემის ეკონომიურობა.
3. მოყვებით ტრანსფორმატორის მოწყობილობისა და მისი მოქმედების პრინციპის შესახებ.
4. რატომ კრებენ გულას სატრანსფორმატორო ფოლადის ერთმანეთისაგან იზოლირებული თხელი ფურცლებისაგან?
5. რა და რა ტიპის გულა არის თქვენთვის ცნობილი?
6. ტრანსფორმატორის მუშაობის როგორ რეჟიმს ეწოდება უქმი სულა?
7. რაზეა დამოკიდებული ტრანსფორმატორის გრაგნილში წარმოქმნილი ე. მ. ძ-ის მოქმედი მნიშვნელობა?
8. რას ეწოდება ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი?
9. როგორი თანაფარდობა არსებობს პირველადი გრაგნილის მომკერებზე მოდებულ ძაბვასა და ამ გრაგნილში წარმოქმნილ ე. მ. ძ.-ს შორის უქმი სულის დროს?
10. რატომ არის უქმი სულის დროს სიმძლავრის კოეფიციენტი ძლიერ მცირე.

11. რატომ არის, რომ ტრანსფორმატორის დატვირთვისათვის ნებისმიერი ცვლილებისას მაგნიტური ნაკადი გულაში პრაქტიკულად უცვლელი რჩება?

12. როგორ იცვლება დენი პირველად გრაგნილში ტრანსფორმატორის დატვირთვის ცვლილებისას?

13. როგორ განისაზღვრება ტრანსფორმატორის მ. ქ. კ.?

14. როგორია სამუხა ტრანსფორმატორის მოწყობილობა?

15. როგორ არის შეერთებული ურთიერთ შორის სამუხა ტრანსფორმატორის გრაგნილები?

16. მოყვებით ავტოტრანსფორმატორის მოწყობილობის შესახებ.

ასინქრონული ძრავები

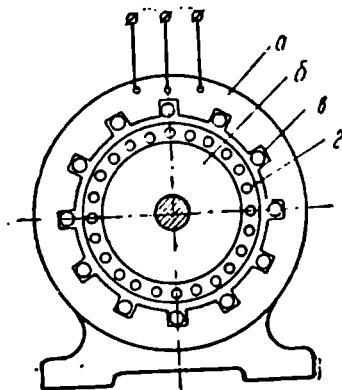
§ 1. ასინქრონული ძრავის მოწყობილობა და მოძვედების პრინციპი

ელექტრული ძრავი ეწოდება მანქანას, რომელიც ელექტრულ ენერგიას მექანიკურ ენერგიად გარდაქმნის.

ასინქრონული ძრავი პირველად კონსტრუირებულ იქნა მ. ო. დოლივო-დობროვოლსკის მიერ 1891 წელს და იგი მალე ფართოდ გავრცელდა მრეწველობაში.

ასინქრონული ძრავი გამოირჩევა კონსტრუქციის სიმარტივით და მომსახურების სიადვილით; მისი პრინციპული მოწყობილობა ნაჩვენებია ნახ. 123-ზე.

ისე როგორც ყოველი ელექტრული მანქანა, ასინქრონული ძრავიც ორი ძირითადი ნაწილისაგან შედგება: სტატორისა და როტორისაგან. სტატორი ეწოდება მანქანის უძრავ ნაწილს, ხოლო როტორი—მის მბრუნავ ნაწილს.



ნახ. 123. პრინციპული მოწყობილობა ასინქრონული ძრავისა მოკლედ ჩართული როტორით.

სტატორის გულა ანუ

პაკეტი იკრიბება დინამოს ფოლადის 0,5 მმ სისქის მქონე ფირფიტებად წოდებული ფურცლებისაგან.

ფირფიტებს ტვიფრავენ ისე, რომ მათ ექნეთ ხერეტილები (კილოები). გრიგალისებრ ღეწებზე კარგეების შემცირების მიზნით ახდენენ მათ ერთმანეთისაგან იზოლირებას ლაქის ან თხელი

ქალაქის საშუალებით და პაქეტის სახით ჩაწესებენ ძრავის თუ-
ჯის დგარში. ამ დგარზე ამაგრებენ გვერდით ფარებს როტორის
ლილვის დამკვერი საკისრებით.

სტატორის პაქეტის გრძივ კილოებში ჩააწყობენ მისი გრაგ-
ნილის გამტარებს, რომლებიც სათანადოდ შეერთების შემდეგ
ქმნიან სამ ცალკეულ ფაზას. ჩვეულებრივად მანქანის ფარზე მო-
თავსებულია ექვსი მომკვერი, რომლებზეც მიერთებულია თითოე-
ული ფაზის გრაგნილის საწყისი და ბოლო. სტატორის გრაგნი-
ლების ქსელზე მიერთებისას ისინი შეიძლება ერთმანეთს შორის
შეერთდნენ ვარსკვლავისებრად ან სამკუთხად, რაც საშუალებას
იძლევა ძრავი ჩაირთოს სხვადასხვა ხაზური ძაბვის ქსელში.

მაგალითად, ძრავი, რომელიც გათვლილია 127 ვ ფაზურ ძაბ-
ვაზე, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ქსელებში, რომლების ხაზური
ძაბებია როგორც 127 ვ, ისე 220 ვ.

პირველ შემთხვევაში გრაგნილები ერთდება სამკუთხად, ხოლო
მეორეში—ვარსკვლავისებრად.

ანალოგიურად შეიძლება 220 ვ ფაზური ძაბვის მქონე ძრავის
გამოყენება ქსელებში, რომელთა ხაზური ძაბებია 220 ვ და
380 ვ.

ძრავის ფარებზე აღინიშნება ქსელის ორივე ძაბვა, რომლებ-
ზეც გათვლილია ძრავი, ე. ი. 127/220 ვ ან 220/380 ვ.

როტორის გულას ანუ პაქეტის დაწინებვას ახდენენ აგრეთვე
0,5 მმ სისქის მქონე დინამოს ფოლადის ფირფიტებისაგან, რომ-
ლებიც გრიგალისებრ დენებზე კარგვების შემცირების მიზნით
ერთმანეთისაგან იზოლირებულია ლაქის ან თხელი ქალაქის სა-
შუალებით.

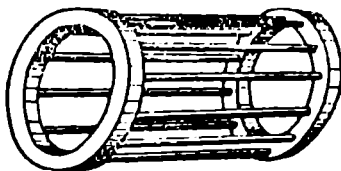
როტორის ფირფიტები იტვიფრება აგრეთვე ხვრეტილებით.
და ლილვზე დაწინების შემდეგ მივიღებთ გრძივი კილოების მქონე
ცილინდრს. კილოებში ჩააწყობენ როტორის გრაგნილის გამტა-
რებს. როტორის გრაგნილის ტიპის მიხედვით მანქანა შეიძლება
იყოს ფაზური ან მოკლედ ჩართული როტორით. როტორის ფა-
ზური გრაგნილი კეთდება სტატორის გრაგნილის მსგავსად, ე. ი.
როტორის გრაგნილები ურთიერთ შორის სათანადოდ შეერთების
შემდეგ ქმნიან სამფაზა სისტემას. ეს გრაგნილები შეერთებული
არიან ვარსკვლავისებრად ან სამკუთხად, მასთან ვარსკვლავა
გრაგნილის ყოველი ფაზის საწყისი ან კიდევ სამკუთხად შეერთე-
ბული გრაგნილის მეზობელი ფაზების საწყისისა და ბოლოს შე-
ერთების წერტილები მიერთებული არიან ერთმანეთისაგან იზო-

ლირებულ სპილენძის სამ საკონტაქტო რგოლზე, რომლებიც დამაგრებულია როტორის ლილვზე და ბრუნავენ მასთან ერთად.

ძრავის მუშაობისას რგოლების ზედაპირზე სრიალებენ ჯაგრისის დამკერებში ჩადგმული ნახშირის ან სპილენძ-გრაფიტის უძრავი ჯაგრისები. როტორის გრაფნილების რაიმე წინააღმდეგობაზე ჩართვა ან მოკლედ ჩართვა სრულდება ზემოაღნიშნული ჯაგრისების საშუალებით.

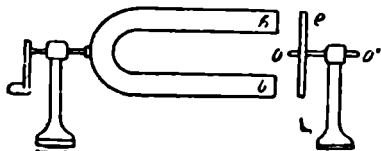
როტორის მოკლედ ჩართული გრაფნილი გაკეთებულია ციყვის გალიის მსგავსად ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 124-ზე.

როტორის კილოებში ჩაწყობილია მასიური ლეროები, რომელთა ბოლოები შეერთებულია სპილენძის რგოლებით. როტორის ასეთი გრაფნილი მუდამ მოკლედაა ჩართული და მასში წინააღმდეგობის ჩართვა შეუძლებელია.



ნახ. 124. ასინქრონული ძრავის როტორის მოკლედ შერთული გრაფნილი.

ასინქრონული ძრავის მოქმედება ემყარება მოვლენას, რომელიც პირველად შენიშნულ იქნა ცდის დროს და რომელსაც ეწოდება მისი აღმოჩენილი სწავ-



ნახ. 125. არაგოს დისკო.

ლულების — არაგო-ლენცის დისკო. ეს მოვლენა ზღვარეობს შემდეგში: თუ ჰუდ-მივი ჩ-ს მაგნიტის წინ, რომელიც სახელურის საშუალებით შეიძლება ვაბრუნოთ მისი ღერძის გარშემო, მოვათავსებთ $O-O'$ ღერძზე

თავისუფლად მბრუნავ სპილენძის დისკოს (ნახ. 125) და დაეიწყებთ ჩ-ს მაგნიტის დაბრუნებას, მაშინ სპილენძის დისკოც იმავე მიმართულებით დაბრუნდება. ეს იმით აიხსნება, რომ მაგნიტის ბრუნვისას წარმოიქმნება მბრუნავი მაგნიტური ველი, რომლის ძალბაზები ჩრდილოეთ პოლუსიდან სამხრეთისაკენ შეეკრისას განკვეთავს დისკოს და მასში დააინდუქტივებს გრიგალისებრ დენებს. ამ დენების მაგნიტურ ველთან ურთიერთქმედების შედეგად წარმოიქმნება ძალა, რომელიც დისკოს ბრუნვით მოძრაობაში მოიყვანს. ლენცის კანონის თანახმად, ყოველი დაინდუქტივებული

დენის მიმართულება ისეთია, რომ იგი ეწინააღმდეგება მის გამომწვევ მიზეზს. ამიტომ გრიგალისებრი დენები ისწრაფვიან შეაჩერონ მაგნიტის მოძრაობა, მაგრამ რაკი ამის შესაძლებლობა არ არსებობს, თვით დისკო მოდის მოძრაობაში და მიყვება მაგნიტს. ამასთან, დისკოს ბრუნვის სიჩქარე ყოველთვის ნაკლებია მაგნიტის ბრუნვის სიჩქარეზე. სიჩქარეები რომ ერთნაირი ყოფილიყო, მაშინ მაგნიტური ძალები არ გადაკვეთდა დისკოს და, მაშასადამე, გრიგალისებრი დენები არ აღიძვრებოდა მასში, ე. ი. არ იქნებოდა დისკოს ბრუნვის შემანარჩუნებელი ძალა.

ასინქრონულ ძრავებში მბრუნავ მაგნიტურ ველს ქმნის სტატორის გრაგნილი სამფაზა ცვლადი დენის ქსელში ჩართვისას. სტატორის მაგნიტური ველი გადაკვეთს როტორის გრაგნილის გამტარებს და მასში დააინდუქტივებს ელექტრომამოძრავებელ ძალას. თუ როტორის გრაგნილი ჩართულია რაიმე წინააღმდეგობაზე, ან მოკლედ ჩართული, მაშინ დაინდუქტივებული ძალის ზეგავლენით მასში გაივლის დენი. როტორის გრაგნილის დენების ურთიერთქმედების შედეგად სტატორის მბრუნავ მაგნიტურ ველთან წარმოიქმნება მბრუნავი მომენტი, რომელიც როტორს ბრუნვით მოძრაობაში მოიყვანს.

§ 2. მბრუნავი მაგნიტური ველი

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ასინქრონული ძრავის მოქმედების პრინციპი დამყარებულია მბრუნავი მაგნიტური ველის გამოყენებაზე. მბრუნავი მაგნიტური ველის შექმნა შეიძლება ცვლადი დენის მრავალფაზიანი გრაგნილის საშუალებით.

ორფაზა გრაგნილის მბრუნავი მაგნიტური ველი. ავიღოთ ზვიების ტოლი რიცხვის მქონე ორი ერთნაირი A და B კოჭა და მოვათავსოთ ისინი ისე, რომ ამ კოჭების ღერძებს შორის კუთხე იყოს 90° (ნახ. 126, ა). ამ კოჭებში გავატაროთ დროის მიხედვით 90° -ით დაძრული ერთნაირი ამპლიტუდისა და სიხშირის სინუსოიდური დენები (ნახ. 126, ბ), ე. ი.

$$i_A = I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

და

$$i_B = I_m \cdot \sin \omega t.$$

ამ დენების მიერ წარმოქმნილი მაგნიტური ნაკადებიც აგრეთვე სინუსოიდურია დროის მიხედვით, ე. ი.:

$$\Phi_A = \Phi_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) = \Phi_m \cdot \cos \omega t;$$

$$\Phi_B = \Phi_m \cdot \sin \omega t,$$

და სივრცეში დაძრული 90° -ით.

აქ Φ_m არის ერთი კოქსას მაქსიმალური მაგნიტური ნაკადი.

$t=0$ მომენტში კოქსების მაგნიტური ნაკადები უდრის:

$$\Phi_A = \Phi_m, \quad \Phi_B = 0, \quad \text{ე. ი. რე-}$$

ზულტირებულ ნაკადს კმნის მხოლოდ A კოქსა. t_1 მომენტში კოქსების მაგნიტური ნაკადები შესაბამისად უდრის:

$$\Phi_A = \Phi_m \cdot \cos \omega t_1;$$

$$\Phi_B = \Phi_m \cdot \sin \omega t_1;$$

t_2 მომენტში

$$\Phi_A' = \Phi_m \cdot \cos \omega t_2;$$

$$\Phi_B' = \Phi_m \cdot \sin \omega t_2 \text{ და ა. შ.}$$

რეზულტიური მაგნიტური ნაკადი დროის ნებისმიერ მომენტში ტოლია A და B კოქსების მაგნიტური ნაკადის გეომეტრიული ჯამის, ე. ი. დროის t მომენტში რეზულტიური ნაკადი უდრის:

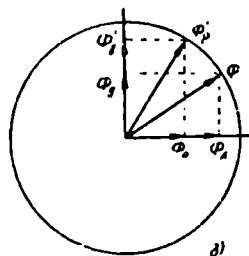
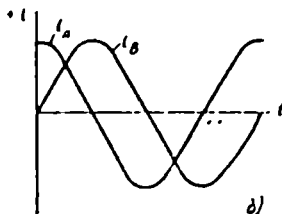
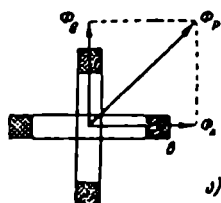
$$\begin{aligned} \Phi &= \sqrt{\Phi_A^2 + \Phi_B^2} = \\ &= \sqrt{(\Phi_m \cos \omega t)^2 + (\Phi_m \sin \omega t)^2} = \\ &= \Phi_m, \end{aligned}$$

რადგან ωt კუთხის მნიშვნელობისა მიუხედავად $\cos^2(\omega t) + \sin^2(\omega t) = 1$.

Φ_A და Φ_B მაგნიტური ნაკადები და მათი ტოლქმედი Φ_m გამოსახულია ვექტორულ დიაგრამაზე (ნახ. 126, გ).

ამ დიაგრამიდან ადვილად შევამჩნევთ, რომ ორფაზა გრაგნილის მაგნიტური ნაკადი დროის ნებისმიერ მომენტში უდრის ერთი ფაზის მაქსიმალურ ნაკადს, მისი მიმართულება კი განუწყვეტლივ იცვლება.

მართლაც, ნახ. 126, გ-ზე გამოსახული ვექტორული დიაგრამი-



ნახ. 126. ორფაზა გრაგნილის მბრუნავი მაგნიტური ველი.

დან α კუთხის ტანგენსისათვის შეგვიძლია დავწეროთ შემდეგი ტოლობა:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Phi_B}{\Phi_A} = \frac{\Phi_m \sin \omega t}{\Phi_m \cos \omega t} = \operatorname{tg} \omega t,$$

აქედან

$$\alpha = \omega t,$$

ე. ი. α კუთხე თანაბრად იცვლება დროის მიხედვით და ორფაზიანი გრაგნილის მაგნიტური ნაკადის ვექტორი თანაბარი სიჩქარით ბრუნავს სივრცეში.

გრაგნილში დენის ცვლილების ერთი პერიოდის განმავლობაში მაგნიტური ნაკადი სივრცეში შეასრულებს ერთ სრულ ბრუნვას.

თუ დენის სიხშირე არის f , მაშინ ზემოთ განხილული ორი კოქსის მიერ შექმნილი მაგნიტური ნაკადი შეასრულებს $n=60 f$ ბრუნვას წუთში.

ორფაზა მბრუნავი მაგნიტური ველი გამოიყენება ერთფაზა ასინქრონულ ძრავებში მათი გაშვების პერიოდში.

სამფაზა გრაგნილის მბრუნავი მაგნიტური ველი. ავიღოთ სამი ერთნაირი კოქსა, რომელთა ღერძები დაძრულია 120° -იანი კუთხით (ნახ. 127, ა).

ამ კოქსებში გავატაროთ ერთნაირი ამპლიტუდისა და სიხშირის სინუსოიდური დენები, რომელთა ფაზები დროის მიხედვით დაძრულია 120° -ით (ნახ. 127, ბ), ე. ი.

$$i_A = I_m \sin \omega t; \quad i_B = I_m \sin (\omega t - 120^\circ); \quad i_C = I_m \sin (\omega t - 240^\circ).$$

ეს დენები ქმნიან ცვალებად მაგნიტურ ნაკადებს:

$$\Phi_A = \Phi_m \sin \omega t; \quad \Phi_B = \Phi_m \sin (\omega t - 120^\circ); \quad \Phi_C = \Phi_m \sin (\omega t - 240^\circ).$$

მაგნიტური ნაკადები მიმართულია შესაბამისი კოქსების ღერძების მიმართულებით, ე. ი. მათი სიბრტყის პერპენდიკულარულია, როგორც ეს Φ_A , Φ_B , Φ_C ვექტორებით არის ნაჩვენები ნახ. 127, ა-ზე.

სამი ასეთი კოქსის რეზულტიურ მაგნიტურ ველს მივიღებთ, თუ Φ_A , Φ_B და Φ_C მაგნიტური ნაკადების ვექტორებს გეომეტრიულად შევკრებთ ნებისმიერ მომენტში.

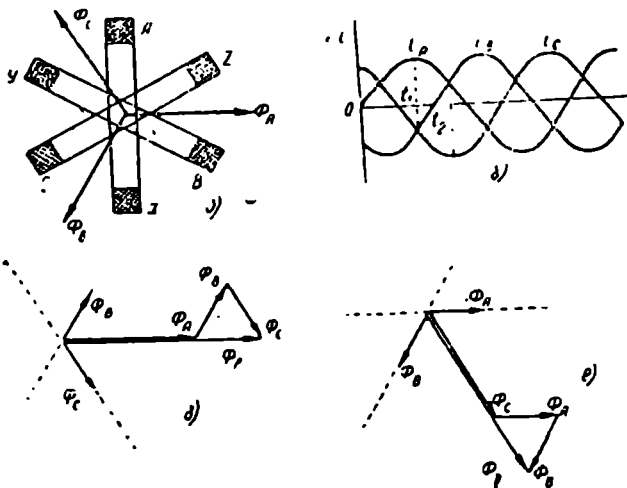
განვიხილოთ დროის t_1 მომენტი, როცა $\alpha_1 = 90^\circ$. ამ მომენტში დენებს კოქებში აქვთ შემდეგი მნიშვნელობები:

$$i_A = I_m \sin 90^\circ = I_m;$$

$$i_B = I_m \sin (90^\circ - 120^\circ) = I_m \cdot \sin (-30^\circ) = -\frac{1}{2} I_m;$$

$$i_C = I_m \cdot \sin (90^\circ - 240^\circ) = I_m \cdot \sin (-150^\circ) = -\frac{1}{2} I_m.$$

მაშასადამე, მოცემულ მომენტში A კოქას მაგნიტურ ნაკადს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს და წარმოგვიდგება A კოქას ლერძის მიმართულების მქონე Φ_A ვექტორით. B და C კოქების მაგნიტურ



ნახ. 127. სამფაზა გრაგნილის მბრუნავი მაგნიტური ველი.

რი ნაკადები ორჯერ მცირეა მაქსიმალურზე და აქვთ უარყოფითი ნიშანი, ე. ი. მიმართული არიან შესაბამისი კოქების ლერძის მიმართულების შემხვედრად (ნახ. 127, ბ). Φ_A , Φ_B და Φ_C სამი ვექტორის გეომეტრიულ ჯამს ვიპოვიოთ, თუ ამ ვექტორებს ავაგებთ მიმდევრობით და დიაგრამის საწყისის უკანასკნელი ვექტორის ბოლოსთან შეერთებით მივიღებთ რეზულტიური მაგნიტური ნაკადის Φ_m ვექტორს.

რიცხობრივად ეს ვექტორი ერთნახევარჯერ მეტი იქნება ერთი ფაზის მაქსიმალურ ნაკადზე.

ამგვარადვე მოინახება რეზულტიური ნაკადი i_2 მომენტში-
დავუშვათ, რომ i_2 მომენტში (ნახ. 127, ბ) $\alpha_2 = 150^\circ$. მაშინ დე-
ნები კოკებში მიიღებენ შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$i_A = I_m \cdot \sin 150^\circ = I_m \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} I_m;$$

$$i_B = I_m \cdot \sin (150^\circ - 120^\circ) = I_m \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} I_m;$$

$$i_O = I_m \cdot \sin (150^\circ - 240^\circ) = I_m \sin (-90^\circ) = -I_m.$$

მაშასადამე, A და B კოკების მაგნიტური ნაკადები i_2 მომენტ-
ში ორჯერ უფრო ნაკლებია მაქსიმალურზე და დადებითი ნიშანი
აქვთ, ე. ი. მიმართულებით ემთხვევიან ამ კოკების ლერძების მი-
მართულებას. C კოკას მაგნიტური ნაკადი მაქსიმალურია და უარ-
ყოფითი ნიშნის, ე. ი. C კოკას ლერძის შემხვედრი მიმართულე-
ბისაა. რეზულტიური მაგნიტური ნაკადი მოიძებნება ისევე, რო-
გორც i_1 მომენტში და რიცხობრივად ტოლი იქნება:

$$\Phi_p = \frac{3}{2} \Phi_m,$$

სადაც Φ_m არის ერთი კოკას მაქსიმალური ნაკადი.

თუ განვიხილულ შემთხვევას შევადარებთ ნახ. 127 გ-ზე გამოსა-
ხული მაგნიტური ნაკადების ვექტორულ დიაგრამას, ადვილად
დავრწმუნდებით, რომ რეზულტიური მაგნიტური ნაკადი, ინარჩუ-
ნებს რა თავის უცვლელ სიდიდეს, ერთი მესამედი პერიოდის გან-
მავლობაში სივრცეში შემობრუნდება წრეხაზის ერთი მესამედით.

ადვილად შეიძლება ვუჩვენოთ, რომ დროის ნებისმიერ მო-
მენტში სამფაზა გრაგნილი ქმნის სიდიდით მუდმივს, მაგრამ მი-
მართულებით ცვალებად მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც სამი კოკას
არსებობისას სივრცეში ერთმანეთის მიმართ 120° -ით დაძრული
ერთი პერიოდის განმავლობაში ასრულებს ერთ ბრუნვას. რო-
გორც უკვე აღნიშნული იყო, წინამდებარე თავის პირველ ნაწილ-
ში ასინქრონული ძრავის სამფაზა გრაგნილის განლაგება წარ-
მოებს მისი სტატორის კილოებში.

კონსტრუქციულად ამ გრაგნილების შესრულება ხდება ისე,
რომ ისინი ქმნიან ერთ, ორ, სამსა და კიდევ მეტ წყვილ პო-
ლუსებს.

ასეთი მრავალპოლუსიანი გრაგნილების მაგნიტური ველი ერთი
პერიოდის განმავლობაში გაიბრუნს ორ მომიჯნავე ერთგვარ პო-
ლუსებს შორის არსებულ მანძილს.

თუ წყვილი პოლუსების რიცხვს აღვნიშნავთ p -თი, მაშინ, ცხადია, რომ ეს გზა შეადგენს წრეხაზის $\frac{1}{p}$ ნაწილს და, მაშასადამე, მრავალპოლუსიანი გრაგნილის ნაკადის ბრუნვის სიჩქარე უკუპროპორციულია წყვილი პოლუსების p რიცხვისა.

თუ ზემონათქვამს გავითვალისწინებთ, მაშინ ასინქრონული ძრავის სტატორის ველის ბრუნვის სიჩქარის გამოსახვა შეიძლება ფორმულით:

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p},$$

სადაც n_1 არის ველის ბრუნვის სიჩქარე $\frac{\text{ბრ}}{\text{წთ}}$ -ში;

f_1 —სტატორის გვებავი დენის სიხშირე;

p —სტატორის გრაგნილის წყვილი პოლუსების რიცხვი.

თუ მოვისურვებთ სტატორის ველის ბრუნვის მიმართულების შეცვლას, ამისათვის უნდა შევეცვალოთ სტატორის გრაგნილების ფაზათა მიმდევრობის რიგი, ე. ი. ურთიერთ შორის ადგილი უნდა გადავუნაცვლოთ ორი ნებისმიერი ფაზის მიერთებას სამფაზა ქსელის ხაზურ სადენებთან.

§ 3. ასინქრონული ძრავის მუშაობა დატვირთვის ძვეშ

ასინქრონული ძრავის მბრუნავი მომენტი წარმოიქმნება სტატორის მაგნიტური ველისა და როტორის გრაგნილში გამავალი დენის ურთიერთქმედებით. მბრუნავი მომენტის წარმოქმნაში მონაწილეობას იღებს მანქანის მიერ მოხმარებული მხოლოდ აქტიური სიმძლავრე და, მაშასადამე, როტორში გამავალი დენის მხოლოდ აქტიური მდგენელი.

ამრიგად, ასინქრონული ძრავის მბრუნავი მომენტი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$M = c \Phi_1 \cdot I_2 \cos \varphi_2,$$

სადაც M არის ძაბვის მბრუნავი მომენტი კვ/მ-ში ან ჯოულებში;

c —მანქანის კონსტრუქციული მუდმივი, რომელიც დამოკიდებულია სტატორის გრაგნილის ხეივების რიცხვზე, მანქანის პოლუსების რიცხვზე და გრაგნილის კონსტრუქციულ შესრულებაზე.

Φ_1 —სტატორის გრაგნილების მიერ შექმნილი მაგნიტური ნაკადი;

I_2 —როტორის დენი ა-ში;

ფ₂—კუთხე ე. მ. ძ. ვექტორებსა და დენს შორის როტორში.

მუშა რეჟიმის დროს ძრავის როტორი ბრუნავს n_2 ბრუნით წუთში, რომელიც ნაკლებია სტატორის მბრუნავი მაგნიტური ველის n_1 ბრუნზე, მასთან მაგნიტური ველი და როტორი ბრუნავენ ერთი მიმართულებით. მაშასადამე, მაგნიტური ველი, რომელიც სივრცეში ბრუნავს უფრო დიდი სიჩქარით, როტორის მიმართ ისრიალებს სტატორის მაგნიტური ველისა და როტორის სიჩქარეთა სხვაობის ტოლი სიჩქარით, ე. ი.

$$n_3 = n_1 - n_2 \text{ ბრ/წთ.}$$

სტატორის მბრუნავ მაგნიტურ ველთან როტორის შეფარდებითი ჩამორჩენა ხასიათდება სრიალით.

როტორის ფარდობითი ბრუნვათა რიცხვისა და სტატორის მბრუნავი მაგნიტური ველის ბრუნვათა რიცხვის შეფარდებას ეწოდება სრიალი, ე. ი.

$$s = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

სრიალი შეიძლება გამოისახოს აგრეთვე პროცენტებში შემდეგი თანაფარდობით:

$$s\% = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100.$$

თუ როტორი უძრავია ($n_2 = 0$), მაშინ სრიალი უდრის ერთს ანუ 100%.

თუ როტორი ბრუნავს იგივე სიჩქარით, როგორითაც სტატორის მაგნიტური ველი, ანუ, როგორც ამბობენ, მასთან სინქრონულად ($n_1 = n_2$), მაშინ სრიალი უდრის ნულს.

ამრიგად, რამდენადაც მეტია როტორის სიჩქარე, იმდენად ნაკლებია სრიალი.

ასინქრონული ძრავის მუშა რეჟიმის დროს სრიალი მცირეა და სრული დატვირთვისას იგი ჩვეულებრივ უდრის 3—5%-ს, ე. ი. როტორის ბრუნვათა რიცხვი ძალზე მცირედ განსხვავდება სტატორის მაგნიტური ველის ბრუნვათა რიცხვისაგან.

ძრავის დატვირთვის დროს მისი როტორი იბრუნებს მუდმივი სიჩქარით, თუ ადგილი ექნება მომენტების წონასწორობას, ე. ი. თუ ძრავის $M_{\text{ა}}$ მბრუნავი მომენტი ტოლი იქნება იმ $M_{\text{გა}}$ დამუხრუქების მომენტისა, რომელიც ძრავის ლილვზე მოდებულია მექანიკური ენერგიის მიმღების მხრიდან, მაგალითად, სახარატო

ჭარხის მხრიდან. მაშასადამე, დამყარებული რეგიმისათვის შეიძლება დაიწეროს შემდეგი ტოლობა:

$$M_{\alpha\alpha} = M_{\beta\beta}.$$

ძრავის ყოველ დატვირთვის შეესაბამება მისი როტორის განსაზღვრული ბრუნვათა რიცხვი n_2 და განსაზღვრული სრიალი α .

სტატორის მაგნიტური ველი როტორთან შედარებით ბრუნავს n_1 ბრუნვათა რიცხვით და მის გრაგნილში აინდუქტივებს E_2 ე. მ. ძ., რომლის ზეგავლენით როტორის შეკრულ გრაგნილში გაივლის დენი.

თუ მანქანის ლერძზე გაიზრდება დატვირთვა, ე. ი. გაიზრდება დამუხრუჭების მომენტი, მაშინ მომენტთა წონასწორობა დაირღვევა, რადგან დამუხრუჭების მომენტი მბრუნავ მომენტზე უფრო მეტი აღმოჩნდება. ეს გამოიწვევს როტორის ბრუნვის სიჩქარის შემცირებას, ე. ი. სრიალის გადიდებას. სრიალის გადიდებისას მაგნიტური ველი იწყებს როტორის გრაგნილის გამტარების უფრო ხშირ გადაკვეთას და მასში დაინდუქტივებული E_2 ე. მ. ძ. გაიზრდება და, მაშასადამე, გაიზრდება როტორში გამავალი დენი და ძრავის მიერ განვითარებული მბრუნავი მომენტი. სრიალისა და როტორის დენის გადიდებას ადგილი ექნება მანამდე, სანამ ხელახლა არ დამყარდება მომენტთა წონასწორობა, ე. ი. მბრუნავი მომენტი ხელახლა არ გაუტოლდება გადიდებული დამუხრუჭების მომენტს.

ამგვარადვე მიმდინარეობს როტორის ბრუნვის სიჩქარისა და ძრავის მიერ განვითარებული მომენტის ცვალებადობის პროცესი დატვირთვის შემცირებისას. ძრავის ლილვზე დატვირთვის შემცირების დროს დამუხრუჭების მომენტი უფრო მცირე გახდება მბრუნავ მომენტზე, რაც გამოიწვევს როტორის სიჩქარის გადიდებას ანუ სრიალის შემცირებას. სრიალის შემცირების შედეგად შემცირდება როტორის გრაგნილის ე. მ. ძ. და დენი და, მაშასადამე, მბრუნავი მომენტიც შემცირდება იმ მნიშვნელობამდე, რომლის დროს იგი გაუტოლდება შემცირებული დამუხრუჭების მომენტს.

ახლა განვიხილოთ ფიზიკური პროცესები, რომლებსაც ადგილი აქვს ძრავის სტატორში. სტატორის მაგნიტური ველი გადაკვეთს მისი გრაგნილის გამტარებს და დაინდუქტივებს მასში E_1 ე. მ. ძ.-ს, რომელიც აწონასწორებს ქსელის U_1 ძაბვას. თუ უგულებელვყოფთ სტატორის გრაგნილში არსებული ძაბვის ვარდნას, მაშინ შეიძლება დავუშვათ მოღებულ ძაბვისა და სტატორის გრაგნილის

ე. მ. ძ-ის აბსოლუტურ მნიშვნელობათა მიახლოებითი ტოლობა,
ე. ი. $U_1 = E_1$.

ამრიგად, ქსელის უცვლელი ძაბვის დროს უცვლელი რჩება სტატორის გრაგნილის ე. მ. ძ. და, მაშასადამე, მანქანის საპაერო ღრეჩოში მაგნიტური ნაკადიც შეინარჩუნებს დაახლოებით მუდმივ სიდიდეს დატვირთვის ნებისმიერი ცვლილებისას.

როტორის გრაგნილის დენი კმნის თავის მაგნიტურ ველს, რომელიც სტატორის მაგნიტური ველის შემხვედრი მიმართულებისაა. იმისათვის, რომ რეზულტირებული მაგნიტური ნაკადი მანქანაში უცვლელი დარჩეს ძრავის დატვირთვის ნებისმიერი ცვლილებისას, როტორის გრაგნილის განმამაგნიტებელი მაგნიტური ველის გაწონასწორება უნდა მოახდინოს სტატორის გრაგნილის მაგნიტურმა ველმა, ე. ი. როტორში დენის გადიდებისას შესაბამისად უნდა გაიზარდოს სტატორის გრაგნილის დენიც.

ამგვარად, ასინქრონული ძრავის მუშაობა პრინციპულად ტრანსფორმატორის მუშაობის მსგავსია.

ასინქრონული ძრავის ლილვზე დატვირთვის გადიდებისას იზრდება სრიალი და როტორის დენი და, მაშასადამე, იზრდება სტატორის გრაგნილში გამავალი დენიც. იგივეს აქვს ადგილთ ტრანსფორმატორშიც მისი მეორადი გრაგნილის დენის გადიდების დროს.

ასინქრონულ მანქანასა და ტრანსფორმატორს შორის არსებული განსხვავება მხოლოდ კონსტრუქციული ხასიათისაა.

მაგალითად, ასინქრონულ ძრავს აქვს მბრუნავი ნაწილი, როტორი და საპაერო ღრეჩო, რაც არა აქვს ტრანსფორმატორს. უქანასკნელის გრაგნილები სრულდება მაგნიტოგამტარის გულაზე ჩამოცმული კოქას სახით, მაშინ როცა ასინქრონული ძრავი შეიცავს სტატორისა და როტორის ზედაპირის სიგრძეზე თანაბრად განაწილებულსა და კილოებში ჩაწყობილ გრაგნილებს.

ძრავის როტორი და სტატორის მაგნიტური ველი ბრუნავენ ერთი მიმართულებით და, მაშასადამე, იმისათვის რომ შევცვალოთ ძრავის ბრუნვის მიმართულება, საკმარისია შევცვალოთ სტატორის ველის ბრუნვის მიმართულება.

უქანასკნელის მიღწევა შეიძლება, როგორც უკვე ზემოთ ითქვა, თუ ორი ნებისმიერი ფაზის მიერთებას ძრავის მკვებავი სამფაზა ქსელის ხაზურ სადენებთან ერთმანეთს შორის შევუცვლით ადგილებს.

ძრავის ქსელზე მიერთებისას დასაწყისში მის გრაგნილებზე გაივლის ძალზე დიდი ღენები—ნომინალურზე 6—8-ჯერ უფრო მეტი. ეს იმით აიხსნება, რომ, როცა როტორი უძრავია, მაშინ მაგნიტურა ველი მის გრაგნილს გადაკვეთს დიდი სიჩქარით—მაგნიტური ველის სივრცეში ბრუნვის სიჩქარით და დაინდუქტივებს მასში დიდ ე. მ. ძ.-ს.

როტორის ბრუნვის სიჩქარის ზრდასთან ერთად მცირდება სრიალი და, მაშასადამე, შემცირდება ე. მ. ძ. და მისი გრაგნილის ღენი.

დიდი გამშვები ღენი არასასურველია როგორც ძრავისათვის, ისე მისი მკვებავე ქსელისათვისაც. ნომინალურზე უფრო დიდი ღენებისას აღვილი აქვს ძრავის გრაგნილების გადახურებას, რასაც შეუძლია გამოიწვიოს გრაგნილის იზოლაციის გაფუჭება. დიდი ღენების დროს ქსელში აღვილი აქვს ძაბვის ვარდნას. რაც გავლენას ახდენს ამ ქსელზე მიერთებული ენერგიის სხვა მიმღებების მუშაობაზე. ამიტომ ქსელში უშუალოდ ჩართვა ხორციელდება მხოლოდ იმ ძრავებისა, რომელთა სიმძლავრე შედარებით მცირეა. ძრავის დიდი სიმძლავრის დროს საჭიროა შემცირებულ იქნას ამ ძრავის მიერ გაშვებისას მოთხოვნილი ღენი.

საკონტაქტო რგოლების მქონე ძრავების გაშვება. ამ ტიპის ძრავებს აქვთ მეტად კარგი გამშვები თვისებები. გამშვები ღენის შემცირების მიზნით როტორის გრაგნილს რთავენ აქტიურ წინააღმდეგობაზე, რომელსაც ეწოდება გამშვები რეოსტატი (ნახ. 128). როტორის გრაგნილის წრედში ასეთი წინააღმდეგობის ჩართვისას ღენი ამ გრაგნილში შემცირდება, მაშასადამე, შემცირდება ძრავის მიერ ქსელიდან მოხმარებული ღენიც.

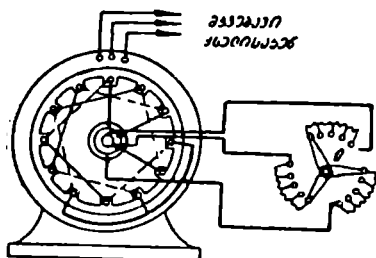
გარდა ამისა, როტორის გრაგნილის წრედში აქტიური წინააღმდეგობის ჩართვა აღიდებს cos φ-ს, რაც სასარგებლოა ძრავის მიერ გაშვებისას განვითარებული მბრუნავი მომენტისათვის.

ამგვარად, როტორის წრედში აქტიური წინააღმდეგობის ჩართვით მცირდება გამშვები ღენი და იზრდება გამშვები მომენტი.

გამშვებ რეოსტატს აქვს რამდენიმე კონტაქტი, რომელთა საშუალებით, შემოვებარუნებთ რა რეოსტატის სახელურს, ძრავის ბრუნვათა რიცხვის ზრდასთან ერთად, თანდათან შევამცირებთ მისი როტორის წრედში შეყვანილ წინააღმდეგობას. იმის შემდეგ, როცა როტორი მიაღწევს ნორმალურ სიჩქარეს, მოახდენენ რეო-

სტატის სრულ გამოყენას, ე. ი. როტორის გრაგნილის მოკლედ ჩართვას.

როტორის ნორმალური სიჩქარის დროს სრიალი მცირეა, ე. ი.



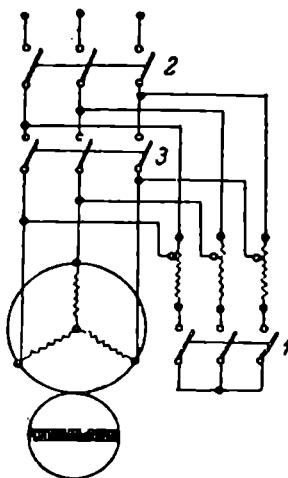
ნახ. 128. ასინქრონული ძრავის ფახურ როტორში გამშვები რეოსტატის ჩართვის სქემა.

მცირეა როტორის გრაგნილში დაინდუქტივებული ელექტრომამოძრავებელი ძალაც და, მაშასადამე, საჭირო აღარ არის დამატებითი წინააღმდეგობა.

გამშვები რეოსტატი ნორმალურად ჩართულია ძრავის მხოლოდ გაშვების პერიოდში და გათვლილია ხანმოკლე მუშაობაზე; თუ მას დავტოვებთ ჩართულს ხანგრძლივი დროის განმავ-

ლობაში, იგი გადახურების შედეგად წყობილებიდან გამოვა.

მოკლედ ჩართული როტორის მქონე ძრავის გაშვება. ამ ტიპის ძრავების გაშვება წარმოებს უშუალოდ ქსელზე მიერთების გზით, თუ მათი სიმძლავრე შედარებით მცირეა. დიდი სიმძლავრის მქონე ძრავების გაშვებისას მათ გამშვებ ღენს. შეამცირებენ გამშვებ მოწყობილობათა საშუალებით. ერთ-ერთი ასეთი მოწყობილობათაგანია ავტოტრანსფორმატორი (ნახ. 129). ძრავის გაშვებისას ქსელის ძაბვის შემცირებას ახდენენ ავტოტრანსფორმატორის საშუალებით, რისთვისაც ჩართავენ (1 და 2) ღენკვეთებს. როცა როტორი მიადწევს ნორმალურ სიჩქარეს, ძრავს გადართავენ ქსელის სრულ ძაბვაზე, რისთვისაც გადართავენ (1) ღენკვეთს და ჩართავენ (3) ღენკვეთს.



ნახ. 129. ავტოტრანსფორმატორის ჩართვის სქემა მოკლედ ჩართული როტორის მქონე ასინქრონული ძრავის გაშვებისათვის.

ფართოდ არის გამოყენებული აგრეთვე ძრავის გაშვების ისეთი

ხერხი, რომლის დროს ახდენენ სტატორის გრაგნილის გადართვას ვარსკვლავისებრიდან სამკუთხაზე (ნახ. 130). ძრავის გაშვებისას გრაგნილებს აერთებენ ვარსკვლავისებრად, ხოლო შემდეგ, როცა ძრავი ნორმალურ სიჩქარეს განავითარებს, გადართავენ სამკუთხაზე.

ასეთი ხერხით გაშვების დროს გამშვები დენი ქსელში მცირდება ერთისამად იმ გამშვებ დენთან შედარებით, რომელსაც მოითხოვდა ძრავი, რომ სტატორის გრაგნილები გაშვებისას შეერთებული ყოფილიყო სამკუთხად. ეს აიხსნება შემდეგნაირად.

ვარსკვლავისებრად შეერთების დროს ფაზური ძაბვები $\sqrt{3}$ -ჯერ უფრო მცირეა ხაზურზე, ე. ი.

$$U_{ფ\gamma} = \frac{1}{\sqrt{3}} U_{ხ\gamma}.$$

სტატორის გრაგნილების სამკუთხად შეერთებისას ფაზური ძაბვები ხაზურის ტოლია, ანუ

$$U_{ფ\Delta} = U_{ხ\Delta}.$$

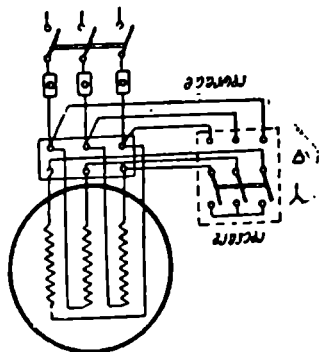
სტატორის გრაგნილების როგორც ვარსკვლავისებრად, ისე სამკუთხად შეერთებისას ძრავი ჩართული იქნება ერთსა და იმავე ქსელში, მაშასადამე, მოდებული ხაზური ძაბვები შეერთების სქემის ორივე შემთხვევაში ერთნაირი იქნება, ე. ი.

$$U_{ხ\gamma} = U_{ხ\Delta}.$$

ამრიგად, ფაზური ძაბვა ვარსკვლავისებრად შეერთებისას $\sqrt{3}$ -ჯერ უფრო მცირეა, ვიდრე ფაზური ძაბვა სამკუთხა შეერთებისას, მაშასადამე, ფაზური დენიც $\sqrt{3}$ -ჯერ უფრო მცირე იქნება ვარსკვლავისებრად შეერთებისას, ვიდრე ფაზური დენი სამკუთხა შეერთებისას, ე. ი.

$$I_{ფ\gamma} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{ფ\Delta}.$$

გრაგნილების ვარსკვლავისებრად შეერთებისას ფაზური დენი



ნახ. 130. ასინქრონული ძრავის სტატორის გრაგნილების გადართვის სქემა ვარსკვლავისებრიდან სამკუთხაზე მისი მოძრაობაში გაშვებისას.

უდრის ხაზურს; გრაგნილების სამკუთხად შეერთებისას ფაზური დენი $\sqrt{3}$ -ჯერ უფრო მცირეა ხაზურზე, ე. ი.

$$I_{ფ\gamma} = I_{ხ\gamma}; \quad I_{ფ\Delta} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{ხ\Delta}.$$

აქედან გამომდის, რომ სტატორის გრაგნილების ვარსკვლავისებრად შეერთებისას ხაზური დენი $\sqrt{3}$ -ჯერ უფრო მცირეა ფაზურ დენზე და 3-ჯერ უფრო მცირეა ხაზურ დენზე სამკუთხად შეერთებისას, ე. ი.

$$I_{ხ\gamma} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{ფ\Delta} = \frac{1}{3} I_{ხ\Delta}.$$

ამ ხერხით გაშვება შეიძლება გამოყენებულ იქნას იმ ძრავისათვის, რომლის სტატორის გრაგნილები მოცემული ძაბვის მქონე ქსელიდან კვებისას ნორმალურად შეერთებული უნდა იყვნენ სამკუთხად.

ნაკლი ხერხებისა, რომლის მიხედვით ასინქრონული ძრავების გაშვება წარმოებს ქსელის შემცირებულ ძაბვაზე და სტატორის გრაგნილების გადართვით ვარსკვლავისებრიდან სამკუთხაზე, არის შნიშენელოვანი შემცირება გამშვები მომენტისა, რომელიც ფაზური ძაბვის კვადრატის პროპორციულია.

§ 5. ასინქრონული ძრავის ბრუნვის სიჩქარის რეგულირება

როგორც ცნობილია, სრიალი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$s = \frac{n_s}{n_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1},$$

აქედან

$$n_2 = n_1 (1 - s),$$

ანუ

$$n_2 = \frac{60 \cdot f_1}{p} (1 - s),$$

სადაც n_1 არის მაგნიტური ველის ბრუნვის სიჩქარე;

n_2 —მაგნიტური ველის ბრუნვის სიჩქარე როტორის მიმართ;

n_2 —როტორის ბრუნვის სიჩქარე;

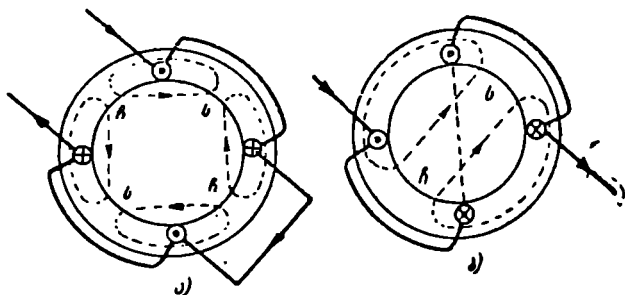
f_1 —ცვლადი დენის სიხშირე (ჰერცებში);

p —ძრავის წყვილი პოლუსების რიცხვი.

მაშასადამე, ძრავის ბრუნვის სიჩქარის შესაცვლელად საკმარისია სამი f_1 , p , z სიდიდეთაგან შევცვალოთ ნებისმიერი ერთი. ამიტომ ასინქრონული ძრავის სიჩქარის რეგულირება შეიძლება ეაწარმოოთ რამდენიმე ხერხით.

ცვლადი დენის სიხშირის შეცვლა. ამ ხერხით სარგებლობისას ძრავი იკვებება სპეციალური გენერატორიდან (სიხშირის გარდამქმნელიდან), რომლის ე. მ. ძ-ის სიხშირის შეცვლა შესაძლებელია სურვილისამებრ. ბრუნვის სიჩქარის რეგულირების ეს ხერხი არაეკონომიურია, რადგან იგი ძრავის კვებისათვის მოითხოვს სპეციალურ გენერატორს და ჩვეულებრივ გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა რამდენიმე ძრავის ბრუნვათა რიცხვის ერთდროულად შეცვლა.

ძრავის წყვილი პოლუსების რიცხვის შეცვლა. ამ ხერხით ძრავის სიჩქარის რეგულირებისას ძრავის სტატორზე ათავსებენ პოლუსთა სხვადასხვა რიცხვის მქონე ორ გრაგნილს, ან ისეთ ერთ გრაგნილს, რომლის გადართვა შეიძლება ისე, რომ მივიღოთ პო-



ნახ. 131. ასინქრონული ძრავის სტატორის გრაგნილის გადართვის სქემა პოლუსების სხვადასხვა რიცხვზე მისი ბრუნვათა რიცხვის შესაცვლელად.

ლუსების სხვადასხვა რიცხვი. ასეთი გრაგნილი გამოსახულია ნახ. 131-ზე. ნახ. 131, ა-ზე სქემატურად ნაჩვენებია ერთი ფაზის მიმდევრობით შეერთებული ორი კოქა, რომლებიც ოთხ პოლუსს ქმნიან.

თუ ერთ-ერთ კოქას ჩავრთავთ მეორის შემხვედრად და ამით მასში დენის მიმართულებას შევცვლით, მაშინ გრაგნილი წარმოქმნის მხოლოდ ორ პოლუსს (ნახ. 131, ბ). სტატორის გრაგნილის პოლუსების რიცხვის შეცვლისას შეიცვლება მაგნიტური ველის

ბრუნვის სიჩქარე, მაშასადამე, შეიცვლება როტორის ბრუნვის სიჩქარეც.

ასინქრონული ძრავების სიჩქარის რეგულირება წყვილი პოლუსების რიცხვის შეცვლის გზით გამოიყენება მხოლოდ მოკლედ ჩართული როტორის მქონე ძრავებისათვის, რადგან ფაზური როტორის მქონე ძრავებში სტატორის გრაგნილის გადართვასთან ერთად უნდა გადაირთოს როტორის გრაგნილიც, რაც დაკავშირებულია მნიშვნელოვან კონსტრუქციულ სიძნელებთან.

სიჩქარის რეგულირების ეს ხერხი შედარებით ეკონომიურია.

მის ნაკლოვანებათა რიცხვს მიეკუთვნება: სიჩქარის საფეხურებით ცვლა, გაბარიტების მნიშვნელოვანი ზრდა, ენერგეტიკული მაჩვენებლების (მ. ქ. კ. და $\cos \varphi$) გაუარესება და ერთი და იგივე სიმძლავრის დროს მრავალსიჩქარიანი ძრავების ღირებულების გადიდება ერთსიჩქარიანი ძრავების ღირებულებასთან შედარებით.

სსრ კავშირის ქარხნები უშვებენ ორ, სამ და ოთხსიჩქარიან ძრავებს, მაგალითად 500—750—1000—1500—ბრ/წთ. ასეთი ძრავების სტატორს აქვს ორი გრაგნილი, რომელთაგან თითოეული მათგანის გადართვა შეიძლება წყვილი პოლუსების სხვადასხვა რიცხვზე.

სრიალის შეცვლა. სრიალის შეცვლა შეიძლება როტორის გრაგნილის წრედში მარეგულირებელი რეოსტატის შეყვანით და, აგრეთვე, ქსელის ძაბვის განსაზღვრული ოდენობით შეცვლით. როტორის წრედში მარეგულირებელი რეოსტატის ჩართვა სრულდება გამშვები რეოსტატის ჩართვის ანალოგიურად. მარეგულირებელი რეოსტატი გამშვები რეოსტატისაგან იმით განსხვავდება, რომ იგი გათვლილია მასში დენის ხანგრძლივად გატარებაზე.

დაეწევა, რომ ძრავი მუშაობს და აბრუნებს მექანიკური ენერგიის მიმღებს. ამასთან, მისი როტორის გრაგნილში გაივლის I_1 დენი, რომელიც, ურთიერთქმედებს რა სტატორის გრაგნილის Φ_1 მაგნიტურ ველთან, ქმნის ძრავის ლილვზე მოდებული დამუხრუპების მომენტის ტოლ მბრუნავ მომენტს. თუ ახლა შევიყვანთ მარეგულირებელ რეოსტატს, მაშინ როტორის წრედის წინააღმდეგობის გადიდების შედეგად მასში გამავალი I_2 დენი შემცირდება, მაშასადამე, შემცირდება როტორის მიერ განვითარებული მბრუნავი მომენტიც.

სიჩქარის შემცირება გაგრძელდება მანამდე, სანამ ახალი, უფრო დიდი სრიალის დროს I_2 დენი, რომელიც გადიდდა როტორის ე. მ. ძ-ის გადიდების შედეგად, არ უზრუნველყოფს ისეთი

მბრუნავი მომენტის მიღებას, რომელიც ტოლი იქნება ძრავის ლილვზე მოდებული დამუხრუქების მომენტისა.

მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, რომ ასინქრონული ძრავის სიჩქარის რეგულირების ეს ხერხი ძალზე არაეკონომიურია, რადგან რეოსტატში შთაინთქმება მნიშვნელოვნად დიდი სიმძლავრე, რომელიც სითბოს სახით გამოიყოფა.

ამგვარადვე წარმოებს ძრავის სიჩქარის შეცვლა ქსელის ძაბვის შეცვლის დროს. თუ ძრავის მუშაობისას შევამცირებთ ქსელის ძაბვას, მაშინ შემცირდება როგორც სტატორის, ისე როტორის დენი, რასაც მოჰყვება სრიალის გადიდება, ე. ი. როტორის ბრუნვათა რიცხვის შემცირება ერთ წუთში.

მაგრამ, რეოსტატის შეყვანის შედეგად, სრიალის ცვლალეობისაგან განსხვავებით, ქსელის ძაბვის შემცირების გზით სრიალის გადიდება შეიძლება მხოლოდ უაღრესად შეზღუდულ ფარგლებში, რადგან ძაბვის მნიშვნელოვნად დიდი შემცირების დროს ძრავის მბრუნავი მომენტი, რომელიც ძაბვის კვადრატის პროპორციულია, ისე მკვეთრად მცირდება, რომ ძრავი ჩერდება კიდეც.

თუ შევაჯამებთ ზემონათქვამს ასინქრონული ძრავის თვისებათა შესახებ, შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები.

ასინქრონული ძრავის ძირითადი ღირსება ის არის, რომ იგი მარტივია, იაფია და მისი მომსახურება ადვილია.

ამ დადებით თვისებებთან ერთად მას აქვს აგრეთვე რიგი ნაკლოვანებები.

მათ რიცხვს, უწინარეს ყოვლისა, მიეკუთვნება ი', რომ ასინქრონული ძრავის ბრუნვის სიჩქარის რეგულირება არ შეიძლება მდოვრედ, ფართო ზღვრებითა და ეკონომიურად და, აგრეთვე, აქვს მცირე სიმძლავრის კოეფიციენტი.

მიუხედავად იმისა, რომ ეს უკანასკნელი ძრავის სრული დატვირთვისას შეიძლება აღწევდეს 0,85—0,90-ს, არასრული დატვირთვისას იგი მკვეთრად მცირდება და მაგალითად უკმა სვლის დროს იშვიათად აღემატება 0,2—0,3-ს.

ასინქრონული ძრავების დაბალი სიმძლავრის. კოეფიციენტი იმით აიხსნება, რომ მაგნიტური ნაკადის შესაქმნელად ისინი ხარჯავენ დიდ რეაქტიულ სიმძლავრეს.

ასინქრონულ ძრავში მაგნიტურ ნაკადს თავის გზაზე ხედება სტატორსა და როტორს შორის არსებული საჰაერო ღრეჩო, რომელიც დიდად ზრდის მაგნიტურ წინააღმდეგობას

და, მაშასადამე, რეაქტიულ დენსაც, რომელსაც ძრავი მოიხმარს მაგნიტური ველის შესაქმნელად.

ასინქრონული ძრავების სიმძლავრის კოეფიციენტის გადიდების მიზნით ცდილობენ, რომ მათი საძაერო ღრეჩო გააკეთონ წინიმაღური; მცირე სიმძლავრის (2—5 კვტ) ძრავებში იგი დაპყავით 0,3 მმ-მდე.

დიდი სიმძლავრის ძრავებში კონსტრუქციული მოსაზრებების გამო უხდებათ საძაერო ღრეჩოა გადიდება, მაგრამ ის 2—2,5 მმ-ს მაინც არ აღემატება.

პითხმები ბანდმოკრებისათვის

1. როგორია ასინქრონული ძრავის მოწყობილობა და მოქმედების პრინციპი?
 2. რას უდრის მრავალფაზიანი გრავნილია მიერ წარმოქმნილი მაგნიტური ველის ბრუნვათა რიცხვი?
 3. რაზეა დამოკიდებული ასინქრონული ძრავის მიერ განვითარებული მბრუნავი მომენტი?
 4. რას ეწოდება სრიალი?
 5. როგორ იცვლება სრიალი ასინქრონული ძრავის ლილვზე დატვირთვის ცვლილებისას?
 6. რატომ არის მცირე ასინქრონული ძრავების სიმძლავრის კოეფიციენტი?
 7. როგორ წარმოებს თაზურისა და მოყლედ ჩართული როტორის მქონე ასინქრონული ძრავების გაშვება?
 8. როგორ წარმოებს ასინქრონული ძრავების ბრუნვათა რიცხვის რეგულირება?
-

ცვლადი დენის გენერატორები

§ 1. მოწყობილობის პრინციპი

ცვლადი დენის გენერატორების მუშაობას საფუძვლად უდევს ელექტრომაგნიტური ინდუქციის პრინციპი.

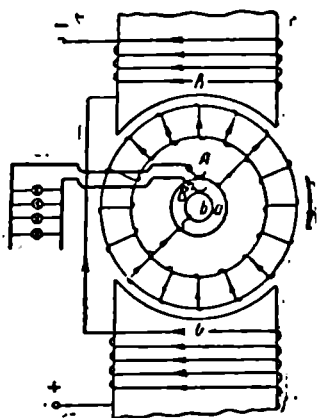
გენერატორი, ისე როგორც ყველა ელექტრული მანქანა, შედგება უძრავი ნაწილისაგან—სტატორისაგან და მბრუნავი ნაწილისაგან—როტორისაგან.

გენერატორის იმ ნაწილს, რომლის გრაგნილში აღიძვრება ელექტრომაგნიტური ძალა და გაივლის მუშა დენი, ეწოდება ღუზა. ელექტრომაგნიტებს (პოლუსებს) მათი შემკვერელი უღლით ეწოდება ინდუქტორი.

500 ვ-მდე ძაბვაზე მომუშავე მცირე სიმძლავრის ელექტროსადგურებში იყენებენ გენერატორებს, რომლებსაც აქვთ უძრავი ინდუქტორები და მბრუნავი ღუზა; ასეთი გენერატორის მოწყობილობის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 132-ზე.

ორპოლუსიანი გენერატორი რგოლებიანი ღუზითა და ორი საკონტაქტო რგოლით გარეგან წრედს უერთდება a და b საკონტაქტო რგოლებზე დაბჯენილი A და B უძრავი ჯაგრისების საშუალებით. a და b საკონტაქტო რგოლებს უერთდება ღუზის გრაგნილის ორი ნებისმიერი ურთიერთსაწინააღმდეგო მდებარეობის მქონე წერტილი.

ინდუქტორის გრაგნილში უნდა გავატაროთ მუდმივი დენი,



ნახ. 132. უძრავი პოლუსების მქონე ცვლადი დენის გენერატორის პრინციპული სქემა.

რადგან ინდუქტორის ჩ და ს პოლუსები არ უნდა იცვლიდნენ თავიანთ პოლარობას. ინდუქტორის პოლუსების მიმართ ღუზის ნაჩვენები მდებარეობისას ამ უკანასკნელის გრაგნილში წარმოიქმნება ორი პარალელური წრედი, რომლებშიც დენები გაივლის ისრებით ნაჩვენები მიმართულებით. *ბ* რგოლზე ეს დენები იკრიბება და *B* ჯაგრისის საშუალებით ჯამური დენი გადის წრედის გარეგან ნაწილში. წრედის გარეგანი ნაწილიდან დენი ბრუნდება გენერატორში *a* საკონტაქტო რგოლზე დადებული *A* ჯაგრისის საშუალებით; *a* საკონტაქტო რგოლიდან გენერატორში დაბრუნებული დენი ხელახლა განშტოვდება ორ პარალელურ წრედში.

ღუზის ნახევარი ბრუნით შემობრუნებისას დენი შეიცვლის მიმართულებას და წრედის გარეგან ნაწილში იგი გაივლის *A* ჯაგრისიდან *B* ჯაგრისისაკენ.

ღუზის გრაგნილის თვითეულ ხვიაში ინდუქტირებული ე. მ. ძ-ის სიდიდისა და მიმართულების სინუსოიდურად ცვლილებისას ცვლადი დენიც აგრეთვე სინუსოიდურად შეიცვლება წრედში.

ცვლადი დენის სიხშირე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით::

$$f = \frac{p \cdot n}{60},$$

სადაც *f* არის დენის სიხშირე ჰც-ში;

n—გენერატორის როტორის ბრუნვათა რიცხვი წუთში;

p—გენერატორის წყვილი პოლუსების რიცხვი.

§ 2. გენერატორები მბრუნავი ინდუქტორით

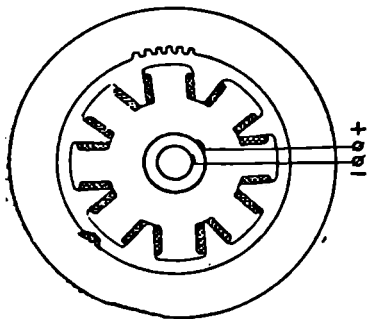
იმ გენერატორების კონსტრუირება, რომელთა სიმძლავრე უდრის ან აღემატება 30 კვა-ს, ხოლო ძაბვა 500 ვ-ზე მეტია, წარმოებს მხოლოდ და მხოლოდ უძრავი ღუზითა და მბრუნავი ინდუქტორით.

გენერატორის სტატორი არაფრით არ განსხვავდება ჩვენს მიერ უკვე განხილული ასინქრონული ძრავის სტატორისაგან. გენერატორის როტორი კეთდება ან აშკარად გამოსახული (შვერილი) პოლუსებით (ნახ. 133), ან ჩქაროსნულ მანქანებში 1500 და 3000 ბრ/წთ სიჩქარის ბრუნით, არაშვერილი პოლუსებით ანუ, როგორც ამბობენ, „არააშკარად გამოსახული პოლუსებით“ (ნახ. 134).

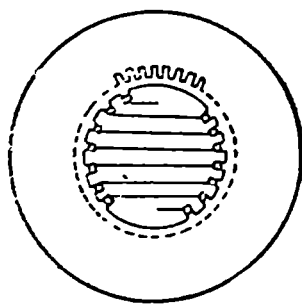
ცვლადი დენის გენერატორის ბრუნვით მოძრაობაში მომყვანი პირველადი ძრავის მიხედვით შემოღებულია შემდეგი სახელწოდებები: ტურბოგენერატორი (თუ პირველადი ძრავი წარმოადგენს

ორთქლის ტურბინას), ჰიდროგენერატორი (თუ პირველადი ძრავი წარმოადგენს ჰიდრაულიკურ ტურბინას) და დიზელგენერატორი (თუ პირველადი ძრავი წარმოადგენს დიზელს).

ტურბოგენერატორებს, რომლებიც წარმოადგენენ სწრაფმავალ მანქანებს, ჩვეულებრივად აქვთ ორი ან ოთხპოლუსიანი როტორი არააშკარად გამოსახული პოლუსებით. ჰიდრო და დიზელგენერატორებს კი ტურბოგენერატორებისგან განსხვავებით აქვთ შვერილი პოლუსების მქონე როტორი. ტურბოგენერატორს ორთქლის ტურბინასთან ერთად ეწოდება ტურბოაგრეგატი (ნახ. 135).



ნახ. 133. როტორი აშკარად გამოსახული პოლუსებით.



ნახ. 134. როტორი არააშკარად გამოსახული პოლუსებით.

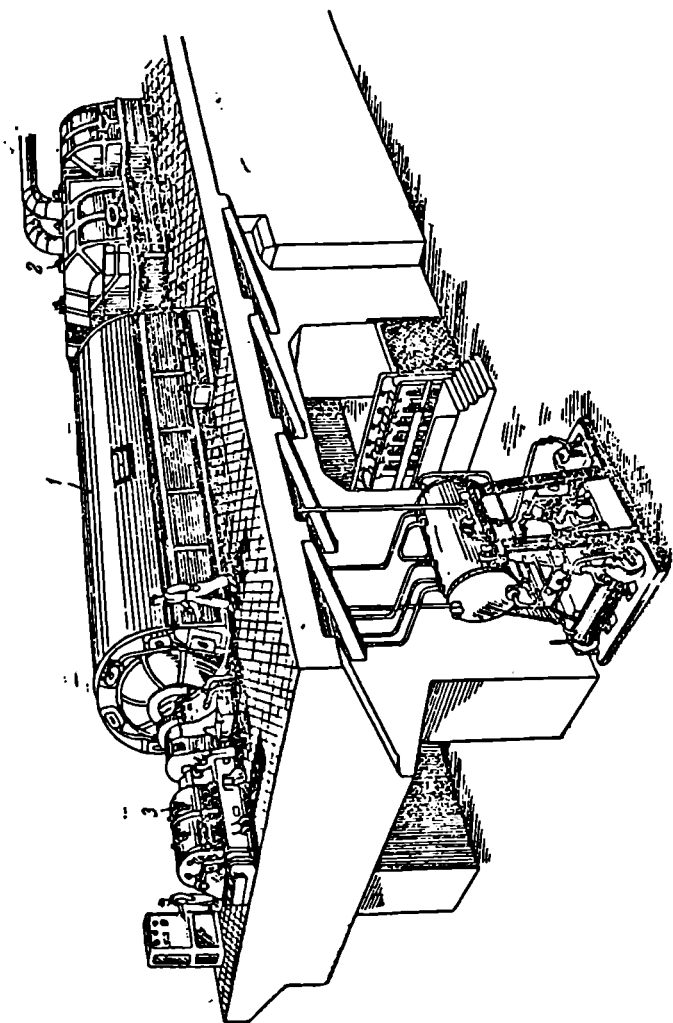
თანამედროვე ტურბოგენერატორებს, რომელთა სიმძლავრე 100000—150000-მდე კვტ-ს აღწევს, მოწყობილი აქვთ საკონტროლო-რეგულირების აპარატურა და წყალბადით გაცივება.

მძლავრი ტურბოგენერატორები შექმნილია ლენინგრადის ქარხნის „ელექტროსილას“ მუშებისა და ინჟინრების მიერ.

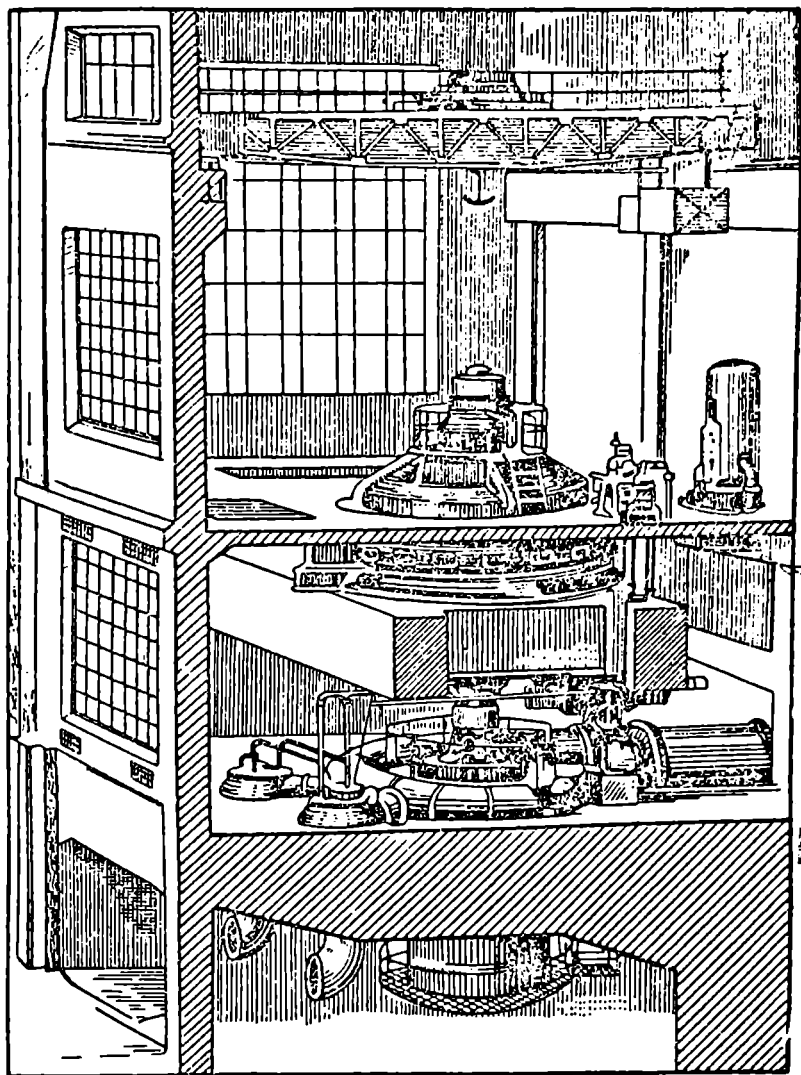
ჰიდროგენერატორები, წარმოადგენენ რა ნელმავალ მანქანებს, ხშირად კეთდება მრავალი პოლუსებითა და ვერტიკალური ლილვით (ნახ. 136).

ნახ. 137-ზე სქემატურად გამოსახულია ექვსპოლუსიანი ინდუქტორის მქონე გენერატორი. პოლუსთა გრავნილების მუდმივი დენით კვება წარმოებს ორი საკონტაქტო რგოლითა და მათზე დადებული ჯაგრისების საშუალებით.

უძრავი ღუზის წრიულ ზედაპირზე გაკეთებულია 6 კილო (თვითეულ პოლუსზე თითო კილო), თვითეულ კილოში მოთავსე-

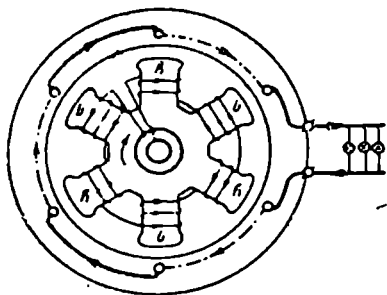


ნახ. 135. ტურბოაგრეგატის საერთო ხედი: 1—ტურბოაგრეგატორი;
2—ღრთქლის ტურბინი; 3—ამგანები.



ნახ. 136. ჰიდროაგრეგატის საერთო ხედი: ზემოთ ჰიდროგენერატორი,
კვეთით ჰიდრაულიკური ტურბინი.

ბულია თითო გამტარი. თუ მოცემულია ელექტრომაგნიტების ბრუნვის მიმართულება, მაშინ ინდუქტირებული ე. მ. ძის მიმართულება განისაზღვრება მარჯვენა ხელის წესით.



ნახ. 137. მბრუნავი პოლუსების მქონე ცვლადი დენის გენერატორის პრინციპული სქემა.

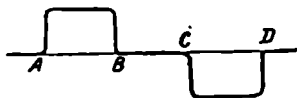
მაგრამ უნდა გვახსოვდეს, რომ ეს წესი გამოიყენება მაშინ, როცა გამტარი მოძრაობს უძრავ მაგნიტურ ველში, ჩვენს შემთხვევაში კი ბრუნავს პოლუსები. მაშასადამე, იმისათვის, რომ მოცემული შემთხვევისათვის გამოვიყენოთ მარჯვენა ხელის წესი, საჭიროა ინდუქტორი მივიჩნიოთ უძრავად, ხოლო ლუზა—ინდუქტორის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით მბრუნავად.

გამტარებს ურთიერთ შორის მიმდევრობით აერთებენ ისე, რომ მათში დაინდუქტივებული ელექტრომამოძრავებელი ძალები იკრიბება. დაინდუქტივებული დენის მიმართულება მოცემული მომენტისათვის ნაჩვენებია ისრებით.

ელექტრომამოძრავებელი ძალის გადიდების მიზნით შეიძლება თვითნებულ კილოში ჩავაწყოთ რამდენიმე გამტარი და შევაერთოთ ისინი ისე, რომ ცალკეულ გამტარებში დაინდუქტივებული ელექტრომამოძრავებელი ძალები იკრიბებოდეს ერთმანეთს შორის.

ამგვარად, მივიღებთ ლუზის კოქურ გრაგნილს.

დაინდუქტივებული ელექტრომამოძრავებელი ძალის ცვლილება ერთი პერიოდის განმავლობაში ხდება არა

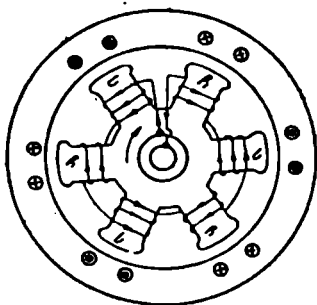


ნახ. 138. ე. მ. ძ-ის ცვლილების მრუდი ტეხილი ხაზის მიხედვით.

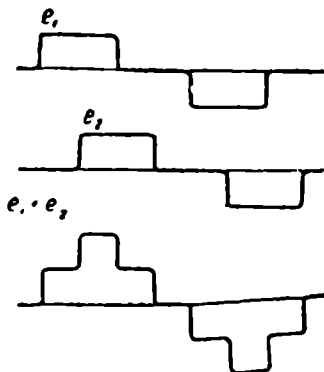
138-ზე გამოსახული ტეხილი ხაზის მიხედვით. AB და CD მონაკვეთები შეესაბამება პოლუსის სიგანეს, BC მონაკვეთი—პოლუსებს შორის მანძილს, ხოლო AD მონაკვეთი უდრის ე. მ. ძ-ის სიდიდისა და მიმართულების სრული შეცვლის პერიოდს.

ელექტრომამოძრავებელი ძალის ცვალებადობის მრუდის სინუსოიდისთან მიახლოების მიზნით შეიძლება გავადიდოთ პოლუს-

ფაზაზე მოსული კილოების რიცხვი. ასე, მაგალითად, თუ პოლუს-ფაზაზე მოდის ორი კილო (იხ. ნახ. 139), მაშინ ორი ერთმანეთის გვერდით მდებარე გამტარის ელექტრომაგნიტური ძალები დაძრული იქნებიან ურთიერთის მიმართ ფაზით და, შეიკრიბებიან რა ერთმანეთს შორის მათი მიმდევრობით შეერთების შედეგად, მოგვცემენ ჯამური ე. მ. ძის საფეხურებიან მრუდს, რომელიც ნახ. 140-ზე გამოსახულია ($e_1 + e_2$) მრუდის სახით.



ნახ. 139. გენერატორის სქემა პოლუსზე მოსული ორი კილოთი.



ნახ. 140. ორი ე. მ. ძის ცვლილების მრუდი.

შეიძლება აგრეთვე საპოლუსო ბუნიკებს მიეცეთ ისეთი ფორმა, რომ სტატორის პაკეტსა და მათ შორის არსებული საპაერო ღრეჩო მატულობდეს პოლუსის შუა ნაწილიდან ნაპირებისაკენ. საპოლუსო ბუნიკების ფორმის სათანადო შერჩევით აღწევენ იმას, რომ ჯამური ე. მ. ძის ცვლილების მრუდი სინუსოიდისთან იყოს მიახლოებული.

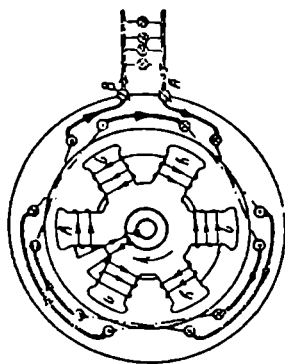
§ 3. ცვლადი დენის გენერატორების გრაგნილები

იმისათვის, რომ წარმოდგენა ვიქონიოთ ცვლადი დენის გენერატორების გრაგნილებზე, ქვემოთ მოგვყავს სხვადასხვა ტიპის გრაგნილების სურათი.

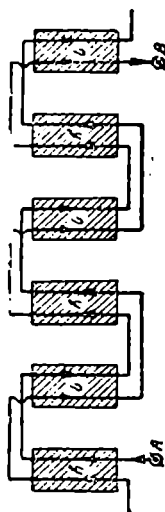
ლუზის გრაგნილი შეიძლება იყოს ტალღური და მარყუჟული.

ნახ. 141-ზე გამოსახულია ლუზის ტალღური გრაგნილი, რომელიც ნახ. 142-ზე ნაჩვენებია გაშლილი სახით.

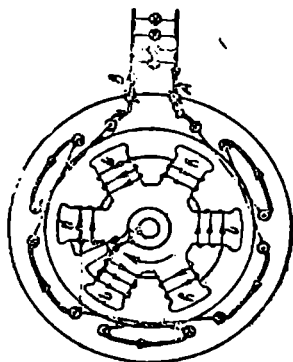
ნახ. 143—144-ზე ნაჩვენებია მარყუჟული გრაგნილი.



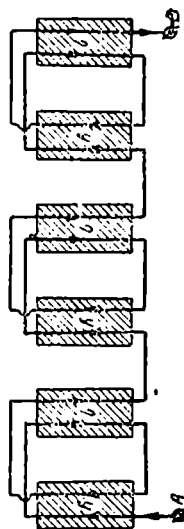
ნახ. 141. ღუხის ტალღური გრაგნილი.



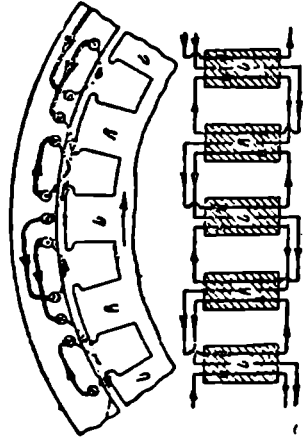
ნახ. 142. ტალღური გრაგნილი გაშლილი სახით.



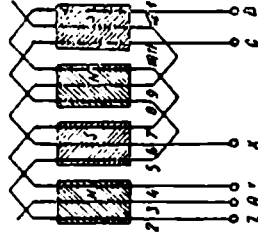
ნახ. 143. ღუხის მარყუცული გრაგნილი.



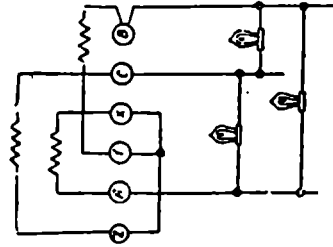
ნახ. 144. მარყუცული გრაგნილი გაშლილი სახით.



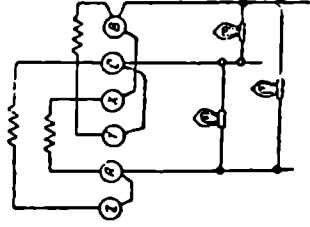
ნახ. 145. მარჯვენა გრადის ნაწილი პოლუსზე
მოსული სამი კილათი.



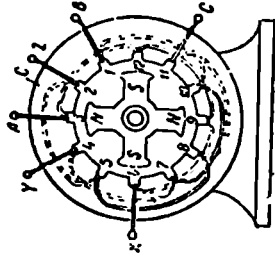
ნახ. 147. სამფაზა გენერატორის



ნახ. 148. გრაგნილების ვარსკვ-



ნახ. 149. გრაგნილების სამეურსაზა



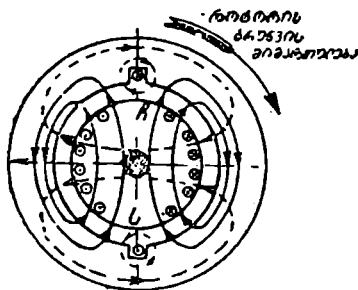
ნახ. 146. სამფაზა დენის
გენერატორი.

ნახ. 145-ზე გამოსახულია მარყუჟული გრაგნილის ნაწილი თვითნებულ პოლუსზე მოსული სამი კილოთი.

გამტარები, რომლებიც ქმნიან სამფაზა გენერატორის გრაგნილს, ერთმანეთთან შეერთებულია იაე, რომ წარმოქმნიან სამ წრედს, რომლებშიც ინდუქტირდება ერთმანეთის მიმართ ფაზით 120° -ით დაძრული ელექტრომაგნიტური ძალები. ნახ. 146-ზე სქემატურად გამოსახულია საერთო ხედი ოთხპოლუსიანი სამფაზა გენერატორისა, რომლის პოლუსსა და ფაზაზე მოდის ერთი კილო, ხოლო ნახ. 147-ზე მოცემულია გენერატორის გრაგნილი გაშლილი სახით. გრაგნილების საწყისებისა და ბოლოების შეერთება შეიძლება ვარსკვლავისებრად ან სამკუთხედ ისე, როგორც ეს სქემატურად არის გამოსახული ნახ. 148 და 149-ზე.

§ 4. გენერატორის მუშაობა დატვირთვის ძველ და ძაბვის რეგულირება

თუ მომუშავე გენერატორის მომკერებზე მივაერთებთ გარეგან დატვირთვას, მაშინ მისი სტატორის გრაგნილში აღიძვრება დენი, რომელიც ქმნის თავის მაგნიტურ ველს—სტატორის ნაკადს. ამ ნაკადის ნაწილი, შეიკვრება რა სტატორის გამტარების გარშემო საჰაერო ღრეჩოსა და სტატორის პაკეტში გავლით (ნახ. 150), განაპირობებს სტატორის გრაგნილის დამატებითი, ინდუქტიური წინააღმდეგობის წარმოქმნას. ნაკადის მეორე ნაწილი, რომელიც შეიკვრება საჰაერო ღრეჩოსა და როტორის პოლუსებზე გავლით, სტატორის მბრუნავ მაგნიტურ ველს ქმნის ისე, როგორც ეს ხდება ასინქრო-



ნახ. 150. დენის რეაქცია აქტიური დატვირთვისას.

ნულ ძრავში. ამ ველის ბრუნვის სიჩქარე განისაზღვრება ფორმულით $n = \frac{60 f}{p}$ და როტორის ველის ბრუნვის სიჩქარის ტოლია.

ამრიგად, როტორისა და სტატორის ველები ბრუნავენ ერთნაირი სიჩქარით.

სტატორის მაგნიტური ველი, ზედ დაედება რა აგზნების-
გრაგნილის მიერ წარმოქმნილ როტორის ძირითად ველს, მოახ-
დენს მის შესუსტებას ან გაძლიერებას.

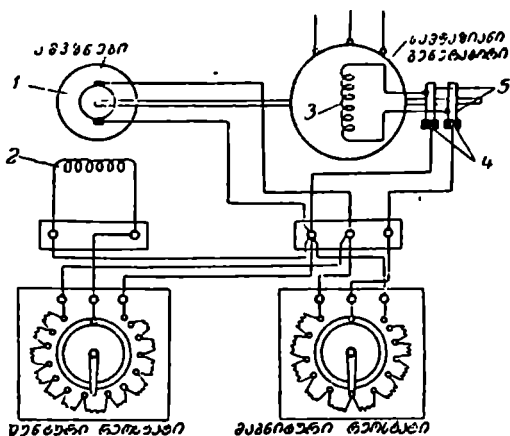
ამ მოვლენას ეწოდება ლუზის რეაქცია.

განივილით ლუზის რეაქციის შემთხვევა აქტიური დატვირთ-
ვის დროს.

ნახ. 150-ზე ნაჩვენებია ორპოლუსიანი გენერატორის სტატორი
და როტორი.

დროის აღნიშნულ მომენტში სტატორის გრაგნილის ერთი
ფაზის ხეიის აქტიური მხარეები განლაგებულია პოლუსების შუა-
გულზე და ელექტრომაგნიტურ ძალას ხეიაში აქვს მაქსიმალუ-
რი მნიშვნელობა. დაუშვათ, რომ ხეიაში დენსაც აქვს მაქსიმალუ-
რი მნიშვნელობა, რაც, ცხადია, შეესაბამება გენერატორის აქტი-
ურ დატვირთვას.

სტატორის მაგნიტური ნაკადი, რომლის ძალხაზები პუნქტი-
რითაა აღნიშნული, აღმოჩნდება განივი, რადგან ლუზისა და ინ-
დუქტორის ველების ღერძები ურთიერთპერპენდიკულარულია.



ნახ. 151. სამფაზა გენერატორის შეერთების სქემა.

სტატორის განივი ველის ზემოქმედების შედეგად საჭირო ღრე-
ჩოში მაგნიტური ნაკადი სიდიდით თითქმის არ იცვლება და-
მხოლოდ მიმართულებას იცვლის ცოტაოდენ, რადგან განივი
ველი ასუსტებს ინდუქტორის ველს პოლუსების იმ ნახევრებში,

რომლებშიც ისინი შემხვედრი მიმართულებისა და აძლიერებს იმ ნახევრებში, რომლებშიც თანხედენილი მიმართულება აქვთ.

ნახ. 151-ზე ნაჩვენებია სამფაზა დენის გენერატორის შეერთების სქემა.

აქ ამგზნები, ანუ აგზნების გრაგნილის მკვებავი მუდმივი დენის წყარო, წარმოადგენს მუდმივი დენის პატარა გენერატორს, რომელიც მოთავსებულია მთავარი გენერატორის როტორის ლილვზე.

იმ დენის სიდიდის რეგულირება, რომელსაც ამგზნები გენერატორი თავის ლუზიდან (1) მიაწვდის სამფაზა გენერატორის ინდუქტორის აგზნების გრაგნილს, წარმოებს შუნტური რეოსტატის საშუალებით, რომელიც ჩართულია ამგზნების პოლუსების გრაგნილის (2) წრედში. ამგზნების ძაბვის შეცვლით ჩვენ შევცვლით დენს, რომელსაც ჯაგრისზე (4) და რგოლზე (5) გატარებით მივაწვდით სამფაზა დენის გენერატორის ინდუქტორის (როტორის) გრაგნილს (3). ეს გამოიწვევს ლუზის გრაგნილში დაინდუქტივებული ე. მ. ძის ცვლილებას. ინდუქტორის აგზნების გრაგნილში მიწოდებული დენის გადიდებით გავადიდებთ აგრეთვე დაინდუქტივებულ ელექტრომაგნიტურ ძალას.

იგივე მაზნით ინდუქტორის (როტორის) აგზნების გრაგნილის წრედში მიმდევრობით შეყავთ მაგნიტური რეოსტატი.

გენერატორის გაშვებისას საჭიროა პირველ რიგში გაშვებულ იქნას პირველადი ძრავი, ხოლო შემდეგ, როცა იგი მიაღწევს ნორმალურ სიჩქარეს, შუნტური და მაგნიტური რეოსტატების საშუალებით აწვევენ გენერატორის ძაბვას მისი აგზნების დენი გადიდების გზით.

როცა ძაბვა მიაღწევს ნომინალურ მნიშვნელობას, გენერატორს მიაერთებენ ქსელთან.

კითხვები განმეორებისათვის

1. ცვლადი დენის გენერატორის რა და რა ტიპი არსებობს?
2. როგორ წარმოებს ძაბვის რეგულირება გენერატორის მომკერებზე?
3. რას ეწოდება ლუზის რეაქცია?
4. საიდან და როგორ იკვებება აგზნების გრაგნილი?

მუდმივი ღენის მანქანები

§ 1. ზოგადი ცნობები

მუდმივი ღენის მანქანებს აკეთებენ გენერატორებად, მექანიკური ენერგიის ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის მიზნით, და აგრეთვე ელექტროძრავებად ელექტრული ენერგიის, მექანიკურ ენერგიად გარდასაქმნელად.

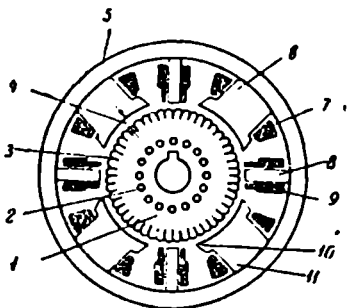
გენერატორის მოქმედება დამყარებულია ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენაზე, ხოლო ძრავის—იმ გამტარების ურთიერთქმედებაზე ელექტრომაგნიტურობის მაგნიტურ ველთან, რომლებშიც გადის მუდმივი ღენი.

მუდმივი ღენის მანქანა შედგება ორი ძირითადი ნაწილისაგან: ინდუქტორისაგან (ელექტრომაგნიტური სისტემა) და ლუზისაგან. ინდუქტორი წარმოადგენს უძრავ ნაწილს და უღელთან ერთად ქმნის სტატორს, ხოლო ლუზა—მუდმივი ღენის მანქანის მბრუნავ ნაწილს, მის როტორს.

ნახ. 152-ზე წარმოდგენილია ოთხპოლუსიანი მანქანის სქემატური კრილი და მოყვანილია მისი ძირითადი ნაწილების დასახელება.

სტატორის პოლუსების

რიცხვი უნდა იყოს ლუწი. პოლუსების გრაგნილს ამზადებენ სპილენძის იზოლირებული მავთულისაგან. პოლუსების გულები ჩვეუ-



ნახ. 152. მუდმივი ღენის მანქანის ძირითადი ნაწილები: 1—ლუზის გულა;

2—ღერძული საფენტილაქიო არხები;

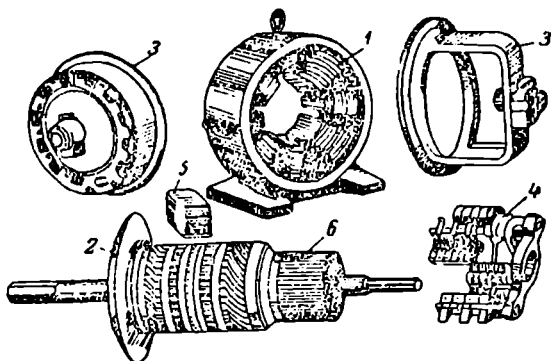
3—ლუზის გრაგნილი; 4—საძერძო ღერძი;

5—სტატორის უღელი (დგარი); 6—მთავარი პოლუსები; 7—აგზნების გრაგნილი;

8—დამატებითი პოლუსები; 9—დამატებითი პოლუსების გრაგნილი; 10—საპოლუსო ბუნიები; 11—საპოლუსო გულა.

ლებრივად მზადდება ჩამოსხმული ფოლადისაგან, ხოლო დგარი— ფოლადის სხმულისაგან ან თუჯისაგან (ნახ. 153).

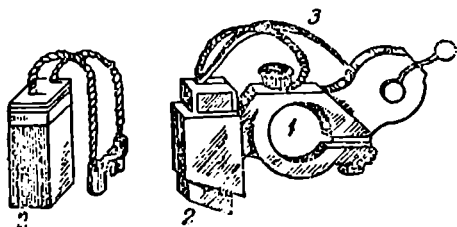
პატარა მანქანების სტატორი მთლიანად, პოლუსებთან ერთად, იკრიბება დინამოს ფოლადის ფურცლებისაგან.



ნახ. 153. მუდმივი დენის მანქანა დაშლილი სახით:

1—დგარი; 2—ლუზა; 3—საკისრების ფარები; 4—ტრავერსა ჯაგრისმჭერებით; 5—მომჭერების საფარი ხუფი; 6—კოლექტორი.

ლუზას კრებენ 0,5 მმ სისქის მქონე დინამოს ფოლადის ფურცლებისაგან, რომლებიც გრიგალისებრ დენებზე კარგევის შემცირების მიზნით დაფარულია მაიზოლირებელი ლაქის ფენით.



ნახ. 154. ჯაგრისი და ჯაგრისმჭერი:

1—ხერეტი ჯაგრისის კანკიკისათვის;
2—ჯაგრისი; 3—ზამბარა.

ლუზის ფირფიტებზე კიდის გასწვრივ წრიულად დატვიფრავენ ხერეტილებს, რომლებიც აკრეფის შემდეგ წარმოქმნიან კილოებს. და რომლებშიც ჩააწყობენ გრაგნილის იზოლირებულ გამტარებს. დიდ მანქანებში უკეთესი გაცივების მიზნით ლუზის სიგრძეზე მოაწყობენ სავენტილაციო არხებს.

ინდუქტორის მაგნიტურ ველში ლუზის ბრუნვისას მისი გრაგნილის გამტარებში დაინდუქტივდება ცვლადი ე. მ. ძ.

იმისათვის, რომ ცვლადი ე. მ. დ. გარდაიქმნას მუდმივად, მუდმივი დენის გენერატორებში გამოყენებულია მოწყობილობა, რომელსაც კოლექტორი ეწოდება. მუდმივი დენის ელექტროძრავებში კოლექტორის დანიშნულებაა მუდმივი დენის მიმართულების შეცვლა, რათა მივიღოთ ლუზის ბრუნვითი ძრაობა.

კოლექტორი შედგება ერთმანეთისაგან საიზოლაციო ნაფენებით ურთიერთისაგან გაყოფილსა და ცილინდრის სახით შეკრებილ სპილენძის ფირფიტებისაგან (ნახ. 153). ფირფიტებს შორის და აგრეთვე ფირფიტებსა და კორპუსს შორის საიზოლაციო ნაფენობა სრულდება მიკანიტით.

კოლექტორზე დაყრდნობილია ჯაგრისმქერებში მოთავსებული ნახშირის ან ლითონნახშირის ჯაგრისები (ნახ. 154). ლუზის ბრუნვისას ჯაგრისები ისევე უძრავი რჩებიან, როგორც მანქანის პოლუსები.

ჯაგრისი (2), რომელიც ჯაგრისმქერის გარსაცმშია მოთავსებული, ზამბარის ზემოქმედებით აწეება კოლექტორს.

ჯაგრისმქერებს ამაგრებენ საჯაგრისო კანქიკ-თითებზე, რომლებიც თავის მხრივ ტრავერსაზე მაგრდება.

ტრავერსა დაკავშირებულია საკისრის ფართან ან დგართან; იგი შეიძლება შევადარებოთ და ამით შეეცვალოს ჯაგრისების სისტემის მდებარეობა მანქანის პოლუსების მიმართ. საჯაგრისო თითების იზოლირება ტრავერსისაგან წარმოებს საიზოლაციო საყეღურისა და მილაკის საშუალებით.

§ 2. მუდმივი დენის გენერატორის მოძმედების პრინციპი

დავუშვათ, რომ SN მაგნიტის (ნახ. 155) მაგნიტურ ველში ბრუნავს $a b c r$ მავთულის ხვია, რომლის ბოლოები მიერთებულია მასთან ერთად მბრუნავ ურთიერთიზოლირებულ ორ r_1 r_2 ნახევარგოლებზე. ამ ნახევარგოლებთან მოსრიალე კონტაქტი აქვს ორ $ж_1$ და $ж_2$ ჯაგრისს, რომლებიც უძრავადაა დამაგრებული და წინააღმდეგობით უერთდებიან წრედის გარეგან ნაწილს.

აღნიშნული ორი ნახევარგოლი წარმოადგენს უმარტივესი სახის კოლექტორს. კოლექტორი და ჯაგრისები ისე უნდა იყვნენ დაყენებული, რომ ნახევარგოლების მაიზოლირებელი ფენები იმ მომენტში ჯაგრისების ქვეშ იმყოფებოდნენ, როცა ე. მ. დ. ხვიაში, გაივლის რა ნულოვან მნიშვნელობას, თავის მიმართულებას შეიცვლის. ხვიის ასეთ მდებარეობას ნეიტრალური მდებარეობა ეწოდება.

როცა ან გამტარი გაივლის საზხრეთ პოლუსის ქვეშ და მკ გამტარი—ჩრდილოეთ პოლუსის ქვეშ, მაშინ ამ გამტარებში დაინ-
დუქტივდება ელექტრომაგნიტური ძალები, რომლებიც გა-
რეგან წრედში წარმოქმნიან $\mathcal{E}_1$ ჯაგრისიდან $\mathcal{E}_2$ ჯაგრისისაკენ
მიმართულ დენს.

თუ განვიხილავთ ხეიის სამ მდებარეობას მაგნიტურ ველში,
რომლებიც ნახ. 156-ზე სქემატურადაა გამოსახული, დავინახავთ,
რომ ხეიაში ინდუქ-
ტივდება სიდიდითა და
ნიმართულებით ცვლა-
დი ე. მ. დ.

მდებარეობა ა შე-
ესაბამება ხეიის ნეიტ-
რალურ მდებარეობას;
გარეგან წრედში დენი
უდრის ნულს, რადგან
ხეიაში დაინდუქტივე-
ბული ე. მ. დ. უდრის
ნულს.

მდებარეობა ბ შე-
ესაბამება პოზიტივს,
როცა ე. მ. დ. ხეიაში
მაქსიმალური მნიშვნე-
ლობის მიღწევის შემ-
დეგ იწყებს შემცირე-
ბას.

მდებარეობა გ შე-
ესაბამება პოზიტივს,
როცა ე. მ. დ. ხეიაში,

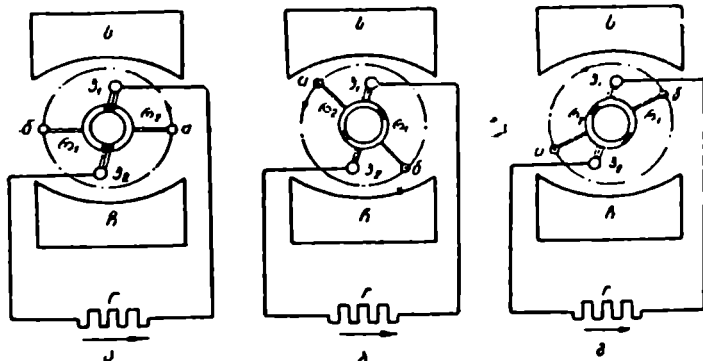
ნულოვანი მნიშვნელობის მიღების შემდეგ, შეიცვლის რა მიმარ-
თულებას, ისწრაფვის უარყოფითი მაქსიმალური მნიშვნელობი-
საკენ.

მაგრამ კოლექტორის საშუალებით გარეგან წრედში მიემართე-
ბა ერთი მიმართულების დენი; იგი მხოლოდ სიდიდით იცვლება.
ამ დენს პულსირებული დენი ეწოდება.

დენის პულსაცია შეიძლება შევამციროთ კოლექტორის ფირ-
ფიტების რიცხვის გადიდებით (ორი ნახევარგოლის მაგივრად)
შესაბამისად გავადიდებთ რა ღუზის ხეიების რიცხვს, რომლებიც
ცალკეულ ნაწილებად—სექციებად იყოფიან.

ნახ. 155. უმარტივესი სახის მუდმივი
დენის გენერატორი.

განვიხილოთ ღუზის გრაგნილის სექციის კოლექტორის ფირფიტებთან შეერთების სქემა (ნახ. 157). კოლექტორს აქვს ოთხი ფირფიტა, ხოლო ღუზის გრაგნილი დაყოფილია ოთხ სექციად— α , β , γ და δ .

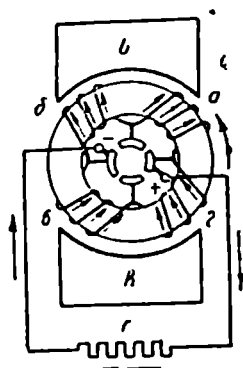


ნახ. 156. ზეის სამი მდებარეობა მაგნიტურ ველში.

α და β სექციებში ელექტრომამოძრავებელი ძალების სინუსოიდური ცვლილება წარმოებს ერთნაირად, ე. ი. დროის ერთსა და იმავე მომენტში აღწევენ მაქსიმალურსა და ნულოვან მნიშვნელობებს. იგივე შეიძლება ითქვას γ და δ სექციებში ელექტრომამოძრავებელი ძალების ცვლილების შესახებ.

მაგრამ γ და δ სექციებში დაინდუქტირებული ელექტრომამოძრავებელი ძალების ზეისური მნიშვნელობები ფაზით განსხვავდებიან α და β სექციების ელექტრომამოძრავებელი ძალების მისიური მნიშვნელობებისაგან.

დროის იმ მომენტში, როცა α და β სექციების ელექტრომამოძრავებელ ძალებს აქვთ მაქსიმალური მნიშვნელობები, γ და δ სექციების ელექტრომა-

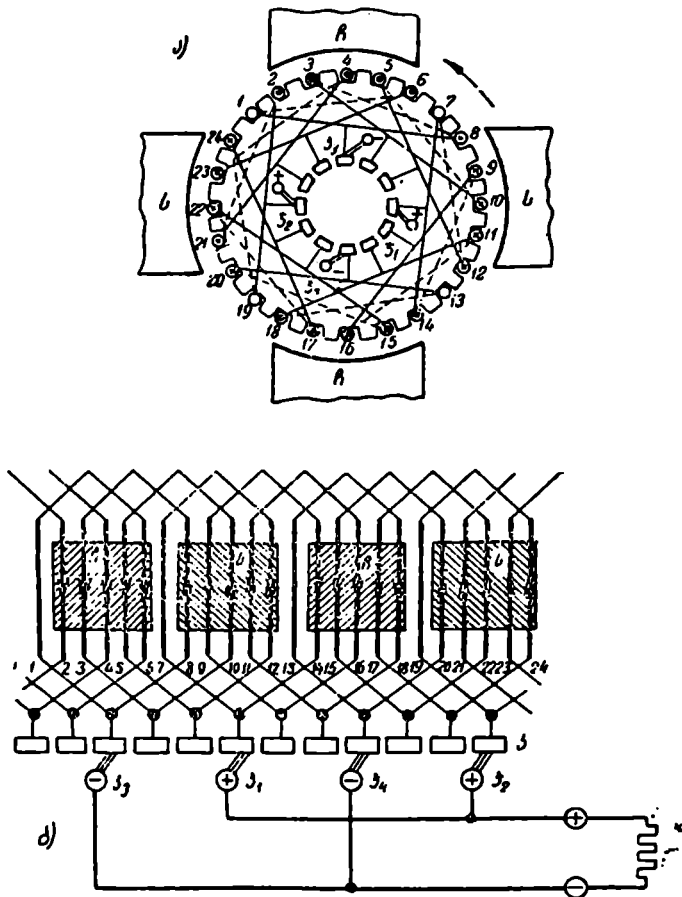


მამოძრავებელი ძალები უდრის ნულს. ნახ. 157. ღუზის გრაგნილის სექციებისა და კოლექტორის ფირფიტების კოლექტორის ფირფიტებთან შეერთების სქემა. ტემბის რიცხვის გადიდება კიდევ მეტად გაასწორებს ელექტრომამოძრავებელი ძალისა და დენის პულსაციას.

თანამედროვე მუდმივი დენის მანქანებს აქვთ დოლური ტიპის კბილანა ლუზა, რომლის იდეა ეკუთვნის გამოჩენილ რუს ელექტროტექნიკოსს პ. ნ. იაბლოჩკოვს.

§ 3. ლუზის გრაგნილების მოწყობილობა

დოლური გრაგნილის კილოებში ჩაწყობილ გამტარებს აქტიური გამტარები ეწოდება.

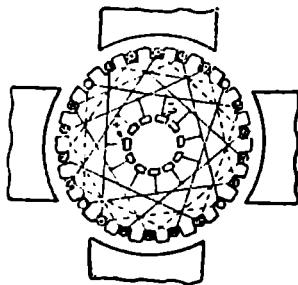


ნახ. 158. მარყუჟული გრაგნილი (ა); მარყუჟული გრაგნილის გაშლილი სქემა (ბ).

ორი ერთმანეთს შორის შეერთებული აქტიური გამტარი ქმნის ხეიას. ხეიები ჭრათიერად შორის და კოლექტორის ფირფიტებთან შეერთების შედეგად ქმნიან კონტურს. გრაგნილის იმ ნაწილს, რომელიც მისი შემოვლისას იმყოფება კოლექტორის შემდგომ ერთიმეორის მიმყოფ ფირფიტებს შორის, ეწოდება სექცია. სექცია შეიძლება შედგებოდეს ერთი ან რამდენიმე ხეიისაგან.

ლუზის გრაგნილი შედგება ხეიებისაგან, რომელთა სიგანე და ნაბიჯი დაახლოებით უდრის საპოლუსო დაყოფას. დოლური გრაგნილის ყველა გამტარის კილოებში ჩაწყობა წარმოებს ლუზის გარეგან ზედაპირზე.

გამოყენებაშია დოლური გრაგნილის ორი სახე: მარყუჟული (პარალელური) და ტალღური (მიმდევრობითი)



ნახ. 159. ტალღური გრაგნილი.

ამა თუ იმ სახის გრაგნილის დამზადებისას საჭიროა, რომ ცალკეულ გამტარებში დაინდუქტივებული ელექტრომაგნიტური ძალები არ ეწინააღმდეგებოდნენ ერთმანეთს. ამისათვის თვითნებურად გამტარს, მოთავსებულს მაგალითად სამხრეთ პოლუსის ქვეშ, გაგრძელება ჟუნდა ჰქონდეს ჩრდილოეთ პოლუსის ქვეშ და პირიქით.

გრაგნილის ამა თუ იმ ტიპის შერჩევას, აგრეთვე კილოში გამტარების რაოდენობის, მათი კვეთის და ა. შ. გაანგარიშებას აწარმოებს ელექტრული მანქანის კონსტრუქტორი მისი დაპროექტების პროცესში. ნახ. 158 ა, ბ და 159-ზე ნაჩვენებია ოთხპოლუსიანი მუდმივი დენის მანქანის მარყუჟული და ტალღური გრაგნილების სქემები.

მანქანას ტალღური გრაგნილით შეიძლება ჰქონდეს მხოლოდ ორი ჯაგარისი.

მარყუჟული გრაგნილის წყვილი პარალელური შტოების რიცხვი ჩვეულებრივად უდრის წყვილი პოლუსების რიცხვს. ასე, მაგალითად, ნახ. 158-ზე ნაჩვენები გრაგნილი ქმნის ოთხ პარალელურ შტოს.

§ 4. გენერატორის ლუზის ჩამოყალიბება

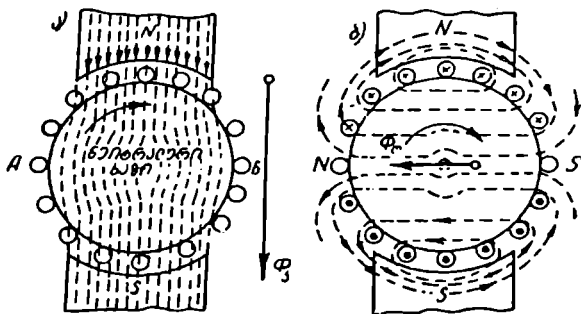
თუ გენერატორი დაუტვირთავად მუშაობს, მაშინ ლუზის გრაგნილში დენი არ გადის.

პოლუსების მაგნიტური ნაკადი (ნახ. 160, ა) მიმართული იქნება გეომეტრიული ნეიტრალის $A-B$ ხაზის პერპენდიკულარულად.

გენერატორის წრედის გარეგანი ნაწილის დატვირთვაზე ჩართვისას წრედის როგორც გარეგან ნაწილში, ისე ლუზის წრედში გაივლის ელექტრული დენი. ნახ. 160, ბ-ზე სქემატურად გამო-

სახულია ლუზის მაგნიტური ნაკადი. პოლუსების მაგნიტური ნაკადი აქ არ არის ნაჩვენები.

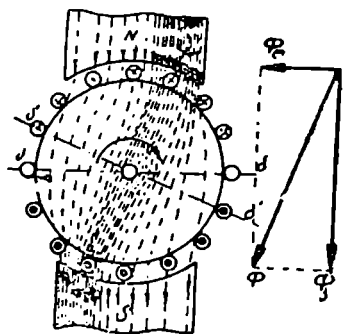
გენერატორის დატვირთვის გადიდებისას დენიც გადიდდება



ნახ. 160. მაგნიტური ნაკადები: ა — გენერატორის პოლუსების; ბ — გენერატორის ლუზის.

ლუზაში და, მაშასადამე, უფრო ძლიერი გახდება ლუზის მაგნიტური ნაკადი.

ნახ. 160-დან ჩანს, რომ ჩრდილოეთ პოლუსის ქვეშ მარცხნივ



ნახ. 161. ლუზის მაგნიტური ნაკადის მოქმედება პოლუსების მაგნიტურ ნაკადზე — ლუზის რეაქცია.

ლუზის მაგნიტური ძალხაზები შემხვედრად არის მიმართული პოლუსების მაგნიტური ნაკადის ძალხაზების მიმართ, მარჯვნივ კი მის თანხვედნილად, ხოლო სამხრეთ პოლუსის ქვეშ პირიქით. ამრიგად, ადგილი აქვს მაგნიტური ველის დამახინჯებას (ნახ. 161). გენერატორის რეზულტიური მაგნიტური ნაკადის ღერძი გადაადგილდება ლუზის ბრუნვის მიმართულებით. ეს იწვევს ნეიტრალური ხაზის შებრუნებას $A-B$

მდებარეობიდან $A'-B'$ მდებარეობაში, ანუ ლუზის ბრუნვის მიმართულებისაყენ და მოითხოვს ჯაგრისების გადაადგილებას, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ნაპერწკლების გაჩენა.

ამ მოვლენას ღუზის რეაქცია ეწოდება.

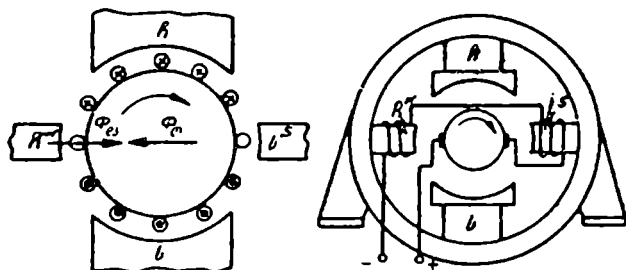
ღუზის რეაქციის მავნე გავლენის შემცირებისათვის ყველაზე მეტი გავრცელება ჰპოვა დამატებითი პოლუსების გამოყენებამ.

დამატებით პოლუსებს აყენებენ გეომეტრიულ ნეიტრალურ ხაზზე (ნახ. 162).

დამატებითი პოლუსების ნაკადი მიმართულია ღუზის ნაკადის წინააღმდეგ. ვენერატორებში მთავარი და დამატებითი პოლუსები განლაგებულია შემდეგნაირად: მთავარ პოლუსს ბრუნვის მიმართულებით მიჰყვება მისგან განსხვავებულ სახელწოდების მქონე დამატებითი პოლუსი.

დამატებითი პოლუსების გრაგნილები მიმდევრობითაა შეერთებული ღუზის გრაგნილთან და ამრიგად ღუზის გრაგნილის მაგნიტური ნაკადის გადიდებით დიდდება დამატებითი პოლუსების მაგნიტური ნაკადიც.

ღუზის რეაქციის შემცირების მიზნით იყენებენ ე. წ. საკომპენსაციო გრაგნილს, რომელსაც აწყობენ საპოლუსო ბუნიკებზე გა-



ნახ. 162. დამატებითი პოლუსები და მათი ჩართვა.

კეთებულ კილოებში. საკომპენსაციო გრაგნილში დენს უნდა ჰქონდეს ღუზის გრაგნილის იმ გამტარებში გამავალი დენის საწინააღმდეგო მიმართულება, რომლებსაც მისი მოპირდაპირე მდებარეობა აქვთ.

საკომპენსაციო გრაგნილი აგრეთვე მიმდევრობით ირთვება ღუზის გრაგნილთან.

§ 5. გენერატორის ელემენტარული მოქმედების ძალა და ელემენტარული განმანეხის ტიპები

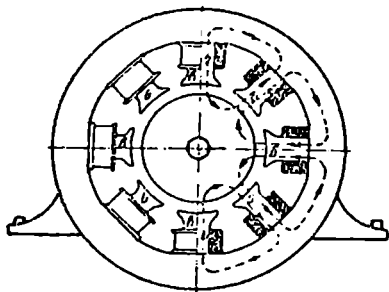
მაგნიტური ნაკადის წარმოქმნის მიზნით ინდუქტორის აგზნების გრაგნილში გაატარებენ მუდმივ დენს.

ეს დენი კმნის მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც შეიკვრება ელექტრომაგნიტების გულეში, მანქანის ღვარში, ლუზაში და ლუზის ზედაპირსა და საპოლუსო ბუნეების ზედაპირს შორის არსებულ საპაერო ღრეჩოში გავლით.

მრავალპოლუსიან მანქანებში წარმოიქმნება რამდენიმე მაგნიტური ნაკადი, რომლებიც შეიკვრებიან მომიჯნავე ელექტრომაგნიტების გულეში გავლით, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 163-ზე.

თუ აგზნების გრაგნილის მკვებავე დენის მიწოდება ხდება დენის გარეშე წყაროდან, მაშინ მანქანას დამოუკიდებელი აგზნების გენერატორი ეწოდება.

თუ პოლუსების გრაგნილების კვება წარმოებს თვით მანქანის მიერ გამომუშავებული დენით, მაშინ მანქანას თვითაგზნების გენერატორი ეწოდება.



ნახ. 163. მაგნიტური ნაკადები მრავალპოლუსიან მანქანაში.

თვითაგზნების პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ გენერატორის ბრუნვით მოძრაობაში მოყვანის შემდეგ პოლუსების ნარჩენი მაგნიტში ლუზის გრაგნილში დასაწყისში აინდუქტივებს სუსტ ე. მ. ძ-ს, რომელიც აგზნების გრაგნილში წარმოქმნის ელექტრულ დენს.

ეს დენი აძლიერებს ნარჩენ მაგნიტურ ნაკადს, რაც იწვევს ლუზაში დაინდუქტივებული ე. მ. ძ-ის გადიდებას. ეს კი თავის მხრივ განაპირობებს აგზნების დენის შემდგომ ზრდას, ე. ი. პოლუსების ნაკადის ზრდას და ა. შ. მანამდე, სანამ ეს უკანასკნელი არ მიიღწევს თავის ნორმალურ სიდიდეს.

განვსაზღვროთ გენერატორის ელექტრომამოძრავებელი ძალა. შემოვიღოთ შემდეგი აღნიშვნები:

- ძ—მაგნიტური ნაკადი, რომელიც განჰვალავს მანქანის ლუზას;
- II—ლუზის ბრუნვის სიჩქარე ბრ/წთ-ში;
- III—აქტიური გამტარების რიცხვი ლუზის კილოებში;
- ρ—სტატორის წყვილი პოლუსების რიცხვი;
- α—გრაგნილის წყვილი პარალელური შტოების რიცხვი.

მარყუქული გრაგნილის მქონე გენერატორის ე. მ. ძ. განისაზღვრება შენეგვი ფორმულით:

$$E = \frac{p}{a} \Phi \frac{n \cdot m}{60} \text{ ვ,}$$

ტალღური გრაგნილის მქონე გენერატორის კი:

$$E = p \cdot \Phi \frac{n \cdot m}{60} \text{ ვ.}$$

მოყვანილ ფორმულებში Φ გამოსახულია ებერებში (ვოლტწებებში). თუ ნაყადს გამოვსახავთ მაქსეველებში, მაშინ ფორმულის მარჯვენა ნხარეში საჭიროა შევიტანოთ 10^{-8} მამრავლი.

რადგან p , a და m სიდიდეები თვითეულ მანქანას მუდმივი აქვს, ამიტომ მოხერხებულია ე. მ. ძ-ის დამოკიდებულება წარმოვიდგინოთ მხოლოდ ცვალებად პარამეტრებთან დაკავშირებით და შედმივი სიდიდეები გავითვალისწინოთ ერთი c კოეფიციენტი

$$E = c \cdot n \cdot \Phi.$$

ჩვენ ვხედავთ, რომ გენერატორის ე. მ. ძ. პროპორციულია მისი ლუზის ბრუნვის სიჩქარისა და სტატორის მაგნიტური ნაკადის სიდიდის.

თვითაგზნების მანქანებისათვის შესაძლოა პოლუსების გრაგნილების კვების სხვადასხვა ვარიანტი.

ასე, მაგალითად, აგზნების გრაგნილის შეერთება ლუზასთან შეიძლება როგორც პარალელურად, ისე მიმდევრობით.

პირველ შემთხვევაში გენერატორს ეწოდება პარალელური (შუნტური), ხოლო მეორე შემთხვევაში—მიმდევრული (სერიული) აგზნების გენერატორი.

დასასრულ, შესაძლებელია კიდევ ისეთი ვარიანტი, როცა მანქანას აქვს ერთსა და იმავე პოლუსებზე დახვეული აგზნების ორი გრაგნილი, რომელთაგან ერთი პარალელურადაა მიერთებული ლუზაზე, ხოლო მეორე—მიმდევრობით.

ასეთ გენერატორს ეწოდება შერეული (კომპაუნდური) აგზნების გენერატორი. J

გენერატორები, რომლებსაც აგზნების გრაგნილის კვების სხვადასხვა სქემა აქვთ, განსხვავდებიან თავიანთი საექსპლოატაციო თვისებებით, რის შესახებაც უფრო ვრცლად გვექნება საუბარი ქვემოთ.

**§ 6. მუდმივი დენის მანქანის მბრუნავი მომენტი და
სიმძლავრე**

მუდმივი დენის გენერატორებსა და ძრავებში ლუჯის დენსა და პოლუსების მაგნიტურ ველს შორის აღგილი აქვს მექანიკურ ურთიერთქმედებას. ლუჯის თვითეულ გამტარზე მოქმედებს ძალა

$$F = B \cdot I \cdot l,$$

სადაც F არის ძალა ნიუტონებში;

B —ინდუქცია გამტარის მდებარეობის ადგილზე ვებ/მ²-ში;

I —დენი გამტარში ა-ში;

l —გამტარის აქტიური სიგრძე მ-ში.

თუ მანქანა მუშაობს გენერატორის რეჟიმით, მაშინ გამტარზე მოქმედი ძალები ქმნიან დამუხრუქების მომენტს, რომელიც ლუჯის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებისაა.

იმისათვის, რომ დაძლეულ იქნას ეს დამუხრუქების მომენტი, პირველადმა ძრავმა უნდა განავითაროს ტოლი სიდიდისა და საწინააღმდეგო მიმართულების მომენტი, რისთვისაც იგი დახარჯავს მექანიკურ ენერგიას, რომელიც ელექტრულ ენერგიად გარდაიქმნება.

როდესაც მანქანა მუშაობს ძრავის რეჟიმით, მაშინ ლუჯის გამტარებზე მოქმედი ძალები ქმნიან მომენტს, რომელიც მიმართულებით ლუჯის მოძრაობის თანხედენილია. ამ მბრუნავი მომენტის ზემოქმედებით ძრავის ლუჯა იწყებს ბრუნვას.

ძრავის მიერ განვითარებული მბრუნავი მომენტი დამყარებული სიჩქარის დროს უდრის დატვირთვის მხრიდან ძრავის ლილვზე მოდებული დამუხრუქების მომენტს და ელექტრული ენერგია, რომელსაც იგი ღებულობს, მექანიკურ ენერგიად გარდაიქმნება.

რადგანაც დენი ლუჯის გრაგნილის ყოველ ცალკეულ გამტარში პროპორციულია ლუჯის საერთო I_L დენისა, ხოლო ინდუქცია მაგნიტური ველის ცალკეულ წერტილში—პოლუსის საერთო Φ მაგნიტური ნაკადისა, ცხადია, რომ გენერატორის დამუხრუქების მომენტი ან ძრავის მბრუნავი მომენტი პროპორციული იქნება ლუჯის დენისა და პოლუსების ნაკადის:

$$M = c \cdot I_L \cdot \Phi,$$

სადაც c არის პროპორციულობის კოეფიციენტი.

სიმძლავრე (ქარგვების გაუთვალისწინებლად), რომელსაც განავითარებს მუდმივი დენის მანქანა გენერატორად ან ძრავად მუ-

შაობის დროს, უდრის ლუზის გრაგნილის დენისა და ელექტრო-
მამოძრავებელი ძალის ნამრავლს:

$$P = E \cdot I_c.$$

§ 7. დამოუკიდებელი აგზნების გენერატორი

დამოუკიდებელი აგზნების გენერატორის სქემა მოცემულია
ნახ. 164-ზე.

აგზნების გრაგნილის მომქერებზე მიერთებულია დენის დამო-
უკიდებელი წყარო (მაგალითად, აკუმულატორული ბატარეა),
რეოსტატი აგზნების დენის რეგულირებისათვის და ამპერმეტრი.

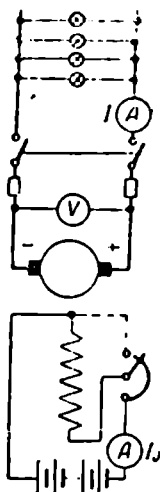
ლუზის მომქერებზე მიერთებულია ელექტრული ნათურები, როგორც ენერგიის
მომხმარებლები, ხოლო დენისა და ძაბვის
გასაზომად—ამპერმეტრი და ვოლტმეტრი.
გენერატორის უქმი სვლის დროს გარეგანი
წრედი გამორთულია და ლუზის მომქერებზე
ძაბვა შეიძლება ჩაითვალოს ელექტრომამო-
ძრავებელი ძალის ტოლად.

უქმი სვლის მახასიათებლის $E_0 = f(I_{ag})$
გადაღებისას, როცა ლუზის ბრუნვის სიჩქა-
რე უცვლელია, აგზნების დენს I_{ag} პირვე-
ლად ადიდებენ 0-დან იმ მაქსიმალურ მნიშვნე-
ლობამდე, რომელიც შეესაბამება $E_0 =$
 $= 1,25 U_c$, სადაც U_c არის ძაბვის ნომინალური
მნიშვნელობა, და შემდეგ ისევ ამცირებენ
მას ნულამდე.

ამასთან, მიიღება უქმი სვლის მახასია-
თებლის ორი შტო—აღმავალი და დაღმავალი
(უფრო მაღლაა განლაგებული), რომელ-
თა შორის განსხვავება მიიღება პოლუსებსა
და სტატორის უღელში ჰისტერეზისის მოვ-
ლენის ხარჯზე.

როცა $I_{ag} = 0$, მაშინ ე. მ. ძ. გრაგნილში
ინდუქტიუდება ნარჩენი მაგნიტიზმის ნაკადით და შეადგენს ნო-
მინალური U_c ძაბვის 1,5%-დან—4%-მდე.

უქმი სვლის მახასიათებლის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ
მანქანის მაგნიტური სისტემის გაქლენილობის ხარისხზე. ნომინა-
ლური ძაბვის შესაბამისი წერტილი მახასიათებელზე ჩვეულებრი-
ვად მოთავსებულია მრუდის გადაზნექის იქით. იგი რომ ყოფი-



ნახ. 164. გენერატორი
დამოუკიდებელი
აგზნებით.

ლიყო მოთავსებული მრუდის სწორხაზოვან აღმავალ ნაწილზე, მაშინ ძაბვა, მკვეთრად შეიცვლებოდა რა დატვირთვის ცვლილებისას, არამდგრადი იქნებოდა.

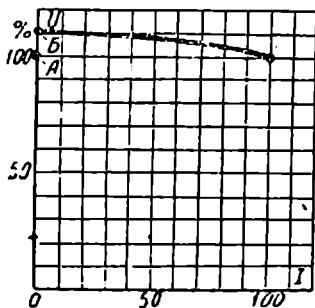
დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს გარეგან მახასიათებელს

$$U = f(I)$$

უცვლელი n და $I_{\text{გ.ი.}}$ ს დროს.

გარეგანი მახასიათებლის გადაღების მიზანს წარმოადგენს ძაბვის იმ ცვლილების განსაზღვრა, რომელსაც აღდილი აქვს გენერატორში დატვირთვის ცვლილების შედეგად.

გარეგანი მახასიათებლის გადაღებისას ლუზის გრაგნილში წინასწარ დააყენებენ ნომინალურ დენს ბრუნვის ნომინალური სიჩქარისა და გენერატორის მომქერებზე ნომინალური ძაბვის დროს.



რეოსტატის საშუალებით ლუზის დენს თანდათანობით შეამცირებენ ნულამდე და უცვლელი აგზნების დენისა და ბრუნვის სიჩქარის დროს ძაბვას გაზომავენ მომქერებზე.

მიღებული მონაცემების მიხედვით აიგება გარეგანი მახასიათებელი $U = f(I)$ (ნახ. 165).

ნახ. 165. დამოუკიდებელი აგზნების გენერატორის გარეგანი მახასიათებელი.

დატვირთვის შემცირების შედეგად გენერატორის მომქერებზე ძაბვის გადიდება გამოწვეულია ლუზის რეაქტივის შესუსტებით და ლუზის გრაგნილის წინააღმდეგობაში ძაბვის ვარდნის შემცირებით, რადგან

$$U = E - I r_c.$$

ძაბვის ფარდობით ზრდას მანქანის განტვირთვისას, ე. ი. ნომინალური დატვირთვის რეჟიმიდან უქმი სელის რეჟიმზე გადასვლისას, ეწოდება ძაბვის პროცენტული ცვლილება და დამოუკიდებელი აგზნების გენერატორებისათვის შეადგენს $\Delta U = 5-10\%$.

დატვირთვის ცვლილებისას გენერატორის მომქერებზე ძაბვა შეიძლება დავიკიროთ მუდმივი, აგზნების დენის რეგულირების გზით.

პრაქტიკულად დამოუკიდებელი აგზნების გენერატორებს შედარებით იშვიათად იყენებენ.

მათ იყენებენ რთული რეგულირების მუდმივი დენის ელექტროამძრავებში და აგრეთვე იმ შემთხვევებში, როცა ძაბვის რეგულირება საჭიროა ფართო ზღვრებით: მაგალითად, ელექტროლიტური აბაზანების კვებისათვის და ა. შ.

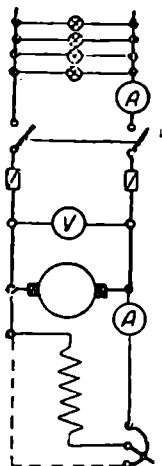
§ 8. პარალელური აგზნების გენერატორი

ნახ. 166-ზე მოცემულია პარალელური აგზნების გენერატორის შეერთების სქემა.

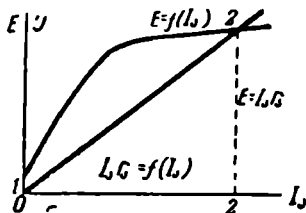
როგორც სქემიდან ჩანს, ერთმანეთს შორის მიმდევრობით შეერთებული აგზნების გრაგნილი, მარეგულირებელი რეოსტატი და ამპერმეტრი მიერთებულია ლუზის მომკერებზე.

პარალელური აგზნების მქონე გენერატორის უქმი სვლის მახასიათებელს ჩვეულებრივად გადაიღებენ აგზნების გრაგნილის და დამოუკიდებელი დენის წყაროდან კვებისას, რადგან ამ შემთხვევაში დენი ლუზაში ნულის ტოლია და ადგილი აქვს უქმი სვლის რეჟიმს.

მაგრამ იმის გამო, რომ აგზნების გრაგნილში განზტოებული დენი ნომინალური დენის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილს შეადგენს, უქმი სვლის მახასიათებელი შეიძ-



ნახ. 166. გენერატორი პარალელური აგზნებით.



ნახ. 167. პარალელური აგზნების გენერატორის უქმი სვლის მახასიათებელი.

ლება აგრეთვე მივიღოთ თვითაგზნების სქემის მიხედვითაც, რადგან ლუზაში მცირე ძაბვის ვარდნის გამო ძაბვა მომკერებზე შეიძლება ლუზის ე. მ. ძ-ის ტოლად ჩავთვალოთ, ე. ა.

$$U_0 \approx E_0.$$

უქმი სვლის მახასიათებელი

$$E_0 = f(I_{f0})$$

ანუ ელექტრომაგნიტური ძალის აგზნების დენზე დამოკიდებულება მოცემულია ნახ. 167-ზე.

უქმი სვლის მახასიათებლის გამოყენებით შეიძლება მოვახდინოთ თვითაგზნების პროცესის უფრო ვრცელი ანალიზი, ვიდრე ეს გავაკეთეთ ადრე.

გენერატორი მოვიყვანოთ მოძრაობაში და დაემაყაროთ ბრუნვის ნომინალური სიჩქარე. მაშინ გამორთული ენერგიის მიმღებებისა და განრთული აგზნების წრედის დროს ლუზაში დაინდუქტივდება ე. მ. ძ., რომელსაც განაპირობებს პოლუსების გულებისა და სტატორის დგარის ნარჩენი მაგნიტიზმი (ორდინატი 0—1). აგზნების წრედის შეკერისას მასში აღიძვრება დენი:

$$I_{აგ} = \frac{E_{აგ}}{r_{აგ}}.$$

აქ $E_{აგ}$ არის ე. მ. ძ., რომელიც გაპირობებულია ნარჩენი მაგნიტიზმით (ნარჩენი ე. მ. ძ.), ხოლო $r_{აგ}$ — აგზნების წრედის წინააღმდეგობა (აგზნების გრაგნილი და რეოსტატი).

დენი, გაივლის რა აგზნების გრაგნილში, წარმოქმნის მაგნიტურ ნაკადს. აგზნების გრაგნილის სწორად ჩართვის დროს ეს მაგნიტური ნაკადი გამოიწვევს გენერატორის ე. მ. ძ-ის გადიდებას, ხოლო ე. მ. ძ-ის გადიდება თავის მხრივ გამოიწვევს აგზნების დენისა და მაგნიტური ნაკადის გადიდებას.

აგზნების წრედში განსაზღვრული წინააღმდეგობის არსებობისას დაინდუქტივებული ე. მ. ძ. იზრდება მხოლოდ გარკვეულ ზღვრამდე. რომლის დროს იგი ტოლი იქნება აგზნების დენისა და აგზნების წრედის წინააღმდეგობის ნამრავლის ($E_{აგ} = I_{აგ} r_{აგ}$). თუ უქმი სვლის მახასიათებელთან ერთად გავავლებთ 0—2 სწორ ხაზს, რომელიც წარმოადგენს დამოკიდებულებას აგზნების წრედის მომჭერებზე არსებული ძაბვისა აგზნების წრედში გამავალ დენთან, უცვლელი წინააღმდეგობის დროს [$I_{აგ} \cdot r_{აგ} = f(I_{აგ})$], მაშინ ორდინატი, რომელიც გაივლის უქმი სვლის მახასიათებლისა და ამ სწორი ხაზის გადაკვეთის წერტილში, შესაბამისი იქნება იმ უდიდესი ე. მ. ძ-ის ($E_{აგ}$), რომელიც დამყარდება აგზნების წრედის მოცემული წინააღმდეგობის დროს. |

თუ აგზნების გრაგნილი ჩართულია შებრუნებული მიმართულებით, მაშინ ნარჩენი მაგნიტიზმით გაპირობებული ე. მ. ძ. აგზნების გრაგნილში გამოიწვევს დენს, რომელიც შეასუსტებს მაგნიტურ ინდუქციას და გენერატორის თვითაგზნება აღარ მოხდება.

პარალელური აგზნების მქონე გენერატორის გარეგანი მახა-

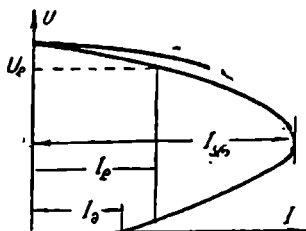
სიათებელი n -სა და $r_{კა}$ -ის მუდმივი მნიშვნელობის დროს გამოსახულია ნახ. 163-ზე.

$$U = f(I);$$

ზედა მრუდი წარმოადგენს გენერატორის გარეგან მაქსიმალურ ელემენტარულ აგზნების დროს, ე. ი. უცვლელ აგზნების დენის დროს.

პარალელური აგზნების გენერატორის მუშაობის დროს ძაბვის ვარდნა მის მომპერებზე იქნება მეტი, ვიდრე დამოუკიდებელი აგზნების შემთხვევაში, რადგან თვითაგზნების დროს ძაბვა მცირდება როგორც ლუზის რეაქციისა და ლუზის წინააღმდეგობაში ძაბვის ვარდნის გადიდების გამო, ისე აგზნების დენის შემცირების გამოც.

უკანასკნელი ფაქტორის გავლენა განსაკუთრებით მკვეთრად იჩენს თავს დიდი დატვირთვის დროს, ე. ი. მცირე გარეგანი წინააღმდეგობის არსებობის დროს.



ნახ. 168. პარალელური აგზნების მქონე გენერატორის გარეგანი მაქსიმალური.

გარეგანი წინააღმდეგობის რაღაც განსაზღვრული მნიშვნელობით შემცირებისას მისი შემდგომი შემცირება უკვე იწვევს დატვირთვის დენის არა გადიდებას, არამედ შემცირებას.

პარალელური აგზნების მქონე გენერატორის უდიდეს შესაძლებელ $I_{კ}$ დენს აგზნების წრედის მოცემული წინააღმდეგობის დროს კრიტიკული დენი ეწოდება.

თუ კრიტიკული დენის დროს შევამცირებთ გარეგანი წრედის წინააღმდეგობას, მაშინ პირველ მომენტში დენი ლუზაში გაიზრდება; ეს გამოიწვევს ლუზის რეაქციისა და მის წინააღმდეგობაში ძაბვის ვარდნის ზრდას და, მაშასადამე, მის მომპერებზე ძაბვის შემცირებას; რომელიც კიდევ უფრო შემცირდება მის მიერ გაპირობებული აგზნების დენის შემცირების გამო.

ამის შედეგად დამყარდება მუშაობის ისეთი რეჟიმი, რომლის დროს ძაბვა მცირდება უფრო მეტად. ვიდრე გარეგანი წინააღმდეგობა, რასაც მოჰყვება დატვირთვის დენის შემცირება.

კერძოდ, როდესაც გარეგანი წრედის წინააღმდეგობა უდრის ნულს, ე. ი. როდესაც ადგილი აქვს მოკლე შერთვას, ცხადია, აგზნების დენიც უდრის ნულს და ლუზის დენი იქნება ტოლი:

$$I_{კ} = \frac{E_{კა}}{r_{ლ}}.$$

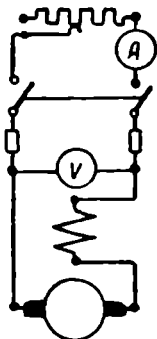
მაშასადამე. პარალელური აგზნების გენერატორის ნოკლე შერთვის დენს განაპირობებს მხოლოდ მანქანის ნარჩენი მაგნიტიზმი და მისთვის საფრთხეს არ წარმოადგენს, რადგან იგი ჩვეულებრივ არ აღემატება სრული დატვირთვის დენს.

პარალელური აგზნების გენერატორებს ფართო გამოყენება აქვთ დატვირთვის მშვიდი, ნელი ცვალებადობის დროს, როცა ძაბვის მუდმივობისადმი წაუყენებული არ არის ძალზე მკაცრი მოთხოვნები.

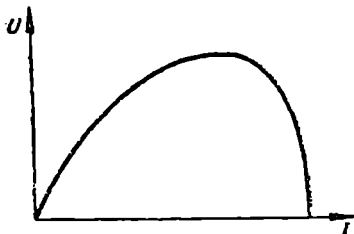
§ 9. მიმდევრული აგზნების გენერატორი

მიმდევრული აგზნების მქონე გენერატორის სქემა ნოცემულია ნახ. 169-ზე. როგორც სქემიდან ჩანს, აგზნების გრაგნილი მიმდევრობითაა შეერთებული ლუზის გრაგნილთან.

მიმდევრული აგზნების მქონე გენერატორის უქმი სელის მახასიათებლის გადაღება შეიძლება მხოლოდ მაშინ, როცა აგზნების გრაგნილი იკვებება დენის გარეშე.



ნახ. 169. მიმდევრული აგზნების მქონე გენერატორი.



ნახ. 170. მიმდევრული აგზნების გენერატორის გარეგანი მახასიათებელი.

წყაროდან. მაშასადამე, იგი ანალოგიური იქნება დამოუკიდებელი აგზნების მქონე გენერატორის უქმი სელის მახასიათებლისა.

მიმდევრული აგზნების მქონე გენერატორის გარეგანი მახასიათებელი ნაჩვენებია ნახ. 170-ზე. დენი მიმდევრობით შეერთებულ ლუზასა და აგზნების გრაგნილში იქნება ერთი და იგივე, რის გამოც დატვირთვის გადიდების შედეგად იზრდება გენერატორის როგორც ე. მ. ძ., ისე ძაბვაც.

მაგრამ ძაბვის ზრდა გავრცელდება გარკვეულ ზღვრამდე, დიდი დატვირთვისას როგორც მაგნიტური სისტემის გათვლილობის გამო, ისე ლუზის რეაქციის გამოც. ე. მ. ძ-ის ზრდა თითქმის

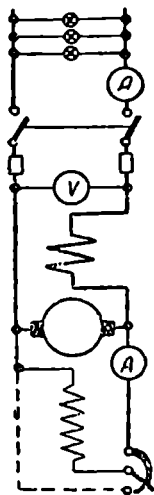
შეწყდება. ამიტომ დატვირთვის დენის შეპღგომი ზრდისას ძაბვა ხელახლა მცირდება.

მიმდევრული აგზნების მქონე გენერატორებს ძლიერ იშვიათად იყენებენ, რადგან მათი ძაბვა ძალზე არამუდმივია.

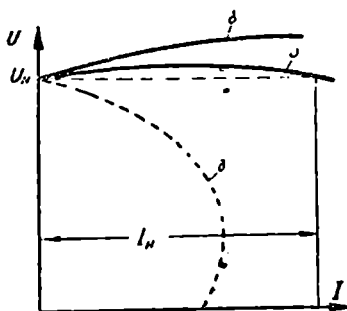
§ 10. შერეული აგზნების გენერატორი

ნახ. 171-ზე ნაჩვენებია შერეული აგზნების მქონე გენერატორის შეერთების სქემა. მისი აგზნების პარალელური გრაგნილი მიერთებულია ენერგიის მიმღებების პარალელურად; აგზნების მიმდევრული გრაგნილი (რომელიც ჩვეულებრივად დამატებით გრაგნილს წარმოადგენს), ღუზის წრედში ჩაერთვება მიმდევრობით.

ჩვენ დავადგინეთ, რომ პარალელური აგზნების გენერატორის ძაბვა მისი დატვირთვის გაღღღებისას მცირდება და იმისათვის,



ნახ. 171. გენერატორი შერეული აგზნებით.



ნახ. 172. შერეული აგზნების მქონე გენერატორის გარეგანი მახასიათებელი.

რომ იგი მუღმღი იყოს, საჭიროა ხელოვნურად გავადღღოთ აგზნების დენი რეოსტატის გაშყყვანით. მიმდევრული გრაგნილი დატვირთვის გაღღღებისას მასში გამავალი დენის შესაბამისად აღღღებს მაგნიტურ ნაკადს, ე. ი. მოქმედებს აგზნების დენის ხეღღღ რეგულირების ანაღღღიურად.

ამრიგად, შერეული აგზნების მქონე გენერატორში დაახლოებით მუღმღივი ძაბვის დაქერა შეიძლება ნებისმიერი დატვირთვის დროს. შერეული აგზნების გენერატორის უქში სვღღის მახასიათებელი არაფრით არ განსხვავდება პარალელური აგზნების გენერა-

ტორის ისეთივე მახასიათებლისაგან, რადგან გენერატორის უქმი სვლის დროს მის მიმდევრულ გრაგნილში დენი არ გადის.

ნახ. 172-ზე წარმოდგენილი (მრუდი ა) გარეგანი მახასიათებლის მისაღებად მიმდევრული გრაგნილი მიერთებული უნდა იქნეს ისე, რომ მის მიერ წარმოქმნილი ნაკადი იკრიბებოდეს პარალელური გრაგნილის მიერ წარმოქმნილ ნაკადთან. გრაგნილების ასეთ შეერთებას შეწყობილი შეერთება ეწოდება.

თუ გრაგნილები შემხვედრად არიან შეერთებული, მაშინ დატვირთვის გადიდების დროს ძაბვა მკვეთრად ეცემა (მრუდი გ).

ზოგჯერ აყენებენ გენერატორებს, რომლებიც დაახლოებით მუდმივ ძაბვას იკერენ ხაზის პოლოში. მათი გარეგანი მახასიათებელი წარმოდგენილია ბ მრუდით.

შერეული აგზნების გენერატორებმა ფართო გავრცელება ჰპოვეს განსაკუთრებით იქ, სადაც საჭიროა ძაბვის მუდმივობის შენარჩუნება დატვირთვის მკვეთრი და ხშირი ცვლილების დროს.

§ 11. ზოგადი ცნობები მუდმივი დენის ელექტრული ძრავების შესახებ

თუ მუდმივი დენის გენერატორის ლუზის გრაგნილში გავატარებთ დენს მუდმივი დენის გარეშე წყაროდან, მაშინ გენერატორის ლუზა დაიწყებს ბრუნვას და შეიძენს უნარს აწარმოოს მექანიკური მუშაობა, ე. ი. გახდება ელექტრული ძრავი.

მუდმივი დენის მანქანების ამ თვისებას შექცევადობა ეწოდება.

პირველი ელექტრული ძრავის გამომგონებელი არის რუსი მეცნიერი ბ. ს. იაკობი, რომელმაც გასული საუკუნის 40-იან წლებში გამოიყენა იგბ ნავის ხრახნის მოძრაობაში მოსაყვანად.

ძრავის ბრუნვის მიმართულება განისაზღვრება მარცხენა ხელის წესით.

ძრავის ბრუნვის მიმართულების შესაცვლელად საჭიროა ლუზაში ან აგზნების გრაგნილში შეიცვალოს დენის მიმართულება (ნახ. 173). ლუზაში და აგზნების გრაგნილში დენის მიმართულების ერთდროული შეცვლა არ იწვევს ბრუნვის მიმართულების შეცვლას.

ძრავის გაშვებისას, ე. ი. მისი ქსელზე მიერთებისას, ლუზის გრაგნილთან მიმდევრობით აერთებენ დამატებით წინააღმდეგობას, რომელსაც გამშვები რეოსტატი ეწოდება. ლუზის წრედში გამშვე

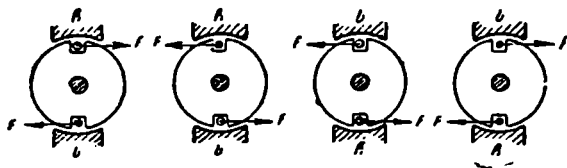
პი რეოსტატის არარსებობისას გაშვების პირველ მომენტში ლუ-
ზაში მივიღებდით დენს:

$$I_c = \frac{U}{r_c}.$$

რადგან ლუზის წინააღმდეგობა მცირეა, ამიტომ დენი მასში
ნომინალურზე ბევრჯერ დიდი იქნებოდა.

მაგალითისათვის ავიღოთ ძრავი, რომლის ძაბვა $U=110$ ვ და
ნომინალური დენი $I_n=100$ ა.

ლუზის გრაგნილის წინააღმდეგობა $r_c=0,1$ ომი.



ნახ. 173. ძრავის ბრუნვის მიმართულება.

ამ ძრავის საწყისი გამშვები დენი მისი ქსელზე ურეოსტატოდ
შიერთებისას იქნებოდა $I_c = \frac{110}{0,1} = 1100$ ა, ე. ი. 11-ჯერ მეტი
ნომინალურზე.

ასეთმა დენმა შეიძლება დააზიანოს ლუზის გრაგნილი და, აგ-
რეთვე, კოლექტორი და ჯაგრისები.

ამიტომ ლუზასთან მიმდევრულად რთავენ r_n წინააღმდეგობის
მქონე გამშვებ რეოსტატს, რაც გამშვები დენის შემცირების სა-
შუალებას იძლევა დასაშვებ სიდიდემდე ისე, რომ იგი არ აღემა-
ტებოდეს ორჯერად ნომინალურ დენს.

გამშვები რეოსტატის არსებობისას საწყისი გამშვები დენი
ლუზის წრედში ტოლი იქნება:

$$I_{\text{გამშვ}} = \frac{U}{r_c + r_n}.$$

გაშვებისას ძრავი ანეიტარებს გამშვებ მომენტს ($M=c \cdot I \cdot \Phi$).

ძრავი იწყებს ბრუნვას და ლუზის გრაგნილში აღიძვრება E
ე. მ. დ.

მარცხენა ხელის წესის გამოყენებით განვსაზღვრავთ ძრავის ბრუნვის მიმართულებას, ხოლო მარჯვენა ხელის წესის გამოყენებით განვსაზღვრავთ ღუზის გრაგნილში აღძრული ე. მ. ძ-ის მიმართულებას.

აღძრულ ე. მ. ძ-ს ექნება ძრავზე მოდებული ძაბვის საწინააღმდეგო მიმართულება და, მაშასადამე, იგი იქნება ღუზის გრაგნილში გამავალი დენის საწინააღმდეგო მიმართულების.

ამიტომ მას უკუქმედების ე. მ. ძ. ან შებრუნებული ე. მ. ძ. ეწოდება.

შებრუნებული ე. მ. ძ-ის როლი ელექტრული მანქანის ძრავად მუშაობისას პირველად გამორკვეულ იქნა რუსი მეცნიერების ბ. ს. იაკობისა და ე. ხ. ლენცის შრომებში.

როცა ძრავი მუშაობს ჩართული რეოსტატით, მაშინ დენი ღუზაში იქნება:

$$I_{\text{ღ}} = \frac{U - E}{r_{\text{ღ}} + r_{\text{ა}}}.$$

ძრავის ბრუნვის სიჩქარისა და მისი პროპორციული შებრუნებული ელექტრომამოძრავებელი ძალის ზრდასთან ერთად დამატებითი წინააღმდეგობა შემცირებულ უნდა იქნას გამშვები რეოსტატის გამოყვანის გზით.

გამშვები რეოსტატის გამოყვანა უნდა შესრულდეს თანდათანობით, რათა თავიდან იქნას აცილებული დენის მკვეთრი ნახტომები და მომენტის ბიძგები.

გამშვების დამთავრებისას გამშვები რეოსტატი მთლიანად უნდა იქნეს გამოყვანილი ღუზის წრედიდან, რადგან იგი ხანმოკლე მუშაობაზეა გათვლილი.

დენი ღუზაში ძრავის ნორმალურად მუშაობის დროს, ე. ი. როცა გამოყვანილია გამშვები რეოსტატი, უდრის:

$$I_{\text{ღ}} = \frac{U - E}{r_{\text{ღ}}}.$$

აღრე იყო ნაჩვენები, რომ გენერატორის ე. მ. ძ-ის და, მაშასადამე, ძრავის უკუელმამოძრავებელი ძალის სიდიდეც შეიძლება გამოისახოს ფორმულით:

$$E = c \cdot n \cdot \Phi,$$

სადაც c არის მუდმივი სიდიდე მოცემული მანქანისათვის, რომ-

შელიც დამოკიდებულია მის კონსტრუქციულ თავისებურებებზე, აქედან:

$$\eta = \frac{E}{c\Phi},$$

ე. ი. ძრავის ბრუნვის სიჩქარე პროპორციულია ლუზაში აღძრული ელექტრომამოძრავებელი ძალისა და უკუპროპორციული ინდუქტორის მაგნიტური ნაკადისა.

რადგან $I_L \cdot r_L = U - E$, ამიტომ $E = U - I_L r_L$. თუ E -ს მაგივრად ჩავსვამთ მის $U - I_L r_L$ მნიშვნელობას, მივიღებთ ძრავის ლუზის ბრუნვის სიჩქარის გამომსახველ ფორმულას:

$$\eta = \frac{U - I_L r_L}{c\Phi}.$$

ძრავის მუშაობის პროცესი მიმდინარეობს შემდეგნაირად.

ძრავის დატვირთვის გადიდება იწვევს ლუზის ბრუნვის სიჩქარის შემცირებას და, მაშასადამე, დაინდუქტივებული უკუქმედების ე. მ. ძ-ის შემცირებასაც, რის შედეგადაც დენი ლუზაში გადიდება. დენის ლუზაში გადიდება გაგრძელდება მანამდე, სანამ ძრავის მბრუნავი მომენტი არ გაუტოლდება დატვირთვის დამუხრუკების მომენტს.

უცვლელი დატვირთვის დროს ძრავი იმუშავებს მუდმივი სიჩქარით.

ძრავის სიჩქარისა და მბრუნავი მომენტის ცვლილების ხასიათი დატვირთვის ცვლილებისას დამოკიდებულია ძრავის ტიპზე.

აგზნების სახის მიხედვით განასხვავებენ ძრავებს:

ა) პარალელური აგზნებით;

ბ) მიმდევრული აგზნებით;

გ) შერეული აგზნებით.

მათი მუშაობის შესახებ საუბარი გვექნება ქვემოთ.

§ 12. ძრავი პარალელური აგზნებით

პარალელური აგზნების მქონე ძრავის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 174-ზე.

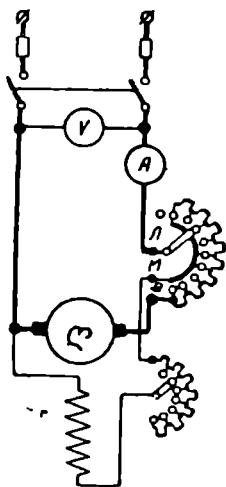
ლუზა და აგზნების გრაგნილი კმნიან ორ პარალელურ განშტოებას.

ძრავის მიერ მოთხოვნილი დენი უდრის:

$$I = I_L + I_{ag}.$$

გამშვებ რეოსტატს აქვს სამი მომკერი: ერთი მათგანი (რეოსტატის სახელური) უერთდება ქსელს, მეორე (გამშვები რეოსტატის ბოლო)—ლუზას, მესამე (სალტე, რომელზეც სრიალებს რეოსტატის სახელურის კონტაქტი)—აგზნების გრაგნილს უშუალოდ ან მარეგულირებელი რეოსტატის მეშვეობით.

გამშვებ რეოსტატს აქვს უქმი კონტაქტი, რომელიც არ არის მიერთებული გამშვებ წინააღმდეგობასთან.



ნახ. 174. პარალელური აგზნების მქონე ძრავის სქემა.

გამშვები რეოსტატის პირველი კონტაქტი უერთდება სალტეს, რომელზეც მიერთებულია აგზნების გრაგნილი. ეს კეთდება იმ მოსაზრებით, რომ ძრავის გაჩერებისას, როცა რეოსტატის სახელური გადაიყვანება უქმ კონტაქტზე, აგზნების წრედი შეკრული იქნეს ლუზის გრაგნილზე, გამშვებ წინააღმდეგობასა და მარეგულირებელ რეოსტატზე.

ამ შემთხვევაში მანქანის მაგნიტურ სისტემაში (ინდუქტორში) დაგროვილი მაგნიტური ველის ენერგია თანდათანობით იქცევა თბურ ენერგიად, რომელიც გამოიყოფა აღნიშნულ წინააღმდეგობაში. აგზნების წრედის მკვეთრად გაწყვეტის დროს მაგნიტური ნაკადის მკვეთრი შემცირება გამოიწვევს დიდი თვითინდუქციის ე. მ. ძის აღძვრას, რაც საფრთხეს წარმოადგენს აგზნების გრაგნილის იზოლაციისათვის.

დენკვეთი უნდა გამოირთოს იმის შემდეგ, როცა რეოსტატის სახელური გადაიყვანება უქმ კონტაქტზე.

ძრავის ასეთი წესით გამორთვით რეოსტატის კონტაქტებს დავიცავთ შემოწვისაგან.

რადგან პარალელური აგზნების მქონე ძრავის აგზნების გრაგნილი იმყოფება ქსელის ძაბვის ქვეშ, ამიტომ მისი მაგნიტური ნაკადი მ პრაქტიკულად უცვლელია, თუ რეგულირების რეოსტატი დაყენებულია განსაზღვრულ მდგომარეობაში. ლუზის რეაქციის გავლენა უმნიშვნელოა და ამიტომ ძრავის მბრუნავი მომენტი დაახლოებით ლუზის დენის პროპორციულია

$$M \equiv I_{\text{L}}$$

ძრავის გაშვების მომენტში მარეგულირებელი რეოსტატი გამოყვანილია, ხოლო გამშვები რეოსტატი შეყვანილია მთლიანად.

ამის გამო გაშვების მომენტში იქმნება დიდი მაგნიტური ნაკადი და, მაშასადამე, დიდი მბრუნავი მომენტიც.

ლუზის გრაგნილში მიწოდებული დენის შეზღუდვა წარმოებს გამშვები რეოსტატის საშუალებით, რადგან გაშვების მომენტში უკუქმედების ე. მ. ძ. უდრის ნულს.

ლუზის ბრუნვათა რიცხვის ზრდასთან და, მაშასადამე, მისი უკუქმედების ე. მ. ძ-ის ზრდასთან ერთად წარმოებს გაშვების რეოსტატის გამოყვანა, ხოლო მარეგულირებელი რეოსტატით იჭერენ საჭირო ბრუნვათა რიცხვს. მარეგულირებელი რეოსტატის წინააღმდეგობის გადიდება იწვევს მაგნიტური ნაკადის შემცირებას და ლუზის ბრუნვის სიჩქარის გადიდებას.

მარეგულირებელი რეოსტატის წინააღმდეგობის შემცირებისას, პირიქით, დიდდება მაგნიტური ნაკადი და მცირდება ლუზის ბრუნვის სიჩქარე.

ძრავის ბრუნვის სიჩქარის რეგულირება შეიძლება ვაწარმოოთ აგრეთვე გამშვები რეოსტატის საშუალებით ლუზის მომკერებზე მოდებული ძაბვის ცვლილების გზით.

მაგრამ რეგულირების ასეთი ხერხი არაეკონომიურია, რადგან იგი იწვევს ენერგიის დიდ უნაყოფო ხარჯს, რომელიც სითბოს სახით გამოიყოფა რეოსტატში. რეოსტატი, რომელიც გაანგარიშებულ უნდა იქნეს ხანგრძლივად დენის გატარებაზე, გამოდის დიდი და ძვირი ჯდება.

პარალელური აგზნების მქონე ძრავს იყენებენ იქ, სადაც სხვადასხვა დატვირთვის დროს მოითხოვება ბრუნვის დაახლოებით მუდმივი სიჩქარე, შეხამებული ბრუნვის სიჩქარის ფართო ზღვრებში მოხერხებულ, მდოვრე ეკონომიურ რეგულირებასთან.

§ 13. ძრავი მიმდევრული აგზნებით

მიმდევრული აგზნების მქონე ძრავის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 175-ზე.

ასეთი ძრავის აგზნების გრაგნილს, ლუზასა და გამშვებ რეოსტატს ურთიერთ შორის აერთებენ მიმდევრობით და შემდეგ ძრავს ჩართავენ უშუალოდ ქსელის ძაბვაზე.

ლუზის დენი ერთსა და იმავე დროს წარმოადგენს აგზნების დენსაც:

$$I_{\text{ღ}} = I_{\text{აგზ.}}$$

$$I_c = \frac{U - E}{r_c + r_{ab} + r_a}.$$

მაგნიტური ინდუქციის მცირე მნიშვნელობების დროს მაგნიტური ნაკადი თითქმის პროპორციულია აგზნების დენისა, რის შედეგადაც მბრუნავი მომენტი, რომელიც ღუზის დენისა და მაგნიტური ნაკადის ნამრავლის პროპორციულია, მოცემულ შემთხვევაში დაახლოებით პროპორციული აღმოჩნდება დენის კვადრატის

$$M = c_1 I_c \Phi = c_2 I_c I_{ag} = c_2 I_c^2.$$

ამრიგად, დენური დატვირთვის გადიდებით მიმდევრული აგზნების ძრავის მბრუნავი მომენტი მკვეთრად იზრდება და პირიქით, ძრავის ღერძზე მოღებული დატვირთვის მომენტის მნიშვნელოვან გადიდებას თან სდევს ღუზის დენის შედარებით მცირე ზრდა.

ასე, მაგალითად, მომენტის მიხედვით დატვირთვის 9-ჯერ ზრდა გამოიწვევს დენის დაახლოებით სამჯერად გადიდებას.

მიმდევრული აგზნების მქონე ძრავის ეს თვისება განსაკუთრებით ძვირფასს ხდის მას იმ შემთხვევაში, როცა ამძრავის სახეობის მიხედვით შესაძლებელია დატვირთვის ხანგრძლივი პიკები, რომლებიც მნიშვნელოვნად აკარბებენ ძრავის ნომინალურ მომენტს.

მიმდევრული აგზნების მქონე ძრავის ბრუნვის სიჩქარე მნიშვნელოვნად უფრო ნაკლებად ნუდმივია, ვიდრე პარალელური აგზნების მქონე ძრავის ბრუნვის სიჩქარე და იგი დატვირთვის ზრდის დროს მკვეთრად კლებულობს.

მიმდევრული აგზნების ძრავის ბრუნვის სიჩქარის არამუდმივობა იმით აიხსნება, რომ დატვირთვის გადიდებით იზრდება მაგნიტური ნაკადი, რომელიც სიჩქარის ფორმულის მნიშვნელში შედის.

ამავე მიზეზით დატვირთვის მომენტის შემცირებისას ძრავის სიჩქარე განუწყვეტლივ იზრდება და მცირე დატვირთვის დროს შეიძლება მიაღწიოს სიდიდეს, რომელიც მანქანის მექანიკური გამძლეობის თვალსაზრისით დაუშვებელია.

მიმდევრული აგზნების მქონე ნორმალური ძრავებისათვის დატვირთვის შემცირება მათი ნომინალური მომენტის 25%-ზე ქვევით არ უნდა იქნას დაშვებული ძრავის „გაქცევის“ თავიდან აცილების მიზნით.

მხოლოდ პატარა ძრავების (ათეული ვატის სიმძლავრის) მუშაობა შეიძლება დაშვებულ იქნას უქმ სელაზე, რადგან მათი საკუთარი კარგეები პროცენტული შეფარდებით საკმაოდ დიდია.

მიმდევრული აგზნებას მქონე ძრავის ბრუნვის სიჩქარის რეგულირება შეიძლება მის მომპერებზე როგორც ძაბვის შეცვლის გზით, ისე მისი მაგნიტური ნაკადის შეცვლის გზითაც.

პირველ შემთხვევაში ღუზისა და აგზნების გრაგნილის მიმდევრობით ჩართავენ ღუზის მარეგულირებელ რეოსტატს, რომელიც შთანთქავს ქსელის ძაბვის ნაწილს, რაც გამოიწვევს ღუზის უკუქმედების ელექტრომომძრავებელი ძალის შემცირებას და, აგრეთვე, ძრავის ბრუნვის სიჩქარის შემცირებას თანახმად ფორმულისა

$$n = \frac{U - I_c (r_c + r_a)}{c\Phi},$$

სადაც r_a არის ამ რეოსტატის წინააღმდეგობა.

მარეგულირებელ რეოსტატში აღგილი ექნება მნიშვნელოვანი ენერგიის კარგვას, ხოლო თვით რეოსტატი, რომელიც გაანგარიშებულია ძრავის ნომინალურ დენზე და აქვს საკმარისი წინააღმდეგობა, გამოდის ევებერთელა და ძვირი ჯდება.

მაგნიტური ნაკადის შეცვლის გზით ძრავის ბრუნვის სიჩქარის შეცვლას შეიძლება მივაღწიოთ, თუ აგზნების გრაგნილს დავაშუქებთ მარეგულირებელი რეოსტატით.

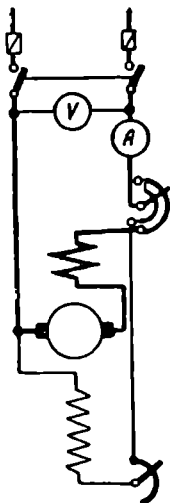
ამასთან, განვაშუქებთ რა დენის ნაწილს, რეოსტატით შეგვიძლია ვაწარმოოთ დენის რეგულირება აგზნების გრაგნილში და მივაღწიოთ ბრუნვის საჭირო სიჩქარეს. სიმძლავრე, რომელიც სითბოდ იქცევა, მარეგულირებელ რეოსტატში მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე ღუზის რეოსტატით რეგულირების დროს, რადგან მისი წინააღმდეგობა გამოდის მცირე და, გარდა ამისა, რეოსტატში გადის ღუზის დენის მხოლოდ ნაწილი.

მაგრამ, მიუხედავად იმისა, რომ ღუზის წრედში დენის რეგულირება არაეკონომიურია, მისი გამოყენება მაინც უხდებათ იმ შემთხვევებში, როცა საჭიროა ბრუნვის სიჩქარის შემცირება, რადგან აგზნების გრაგნილის დამაშუქებელი მარეგულირებელი რეოსტატები ამცირებენ მაგნიტურ ნაკადს და, ნაშასადავ, აღი-
დებენ ბრუნვის სიჩქარეს.

მიმდევრული აგზნების ძრავებს ფართო გამოყენება აქვთ ტრანსპორტზე (წვეის ძრავები) ამწეების ელექტროამძრავებისათვის (ხიდის ან ჟრიკას მოძრაობა); ამ შემთხვევებში დიდი მასების ინერციის გადასალახავად და ადგილიდან სწრაფად დაძვრისათვის ძრავისგან მოითხოვება დიდი მბრუნავი მომენტი ბრუნვის მცირე სიჩქარისა და შედარებით მცირე დენის დროს, ე. ი. დიდი გადატვირთვის უნარი.

§ 14. შერეული აგზნების ძრავი

ამ ძრავების პოლუსებს აქვს ორი გრაგნილი—პარალელური და მიმდევრული. შერეული აგზნების მქონე ძრავის შეერთების სქემა მოცემულია ნახ. 176-ზე. მიმდევრული გრაგნილი შეწყობილად არის ჩართული პარალელურ გრაგნილთან და მათი ნაკადები იკრიბება.



ნახ. 176. შერეული აგზნების მქონე ძრავის სქემა.

შერეული აგზნების ძრავების სიჩქარე, დატვირთვის გადიდებისას უფრო მკვეთრად ეცემა, ვიდრე პარალელური აგზნების ძრავების სიჩქარე, მაგრამ არა ისე მკვეთრად, როგორც ეს ხდება მიმდევრული აგზნების ძრავებში.

უქმი სვლით მუშაობისას შერეული აგზნების მქონე ძრავის „გაქცევა“ არ ხდება, რადგან მას ჰქვს პარალელური გრაგნილის მიერ წარმოქმნილი მუდმივი ნაკადი.

ამასთან ერთად ამ ძრავებს აქვს გადატვირთვის უკეთესი უნარი, ვიდრე პარალელური აგზნების ძრავებს, რაც იმით აიხსნება, რომ მათი მიმდევრული გრაგნილი დატვირთვის გადიდებისას აღიდებს მაგნიტურ ნაკადს.

შერეული აგზნების ძრავებს იყენებენ საგლინავი დაზგების, წნეხების, სარანდავო ჩარხებისა და სხვა იმ მექანიზმების ელექტროამძრავებში, რომლებსაც აქვთ დროებით ნულამდე დამავალი მკეთრი ცვალებადი დატვირთვები.

§ 15. კარგვები მუდმივი დენის ელექტრულ მანქანებში

მუდმივი დენის მანქანებში კარგვები არის სამი სახის:

1. ენერგიის მაგნიტური კარგვები ფოლადში, რომლებიც წარმოიქმნება მანქანის ლუზის მაგნიტურ ველში ბრუნვისას.

ისინი შედგებიან ჰისტერეზისა და გრიგალისებრ დენებზე კარგვებისგან.

ლუზის ბრუნვის დროს წარმოებს ლუზის ფოლადის განუწყვეტელი გადამაგნიტება.

სიმძლავრეს, რომელიც იხარჯება გადამაგნიტებაზე და იქცევა სითბოდ, ჰისტერეზისზე კარგვების სიმძლავრე ეწოდება.

ერთდროულად ლუზის მაგნიტურ ველში ბრუნვისას ლუზის ფოლადში ინდუქტივდება გრიგალისებრი დენები, რომლებიც აგრეთვე იწვევენ ფოლადის გადახურებას.

2. ენერგიის კარგვები ლუზისა და აგზნების გრაგნილების სპილენძის გახურებაზე, რომელსაც იწვევს ამ გრაგნილებში გამავალი დენები.

3. ენერგიის კარგვები ხახუნზე, რომლებიც წარმოადგენს საკისრებში ხახუნის, მბრუნავი ნაწილების ჰაერთან ხახუნისა და ჯაგრისების კოლექტორზე ხახუნის ჯამს.

სიმძლავრე, რომელიც იხარჯება ჰისტერეზისსა და გრიგალისებრ დენებზე კარგვების დასაფარავად, პროპორციულია ფოლადის წონის, გადამაგნიტების სიხშირის ($f = \frac{p \cdot n}{60}$) და მაქსიმალური ინდუქციის B .

სიმძლავრე, რომელიც იხარჯება ლუზისა და აგზნების გრაგნილების სპილენძის გახურებაზე კარგვების დასაფარავად, გამოისახება ასე:

ა) პარალელური აგზნების მქონე მანქანებისათვის

$$P_a = I^2 r_c + U I_{ag};$$

ბ) მიმდევრული აგზნების მქონე მანქანებისათვის

$$P_a = I^2 r_c (r_c + r_{ag});$$

გ) შერეული აგზნების მქონე მანქანებისათვის

$$P_a = I^2 r_c (r_c + r_{ag}) + U \cdot I_{ag}.$$

დამატებითი პოლუსების არსებობისას მათი გრაგნილის წინააღმდეგობა იკრიბება ლუზის გრაგნილის წინააღმდეგობასთან.

ხახუნზე სიმძლავრის კარგვები მანქანაში პრაქტიკულად დამოკიდებულია მხოლოდ მისი ბრუნვის სიჩქარეზე (n) და იზრდება ბრუნვათა რიცხვის გადიდებით.

მანქანის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მ. ქ. კ.) ეწოდება P_2 , მასარგებლო სიმძლავრის შეფარდებას მანქანის P_1 სრულ სიმძლავრესთან.

ამრიგად, მ. ქ. კ.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%.$$

როცა მანქანა მუშაობს გენერატორად, მაშინ მასარგებლო სიმძლავრე $P_2 = UI$ ნაკლებია P_1 სრულ სიმძლავრეზე გენერატორში კარგვების სიდიდით და მ. ქ. კ.

$$\eta_g = \frac{UI}{UI + P_{\text{ხა}} + P_{\text{გოე}} + P_{\text{სა}}} 100\%.$$

თუ მანქანა მუშაობს ძრავად, მაშინ მისი სრული სიმძლავრე $P_1 = UI$ აღემატება ლილვზე განვითარებულ სიმძლავრეს ძრავში კარგვების სიდიდით და მ. ქ. კ.

$$\eta_{\text{ძა}} = \frac{UI - (P_{\text{ხა}} + P_{\text{გოე}} + P_{\text{სა}})}{UI} 100\%.$$

მანქანის უქმი სვლის დროს მ. ქ. კ., ბუნებრივია, უდრის ნულს. დატვირთვის გადიდებისას თავდაპირველად მ. ქ. კ. სწრაფად დიდდება, შემდეგ მისი ზრდა ნელდება, იგი აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას და შემდეგ ლუხის სპილენძში კარგვების ზრდის ანგარიშზე ხელახლა ნელა კლებულობს. მაქსიმალური მნიშვნელობის მ. ქ. კ. ჩვეულებრივ მიიღება მაშინ, როცა მანქანის დატვირთვა უდრის მისი ნომინალური სიმძლავრის 75—100%. მარგი ქმედების კოეფიციენტი მანქანის სიმძლავრესთან დამოკიდებულებით მერყეობს 70-დან 95%-მდე.

უქანასენელი ციფრი გვხვდება მხოლოდ იმ მანქანებში, რომელთა სიმძლავრე აღემატება 1000 კვტ.-ს.

კითხვები განმარტებისათვის

1. ჩამოთვალეთ გენერატორის ძირითადი ნაწილები და მათი დანიშნულება.
2. ჩამოთვალეთ ძრავის ძირითადი ნაწილები და მათი დანიშნულება.
3. როგორ იყოფიან გენერატორები და ძრავები აგზნების ხერხის მიხედვით?
4. განმარტეთ დამოუკიდებელი აგზნების მქონე გენერატორის მუშაობა.
5. განმარტეთ პარალელური აგზნების მქონე გენერატორის მუშაობა.
6. განმარტეთ მიმდევრული აგზნების მქონე გენერატორის მუშაობა.
7. განმარტეთ შერეული აგზნების მქონე გენერატორის მუშაობა.
8. რა დანიშნულება აქვს კოლექტორის გეგერატორსა და ძრავზე?
9. განმარტეთ პარალელური აგზნების მქონე ელექტროძრავის მუშაობა.
10. განმარტეთ მიმდევრული აგზნების მქონე ელექტროძრავის მუშაობა.
11. განმარტეთ შერეული აგზნების მქონე ელექტროძრავის მუშაობა.
12. რას ეწოდება უქუქმედების ელექტროდამოძრავებელი ძალა?
13. რისგან არის დამოკიდებული გენერატორის ე. მ. ძ.?
14. რისგან არის დამოკიდებული ელექტროძრავის ბრუნვათა რიცხვი?

გამმართველები

ცვლად დენს ფართო გამოყენება აქვს სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში და ამიტომ სახელმწიფო ელექტროსადგურებში, რომლებიც ენერგიას აწვდიან საწარმოებს, გამოიმუშავენ 50-პერიოდიან ცვლად დენს.

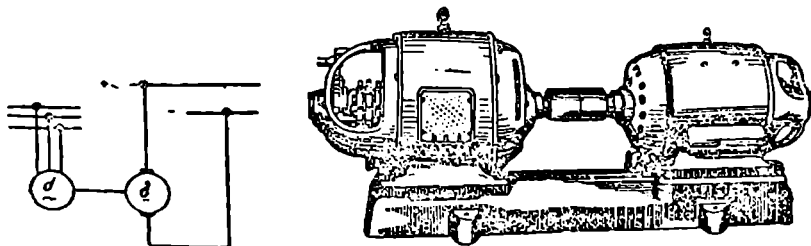
ამავე დროს მუდმივი დენის ელექტრული ენერგია საჭიროა ელექტროტრანსპორტის, ელექტროლიზური მრეწველობის დანადგარებისა და ელექტრული კავშირგაბმულობის აპარატურის ამუშავებისათვის და, აგრეთვე, აკუმულატორების დამუხტვისათვის.

ამასთან დაკავშირებით წარმოიქმნება იმის საჭიროება, რომ ცვლადი დენი მუდმივ დენად გარდაიქმნას.

ცვლადი დენის გარდასაქმნელად იყენებენ ძრავ-გენერატორს და აგრეთვე სინდიყიან, კუპროქსულ, სელენისა და ნათურის, ელექტრონულსა და იონურ გამმართველებს.

§ 1. ძრავ-გენერატორი

ძრავ-გენერატორი (ნახ. 177) შედგება ძრავისაგან, რომელიც ქუროს საშუალებით შეერთებულია მუდმივი დენის გენერატორთან. ორივე მანქანას (ძრავსა და გენერატორს) ღვაწენ საერთო



ნახ. 177. ძრავ-გენერატორი.

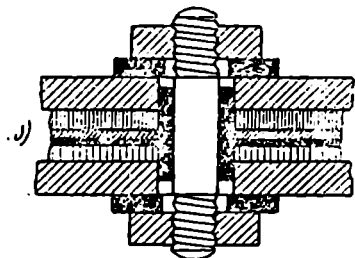
საძირკველზე. ცვლად ღენს მოძრაობაში მოჰყავს ძრავის ღუზა, ხოლო იგი შემაერთებული ჯუროს მეშვეობით აბრუნებს მუდმივი ღენის გენერატორის როტორს.

ასეთი დანადგარის ძრავი მოითხოვს ცვლადი ღენის ენერგიას, ხოლო გენერატორი გამოიმუშავებს მუდმივი ღენის ელექტრულ ენერგიას. ძრავ-გენერატორი წარმოადგენს ცვლადი ღენის მუდმივ ღენზე იფუასიან და ექსპლოატაციაში უაღრესად საიმედო გარდამქმნელს. მისი მონსახერხების ვადა აღწევს 20—25 წელს.

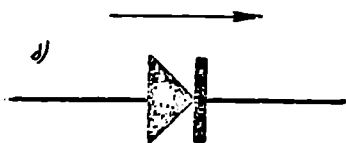
ძრავ-გენერატორის ნაკლოვანებებს მიეკუთვნება მუდმივად მზრუნავი ნაწილების არსებობა, მუდმივი ღენის გენერატორის კოლექტორსა და ჯაგრისების მდგომარეობაზე მუდმივი ზედამხედველობის საჭიროება, მნიშვნელოვანი გაბარიტები და შედარებით არც თუ ისე მაღალი მ. კ. კ. (70-დან 85%-მდე).

§ 2. კუპროქსული გამმართველი

კუპროქსული გამმართველი მიეკუთვნება მყარ გამმართველებს და შედგება სპილენძის ფირფიტისაგან (ნახ. 178, 179), რომელ-



ზეც დატანებულია სპილენძის ქვეყანგის Cu_2O შრე. სპილენძის ქვეყანგს სპილენძისაგან ყოფს ძლიერ თხელი ჩამკეტი შრე. სპილენძის ქვეყანგის შრეზე მკიდროდ ედება ტყვიის ფირფიტა მასზე მიბჯენილი სპილენძის რადიატორის დისკოთი.



ნახ. 178. კუპროქსული გამმართველი:

ა—ფუნჯენტის ნოწყობილობა; ბ—პირობითი აღნიშვნა.

უკანასკნელის დანიშნულებათა გამმართველის მუშაობის დროს გამოყოფილი სითბოს განრინება. კუპროქსული გამმართველის ნორმალურ ტემპერატურად ითვლება $+15^{\circ}$ — $+40^{\circ}$. ტემპერატურის გადიდებას შეუძლია გამოიწვიოს გამ-

მართველის წყობილებიდან გამოყვანა.

განმართველი კარგად ატარებს ღენს შემდეგი მიმართულებით: სპილენძის ქვეყანგი—ჩამკეტი შრე—სპილენძი.

მყარი გამმართველის თვისება—გაატაროს დენი ერთი მიმართულებით, აიხსნება იმით, რომ კარგ გაატარში—სპილენძში—ადგილი აქვს თავისუფალი ელექტრონების სიკარბეს, ნახევრად გამტარში—სპილენძის ქვეყანგში—ისინი ცოტა მოიპოვება, ხოლო ჩამკეტი შრე წარმოადგენს იზოლატორს და თავისუფალ ელექტრონებს სრულებით არ შეიცავს.

როცა გამმართველის კიდურა შრეებზე არსებობს პოტენციალთა სხვაობა, მაშინ წარმოიქმნება ელექტრული ველი, რომლის ძალების ზემოქმედებით წარმოებს თავისუფალი ელექტრონების ამოვლება ჩამკეტი შრის მომიჯნავე ფირფიტებიდან.

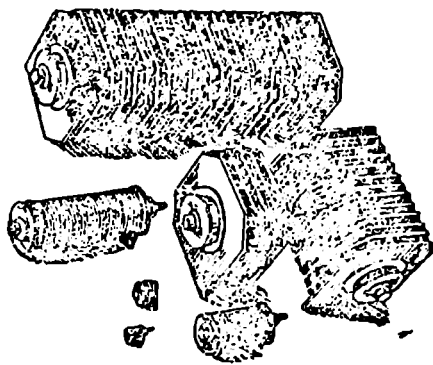
თუ გამმართველის სპილენძის ფირფიტა დამუხტულია უარყოფითი ელექტრობით, ხოლო სპილენძის ქვეყანგის — დადებითით, მაშინ ელექტრული ველის ზემოქმედებით სპილენძიდან ამოვარდება ელექტრონების დიდი რაოდენობა და წრედში გაივლის „პირდაპირი“ დენი სპილენძის ქვეყანგი—სპილენძის მიმართულებით.

პოლარობის შეცვლისას ნახევრადგამტარიდან — სპილენძის ქვეყანგიდან—ამოვარდნილი ელექტრონების რაოდენობა იქნება ძლიერ მცირე და გამმართველის წრედში „შებრუნებული“ დენი პრაქტიკულად არ გაივლის.

კუპროქსული გამმართველის ელექტრული წინააღმდეგობა დენისათვის, რომელიც სპილენძის ქვეყანგი—სპილენძის (პირდაპირი) მიმართულებით გაივლის, დაახლოებით 1000-ჯერ უფრო მცირეა, ვიდრე სპილენძი—სპილენძის ქვეყანგის (შებრუნებული) მიმართულებით.

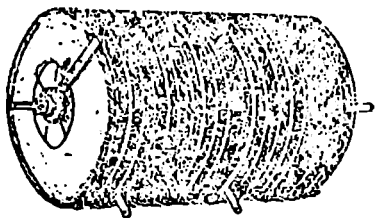
§ 3. ხალენის გამმართველი

ზემოაღნიშნული კუპროქსული გამმართველის გარდა, ამჟამად ფართოდ არის გავრცელებული სელენის გამმართველი, რომელიც აგრეთვე მყარ გამმართველთა ტიპს მიეკუთვნება.



ნახ. 179. კუპროქსული გამმართველების კომპლექტი.

სელენის გამმართველის ელემენტი (ნახ. 180, 181) შედგება ფოლადის ან ალუმინის მონიკლებული საყელურისაგან, რომელზეც დატანებულია სელენის შრე. ამ შრის სისქე მიახლოებით უდრის 0,1 მმ-ს. გამმართველების გასაკეთებლად ხმარებული სელენი წარმოადგენს გოგირდთან მიახლოებულ ქიმიურ ელემენტს. მას აქვს ტყვიისებრი რუხი ფერი და კრისტალური აღნაგობა. სელენის შრეზე ცხელი სახით დაატანებენ კალას კადმიუმთან ლითონურ შენადნობს. სელენის გამმართველი, ისე როგორც კუპროქსული გამმართველი, დენს ატარებს მხოლოდ ერთი მიმართულებით; იგი მცირე წინააღმდეგობას უწევს დენს სელენიდან ლითონური შენადნობის მიმართულებით გავლისას.



ნახ. 180. სელენის გამმართველის კომპლექტი.

შებრუნებული მიმართულებით — ლითონური შენადნობიდან სელენისაკენ — გამმართველი ელემენტი ამელავნებს ძალზე დიდ წინააღმდეგობას.

ნახ. 182-ზე ნაჩვენებია გრაფიკი, რომელიც გამო-სახავს სელენის გამმართვე-

ლის წინააღმდეგობის დამოკიდებულებას მოდებულ ძაბვაზე დენის პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებების დროს. $U=3$ ვ ძაბვის დროს სელენის გამმართველის „პირდაპირი“ წინააღმდეგობა მცირეა, ძაბვის შემცირებით კი იგი იზრდება. მოდებული ძაბვის ნიშნის შეცვლისას გამმართველის წინააღმდეგობა უდიდესია.

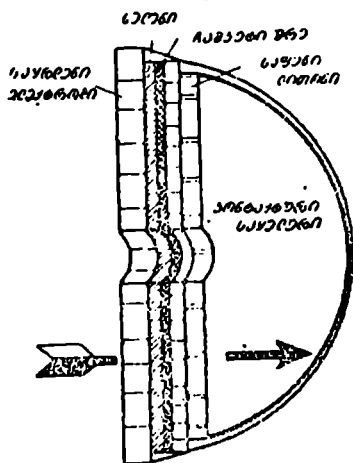
უდიდესი დასაშვები ძაბვა სელენის ერთ ელემენტზე უდრის 20 ვ-ს.

სელენის ელემენტისათვის დენის ზღვრულ დასაშვებ სიმკვრივედ ითვლება 25 ა/მმ² მის მუშა ზედაპირზე ანუ სელენის შრის ზედაპირზე.

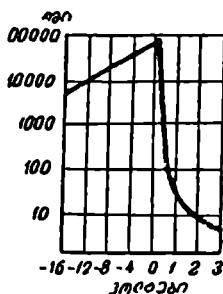
კუპროქსული და სელენის ისეთი გამმართველების დანაშადებისას, რომლებიც გათვლილია უფრო დიდ დენზე, ვიდრე მოცემული ზომის ერთი ელემენტის დასაშვები დენია, ცალკეულ ელემენტებს (საყელურებს) კრებენ სვეტების სახით და ერთმანეთთან აერთებენ. როგორც მიმდევრობით, ისე პარალელურად.

სელენის გამმართველების სამსახურის ვადა მერყეობს 20000-დან 30000 საათამდე. ზღვრული დასაშვები გახურება სელენის გამმართველებისათვის უდრის $+70^{\circ}$ და თითქმის ერთიორად აღე-

მატება კუპროქსული გამმართველების დასაშვებ გახურებას. მშრალი გამმართველების (კუპროქსულისა და სელენის) მოვლა-შენახვა უნდა წარმოებდეს სუფთად, იწმინდებოდეს მტკრისაგან. დაუშვე-



ნახ. 181. სელენის გამმართველი ელემენტის მოწყობილობის სქემა.



ნახ. 182. სელენის გამმართველის პირდაპირი და შებრუნებული წინააღმდეგობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე (აქტიური ზედაპირის 1 სმ²-ზე).

ბელია კუპროქსული გამმართველის საყელურის გადახურება $\sim 40^{\circ}$ -ზე ზევით, ხოლო სელენისა— 70° -ზე ზევით.

გამმართველიდან იმაზე მეტი დენის მიღება, რომელზედაცაა იგი გათვლილი, აკრძალულია.

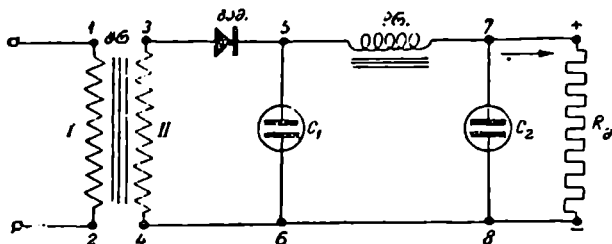
გამმართველები მოთავსებულ უნდა იქნან მშრალ შენობაში, რადგან სინესტეს შეუძლია გამოიწვიოს მათი გაფუქება.

§ 4. გამმართვის სძმეები

ერთინახევარპერიოდიანი გამართვა. არსებობს გამმართველების მრავალი სქემა. განვიხილოთ ერთინახევარპერიოდიანი გამართვისა და ორინახევარპერიოდიანი გამართვის სქემები. ნახ. 183-ზე მოცემულია ერთინახევარპერიოდიანი გამართვის პრინციპული სქემა სელენის ან კუპროქსული გამმართველით. ტრ ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილზე მიერთებულია ცვლადი დენი, ხოლო მეო-

რად გრაგნილზე — გამმართველი სვეტი (გ) და მუდმივი ღენის მომხმარებელი (Rა).

სქემა მუშაობს ასე: დავეუშვათ, რომ ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში ერთინახევარპერიოდის განმავლობაში ცვლადი



ნახ. 183. ფილტრიანი ერთინახევარპერიოდის გამმართველის სქემა.

ღენი გაივლის (1) წერტილიდან (2) წერტილის მიმართულებით, ხოლო პერიოდის მეორე ნახევარში — შებრუნებული მიმართულებით, ე. ი. (2) წერტილიდან (1) წერტილისაკენ.

როცა მეორადი გრაგნილის (3) წერტილში დაინდუქტივდება დადებითი ნიშნის ძაბვა (+), ხოლო ამავე გრაგნილის (4) წერტილში უარყოფითი ძაბვა (—), მაშინ გ გამმართველში ღენი გაივლის სქემაზე ისრით ნაჩვენები მიმართულებით (+ნიშნიდან — ნიშნი-საკენ).

შემდგომ ნახევარპერიოდში ცვლადი ღენი შეიცვლის მიმართულებას: ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის (3) წერტილში იქნება უარყოფითი, ხოლო (4) წერტილში დადებითი ძაბვა იმის გამო, რომ გამმართველი ღენს ატარებს მხოლოდ ერთი მიმართულებით, მომხმარებელში (Rა-ში), ღენი არ გაივლის. შემდეგ პერიოდებში ეს პროცესი განმეორდება.

ვინაიდან გამმართველში ღენი გაივლის მხოლოდ ერთინახევარპერიოდის განმავლობაში, ამიტომ ამ გამართვას ერთინახევარპერიოდის გამართვა ეწოდება.

ასეთი გამართვისას მომხმარებელში გაივლის პულსირებული ღენი (ნახ. 184), რომლის სიდიდე იცვლება ისევე, როგორც ცვლადი ღენის დადებითი ნახევარპერიოდის სიდიდე.

უარყოფითი ნახევარპერიოდის განმავლობაში მომხმარებლის წრედში ღენი პრაქტიკულად არ არსებობს. იმისათვის, რომ მომხმარებელში გადიოდეს მუდმივი ღენი დიდი პულსირების გარეშე.

გამმართებელის სქემაში ჩთავენ გამასწორებელ ფილტრს, რომელიც შედგება დრ დროსელისაგან და ორი ელექტროლიტური C_1 და C_2 კონდენსატორისაგან (ნახ. 183).

გამასწორებელი ფილტრის მოქმედება მდგომარეობს შემდეგში.

დადებითი ნახევარ-

პერიოდის განმავლობაში, როცა გამმართველ ელემენტში გადის დენი, C_1 კონდენსატორი დაიმუხტება. ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილზე არსებული ცვლადი ძაბვის უდიდეს მნიშვნელობამდე. უარყოფითი ნახევარპერიოდის განმავლობაში, როცა დენი გამმართველ ელემენტში შეწყდება, ეს

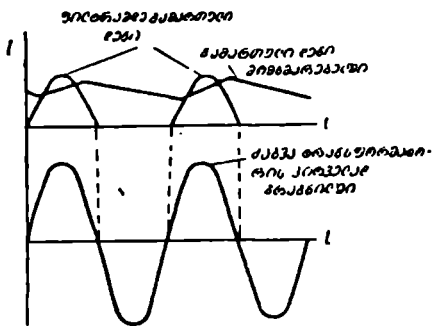
კონდენსატორი განიშუტება და დატვირთვის R_{Σ} წინააღმდეგობის მომკერებზე დაიქერს ძაბვას. ამრიგად გაგრძელდება მომხმარებელში დენის წინანდელი მიმართულებით გატარება. რამდენადაც განიშუტება კონდენსატორი, ცხადია, იმდენად მცირდება დენი და ამიტომ დატვირთვის წრედში ადგილი ექნება დენის პულსაციას. პულსაციის შემცირების მიზნით (5) და (7) წერტილებს შორის ჩართულია დრ დროსელი, ხოლო (7) და (8) წერტილებს შორის კიდევ ერთი C_2 კონდენსატორი. დრ დროსელი მნიშვნელოვან წინააღმდეგობას უწევს პულსირებულ დენს, რის შედეგადაც R_{Σ} მომხმარებლის მომკერებზე მიიღება პრაქტიკულად თითქმის მუდმივი ძაბვა (იხ. ნახ. 184).

ორინახევარპერიოდიათი გამართვა. უფრო ფართოდ არის გავრცელებული ორინახევარპერიოდიათი გამართვის (ნახ. 185) სქემა.

ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში გაატარებენ ცვლად დენს. მეორადი გრაგნილის წრედში ჩართავენ ორ გამმართველ სვეტს, ხოლო R_2 მომხმარებელს ჩართავენ ამ მეორადი გრაგნილის შუა წერტილში.

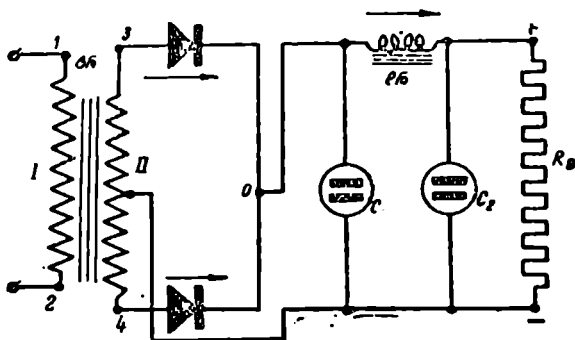
გამასწორებელი ფილტრი ჩართულია ისევე, როგორც ერთ-
ნახევარპერიოდისანი გამართვისას. სქემა მუშაობს ასე.

დავუშვათ, რომ ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის (3)



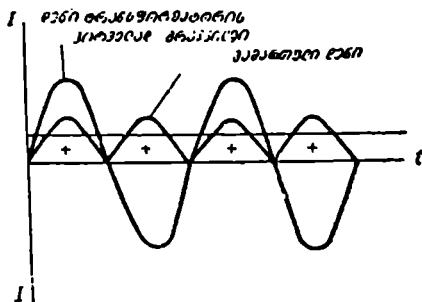
ნახ. 184. ერთინახევარპერიოდისანი გამართვისას გამართული ღენის გრაფიკი.

წერტილს პირველ ნახევარპერიოდში აქვს დადებითი (+) ძაბვა, ხოლო (4) წერტილს—უარყოფითი (-). ამ შემთხვევაში დენი გაივლის ზედა გამმართველში O წერტილისაკენ, დრ დროსელში, R_0 მომხმარებელში და ტრანსფორმატორის შუა წერტილში გავლით მინუსისაკენ [წერტილი (4)].



ნახ. 185. ორინახევარპერიოდისანი გამართველის სქემა.

მეორე ნახევარპერიოდის განმავლობაში მეორადი გრაგნილის ბოლოებზე ძაბვა შეიცვლის ნიშანს [(3) წერტილში იქნება—, ხოლო



ნახ. 186. ორინახევარპერიოდისანი გამართვის გამართული დენის გრაფიკი.

(4) წერტილში +] და მაშინ დენი გაივლის ქვედა გამმართველში O წერტილისაკენ, დროსელში, მომხმარებელში და ტრანსფორმატორის შუა წერტილზე გავლით მინუსისაკენ [წერტილი (3)]. შემდეგ ნახევარპერიოდში ეს პროცესი განმეორდება და თვითმართული

პერიოდის განმავლობაში დენი მომხმარებელში გაივლის ერთი და იგივე მიმართულებით. ამიტომ ასეთ გამართვას ორინახევარპერიოდისანი გამართვა ეწოდება.

ორინახევარპერიოდისანი გამართვისას გამართული დენის გრაფიკი წარმოდგენილია ნახ. 186-ზე. ამ სქემაში გამართული დენის გასწორება ხორციელდება ფილტრის საშუალებით, რომელიც შედგება დრ დროსელისა და ორი C_1 და C_2 კონდენსატორებისაგან.

C_1 კონდენსატორი თავისი მუხტით განაპირობებს ძაბვის მუდმივობას. დრ დროსელი ეწინააღმდეგება დენის შეცვლას, დამატებით ახდენს გამართული დენის პულსაციის გასწორებას და, ბოლოს, C_2 კონდენსატორი სავესებით სპობს დენის პულსაციას. გამართული დენის პულსაციის გასწორების ხარისხი მით უფრო უკეთესი იქნება, რაც უფრო მეტია ფილტრის კონდენსატორების ტევადობა და დროსელის ინდუქტიობა.

§ 5. კენოტრონული გამგებანი

მეტალებში ყოველი ატომგულის გარშემო არსებობს მასთან სუსტად დაკავშირებული ელექტრონები. ატომგულიდან მოწყვეტილი ნაწილი ამ ელექტრონებისა იმყოფება უწყსრიგო მოძრაობაში და მათ თავისუფალი ელექტრონები ეწოდება.

ელექტრონების ქაოსური მოძრაობის სიჩქარე დამოკიდებულია ლითონის ტემპერატურაზე. რამდენადაც მეტია ტემპერატურა, იმდენად დიდია ელექტრონების სიჩქარე.

ტემპერატურის რომელიმე მნიშვნელობისას ელექტრონების ნაწილის სიჩქარე იმდენად მნიშვნელოვანი გახდება, რომ ისინი, გადალახავენ რა ატომგულის მიმზიდველობის ძალას, ამოვარდებიან ლითონიდან და გასცილდებიან მის ფარგლებს.

ამ მოვლენას თერმოელექტრონული ემისია ეწოდება.

თერმოელექტრონული ემისიის მოვლენაზე დამყარებული ელექტრონული მილაკების (რადიომილაკების) მოქმედება.

გახურების ერთსა და იმავე ტემპერატურის დროს სხვადასხვა ლითონებიდან თერმოელექტრონული ემისიის შედეგად ამოშვებული ელექტრონების რაოდენობა სხვადასხვაა. ყველაზე დიდი ემისიის უნარი აქვთ მეტალებს—ნატრიუმს, კალიუმს, ცეზიუმს, ბარიუმს და სხვ.

ერთი და იგივე ლითონი სხვადასხვა ტემპერატურის დროს სხვადასხვა რაოდენობის ელექტრონებს ამოუშვებს.

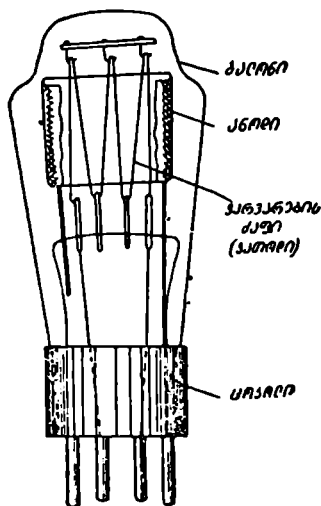
ძალზე დიდი ტემპერატურისას ლითონი იწყებს აორთქლებას;

ეს გარემოება ზღუდავს ტემპერატურის ამალღებით თერმოელექტრონული ემისიის გადიდების შესაძლებლობას.

განვიხილოთ ელექტრონული მილაკის მოწყობილობა და მუშაობის პრინციპი.

ელექტრონული მილაკი (ნახ. 187) შეიცავს ბალონს, რომლიდანაც გამოქაჩულია ჰაერი.

ბალონში მოთავსებულია ისეთი მასალის თხელი ფენით დაფარული ვოლფრამის ძაფი, რომელსაც აქვს იმის უნარი, რომ შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე კარგად ამოუშვას ელექტრონები. ამ ძაფს კათოდი ეწოდება.



ნახ. 187. თერმოელექტროდინი გამმართველი მილაკი.

ძაფის გარშემო ათავსებენ ელექტროდის ლითონის ცილინდრის სახით, რომელსაც ანოდი ეწოდება. ეს ელექტროდი, ისევე როგორც ვარვარების ძაფი, დამაგრებულია ნათურის შიგნით და შეერთებულია ნათურის ცოკოლის ფეხებთან.

მილაკს, რომელსაც აქვს ორი ელექტროდი—ვარვარების ძაფი და ანოდი, ეწოდება ორელექტროდია ან დიოდი. ნახ. 188-ზე მოცემულია ასეთი მილაკის სქემა.

ელექტრონული მილაკის მუშაობისათვის საჭიროა მისი სა-

ვარვარო ძაფის გახურება. ამ მიზნით მის ბოლოებზე მიაერთებენ ბატარეას, რომელსაც ვარვარების ბატარეა (ბვ) ეწოდება. მეორე ელექტროდზე—ანოდზე მიაერთებენ მეორე ბატარეას ისე, რომ იგი დადებითი ელექტროდით უერთდებოდეს ნათურის ანოდს, ხოლო უარყოფითით—ვარვარების ძაფს.

ამ ბატარეას ანოდური ბატარეა (ბა) ეწოდება.

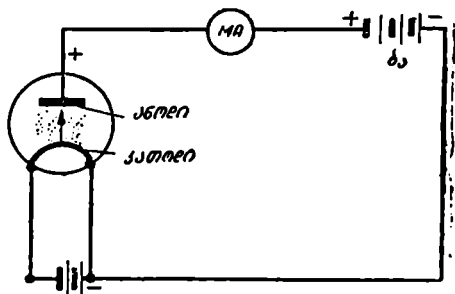
ბატარეის ასეთი ჩართვისას მილაკის ანოდი კათოდის მიმართ დადებითად დაიპოხტება. როდესაც ვარვარების ძაფი გახურდება, მაშინ მისგან იწყებს ამოვარდნას უარყოფითი ელექტრონული მუხტის მქონე ელექტრონები. ეს ელექტრონები მიიზიდებიან დადები-

თად დამუხტული ანოდის მიერ და ბილიამპერმეტრში გავლით ისინი მიემართებიან ანოდური ბატარეის პოლუსისაკენ.

თუ მილაკის ანოდზე მივყავართ ანოდური ბატარეის მინუსს, ხოლო ვარვარების ძაფთან ბატარეის პლუსს, მაშინ უარყოფითად დამუხტული ანოდი განიზიდავს ძაფიდან ამოვარდნილ ელექტრონებს და ანოდის წრედში დენი არ იქნება, მილიამპერმეტრის ისარი ნულიდან არ გადაიხრება.

აქედან გამომდინარეობს, რომ ელექტრონულ მილაკში (დიოდში), ისე როგორც მყარ გამმართველებში, დენი გაივლის მხოლოდ ერთი მიმართულებით—დადებითად დამუხტული ანოდიდან ვარვარების ძაფისაკენ¹.

მილაკის ანოდის წრედში გამავალი დენი დამუხტიდებულია ძაფის ვარვარების ხარისხზე, ე. ი. დროის ერთეულში მისგან ამო-



ნახ. 188. დიოდის აღნიშვნა და მისი ჩართვა.

ვარდნილი ელექტრონების რაოდენობაზე, და აგრეთვე ანოდზე მოდებული ძაბვაზე. თუ ანოდზე მიყენებული დადებითი ძაბვა მცირეა, მაშინ იგი უფრო ნაკლებად მიიზიდავს ელექტრონებს და დენი ანოდის წრედში უფრო მცირე იქნება. ანოდზე ძაბვის გადიდებით დენიც იზრდება.

ორელექტროდიანი მილაკის თვისება გაატაროს დენი ერთი მიმართულებით, გამოიყენება ცვლადი დენის გასამართავად.

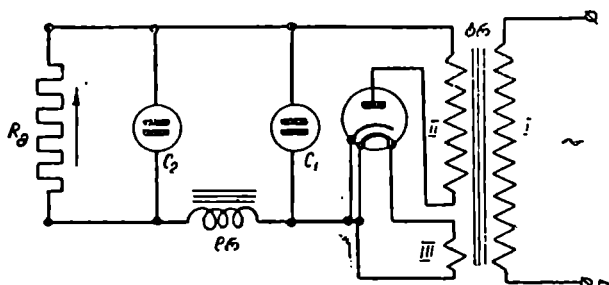
გამმართველს, რომელშიც ცვლადი დენის გამართვისათვის იყენებენ ელექტრონულ მილაკს (კენოტრონს), ეწოდება მილაკიანი ანუ კენოტრონიანი გამმართველი.

ნახ. 189-ზე გამოსახულია ერთინახევარპერიოდიანი კენოტრონული გამმართველის სქემა. ტრ ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში (1) გადის ცვლადი დენი. II გრაგნილი ერთი ბოლოთი უერთდება კენოტრონის ანოდს, ხოლო მეორე ბოლოთი— R დატ-

¹ უნდა გვახსოვდეს, რომ ელექტრული დენის პირობითი მიმართულება თავისუფალი ელექტრონების მოძრაობის მიმართულების საწინააღმდეგოა.

ვირთვას. III გრაგნილი გამოყენებულია მილაკის ძაფის ვარვარი-სათვის. გამასწორებელი ფილტრი შედგება დრ დროსელისა და ორი C_1 და C_2 კონდენსატორებისაგან. ერთინახევარპერიოდის განმავლობაში, როდესაც ანოდზე იქნება დადებითი ძაბვა, ანოდის წრედში და დატვირთვაში დენი გაივლის ისრით ნაჩვენები მიმართულებით. შემდეგ ნახევარპერიოდში, როცა ანოდზე იქნება უარყოფითი ძაბვა, დენი ანოდის წრედში (დატვირთვაში) არ იქნება.

გამართული დენი, რომელიც დატვირთვაში გაივლის, იქნება პულსირებული, ისე როგორც ეს იყო მყარი გამმართველებით გამართვისას (ნახ. 184). ცვლადი დენის ორინახევარპერიოდიანი გა-



ნახ. 189. ერთინახევარპერიოდიანი კენოტრონული გამმართვე-
ლის სქემა.

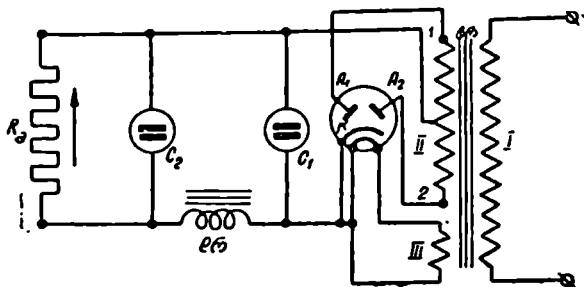
მართვისათვის იყენებენ ელექტრონულ მილაკებს, რომლებსაც აქვთ ორი ანოდი (ორანოდოიანი კენოტრონი), ან ორ ჩვეულებრივ ერთანოდოიან კენოტრონს.

ასეთი გამმართველი შემდეგნაირად მუშაობს. დაეუშვათ, რომ ერთინახევარპერიოდის განმავლობაში (ნახ. 190) ტრანსფორმატორის II გრაგნილიდან კენოტრონის ანოდებზე მიყენებულ ძაბვას A_1 ანოდზე აქვს პლუსი ნიშანი და A_2 -ზე მინუსი. ამ შემთხვევაში დენი გაივლის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის (1) წერტილიდან A_1 ანოდზე და მილაკში გავლით K კათოდზე, შემდეგ დროსელში და მომხმარებელში გავლით ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის შუა წერტილზე და მის ქვედა ნახევარში გავლით მინუსისაკენ (წერტილი 2).

A_3 ანოდს აქვს უარყოფითი ძაბვა და მასზე დენი არ გაივლის.

მეორე ნახევარპერიოდის განმავლობაში ძაბვის პოლარობა

ანოდებზე შეიცვლება და მაშინ დენი გაივლის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის (2) წერტილიდან A_2 ანოდზე და მილაკში გავლით K კათოდზე, შემდეგ დროსელსა და მომხმარებელში გავლით ტრანსფორმატორის შუა წერტილზე და მის ზედა ნახევ-



ნახ. 190. ორინახევარპერიოდული კენოტრონული გამმართველის სქემა.

ვარში გავლით ზინუსისაკენ (წერტილი 1). შემდეგ ნახევარპერიოდებში ეს პროცესი განმეორდება და მომხმარებელში დენი გაივლის სქემაზე ისრით ნაჩვენები მიმართულებით. გამართული დენი იქნება ისეთივე, როგორიც არის იგი მყარი გამმართველებით წარმოებული ორინახევარპერიოდული გამართვისას (ნახ. 186).

§ 6. სინდიყიანი გამმართველი

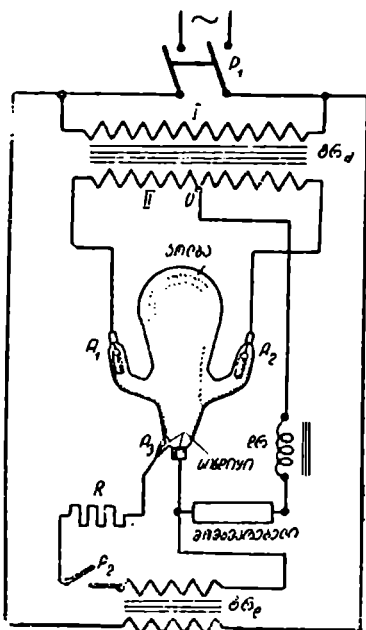
კონსტრუქციის მიხედვით სინდიყიანი გამმართველები იყოფიან მინისა და ლითონის გამმართველებად.

მინის სინდიყიანი გამმართველი (ნახ. 191) შედგება მოლიბდენის მინის კოლბისაგან, რომლისგანაც ჰაერი გამოტუმბულია. კოლბაში ჩარჩილულია ფოლადის ან გრაფიტის ორი A_1 და A_2 ელექტროდი, რომლებიც მიერთებულია ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ბოლოებზე. ეს ელექტროდები წარმოადგენენ გამმართველის მთავარ ელექტროდებს. კოლბის ქვედა ნაწილი გავსებულია სინდიყით და იგი წარმოადგენს გამმართველის კათოდს. სინდიყში მოთავსებულია მინაში ჩარჩილული ლითონის ღერო. მასზე გარედან მიერთებულია მუდმივი დენის მომხმარებლიდან მომავალი სადენი. ამ ელექტროდის გვერდით, კოლბაში არის ჩალრმაგება, რომელშიც აგრეთვე ჩასხმულია სინდიყი. სინდიყში მოთავსებულია ანთების ანოდი (A_3). მომხმარებლის მეორე ბოლო გამას-

წორებული დრ დროსელის მეშვეობით უერთდება ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის შუა წერტილს (0).

გამმართველის სქემაში ჩართულია ორი ტრანსფორმატორი—ძირითადი ტრა და დამხმარე ტრ_{დამ}.

იმისათვის, რომ სინდიყიანი გამმართველით განვახორციელოთ



ნახ. 191. მინის სინდიყიანი გამმართველის პრინციპული სქემა.

ცვლადი დენის გამართვა, საჭიროა იგი ავანთოთ. ამ მიზნით ჩართავენ p_1 და p_2 დენკვეთებს და ძირითად დამხმარე ტრანსფორმატორებს მიაწვდიან ცვლად ძაბვას. ამის შემდეგ ფრთხილად გადახრიან კოლბას ისე, რომ K კათოდის გარემომცველი სინდიყი შეუერთდება ანთების ანოდის (A_3) სინდიყს.

ამასთან, დამხმარე ტრ_{დამ} ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ძაბვის ზემოქმედების შედეგად დენი გაივლის P_2 დენკვეთში, R წინააღმდეგობაში, ანთების ანოდში A_3 და სინდიყში.

კოლბას საწყის მდებარეობაში დაყენებისას K კათოდისა და ანთების ანოდის A_3 გარემომცველი სინდიყი გაწყდება და ამ ად-

გილში წარმოიქმნება რკალი, ხოლო კათოდის სინდიყზე გაჩნდება ღია ფერის მცირე კათოდური ლაქა. სინდიყი ლაქის გაჩენის ადგილზე გავარგარდება 2000° -მდე.

ასეთი მაღალი ტემპერატურის დროს სინდიყიდან გამოიყოფა ელექტრონები, რომლებსაც მიიზიდავს კათოდის მიმართ ამ დროს დადებითი ელექტრული პოტენციალის მქონე ერთ-ერთი ანოდთაგანი (ნახ. 192).

ელექტრონები თვითნებურად შეეჯახებიან სინდიყის ორთქლის მოლეკულებს და მოახდენენ მათ იონიზებას, ე. ი. სინდიყის

იონებიდან გამოთიშავენ ელექტრონებს, გადააქცევენ მათ დადებით იონებად.

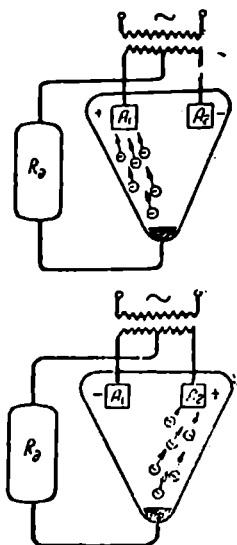
კათოდზე დაცემული იონები ხელს უწყობენ კათოდური ლაქის ტემპერატურის შენარჩუნებას.

კოლბაში არსებული რკალი წარმოადგენს ელექტრონების ნაკადს კათოდისა და ანოდისაკენ და სინდიუსის დადებითი იონებისა შებრუნებული მიმართულებით.

როდესაც ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ბოლოებზე ძაბვის შეცვლის შედეგად ანოდის დადებითი პოტენციალი შეიცვლება უარყოფითით, მაშინ რკალი კოლბაში გადაინაცვლებს იმ ანოდთაგანზე, რომელსაც მოცემულ მომენტში ექნება დადებითი პოტენციალი და, ამრიგად, თვითეულ ანოდს რიგრიგობით აერთებს კათოდთან. ამასთან, მომხმარებელი დენს ღებულობს ძირითადი ტრა ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ხან ერთი ნახევრიდან და ხან მეორიდან. გამართული დენის მიმართულება მომხმარებელში უცვლელი რჩება. ასეთი გამმართველი ანხორციელებს ცვლადი დენის ორინახევარპერიოდთან გამართვას.

მინის სინდიუიანი გამმართველი მზადდება 600 ვ-მდე ძაბვაზე 500 ა-მდე დენის დროს და 20 ა-მდე — 15000 ვ-მდე ძაბვის დროს.

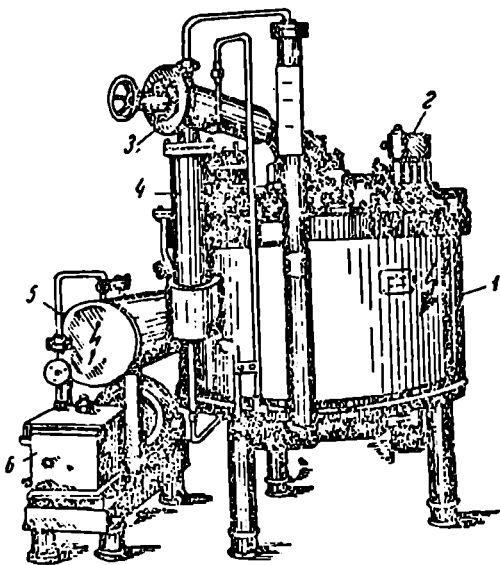
მეიფე და არამტკიცე მინის კოლბების მაგივრად ამჟამად მძლავრ გამმართველებს უკეთებენ ლითონის კოლბებს. ასეთ გამმართველებს ეწოდება ლითონის სინდიუიანი გამმართველები (ნახ. 193). ისინი კვებავენ საბჭოთა კავშირის ელექტროფიცირებული გზების უმრავლესობას, საქალაქო ტრამვაის ქსელებსა და მოსკოვის მეტროპოლიტენს. ლითონის გამმართველი აღჭურვილია ამოსატუმბავი მოწყობილობით, რომლის დანიშნულებაც ამოტუმბოს ჰაერი, რომელიც გამმართველის ჭურჭელში გაატანს იზოლატორების დაყენების ადგილებში, მიუხედავად აირშეუღწევადი შუა-



ნახ. 192. გამმართველის კოლბაში რკალის გამმართველი მოქმედების სქემა.

საღებების არსებობისა. გამმართველს მოწყობილი აქვს წყლით გაციეება.

ლითონის გამმართველის ანოდებს, კათოდს, ანთების ანოდსა და სხვა მთავარ ნაწილებს იგივე დანიშნულება აქვს, რაც მინის



ნახ. 193. ლითონის სინდიციანი გამმართველი: 1—ვაკუუმის კორპუსი; 2—მთავარი ანოდი; 3—ვაკუუმის მილი ონკანით; 4—სინდიცის ტუმბო; 5—წინასწარი გაიშვიათების ავზი; 6—წინასწარი გაიშვიათების ტუმბო.

გამმართველში. ლითონის გამმართველი, ისე როგორც მინის გამმართველი, სქემაში ჩაირთება ორი ტრანსფორმატორის—ძირითადი და დამხმარე ტრანსფორმატორის მეშვეობით.

ლითონის გამმართველები მზადდება 5000 ა-მდე დენზე 800 ვ-მდე ძაბვის დროს და 200 ა-მდე—50000 ვ-მდე ძაბვის დროს.

კითხვები განმმორბინათვის

1. რა დანიშნულება აქვს გამმართველს?
2. რა და რა გამმართველები გამოიყენება ცვლადი დენის გარდაქმნისათვის?
3. რა და რა ელექტრული მანქანისაგან შედგება ძრავ-გენერატორი და როგორ მუშაობს იგი?
4. როგორ არის მოწყობილი კუპროქსული გამმართველის ელემენტი?

5. როგორ აიხსნება მყარი გამმართველების ერთი მიმართულებით გამტარებლობა?
 6. რომელი მიმართულებით ატარებს დენს კუპროქსული გამმართველი?
 7. რატომ ააწყობენ მყარი გამმართველების ელემენტებს სვეტებად?
 8. როგორ არის მოწყობილი სელენის გამმართველის ელემენტი?
 9. რომელი მიმართულებით ატარებს დენს სელენის გამმართველი?
 10. როგორ იცვლება სელენის გამმართველის წინააღმდეგობა მოდებული ძაბვის სიდიდისაგან დამოკიდებულებით?
 11. რამდენი ვოლტი შეიძლება მოვდოთ სელენის გამმართველის ერთ ელემენტზე?
 12. როგორია კუპროქსული და სელენის გამმართველის დასაშვები ტემპერატურის ზღვრები?
 13. როგორ მუშაობს ერთინახევარპერიოდული გამმართველი?
 14. როგორ მოქმედებს გამმართველის გამწვანებელი ფილტრი?
 15. როგორ მუშაობს ორინახევარპერიოდული გამმართველი მყარი გამმართველით?
 16. როგორ არის მოწყობილი ორელექტროდული მილაკი?
 17. როგორ მუშაობს ერთინახევარპერიოდული კენოტრონული გამმართველი?
 18. როგორ მუშაობს ორინახევარპერიოდული კენოტრონული გამმართველი?
 19. როგორ არის მოწყობილი და მუშაობს მინის სინდიყიანი გამმართველი?
 20. რომელ სინდიყიან გამმართველს ეწოდება ლითონის გამმართველი და რით განსხვავდება მინის გამმართველისაგან?
-

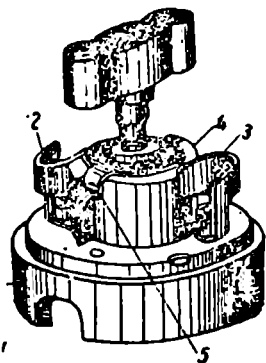
ელექტრული აპარატურა

ელექტრული მანქანებისა და ხელსაწყოების მართვისათვის სა-
ჭიროა დამხმარე ელექტრული აპარატურა.

ასეთი აპარატურა ამარტივებს და ამსუბუქებს ელექტრული
მანქანების მართვაზე მომუშავე ადამიანთა შრომას. დამხმარე აპა-
რატურას ეკუთვნის: ამომრთველები, დენკვეთები, გადამრთველე-
ბი, რეოსტატები, კონტროლერები, კონტაქტორები და გამ-
შეებები.

§ 1. ამომრთველები

ამომრთველები, რომლებსაც იყენებენ ელექტრული განათების,
სხვა სიმძლავრის სათბობი ხელსაწყოების, ვენტილატორების,
მტვერსასრუტებისა და ელექტროენერ-
გიის სხვა წვრილ მომხმარებელთა ამორ-
თვა-ჩართვისას, ფართოდ არის გავრ-
ცელებული. ამომრთველებს სხვადასხვა
გარეგანი გაფორმება და მოწყობილო-
ბა აქვთ.



ნახ. 194. ამომრთველი.

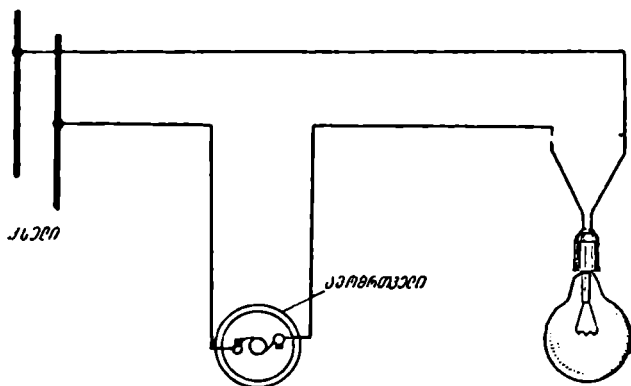
ნახ. 194-ზე გამოსახულია ამომრ-
თველი. მას აქვს საიზოლაციო მასალი-
სგან დამზადებული საფუძველი (1), რო-
მელზეც დამაგრებულია ორი უძრავი
დრეკადი კონტაქტი (2) და (3). სა-
ფუძვლის ცენტრში ღერძზე მოთავსე-
ბულია ცილინდრი (4) საკონტაქტო
ფირფიტით (5). ელექტროქსელის სა-
დენებს უერთებენ (2) და (3) კონტაქ-

ტებს და ამაგრებენ ხრახნებით.

ცილინდრის შემობრუნებისას კონტაქტი (5) აერთებს დრეკად
კონტაქტებს (2) და (3) და შეკრავს ელექტრულ წრედს (ნახ. 195),
რომელშიც მიმდევრობით არის ჩართული ამომრთველი. ცილინდ-

არის მეორეჯერ შემობრუნებისას მოძრავი კონტაქტი (5) განათავს
წრედს.

ჩვეულებრივი ამომრთველები გამოიყენება 250 ვ-მდე ძაბვაზე



ნახ. 195. ამომრთველის ჩართვის სქემა განათების
ნათურიან ქსელში.

და ნა-მდე დენზე. სპეციალური, ე. წ. „პაქეტური“ ამომრთველები
მზადდება ორ და სამპოლუსიანი და გამოიყენება ქსელებში, რო-
მელთა ძაბვა აღწევს 500 ვ-ს და დენი 60 ა-ს.

§ 2. დენკვეთები

500 ვ-მდე ძაბვისა და 60 ა-ზე მეტი დენის მქონე ელექტრუ-
ლი ქსელების განათვისა და ჩართვისათვის იყენებენ გამკვეთ ამომ-
რთველებს—დენკვეთებს. ისინი შეიძლება იყოს ერთპოლუსა, ორ-
პოლუსა და სამპოლუსა.

დენკვეთებს (ნახ. 196) აყენებენ საიზოლაციო მასალის (მარმა-
რილო, შიფერი) ფარებზე.

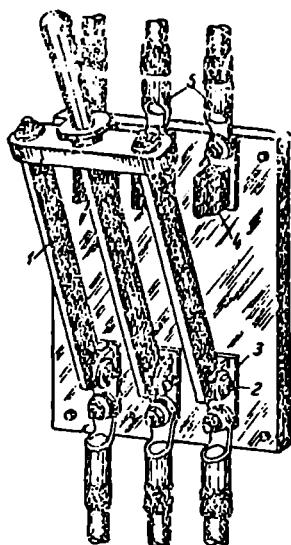
მათი ძირითადი ნაწილებია: სპილენძის დანები (1), რომელთა
შებრუნება შეიძლება ღერძებზე (2). ღერძები დამაგრებულია უძ-
რავ კონტაქტებზე (3).

ამ კონტაქტებზე ქანჩების საშუალებით მიეერთებენ მომხმარ-
ებლის სადენებს. წრედის დენკვეთით ჩართვისას სპილენძის და-
ნები შედიან ღრეკად კონტაქტებში (4), რომლებზეც მიერთებუ-
ლია ელექტრული სადენები (5).

მძლავრ მომხმარებელთა წრედის განართვისას დენკვეთის და-
ნებსა (1) და მის ღრეკად კონტაქტებს (4) შორის გაჩნდება ელექ-

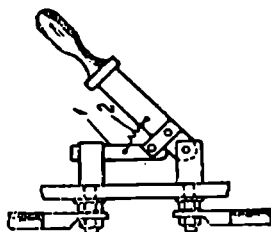
ტრული რკალი, რომლისგანაც ნაწილობრივ შემოიწვის დანებო-
და კონტაქტები.

იმისათვის, რომ შემცირდეს დანების შემოწვა, წრედის განრთვა-



ნახ. 196. სამოლუსა დენკვეთი.

უნდა მოხდეს სწრაფად. ამიტომ
დენკვეთის დანებზე აწყობენ და-
მატებით კონტაქტებს (1) ზამბა-
რებით (2) (ნახ. 197). ასეთი
დენკვეთის დანა გამორთვისას პირ-
ველად დაჭიმავს დამატებითი
კონტაქტის ზამბარას, რომელიც
შემდეგ ამ ზამბარის ზემოქმედე-



ნახ. 197. დენკვეთი მყისური
გამორთვის კონტაქტებით.

ბით ანხორციელებს დენის წრედის მყისურ გაწყვეტას. მყისური
გამორთვის დენკვეთის გამოყენების შედეგად წრედის განრთვისას
მიიღება მცირე სიდიდის არახანგრძლივი რკალი, ხოლო კონტაქ-
ტების შემოწვა მკვეთრად შემცირდება.

§ 3. გადამრთველები

ჩვეულებრივ დენკვეთებს გარდა იყენებენ დენკვეთ-გადამრთვე-
ლებს, რომლებსაც აგრეთვე უწოდებენ გადასაკიდ დენკვეთებს
(ნახ. 198).

გადამრთველებს, გარდა ზედა ღრეკადი კონტაქტებისა, ქვედა
კონტაქტებიც აქვს. ასეთი გადამრთველის დანების შეერთება შე-
იძლება როგორც ზედა, ისე ქვედა კონტაქტებზე. ნახ. 130-ზე მო-
ცემულია მოკლედ შერთული სამფაზიანი ძრავის სტატორის გრაგნი-
ლების ვარსკვლავისებრიდან სამკუთხაზე გადართვის სქემა. გადა-
მრთველის ჩართვისას დანები უერთდება მის ქვედა კონტაქტებს

და სტატორის გრაგნილები ჩაირთვება ვარსკვლავის სქემით. ხოლო დანების ზედა კონტაქტებთან შეერთებით გრაგნილები ჩაირთვება სამკუთხედის სქემით.

გადამრთველი დენკვეთები გამოიყენება აგრეთვე ქსელის სადენების გადასართველად, ცვლადი დენის სამფაზიანი ძრავების ბრუნვის მიმართულების შეცვლისას.

უსაფრთხოების ტექნიკის წესების მიხედვით დენკვეთები და გადამრთველები დაფარულ უნდა იქნენ დამცველი გარსაფარებით. სამუშაო ადგილებზე დენკვეთების დაყენება სრულდება ისე, რომ მათი ჩართვა მოხერხებული იყოს.

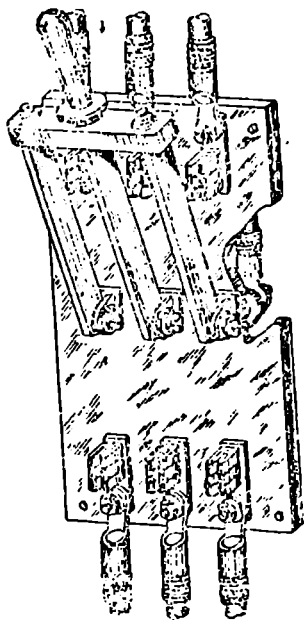
§ 4. მცველები

მოკლე შერთვის დროს წრედის სადენებში და მასში ჩართულ მანქანებსა და ხელსაწყოებში გამავალი ელექტრული დენი დიდდება და აპარატებს დასაშვებ სიდიდეს. წრედის სადენები გადახურდება და შესაძლებელია გადნეს კიდევ, ხოლო მოკლე შერთვის დენის წრედში ჩართული მანქანები და ხელსაწყოები შეიძლება გაფუჭდეს.

იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ ასეთი მოვლენა, ელექტრულ წრედში მიმდევრობით რთავენ დნობად მცველებს. როდესაც დნობად მცველში გაივლის დასაშვებ სიდიდეზე მეტი დენი, იგი გადნება და წრედს, რომელშიაც იგი ჩართულია, განრთავს იმაზე ადრე, ვიდრე წრედის სადენები და მასში ჩართული აპარატურა მოასწრებდეს გახურებას.

თვითღეულ მცველი განუსაზღვრელი დროით უნდა უძლებდეს დენს, რომელზეც გათვლილია იგი. მცველებზე აღინიშნება დასაშვები დენის სიდიდე და ამ ძირითადი მაჩვენებლის მიხედვით შეარჩევენ მათ.

თუ თანაბარი დატვირთვისას (უცვლელი დენის დროს) ელექ-

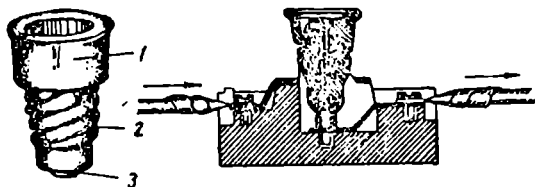


ნახ. 198. სამოლუსა დენკვეთ-გადამრთველი.

ტრულ წრედში გადის მუშა დენი $I=10$ ა, მაშინ ასეთ წრედში არ შეიძლება ჩაირთოს ექვსამპერიანი მცველი.

მცველის შერჩევა ისეთი ელექტრული წრედისათვის, რომელშიც ჩაირთვება ძრავები, წარმოებს გამშვები დენის გათვალისწინებით, რომელიც დაახლოებით 5—7-ჯერ მეტია მუშა დენზე.

ასეთი წრედის მცველები გაანგარიშებულ უნდა იქნეს დენზე, რომელიც უდრის ან აღემატება გამშვები დენის 40%-ს.

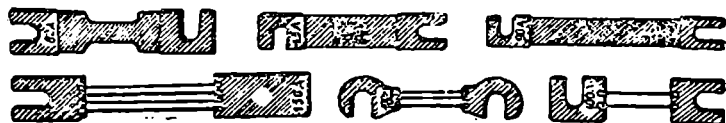


ნახ. 199. დამცველი კორპი.

დნობადი მცველები არსებობს სხვადასხვანაირი კონსტრუქციის.

უმეტესად გავრცელებულია კორპისებრი, ფირფიტოვანი და მილისებრი მცველები.

კორპისებრი მცველის დამცველი კორპი (ნახ. 199) შედგება ფაიფურის ფუძისაგან (1), რომელზეც დამაგრებულია ლითონის ცილინდრი (2) ხრახნით და ლითონის კონტაქტი (3). განსაზღვრულ დენზე გათვლილი ადვილდნობადი მავთული ერთი ბოლოთი მიჩაღებულია ხრახნზე, ხოლო მეორეთი კონტაქტზე.



ნახ. 200. დნობადი სადგმელები.

კორპი ჩაიხრახნება საიზოლაციო მასალისაგან გაკეთებულ მასრაში, რომელიც დაახლოებით ისეა მოწყობილი, როგორც ელექტრული ნათურის მასრა.

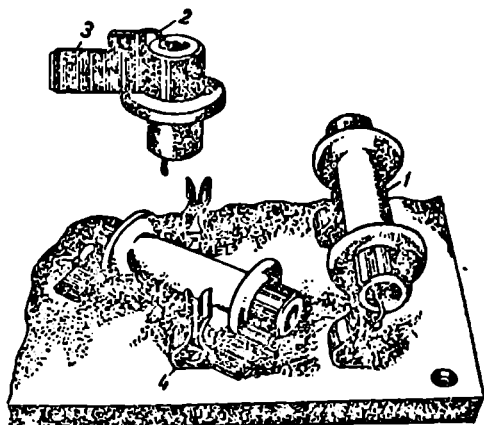
ფირფიტოვანი მცველის დნობადი ჩასადგმელი (ნახ. 200) წარმოადგენს ბუნიკებით აღჭურვილ ლითონის ფირფიტას ან ჩამდე-

ნიმე მავთულს, დნობად ჩასადგმელს ბუნიკების საშუალებით მცველის კონტაქტებზე ამაგრებენ ხრახნებით.

უსაფრთხოების ტექნიკის მიხედვით ფირფიტოვანი მცველები დახურული უნდა იქნენ საიზოლაციო ცეცხლგამძლე მასალის ხუფით.

ეს ხუფები პერსონალს იცავს გამდნარი ლითონის შხეფებისაგან, რომლებიც ზოგჯერ წარმოიქმნება ჩასადგმელის გადაწყვისას.

მილიხებრი მცველები. მნიშვნელოვანი სიმძლავრის მქონე ელექტრულ წრედში ხშირად აყენებენ ფაიფურის მილისებრ მცვე-



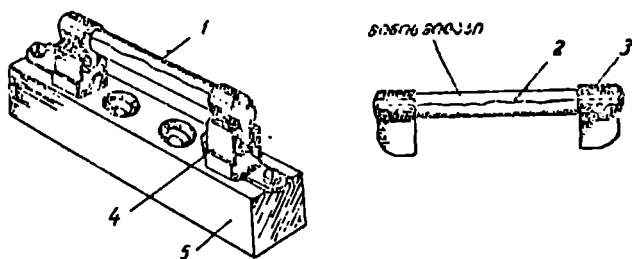
ნახ. 201. ფაიფურის მილისებრი მცველი.

ლებს (ნახ. 201). მილისებრი მცველი შედგება ფაიფურის მილისაგან (1), რომლის ბოლოებზე დამაგრებულია დანისებრი კონტაქტები (3). ამ კონტაქტებზე მიახრახნავენ ადვილდნობად მავთულს (2).

მცველის დანებს ჩადგამენ დაფაზე დაყენებულ დრეკად კონტაქტებში (პინცეტებში). მილის შიგნით მავთულის გადნობისას თვით მილი გაშხეფის საშუალებას არ აძლევს გამდნარ ლითონს.

დაბალი ძაბვის ელექტრულ აპარატებში, რადიომიმღებებსა და ტელევიზორებში აყენებენ აგრეთვე მინის მილისებრ მცველებს (ნახ. 202). ასეთი მცველი შედგება მინის მილისაგან (1), რომელშიც მოათავსებენ ადვილდნობად მავთულს (2). იგი მირჩილულია

მილის ბოლოებზე ჩამოცმულ ხუთეუბზე (3). მცველი ჩაიდგმება დრეკად საკონტაქტო ფირფიტებში (4), რომელიც დამაგრებულია მაიზოლირებელ ფუძეზე (5).



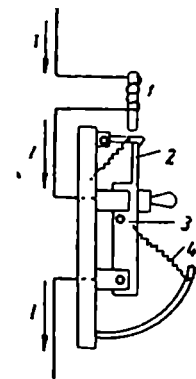
ნახ. 202. მინის მილისებრი მცველი.

§ 5. ავტომატური ამოკრთვალები

ნორმალური სამუშაო პირობების დარღვევისას ელექტრული ქსელების დაცვისა და ავტომატურად გამორთვისათვის იყენებენ მაქსიმალურ და მინიმალურ ავტომატურ ამომრთველებს—ავტომატებს.

ავტომატს, რომელიც წრედს გამორთავს მაშინ, როცა მასში გაივლის დასაშვებზე მეტი დენი, მაქსიმალური ავტომატი ეწოდება.

მაქსიმალური ავტომატი (ნახ. 203) შეიცავს ელექტრომაგნიტს (1), ლუზა-საკეტელას (2), ამომრთველს (3) და სხვა ნაწილებს. როცა ავტომატის წრედში დენი დასაშვებ სიდიდეს გადააქარბებს, ელექტრომაგნიტი (1) მიიზიდავს ლუზა-საკეტელას, ამომრთველის დანა (3) განთავისუფლდება და ზამბარის (4) ზემოქმედებით ავტომატურად განირთვება წრედი, რომელშიც ჩართულია ავტომატი.



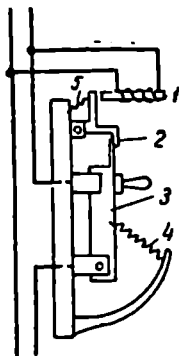
ნახ. 203. მაქსიმალური ავტომატის მოწყობილობის სქემა.

ავტომატის ხელახალი ჩართვა ხდება ხელით.

მინიმალური ავტომატი (ნახ. 204) წრედს გამორთავს ქსელის ძაბვის შემცირების შემთხვევაში.

როდესაც ქსელის ძაბვის შემცირების შედეგად ელექტრომაგნიტის გრაგნილში არასაკმარისი დენი გაივლის, მისი გულა (1) ვე-

ლარ შეძლებს ლუზა-საკეტელას ვერტიკალური მხარის შეკავებას. ამის გამო ზამბარა (5) განზიდავს ლუზას ელექტრომაგნიტის გულასაგან და საკეტელა (2) აიწევა რა ზევით, გაათავისუფლებს ამომრთველის დანას (3), რომელიც ზამბარის (4) ზემოქმედებით განრთავს წრედს, რომელსაც იგი იცავს. ავტომატების დარეგულირება შეიძლება იმ განსაზღვრულ მინიმალურ ძაბვაზე, რომლის დროსაც იგი გამოირთვება. ავტომატების დიდი უპირატესობა ის არის, რომ მათი განსაზღვრულ დენზე დაყენების სიზუსტე გაცილებით უფრო დიდია, ვიდრე წრედის დნობადი მცველებით დაცვისას.

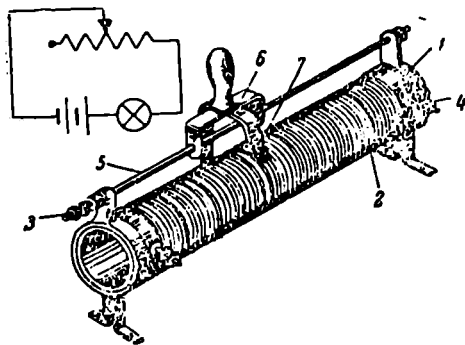


§ 6. ჩამოსტატები

ხელსაწყოს, რომელიც იძლევა ვლექტრული წრედის წინააღმდეგობის შეცვლის საშუალებას, რეოსტატი ეწოდება.

რეოსტატებს იყენებენ წარმოებაში ელექტროძრავების გაშვებისათვის, გაჩერებისა და სიჩქარის რეგულირებისათვის. ისინი იყოფიან ლითონისა და სითხის რეოსტატებად, ხოლო გაცივების

ნახ. 204. მინიმალური ავტომატის მოწყობილობის სქემა.



მზრივ ჰაერიანი გაცივებისა და ზეთიანი გაცივების რეოსტატებად.

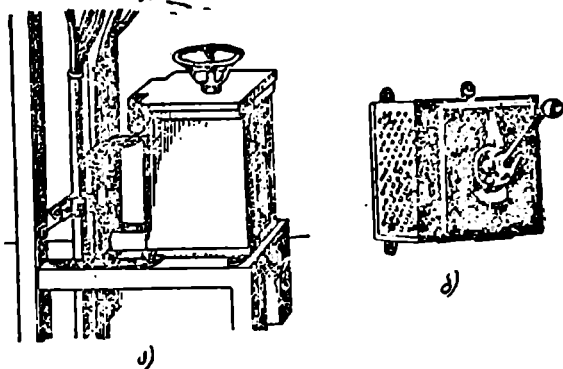
მავთულის რეოსტატს (ნახ. 205) აქვს ფაიფურის ან მარმარილოს საფუძველი (1), რომელზეც დახვეულია დიდი კუთრი წინააღმდეგობის მქონე მავთული (2).

ნახ. 205. მავთულის რეოსტატი საძვრისით და მისი ჩართვის სქემა.

დენის დასაშვები სიმკვრივე, კუთრი წინააღმდეგობა და რე-

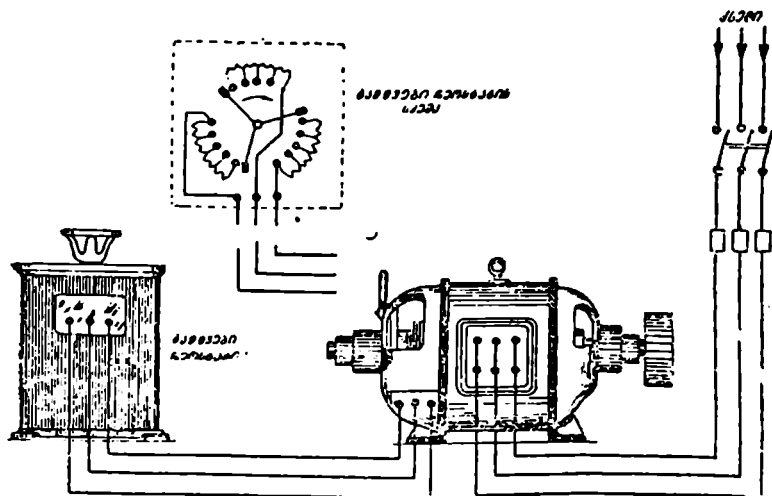
ოსტატში გამოყენებული მასალის დასახელება მოყვანილია ცხრილში.

სამფაზა დენის ფაზური როტორის მქონე ძრავის გაშვებისათვის იყენებენ სამწვერა ბერკეტთან გამშვებ რეოსტატს (ნახ. 208),



ნახ. 207. ა) რეოსტატი ხეტიანი გაცივებით;
ბ) რეოსტატი ჰაერიანი გაცივებით.

რომელსაც აქვს მართვის ერთი სახელური. რეოსტატის სახელურის საათის ისრის მიმართულებით შემობრუნებისას ბერკეტები

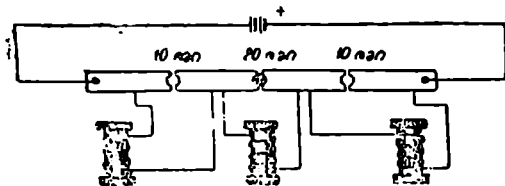
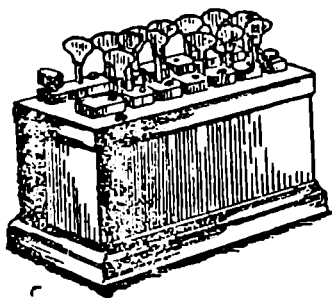


ნახ. 208. რეოსტატის ჩართვის სქემა სამფაზა დენის ელექტროძრავის გაშვებისათვის.

გადაადგილდებიან კონტაქტებზე და რეოსტატის ჩართული ნაწილის წინააღმდეგობა მცირდება.

შტეპსელიანი რეოსტატი ანუ წინააღმდეგობის მალაზია (ნახ. 209) შედგება კოქებისაგან, რომლებზეც დახვეულია მავთული. თითოეული კოქას ბოლოები უერთდება ერთმანეთისაგან იზოლირებულ თითბერის ფირფიტებს.

შტეპსელიანი რეოსტატის კოქები მოთავსებულია ყუთში, ფირფიტები, რომელთა შორის ჩართავენ შტეპსელებს, ყუთზე დამაგრებულია ზემოდან.



ნახ. 209. შტეპსელიანი რეოსტატი.

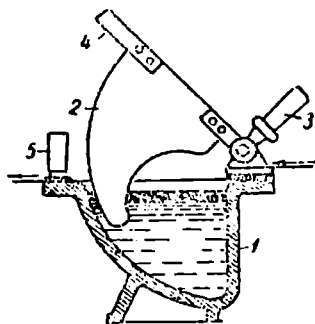
თუ წყვილ ფირფიტას შორის არსებულ ნახვრეტში ჩაერთავთ შტეპსელს, მაშინ კოქას წინააღმდეგობა გამოირთვება ქსელიდან. წრედში წინააღმდეგობის ჩართვისათვის საჭიროა ფირფიტებს შორის არსებულ ნახვრეტიდან გამოვიღოთ შტეპსელი. შტეპსელიანი რეოსტატები, ისე როგორც ბერკეტიანი, საშუალებას გვაძლევს წინააღმდეგობა ვცვალოთ ნახტომებით და ლაბორატორიულ პრაქტიკაში გამოიყენე-

ბიან როგორც წინააღმდეგობის ეტალონები.

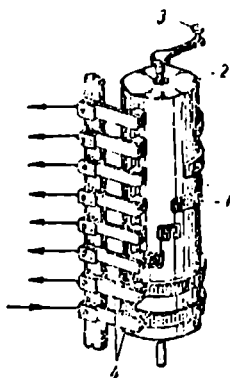
ხითხის რეოსტატი (ნახ. 210) შედგება ჭურჭლისაგან (1), რომელიც გავსებულია სოდის ხსნარით. ხსნარში მოათავსებენ ელექტროდს (2), რომელსაც აქვს სახელური (3). ასეთი რეოსტატის წინააღმდეგობა მცირდება სოდის ხსნარში ელექტროდის ჩაძირვის მიხედვით (რაც უფრო მეტად ჩაიძირება ელექტროდი ხსნარში, მით უფრო მცირდება რეოსტატის წინააღმდეგობა).

კონტროლერო. კონტროლერებს ელექტრულ წრედებში იყენებენ ელექტროძრავების გაშვებისათვის, სიჩქარის რეგულირებისა და ბრუნვის მიმართულების შეცვლისათვის საჭირო გადართვების განსახორციელებლად.

კონტროლერი (ნახ. 211) შედგება სპილენძის სეგმენტებისაგან (1) (რგოლის ნაჭრებისაგან), რომლებიც დამაგრებულია საიზოლაციო მასალისაგან დამზადებულ ლილვზე (2).



ნახ. 210. სითხის რეოსტატი.



ნახ. 211. კონტროლერის მოწყობილობა.

სეგმენტები წარმოადგენენ მოძრავ კონტაქტებს და სახელურის (3) შემობრუნებისას ლილვთან ერთად გადაადგილდებიან. მოძრავ კონტაქტებს გარდა, კონტროლერს აქვს უძრავი დრეკადი კონტაქტები (4), რომლებიც ურთიერთ შორის იზოლირებული არიან.

იმდენი სეგმენტი აქვს კონტროლერს, რამდენიც დრეკადი კონტაქტი. ამ კონტაქტებს უერთდება ელექტრული მანქანებიდან, რეოსტატებიდან და სხვა აპარატებიდან მომავალი სადენები.

ლილვის (2) შემობრუნებისას კონტროლერის ზოგი სეგმენტი ჩაირთვება უძრავ კონტაქტზე (4), ხოლო ზოგი კილევ განირთვება და ამრიგად ზორციელდება საჭირო გადართვები წრედში.

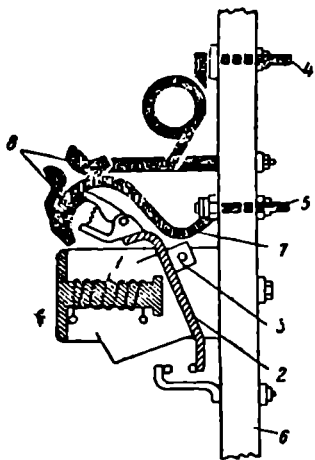
კონტროლერის გამოყენება ამარტივებს ელექტროდანადგარების მართვაზე მომუშავე პერსონალის მუშაობას, რადგან სახელურის მობრუნებით სრულდება რთული გადართვები, რომლებიც საჭიროა იმისათვის, რომ მოვახდინოთ ელექტროძრავების გაშვება, გაჩერება და ბრუნვის სიჩქარისა და მიმართულების შეცვლა.

§ 7. კონტაქტორები

კონტაქტორი, რომელიც გამოსახულია ნახ. 212-ზე, გამოიყენება იმისათვის, რომ ვაწარმოოთ ელექტრული წრედების მანძილიდან ჩართვა და გამორთვა.

კონტაქტორის მართვა ხორციელდება ღილების საშუალებით.

კონტაქტორი შეიცავს ელექტრომაგნიტს (1), ლუზას (2), რომელიც მოთავსებულია ლერძზე (3), მთავარ კონტაქტებს (8), მომპერებს (4) და (5) ელექტროქსელის სადენების მისაერთებლად და სხვა ნაწილებს. კონტაქტორის ყველა ნაწილი დამაგრებულია პანელზე (6). როდესაც კონტაქტორის ელექტრომაგნიტის გრაგნილში გაივლის დენი, მაშინ მისი გულა დამაგნიტდება და მიიზიდავს ლუზას. ეს უკანასკნელი შებრუნდება რა თავის ლერძზე, შეკრავს მთავარ კონტაქტებსა და წრედს, რომელსაც კონტაქტორი მართავს. დენი ამ წრედში გადის მომპერებიდან (4) მთავარ კონტაქტებზე (8), მოქნილი სადენებით მომპერებზე (5) და შემდეგ იმ ელექტრულ მანქანაში, რომელსაც მართავს კონტაქტორი.



ნახ. 212. კონტაქტორის მოწყობილობის სქემა.

ელექტრომაგნიტის წრედის გამოართვისას მისი გულა განმაგნიტდება და ლუზა გახსნის წრედის მთავარ კონტაქტებს. მუდმივი დენის წრედისათვის ჩვეულებრივად მზადდება ერთპოლუსა და

ორპოლუსა კონტაქტორები, ხოლო ცვლადი დენის წრედისათვის სამპოლუსა კონტაქტორები. კონტაქტორის საშუალებით შეიძლება ეაწარმოოთ 600-მდე ჩართვა საათში. მთავარი კონტაქტებით წრედის შეკვრა წარმოებს სწრაფად—0,1 წამის განმავლობაში ელექტრომაგნიტის წრედის შეკვრის მომენტიდან.

§ 8. მაგნიტური გაფშვები

მაგნიტურ გაფშვებს ფართო გამოყენება აქვს ელექტრული ძრავების დისტანციურად მართვისათვის. მისი საშუალებით შეიძლება განხორციელდეს ელექტროძრავის გაშვება, გაჩერება და ბრუნვის მიმართულების შეცვლა.

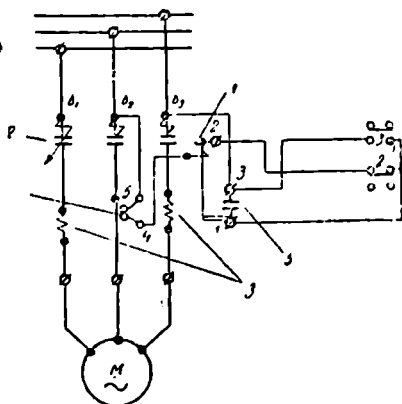
მაგნიტურ გაფშვებს უწოდებენ ცვლადი დენის სამპოლუსა კონტაქტორს.

მაგნიტური გაფშვების ძირითადი ნაწილებია: ელექტრომაგნიტი, სამპოლუსა კონტაქტორი და თბური მაქსიმალური რელე. გაფშვე-

ბის უმართვა წარმოებს საძუშაო ადგილზე დაყენებული გაშვებისა და გაჩერების ღილების საშუალებით.

ნახ. 213-ზე მოცემულია გამშვებისა და მისი ელექტრულ ქსელთან და ელექტროძრავთან მიერთების სქემა.

ელექტროძრავის გაშვებისათვის ხელს აკერენ ღილზე „გაშვება“, ამასთანავე ელექტრომაგნიტის გრაგნილში დენი გაივლის ქსელის სადენიდან (b_2) თბური რელეს კონტაქტებზე, ელექტრომაგნიტში, გაჩერების ღილის შეკრულ კონტაქტებზე (2), გაშვების ღილის შეკრულ კონტაქტებზე (3) და ქსელის სადენში (b_3).

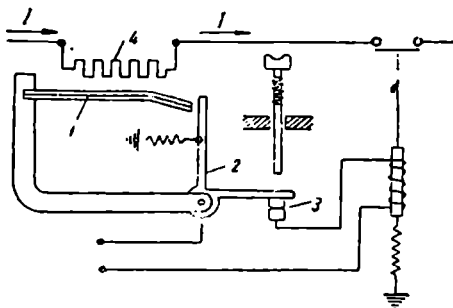


ნახ. 213. მაგნიტური გამშვების სქემა.

ელექტრომაგნიტის ღუზა მიიზიდება გულასთან და შეკრავს სამპოლუსა კონტაქტორის მთავარ კონტაქტებს. ამის შედეგად

ელექტროძრავი b_1 , b_2 და b_3 სადენების საშუალებით მიუერთდება ელექტრულ ქსელს.

ელექტროძრავის გაჩერებისათვის ხელს აკერენ ღილზე „გაჩერება“. ამასთანავე, გაჩერების ღილის კონტაქტები (2) განირთვებიან და ელექტრომაგნიტის გრაგნილში დენი არ გაივლის.



ნახ. 214. თბური რელეს მუშაობის სქემა.

ელექტრომაგნიტის ღუზა საკუთარი წონის ზეგავლენით გაცილდება გულას და კონტაქტორი განრთავს ელექტროძრავის წრედს.

მაგნიტური გამშვები ჩვეულებრივად აღჭურვილია მაქსიმალური თბური რელეთი, რომელიც ავტომატურად გამორთავს ელექ-

ტროძრავს, თუ მისი დენი ხანგრძლივად გადააქარბებს დასაშვებ სიდიდეს 20%-ზე მეტად.

თბური რელეს პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 214-ზე. მისი ძირითადი ნაწილია ბიმეტალური ფირფიტა (1), რომელიც შედგება ორი ისეთი სხვადასხვა ლითონის ერთმანეთზე შედუღებული თხელი ფირფიტისაგან, რომლებსაც აქვთ სხვადასხვა თბური დაგრძელების კოეფიციენტები (მაგალითად, სპილენძი—ფოლადი; ფოლადი—ნიკელი; სპილენძი—ნიკელი და ა. შ.), რის გამოც გახურებისას იგი იღუნება.

ამ ფირფიტას ახურებს წრედის სადენში მიმდევრობით ჩართული გამხურებელი (4). როდესაც წრედის სადენებსა და ელექტროძრავის გრაგნილში გაივლის დასაშვებზე მეტი დენი, გამხურებლის (4) წინააღმდეგობა ძლიერ გახურდება და თავის მხრივ გამოიწვევს თბური რელეს ბიმეტალური ფირფიტის გახურებას, რომელიც ამის გამო აიზნიკება ზევით. ამის შედეგად ბერკეტის (2) ვერტიკალური მხარი ზამბარის ზეგავლენით გადაიწევს მარცხნივ, ხოლო ჰორიზონტალური მხარი—ზემოთ და განრთავს ელექტრომაგნიტური გამშვების კონტაქტებს (3), ე. ი. განახორციელებს ძრავის ავტომატურ გაჩერებას.

იმისათვის, რომ თბური რელეს ამოქმედების შემდეგ წრედში განმეორებით ჩავრთოთ ძრავი, საჭიროა ვაწარმოოთ თბური რელეს ჩართვა.

ეს სრულდება გამორთვიდან 3—4 წუთის შემდეგ ხელის დაქვრით ლილზე „დაბრუნება“. მაგნიტური გამშვები ძრავს გამორთავს მაშინაც, როცა წრედში აღგილი ექნება ძაბვის დაწევას. ამ შემთხვევაში გამშვების ელექტრომაგნიტში გაივლის შემცირებული დენი, ელექტრომაგნიტის გულა ველარ დაიქერს ლუზას, კონტაქტორის კონტაქტები გაიხსნებიან და გამორთავენ ძრავს.

§ 9. ცნება მანძანების ავტომატური ხაზების შესახებ

ხუთწლეულების მანძილზე კომუნისტური პარტიის ხელმძღვანელობით შეიქმნა მძლავრი ინდუსტრია; სწრაფი ტემპით ხორციელდებოდა ჩვენი ქვეყნის ელექტროფიკაცია, რაც უზრუნველყოფდა სოციალისტური წარმოების განუწყვეტელ და მძლავრ აღმავლობას და ამ ბაზაზე ფართოდ ინერგებოდა წარმოების მექანიზაცია და ავტომატიზაცია.

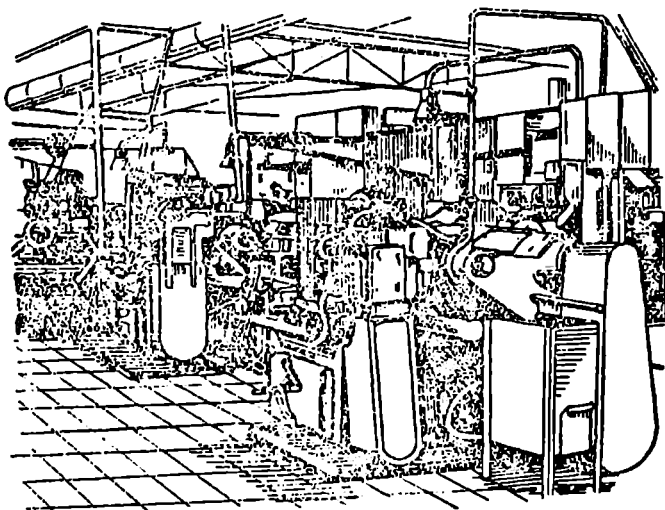
წარმოების ავტომატიზაცია ნიშნავს ისეთი მანქანების, ხელაწყოებისა და სამარჯვების გამოყენებას, რომლებიც იმის საშუალებას იძლევიან, რომ საწარმოო პროცესები განხორციელდეს

აღანიანი ან უშუალო ზონაწილებით, არამედ მხოლოდ მისი კონტროლის ქვეშ.

წარმოების ავტომატიზაცია საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გავადილოთ ოპერაციის შესრულების სიჩქარე და სიზუსტე, ავამაღლოთ შრომის ნაყოფიერება, შევამციროთ პროდუქციის თვითღირებულება, შევამციროთ მოწყობილობის მომსახურებისათვის საჭირო მუშათა რიცხვი და ავიცილოთ ნაკეთობათა წუნი.

ჩვენი ქვეყნის საწარმოებში ფართოდ არის გავრცელებული ჩარხებისა და მანქანების ავტომატური ხაზები.

მანქანების ავტომატური ხაზი წარმოადგენს ჯგუფს მანქანებისა, რომლებიც ნაკეთობათა დამუშავების ოპერაციას ერთიმეორის მიმდევრობით ასრულებენ. ნაკეთობანი ავტომატურად გადაადგილდებიან ერთი მანქანიდან მეორეზე. ასე, მაგალითად, საკისრების გორგოლაკების სახეხი ჩარხების (ნახ. 215) ავტომატური ხაზი.



ნახ. 215. საკისრების გორგოლაკების სახეხი ჩარხების ავტომატური ნაკადური ხაზი.

შედგება სამი სახეხი ჩარხისაგან და მექანიზმებისაგან, რომლებიც აწარმოებენ ჩატვირთვას, ხეხვის ზონაში დეტალების მიწოდებას, დეტალების გადაცემას ჩარხიდან ჩარხზე და აგრეთვე მექანიზმისა.

გან, რომელიც ხევის პროცესში აწარმოებს დეტალების გაზომვას.

ამ ჩარხებისა და მექანიზმების საშუალებით წარმოებს გორგოლაკების განუწყვეტელი ზეზვა ისე, რომ მათ აღმადინის ხელი არ ეხება პირველი ჩარხის ბუნკერში გორგოლაკების ნამზადის ჩაყრის მომენტიდან მესამე ჩარხზე ხევის დამთავრებამდე. ავტომატური ნაკადური ხაზის მართვა წარმოებს კონტაქტორების, მაგნიტური გამწვებებისა და სხვა ელექტრული აპარატურის საშუალებით. ჩარხების ავტომატური ხაზის მართვის ელექტრული სქემა უზრუნველყოფს:

ა) თითოეული ჩარხის ელექტროძრავის ცალ-ცალკე გაშვებასა და გაჩერებას;

ბ) ყველა ჩარხის ელექტროძრავების ერთდროულად გაშვებასა და გაჩერებას.

ელექტროძრავების ჩართვის ღილები თვითეულ ჩარხზე არის დამონტაჟებული, რაც ჩარხების ხაზის ამწყობს აძლევს იმის საშუალებას, რომ ნებისმიერ მათგანთან ყოფნისას აწარმოოს გაშვება და გაჩერება როგორც თითოეული ჩარხისა ცალ-ცალკე, ისე ხაზის ყველა ჩარხისა ერთდროულად. ერთ-ერთი ჩარხის ელექტროძრავის თვითნებურად გამორთვის შემთხვევაში ავტომატურად გამოირთვება მთელი ხაზი. ელექტრული მართვის ასეთი სქემა უდიდეს მოხერხებულობას ქმნის ამ ავტომატური ხაზის ამწყობისა და მომსახურების დროს.

კითხვები განმეორებისათვის

1. როგორაა მოწყობილი ამომრთველი?
2. რისთვის იყენებენ და როგორ არის მოწყობილი დენკვეთი?
3. რა და რა სახის დენკვეთები არსებობს?
4. რით განსხვავდება დენკვეთი დენკვეთ-გადამრთველისაგან?
5. რისთვის გამოიყენება გადამრთველი?
6. რისთვის გამოიყენება დნობადი მცველები?
7. რომელი ძირითადი მაჩვენებლის მიხედვით ირჩევენ დნობად მცველებს?
8. როგორ არის მოწყობილი დამცველი კორპი?
9. როგორ არის მოწყობილი დნობადი ჩასადგმელი?
10. როგორ არის მოწყობილი მილისებრი მცველი?
11. რისთვის გამოიყენება და როგორ მუშაობს მაქსიმალური ავტომატი?
12. რისთვის გამოიყენება და როგორ მუშაობს მინიმალური ავტომატი?
13. რას ეწოდება რეოსტატი?
14. როგორაა მოწყობილი მავთულის რეოსტატი საქარისით?
15. როგორაა მოწყობილი შტეპსელიანი რეოსტატი?
16. როგორაა მოწყობილი ბერკეტიანი რეოსტატი?
17. როგორაა მოწყობილი სითხის რეოსტატი?

18. რა და რა სახის გაცივება აქვს რეოსტატებს?
 19. რა დანიშნულება აქვს კონტროლერებს?
 20. რა დანიშნულება აქვს კონტაქტორებს?
 21. როგორაა მოწყობილი და მუშაობს კონტაქტორი?
 22. როგორაა მოწყობილი და მუშაობს კონტროლერი?
 23. რისთვის გამოიყენება მაგნიტური გამშვები?
 24. როგორ მუშაობს მაგნიტური გამშვები?
 25. როგორ მუშაობს თბური რელე?
 26. რას ეწოდება მანქანების ავტომატური ხაზი?
 27. როგორ მუშაობს მანქანების ავტომატური ხაზი?
-

სხვადასხვა საზომი სისტემით გამოსახული ძირითადი
ელექტროტექნიკური სიდიდეების თანაფარდობათა
შედარებითი ცხრილი

მხედველობაში ვღებულობთ რა, რომ სახელოსნო სასწავლებლებსათვის განკუთვნილ ელექტროტექნიკის ბევრ სახელმძღვანელოში, აგრეთვე საცნობარო ლიტერატურაში დღემდე გამოყენებაშია ერთეულების აბსოლუტური ელექტრომაგნიტური და ელექტროსტატიკური სისტემები და, აგრეთვე, იმ გარემოებას, რომ ამჟამად განტოლებების რაციონალიზებისას ხორციელდება ერთეულების პრაქტიკულ სისტემაზე გადასვლა, ქვემოთყვანილ ცხრილში მოგვყავს მქსა, სბსჰო და სბსჰო სისტემათა თანაფარდობა.

დასახელება	ერთეულების გამოსახვა სისტემებში		
	მქსა	სბსჰო	სბსჰო
ელექტრობის რაოდენობა .	1 კულონი (კ)	$3 \cdot 10^9$	10^{-1}
ელექტრობის ზედაპირული სიმკვრივე .	1 $\frac{\text{კულონი (კ)}}{\text{კვ. მეტრი (მ}^2\text{)}}$	$3 \cdot 10^9$	—
ელექტრული ველის დაძაბულობა .	1 $\frac{\text{ვოლტი (ვ)}}{\text{მეტრი (მ)}}$	$3 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{-4}$	—
ელექტრული წანაცვლება .	1 $\frac{\text{კულონი (კ)}}{\text{კვ. მეტრი (მ}^2\text{)}}$	$3 \cdot 10^9$	—
დიელექტრული შეღწევადობა .	1 $\frac{\text{ფარადა (ფ)}}{\text{მეტრი (მ)}}$	$4\pi \cdot 9 \cdot 10^{-10}$	—
ელექტრული ტევადობა .	1 ფარადა (ფ)	$9 \cdot 10$	—
მაგნიტური ველის დაძაბულობა .	1 $\frac{\text{ამპერი (ა)}}{\text{მეტრი (მ)}}$	—	$4\pi \cdot 10^{-7}$ ერსტედ (ერსტ.)
მაგნიტური ინდუქცია .	1 $\frac{\text{ვებერი (ვბ)}}{\text{კვ. მეტრი (მ}^2\text{)}}$	—	10^8 გაუსი (გს)
მაგნიტური ნაკადი .	1 ვებერი (ვბ)	—	10^8 მაქსველი (მქს)
მაგნიტომამოძრავებელი ძალა .	1 ამპერზვია	—	$4\pi \cdot 10^{-3}$ გილბერტი (გბ)
ინდუქტივობა .	1 ჰენრი (ჰნ)	—	10^9
ურთიერთ ინდუქტივობა .	1 ჰენრი (ჰნ)	—	10^9
ძალა .	1 ნიუტონი (ნ)	10^5 დინი (დნ)	10^5 დინი (დნ)
მუშაობა .	1 ჯოული (ჯ)	10 ერგი (ერგ)	10^7 ერგი (ერგ)

შ ი ნ ა ა რ ს ი

თ ა ვ ი I. ზოგადი ცნობები

გვ.

§ 1. ცნება ნივთიერების აგებულების ელექტრონული თეორიის შესახებ	3
§ 2. ელექტრული ველი. პოტენციალი	7
§ 3. ველის დაძაბულობა	8
§ 4. ცნება ელექტრული დენის შესახებ	10
§ 5. გამტარები და იზოლატორები . . .	11
§ 6. ელექტრული ტევადობა. კონდენსატორები . კითხვები განმეორებისათვის . . .	12 16

თ ა ვ ი II. მუდმივი დენი

§ 1. მუდმივი დენის ელექტრული წრედი	18
§ 2. ელექტრული წინააღმდეგობა	20
§ 3. წინააღმდეგობათა მიმდევრობით შეერთება . . .	24
§ 4. წინააღმდეგობათა პარალელური და შერეული შეერთება .	25
§ 5. ომის კანონი	29
§ 6. კირხჰოფის კანონი	37
§ 7. დენის ჭიმბურთი მოქმედება	45
§ 8. გალვანური ელემენტები	48
§ 9. აკუმულატორები	55
§ 10. დენის მუშაობა და სიმძლავრე	63
§ 11. ლენც-ჯოულის კანონი	66
§ 12. გამტარების გახურება ელექტრული დენით კითხვები განმეორებისათვის	68 70

თ ა ვ ი III. ელექტრომაგნიტიზმი და ელექტრომაგნიტური ინდუქცია

§ 1. მაგნიტური პოლუსების ურთიერთქმედება	72
§ 2. მაგნიტური ველი	73
§ 3. ცნება მაგნიტიზმის ბუნების შესახებ. დამაგნიტების პროცესი	76
§ 4. ელექტრომაგნიტი. ელექტრომაგნიტური საზომი ხელსაწყო . . .	79
§ 5. დენისა და მაგნიტური-ველის ურთიერთქმედება. მაგნიტური ინდუქცია	83
§ 6. მაგნიტური ნაკადი	87
§ 7. ელექტრომაგნიტური ინდუქცია. გენერატორის მოქმედების პრინციპი .	88
§ 8. თვითინდუქცია, გრიგალისებრი დენები, ურთიერთინდუქცია . კითხვები განმეორებისათვის	92 101

თ ა ვ ი IV. ერთფაზა ცვლადი დენი

§ 1. ცვლადი დენის მიღება	103
§ 2. სინუსოიდური ელექტრომაგნიტური ძალა	108

§ 3. პერიოდი და სისშირე	109
§ 4. დენისა და ძაბვის მოქმედი (ეფექტური) მნიშვნელობები	110
§ 5. ფაზათა ძერა	111
§ 6. აქტიური წინააღმდეგობა ცვლადი დენის წრედში	114
§ 7. ინდუქტიური წინააღმდეგობა ცვლადი დენის წრედში	115
§ 8. აქტიური და ინდუქტიური წინააღმდეგობები ცვლადი დენის წრედში	119
§ 9. ტევადობა ცვლადი დენის წრედში	121
§ 10. ცვლადი დენის სიმძლავრე	124
ამოცანები	127
კითხვები განმეორებისათვის	128

თ ა ვ ი V. ხაშფაზა ცვლადი დენი

§ 1. საშფაზა სისტემის წარმოქმნა	129
§ 2. ეარსკვლავისებრად შეერთება	131
§ 3. სამკუთხა შეერთება	137
ამოცანები	141
კითხვები განმეორებისათვის	142

თ ა ვ ი VI. ტრანსფორმატორები

§ 1. ზოგადი ცნობები ტრანსფორმატორების შესახებ	143
§ 2. ტრანსფორმატორის მოქმედების პრინციპი და მოწყობილობა	145
§ 3. ტრანსფორმატორის უკმი სვლა	147
§ 4. ტრანსფორმატორის მუშა რეჟიმი	150
§ 5. საშფაზა ტრანსფორმატორები	153
§ 6. ავტოტრანსფორმატორები	155
კითხვები განმეორებისათვის	157

თ ა ვ ი VII. ასინქრონული ძრავები

§ 1. ასინქრონული ძრავის მოწყობილობა და მოქმედების პრინციპი	159
§ 2. მბრუნავი მაგნიტური ველი	162
§ 3. ასინქრონული ძრავის მუშაობა დატვირთვის ქვეშ	167
§ 4. ასინქრონული ძრავის გაშვება	171
§ 5. ასინქრონული ძრავის ბრუნვის სიჩქარის რეგულირება	174
კითხვები განმეორებისათვის	178

თ ა ვ ი VIII. ცვლადი დენის გენერატორები

§ 1. მოწყობილობის პრინციპი	179
§ 2. გენერატორები მბრუნავი ინდუქტორით	180
§ 3. ცვლადი დენის გენერატორების გრაგნილები	185
§ 4. გენერატორის მუშაობა დატვირთვის ქვეშ და ძრავის რეგულირება	188
კითხვები განმეორებისათვის	190

თ ა ვ ი IX. მუდმივი დენის მანქანები

§ 1. ზოგადი ცნობები	191
§ 2. მუდმივი დენის გენერატორის მოქმედების პრინციპი	193
§ 3. ლუხის გრაგნილების მოწყობილობა	196

§ 4. გენერატორის ღუზის რეაქცია	197
§ 5. გენერატორის ელექტრომომოძრავებელი ძალა და ელექტრული მანქანების ტიპები	199
§ 6. მუდმივი დენის მანქანის მბრუნავი მომენტი და სიმძლავრე	202
§ 7. დამოუკიდებელი აგზნების გენერატორი	203
§ 8. პარალელური აგზნების გენერატორი	205
§ 9. მიმდევრული აგზნების გენერატორი .	208
§ 10. შერეული აგზნების გენერატორი	209
§ 11. ზოგადი ცნობები მუდმივი დენის ელექტრული ძრავების შესახებ	210
§ 12. ძრავი პარალელური აგზნებით .	213
§ 13. ძრავი მიმდევრული აგზნებით .	215
§ 14. შერეული აგზნების ძრავი	218
§ 15. კარგები მუდმივი დენის ელექტრულ მანქანებში კითხვები განმეორებისათვის	219 220

თ ა ვ ი X. გამმართელები

§ 1. ძრავ-გენერატორი .	221
§ 2. კუპროქსული გამმართელი	222
§ 3. სელენის გამმართელი .	223
§ 4. გამართვის სქემები .	225
§ 5. კენტრონული გამმართელი	229
§ 6. სინდიყიანი გამმართელი	233
კითხვები განმეორებისათვის .	236

თ ა ვ ი XI. ელექტრული აპარატურა

§ 1. ამომრთველები .	238
§ 2. დენკვეთები .	239
§ 3. გადამრთველები	240
§ 4. მცველები	241
§ 5. ავტომატური ამომრთველები .	244
§ 6. რეოსტატები .	245
§ 7. კონტაქტორები .	249
§ 8. მაგნიტური გაშვები	250
§ 9. ცნება მანქანების ავტომატური ხაზების შესახებ კითხვები განმეორებისათვის . .	252 254
დანართი	256

В. Е. КИТАЕВ, В. К. ПЕТРОВ, Л. С. ШЛЯХИНТОХ

Э Л Е К Т Р О Т Е Х Н И К А

(На грузинском языке)

Редактор ЧХАТАРАШВИЛИ Н. Е.

Техредактор ДЖАНЕЛИДZE Г. Г.

Гостехиздат Грузинской ССР

„Техნიკა და პრომა“

Тбилиси—1957

რედაქტორი ნ. ე. ჩხატარაშვილი

მთარგმნელი გ. ვ. მახარაძე

გამომც. რედაქტორი ზ. ჯიბლაძე

კორექტორი ვ. ვაჩეიშვილი

ტექრედაქტორი გ. ჯანელიძე

გამომშვები გ. აბლაღაძე

გარეკანი მხატვ. შ. ნიორაძისა

ტირაჟი 1000

შეკვ. № 1464

გადაეცა ასაწყობად 21/VI-57 წ., ხელმოწერილია დასაბეჭდად 9/IX-57 წ.,
ანაწყოების ზომა 6×10, ქაღალდის ზომა 60×92, სასტამბო ფურცელთა
რაოდენობა 16,25, სააღრიცხვო ფურცელთა რაოდენობა 14,17.

ფასი 5 მან. 95 კაპ.

საქართველოს სსრ კულტურის სამინისტროს გამომცემლობებისა და
პოლიგრაფიული მრეწველობის მთავარი სამმართველოს სტამბა № 2.
თბილისი, ფურცელაძის ქ. № 5.

Главного управления издательств и полиграфической
части Министерства культуры Грузинской ССР.

Тбилиси, ул. Пурцеладзе № 5.