

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მერაბი ჩალაძე

სარკინიგზო სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციის და
ბლოკირების მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების
ხარისხის ამაღლება დიაგნოსტიკებისა და მონიტორინგის
პროცესების ავტომატიზაციით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
თვე, წელი

საავტორო უფლება © 2019 წელი, ჩალაძე მერაბი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

№510 „სარკინიგზო ტრანსპორტი“-ს დეპარტამენტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ჩალაძე მერაბის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „სარკინიგზო სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციის და ბლოკირების მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების ხარისხის ამაღლება დიაგნოსტიკებისა და მონიტორინგის პროცესების ავტომატიზაციით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

18 ივლისი, 2019წელი.

ხელმძღვანელი:	ნინო მუხიგულაშვილი
რეცენზენტი:	ალექსანდრე დუნდუა
რეცენზენტი:	ნუგზარ ჭედია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2019 წელი

ავტორი: ჩალაძე მერაბი

დასახელება: „სარკინიგზო სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციის და ბლოკირების მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების ხარისხის ამღლება დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის პროცესების ავტომატიზაციით“

ფაკულტეტი: სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: თარიღი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

შესავალ ნაწილში გაანალიზებულია რკინიგზაზე საწარმოო პროცესი. აღნიშნულია, რომ რკინიგზის წარმადობისუნარიანობის ამაღლება შესაძლებელია არა მარტო გადაზიდვების პროცესის მართვის სტრატეგიის შერჩევით, არამედ ახალი ტექნოლოგიების დანერგვითაც და მოძრაობის ინტენსივობისა და უსაფრთხოების ამაღლება ერთმნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ტექნოლოგიური პროცესების მართვისა და მონიტორინგის, სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის (სატ) სისტემების საიმედო და შეუფერხებელ ფუნქციონირებაზე. ამასთან, სატ სისტემების მაღალი დონის, უმტყუნებო და საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფა რთული სამეცნიერო-ტექნიკური პრობლემაა.

პირველ თავში ლიტერატურის მიმოხილვის ნაწილში განხილულია და გაანალიზებული ქართველი და უცხოელი მეცნიერების ნაშრომები სატ მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების და მათი მდგომარეობის ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის სისტემების შესახებ და მიღებულია დასკვნა, რომ ტექნიკური მომსახურების ეფექტიანობის ამაღლების ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს ტექნიკური მომსახურების მრავალი ოპერაციების ავტომატიზაცია, რომელიც დაფუძნებულია ტექნიკური დიაგნოსტიკის და მონიტორინგის საშუალებების გამოყენებაზე. გაანალიზებულია ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიები, სატ მოწყობილობების საიმედოობა და მათი დიაგნოსტიკის პრობლემის აქტუალობა. გაანალიზებულია ტექნიკური ობიექტის ყველა შესაძლო მდგომარეობა ექსპლუატაციის დროს და სისტემატიზებულია სატ მოწყობილობების პროექტირების, დამზადების, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის დროს დაშვებული შეცდომები, რომლებსაც მივყავართ მტყუნებამდე. წარმოდგენილია სატ მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკის მცნებები, ტერმინები, პრობლემები, ამოცანები და მიზნები. გამოკვეთილია ტექნიკური დიაგნოსტიკის ძირითადი ამოცანები. განსაზღვრულია სადისერტაციო სამუშაოს მიზანი და ამოცანები მოწყობილობების მდგომარეობის დისტანციური, უწყვეტი ტექნიკური დიაგნოსტიკის და მონიტორინგის (ტდმ) სისტემების შესამუშავებლად.

შედეგები და მათი განსჯის ნაწილის პირველ თავში თბილისის მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების მტყუნებათა სტატისტიკის 5 წლის (2013-2017) მონაცემებით აგებულია დიაგრამები და გაანალიზებულია მოწყობილობების საექსპლუატაციო საიმედოობა. ამ მონაცემებისა და საქართველოს რკინიგზის სატ მოწყობილობების 2008-2013წწ. დაზიანებების სტატისტიკური მონაცემების შედარებითი ანალიზით დადგენილია, რომ სარკინიგზო და მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების დაზიანებები თითქმის იდენტურია და გამოვლენილია მოწყობილობები: სარელეო და სიხშირული აპარატურა; საისრე გარნიტურის იზოლაცია და მაიზოლირებელი პირაპირი, რომლებსაც დაზიანების ყველაზე დიდი ალბათობა გააჩნიათ.

მეორე თავში გაანალიზებულია დღეისათვის არსებული სარელსო ხაზების კონტროლის სისტემის ფუნქციონირების პრობლემები და თავისებურებები. გაკეთებულია მათი ფუნქციური შედარებითი ანალიზი, თითოეულის უპირატესობები და ნაკლოვანებები მოცემულია ცხრილის სახით.

მესამე თავში სარელსო ხაზების მდგომარეობის განსწავლული კლასიფიკატორებისათვის შემუშავებულია სარელსო წრედის პირველადი პარამეტრების გამოყენებით, სარელსო წრედების მათემატიკური ნიშნების ინფორმაციული მოდელები მუშაობის ოთხი: ნორმალური, შუნტური, საკონტროლო და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმისათვის.

მეოთხე თავში მოცემულია სატ მოწყობილობების დიაგნოსტიკებისა და მონიტორინგის სისტემების ტექნიკური საშუალებების სინთეზი. პირველი, სარელსო ხაზების მდგომარეობის კონტროლის ინოვაციური სისტემა, სადაც სარელსო წრედის გაზომილი პარამეტრების და მესამე თავში შემუშავებული მდგომარეობის განსწავლული კლასიფიკატორების (სარელსო წრედების მდგომარეობის კლასიფიკაციის ალგორითმების) საშუალებით შესაძლებელია სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმის ავტომატური განსაზღვრა, ანუ ავტომატურად სარელსო წრედის დაზიანების პოვნა.

ასევე შემუშავებულია მაიზოლირებელი პირაპირის წესივრულობის ავტომატური, უწყვეტი კონტროლის მოწყობილობა, რომლის მუშაობაც დაფუძნებულია დროსელ-ტრანსფორმატორის ზღუდარების მიერთების ადგილიდან მაიზოლირებელ პირაპირამდე, რელსის მონაკვეთში სასიგნალო დენის გადინების პრინციპზე, და მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანებისწინა მდგომარეობის კონტროლის მეთოდი, რომელიც გადაწყვეტილია მაიზოლირებელი პირაპირის კონსტრუქციის და მისი საექსპლოატაციო სტატისტიკის ანალიზის საფუძველზე.

გაანალიზებულია CII-6 ტიპის საისრე ელ. ამძრავის გარნიტურის კონსტრუქციის საიმედოობის დაქვეითება, რომელიც გამოწვეულია იმ იზოლაციის ხშირი დარღვევით, რომლითაც ფუნდამენტური კუთხოვანების ჩამოსაკიდებული ლითონის კუთხოვანებია შეფუთული. შემოთავაზებულია კუთხოვანების იზოლაციის ხარისხის ამაღლების მეთოდი, რაც მდგომარეობს ლითონის კუთხოვანის **პოლიმერკომპოზიციური და მეტალოპოლიმერული** საიზოლაციო მასალის კუთხოვანით შეცვლაში.

შემოთავაზებულია მეტროპოლიტენში გამოყენებული სარელსო წრედის სიხშირის გენერატორის მოდერნიზებული გამამდიერებელი. ამ შემოთავაზ-ზების მიზანს წარმოადგენს სიხშირის გენერატორის სალიანდაგო გამამდიერებლის საიმედოობის გაზრდა, მოქმედ ელ.სქემაში დენის და ძაბვის მასტაბილიზირებელი კვების ელექტრო ბლოკის ჩასმით

Abstract

The introductory section analyzes the manufacturing process on the railway. It is noted that there is possibility to raise throughput not only by the selective transportation process management, but also by introducing the new technologies. The improvement of the traffic intensity and safety strongly depends on the technological process management and monitoring, also it depends on the railway's automatics and remote-operated machinery (sat) systems reliable and uninterrupted functioning. Besides, ensuring high levels of reliable work of sat systems is a complex scientific-technical problem.

In the first chapter, in a part of the literature review, is discussed and analyzed the works of Russian and foreign scientists. Which is about the sat equipment's technical service and it's state of technical diagnostics and monitoring systems. Also the conclusion is made, that the main direction of the improvement of the technical service efficiency is the automatization of the technical service's lot of operations, which is based on using of the technical diagnostics and monitoring. There is analyzed the strategies of the technical service and reliability of the sat equipment, also the actualism of their diagnostic problems. All possible conditions of the technical object are analyzed separately and it is formulated what kind of mistakes are made during designing, manufacturing, editing and running operation of sat equipment. These mistakes lead us to unreliability of the equipment. The terms, concepts, problems, goals and objectives of sat equipment technical diagnosis are presented. The main goals of technical diagnosis are outlined. Separately is presented the objectives of the Dissertation Work and goals in order to get equipment's remote continuous technical diagnostic and monitoring (tdm) systems.

At the end of the first chapter which is the results and part of it referee there are the statistics of Tbilisi Metropolitan and Sat equipment's data during the 5 years (2013-2017) based on which there are made some analyzing exploitation reliability of sat equipment. According to this data and railway's sat equipments comparative analysis of damage statistics data in 2008-2013, the conclusion is that damages of rail and metropolitan sat equipments are almost identical and equipments are revealed: Relay and frequency equipment; Isolation of the headgear and isolating joint, which has the greatest probability of damage.

The second chapter analyzes all existing systems of controlling the railways. Separately is formulated the problems of their functionality and characteristics. Their functional comparisons are made and finally it is analyzed the advantages and disadvantages of each of them in a shape of the table.

The third chapter discusses the innovative method according to the measured parameters of railway circles damages, these damages can be found by the conditional classifications which is worked out by the informational models of mathematical signs based on the first parameters of the railways circuits four

working types of the joint's briefly coarse regime which are: normal, shunter and control.

In the fourth chapter there is offered technical solutions for the diagnostic and monitoring systems for sat equipments. By using the classifiers (railway circuits state classification algorithms) continuous tdm system which can automatically recognise the state of the railway lines. The system takes care of continuous monitoring of the railway line elements and providing information to the personnel automatically about the nature and location of the damage.

It is developed the automatic, continuous control equipment of the isolate joint, the work of which is based on the principle of signal flow in the section of the radius from the point of accession of the dross-transformer fence to the point of the isolate joint. It has been also developed the method of controlling the isolate joint's state even before the damage, which is based on the analysis of the joint's construction and the analysis of its exploitation statistics.

There is analyzed the CII-6 type of arrow style electronic homing and reliability of its headset structure, which is decreased by frequent disruption of the isolation with four pieces of steel cut off on a fundamental angle frame. It is proposed to increase the degree of isolation of the angle, which can be done by replacing the polymercompositive and metallopolistic isolating material by the angle.

The modernized amplifier of the railway circle's frequency which is used in the metropolitan is proposed as well. The purpose of this proposal is to increase the reliability of the frequency generator railway power amplifier by adding the stabilizing power supply block into the current electronic scheme

შინაარსი

შესავალი	3
1. ლიტერატურის მიმოხილვა	15
1.1. რკინიგზაზე ტექნოლოგიური პროცესების მართვის სისტემების პრობლემების არსი	15
1.2. სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიების ანალიზი	20
1.3. სატ მოწყობილობების საიმედოობა და მათი დიაგნოსტიკის პრობლემის აქტუალობა	23
1.4. სატ მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკის მცნებები, ტერმინები, პრობლემები, ამოცანები და მიზნები	30
2. კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა	37
2.1. სიგნალიზაციის ცენტრალიზაციის და ბლოკირების მოწყობილობების საექსპლოატაციო საიმედოობის ანალიზი	37
2.2. სარელსო ხაზების კონტროლის სისტემების ანალიზი და ფუნქციონირების პრობლემების თავისებურებები	47
2.2.1. სარელსო წრედების დანიშნულება	47
2.2.2. მუდმივი დენის სარელსო წრედები	50
2.2.3. დაბალი სიხშირის ცვალებადი დენის სარელსო წრედები	51
2.2.4. ტონალური სიხშირის უპირაპირო სარელსო წრედები	54
2.2.5. ღერძების მთვლელი სისტემები სტრუქტურა და მუშაობის პრინციპები	56
2.2.6. სარელსო წრედების და ღერძების მთვლელი სისტემების შედარებითი ანალიზი	59
2.2.7. სარელსო წრედების მუშაობის რეჟიმები	62
2.3. სარელსო წრედის დაზიანების პოვნა მდგომარეობის განსწავლული კლასიფიკატორების საშუალებით	66
2.3.1. სარელსო ხაზების მდგომარეობის კონტროლის სისტემის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელები მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმებისათვის	66
2.3.2. ნორმალური რეჟიმის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელი	71
2.3.3. შუნტური რეჟიმის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელი	73
2.3.4. საკონტროლო რეჟიმის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელი	76
2.3.5. მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელი	78
2.3.6. სახეობების ინფორმატიულობის შეფასება და გადამწყვეტი ფუნქციის შერჩევა	81
2.4. სატ მოწყობილობების დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის სისტემების ტექნიკური გადაწყვეტები	92

2.4.1. სარელსო წრედის მდგომარეობის განსწავლული კლასიფიკატორებით ავტომატური დიაგნოსტიკის სისტემის სინთეზი	92
2.4.2. სარელსო წრედის მაიზოლირებელი პირაპირის იზოლაციის მდგომარეობის კონტროლის მეთოდი	97
2.4.3. მაიზოლირებელი პირაპირის იზოლაციის დაზიანების წინა მდგომარეობის მონიტორინგის ხერხი	99
2.4.4. საისრე ამძრავის გარნიტურის კონსტრუქციის ეფექტიანობის გაზრდა	105
2.4.5. სარელსო წრედის სიხშირის გენერატორის მოდერნიზებული გამაძლიერებელი	108
3. დასკვნა	113
გამოყენებული ლიტერატურა	115

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების 2013-2017 წლების დაზიანებების ნუსხა	40
ცხრილი 2. მეტროპოლიტენის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის 2013-2017 წლების გამოკვეთილი დაზიანებების ნუსხა	42
ცხრილი 3. ორი სისტემის მოქმედების შედარებითი ცხრილი	60

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1. ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიების სტრუქტურული სქემა	21
ნახ. 2. ტექნიკური ობიექტის მდგომარეობის ამსახველი დიაგრამა	25
ნახ. 3. პროექტირების, დამზადების, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის დროს დაშვებული შეცდომების სქემა	28
ნახ. 4. სატ მოწყობილობების მტყუნებათა ანალიზის დიაგრამა	38
ნახ. 5. სხვადასხვა დეპარტამენტების მიზეზებით გამოწვეული სატ მოწყობილობების მტყუნებების დიაგრამა	39
ნახ. 6. მეტროპოლიტენის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის 2013-2017 წლების მტყუნებათა ანალიზის დიაგრამა	42
ნახ. 7. მეტროპოლიტენში მომხდარი 2013-17 წლის დაზიანებების პროცენტული განაწილების დიაგრამა	43
ნახ. 8. ძაბვის არასტაბილურობის გადანაწილების დიაგრამა თვეების მიხედვით	43
ნახ. 9. „ასს-სარ“-ის მტყუნებების დიაგრამა თვეების მიხედვით	44
ნახ. 10. აპარატურის დაზიანებების გამომწვევი მიზეზების დიაგრამა	44
ნახ. 11. საველე და საგვირაბო მოწყობილობების იზოლაციის გარღვევის დიაგრამა	44
ნახ. 12. სარელსო წრედების დაზიანებების ცვლილების დინამიკის დიაგრამა 2012-2014 წლებში	45
ნახ. 13. სარელსო წრედების დაზიანებების დიაგრამა პირაპირების უწყისივრობების გამო	46
ნახ. 14. სარელსო წრედების დაზიანებების განაწილების დიაგრამა მიზეზების მიხედვით	47
ნახ. 15. სარელსო წრედების მუშაობის რეჟიმების ამსახველი სქემა	52
ნახ. 16. სარელსო წრედის სქემა „ასს სარ“-ის ზედდებით	53
ნახ. 17. უპირაპირო სარელსო წრედების ბმულის სქემა	54
ნახ. 18. უპირაპირო სარელსო წრედების კლასიფიკაცია	55
ნახ. 19. ღერძების მთვლელი სისტემის ელემენტების სქემა	57
ნახ. 20. ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა ნორმალურ “ნ“ რეჟიმში	71
ნახ. 21. ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა შუნტურ „შ“ რეჟიმში	73
ნახ. 22. გაერთიანებული სარელსო წრედის შუნტური რეჟიმის ჩანაცვლების სქემა	74
ნახ. 23. სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა საკონტროლო „სკ“ რეჟიმისათვის	76
ნახ. 24. სარელსო წრედის საკონტროლო რეჟიმის გაერთიანებული ჩანაცვლების სქემა	76

ნახ. 25. სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის დროს	79
ნახ. 26. ორგანოზომილებიანი სახეობების შეწყვილებების ორგანიზების სქემა	85
ნახ. 27. სარელსო წრედების მდგომარეობის ავტომატური დიაგნოსტიკური სისტემის სტრუქტურული სქემა	95
ნახ. 28. მაიზოლირებელი პირაპირის იზოლაციის წესივრულობის კონტროლის მეთოდის სქემა	99
ნახ. 29. მეტალის ზესადებებით მაიზოლირებელი პირაპირი (ჭრილი)	100
ნახ. 30. ორთავიანი მეტალის ზესადებიანი რელსების მაიზოლირებელი პირაპირის ჭრილი	101
ნახ. 31. პირაპირის მაიზოლირებელი დეტალების ხედი	101
ნახ. 32. წებოჭანჭიკიანი მაიზოლირებელი პირაპირის ჭრილი	102
ნახ. 33. მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანების წინა მდგომარეობის კონტროლის სქემა	104
ნახ. 34. CII-6 ტიპის ელ. ამპრავის საისრე გარნიტურის კონსტრუქცია	106
ნახ. 35. სარელსო წრედის სქემა სიხშირის მამლიერებლით	109
ნახ. 36. სიხშირის მამლიერებლის სქემა	111
ნახ. 37. დენის და ძაბვის სტაბილიზატორის სქემა	111
ნახ. 38. მოდერნიზებული მამლიერებლის სქემა	112

შესავალი

რკინიგზაზე საწარმოო პროცესის, მგზავრთა გადაყვანისა და ტვირთების გადაზიდვის მოცულობის გაზრდა და მოძრაობის უსაფრთხოების ამაღლება შესაძლებელია არა მარტო გადაზიდვების პროცესის მართვის სტრატეგიის შერჩევით, არამედ ახალი ტექნოლოგიების დანერგვითაც. მოძრაობის ინტენსივობისა და უსაფრთხოების ამაღლება ერთმნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ტექნოლოგიური პროცესების მართვისა და მონიტორინგის, სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის (სატ) სისტემების საიმედო და შეუფერხებელ ფუნქციონირებაზე. ამასთან, სატ სისტემების მაღალი დონის, უმტყუნებო და საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფა რთული სამეცნიერო-ტექნიკური პრობლემაა. ამ პრობლემის სირთულის გამომწვევი ფაქტორებია:

- რკინიგზის მუშაობის უწყვეტი რეჟიმი;
- სატ მოწყობილობების ხანგრძლივი დროით სამსახური;
- სატ მოწყობილობების განწერტება რკინიგზის გასწვრივ;
- სატ მოწყობილობებზე რთული კლიმატური პირობების ზეგავლენა;
- სატ მოწყობილობებზე დინამიური და ელექტრომაგნიტური ზემოქმედებები.

რკინიგზაზე საწარმოო პროცესის, მგზავრების გადაყვანისა და ტვირთების გადაზიდვის, ეფექტიანობის უზრუნველყოფა მიიღწევა არა მარტო მართვის სტრატეგიების შერჩევით, არამედ ახალი ტექნოლოგიების დანერგვითაც, რომლებიც არიან სატ ახალი სისტემების შექმნის საფუძველი. დღეისათვის ესენია:

- მატარებელთა მოძრაობის მართვის ფუნქციების ავტომატიზაცია;
- მატარებელთა მოძრაობის მართვის კოორდინატული სისტემა თანამგზავრული თვალთვალის სისტემების გამოყენებით;
- მოძრავი შემადგენლობისა და ინფრასტრუქტურის დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის თანამედროვე ციფრული სისტემები თანამგზავრული ტექნო-ლოგიების გამოყენებით.

1950-წლებიდან იწყება ღერძების მთვლელი სისტემის აქტიური დანერგვა ჯერ ცენტრალურ ევროპაში, ხოლო შემდგომ მსოფლიოს მთელ რიგ ქვეყნებში. ასევე, ფართო გამოყენება ჰპოვა ტონალური სიხშირის სარელსო წრედებმა და თანამგზავრული ნავიგაციის კოორდინატულმა სისტემებმა. მაგრამ, დასავლეთ ევროპის, რუსეთის, ამერიკის შეერთებული შტატების და იაპონიის რკინიგზებზე დღემდე უპირატესობას ანიჭებენ ტრადიციულ სარელსო წრედებს, რომლებსაც გარდა ძირითადი(სარელსო ხაზების სიმთელისა და სითვისუფლის კონტროლი) დანიშნულებისა, ასევე აქვთ ფუნქცია ბლოკ-უბნებს შორის გადასაცენ ინფორმაცია და უზრუნველყონ ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მუშაობა.

ზემოთ ხსენებულიდან გამომდინარე, აუცილებელია სარელსო ხაზების კონტროლის სისტემების სრულყოფის სტრატეგია მივმართოდ ისეთი უნივერსალური სისტემების შექმნისკენ, რომლებიც ეფექტიანად მოახდენენ მოძრავი ერთეულის იდენტიფიცირებას და ექნებათ სარელსო ხაზების კონტროლის სისტემების მაქსიმალური ფუნქციური შესაძლებლობები, ნაკლებად იქნება მათი ფუნქციონირება დამოკიდებული გარემო კლიმატურ, თუ სხვა სამრეწველო ზემოქმედებებზე და მათი ტექნიკური მომსახურება არ იქნება დაკავშირებული სირთულეებთან და დიდ ეკონომიურ დანახარჯებთან. როგორც უკვე ავღნიშნეთ, ამ ამოცანების გადაჭრა დაკავშირებულია ახალი საბაზისო ტექნოლოგიების გამოყენებასთან. მოცემული ნაშრომი ეძღვნება სატ მოწყობილობების საიმედოობის კვლევას, ცალკეული კვანძების უწყისვრობების დიაგნოსტიკებისა და მონიტორინგის სისტემების სინთეზს, რკინიგზის ტექნიკურ საშუალებათა კომპლექსში ერთ-ერთი ძირითადი სისტემის, სარელსო ხაზების მდგომარეობის ავტომატური კონტროლის, სადიაგნოსტიკო სისტემის, მათემატიკური მოდელის შემუშავების საფუძვლებს სარელსო წრედების მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმებისათვის.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. რკინიგზაზე ტექნოლოგიური პროცესების მართვის სისტემების პრობლემების არსი

სარკინიგზო ტრანსპორტზე გადაზიდვების პროცესის ხარისხი განისაზღვრება დანიშნულების ადგილზე მგზავრებისა და ტვირთების მიწოდების სიჩქარითა და უსაფრთხოებით. ამ მაჩვენებლების ცვლილებების ტენდენციებს აქვთ გარკვეულ წილად წინააღმდეგობრივი მიმართულებები. გადაზიდვების სიჩქარის გაზრდის მცდელობა ამცირებს მის უსაფრთხოებას და პირიქით, გადაზიდვების უსაფრთხოება შეიძლება გაიზარდოს სიჩქარის შემცირებით. ეს მაჩვენებლები განიხილება ყოველთვის სარკინიგზო სატრანსპორტო სისტემის მართვის მიზნების დასახვისა და რეალიზაციის დროს.

რკინიგზის წარმადობა და მატარებელთა მოძრაობის პროცესის ეფექტიანობა, მოძრაობის, როგორც სიჩქარე, ასევე უსაფრთხოება პირველ რიგში, ერთმნიშვნელოვნად დამოკიდებულია რკინიგზაზე ტექნოლოგიური პროცესების მართვის, სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ფუნქციონირების საიმედო და შეუფერხებელ ფუნქციონირებაზე. აღნიშნული სისტემების მტყუნებებს მივყავართ მატარებლების მოძრაობის შეფერხებამდე, უარეს შემთხვევებში, კი საავარიო სიტუაციებამდე და კატასტროფებამდე.

ამგვარად, სარკინიგზო სატრანსპორტო კომპლექსის ფუნქციონირების ეფექტიანობისათვის საჭიროა უახლესი ტექნოლოგიების, რკინიგზაზე ყველაზე დიდი ტექნიკოტექვადობის სცბ-ს სისტემების დანერგვა. დღეისათვის წარმოებს მცირედ მომსახურებადი და მომსახურების გარეშე **სატ** სისტემების შემუშავებისა და დანერგვის ამოცანების რეალიზაცია. ამასთან გათვალისწინებულია მომქმედი სისტემების ექსპლუატაციის გამოცდილება. **სატ** მეურნეობაში განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის (**ტდმ**) სისტემების

მოწყობილობების შემუშავებასა და დანერგვას. ტდმ სისტემები უზრუნველყოფენ ინფრასტრუქტურის ობიექტების და მოძრავი შემადგენლობის ელემენტების დაზიანებისწინა მდგომარეობების გამოვლენას და ადამიანის ფაქტორის შემცირებას, რის შედეგადაც სარკინიგზო ტრანსპორტზე მცირდება ბრაკები და შეფერხებები.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ფუნქციონირების ეფექტიანობისა და საიმედოობის შესწავლაში და ამოცანების გადაწყვეტაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს ცნობილმა მეცნიერებმა და სპეციალისტებმა: ა.მ. ბრილევემა, პ.ფ. ბესტემიანოვმა, ა. ვ. გორელიკმა, ი. ა. კრავცოვმა, ვ.მ. ლისენკოვმა, ვ.ვ. საპოჟნიკოვმა, ვლ. ვ. საპოჟნიკოვმა, დ.ვ. შამანოვმა პ. ა. ნევაროვმა, დ.ე. მინაკოვმა და სხვებმა.

პ. ა. ნევაროვის სადისერტაციო ნაშრომში სატ სისტემების ფუნქციონირების ეფექტიანობის კომპლექსური ანალიზისათვის, ავტორს პირველად აქვს გამოყენებული მასიური მომსახურების მეთოდები ეკონომიკური კრიტერიუმებისა და მატარებელთა მოძრაობის პროცესის გათვალისწინებით. შემუშავებულია სატ მოწყობილობების ფუნქციონირების ეფექტიანობის გამოკვლევის სისტემური მოდელი. ფორმულირებულია ძირითადი კრიტერიუმები, სატ სისტემების ფუნქციონირების მაჩვენებლების მართვის სტრატეგიები და ამოცანები, სატ მოწყობილობების ფუნქციონირების ეფექტიანობის ანალიზის მეთოდები.

დ.ე. მინაკოვის ნაშრომში განხილულია და გაანალიზებულია მოძრაობის უსაფრთხოების მდგომარეობა გადასავლელელებზე და გადამღობი მოწყობილობების მუშაობის საიმედოობა; შემუშავებულია მოძრავი შემადგენლობის გოგორწყვილის ლიანდაგიდან გადასვლის გამორიცხვის მეთოდები მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით გავლის დროს; სარკინიგზო გადასავლელელების ექსპლოატაციის ეფექტიანობის ამაღლების ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტები.

სატ სისტემების და ზოგადად, რთული სისტემების ტექნიკური მომსახურების თეორიული და პრაქტიკული საკითხების, ექსპლოატაციის,

ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის სტრატეგიებისა და ტექნოლოგიების შესწავლასა და მოდელების შემუშავებაში დიდი წვლილი შეიტანეს მეცნიერებმა ა.ა. ბრეიდომ, ა.ვ. პულტიაკოვმა, ვ. ეფიმოვმა, გ.ვ. დრუჟენინმას, ვ.კ. დედკოვმა, ნ.ა. სევერცევი, ე.უ. ბარზილოვიჩმა, ნ.ა. შიშონოვმა, კ. კანინგემმა, ვ. კოკსმა, ა.ი. რეზინოვსკიმ, ვ.ა. კამტანოვმა, ვ.პ. კარაულშიკოვმა, გ.გ. მანშინმა, ვ.ფ. ვოსკობოევი და სხვებმა.

ნაშრომებში „რთული სისტემების ექსპლუატაციის ძირითადი საკითხები“ (ვ. დედკოვი და ნ. სევერცევი.) და „ერგოტიკული სისტემების ტექნიკური მომსახურების მეთოდები“ (გ.მანშინის, ე.ბარზილოვიჩის ვ.ვოსკობოევი): განხილულია რთული სისტემების ექსპლუატაციის ზოგადი თეორიული საკითხები: მოწყობილობების საიმედოობის პროგნოზირება, რთულ სისტემებში მტყუნებების დიაგნოსტიკა ტექნიკური მოწყობილობების აღდგენითი სამუშაოების ორგანიზება, და სხვა. განხილულია ექსპლუატაციის თეორიის ამოცანები და მათი გადაჭრის მეთოდები.

გ. დრუჟენინის, ვ. კამტანოვის და ე.ბარზილოვიჩის [7, 8, 9, 10, 11, 12] ნაშრომებში განხილულია ტექნიკური, ეკონომიკური და ორგანიზაციული ასპექტების გათვალისწინებით რთული სისტემების საიმედოობის ამალღების მეთოდები და ალგორითმები ექსპლუატაციის პროცესში, ოპტიმალური პროფილაქტიკური მომსახურების ზოგიერთი მეთოდები, რომლებიც ითვალისწინებენ რეზერვირების გამოყენებით „ადამიანი-მანქანა“ სისტემების პროფილაქტიკურ მომსახურებას. განხილულია ერგოტიკული ავტომატიზებული სისტემების საიმედოობა, გაანალიზებულია ზოგადად რთული სისტემების საიმედოობა, მათი ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის ორგანიზების საკითხები. შემუშავებულია რთული ავტომატიზებული ტექნიკური მომსახურების მოდელები.

ვ. ეფიმოვის ნაშრომში განხილულია და გაანალიზებულია სატ სისტემების ტერიტორიულად განწერტებული მოწყობილობების საიმედოდ

ფუნქციონირების უზრუნველყოფის მეთოდოლოგიური საფუძვლები. შემუშავებულია სატ სისტე-მების საიმედოობის სრულყოფის მათემატიკური მოდელირების მეთოდები, თეორიული კვლევების საფუძველზე შემუშავებულია რეკომენდაციები მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების ტექნოლოგიებისა და პერიოდულობის შესახებ.

ა.ბრეიდოს ნაშრომებში შემუშავებულია მაჩვენებლები სატ მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების ხარისხის რაოდენობრივი შეფასებისათვის. განხილულია ასევე სიგნალიზაციისა და ცენტრალიზაციის მეურნეობის ქვედანაყოფების ექსპლუატაციის საწარმო-ეკონომიკური, ორგანიზაციულ-ტექნიკური და სოციალური ასპექტები. ტექნიკური მომსახურების ეფექტიანობის ამაღლება ინდუსტრიულ ტექნოლოგიური ბაზის სრულყოფის შემთხვევაში.

ტ.ვასილკოვას და ა.ი.კამენევის სადისერტაციო ნაშრომებში განხილულია და შემუშავებულია სცბ-ს მოწყობილობების ექსპლოატაციის ხარისხის შეფასების ახალი კრიტერიუმები, ახალი ნორმატიული დოკუმენტები და ახალი ტექნიკური საშუალებები მიმართული სატ მოწყობილობების ტექნიკური ექსპლოატაციის ხარისხის ასამაღლებლად და ხარჯების შესამცირებლად.

ა.ვ. პულტიაკოვის სადისერტაციო ნაშრომში შემუშავებულია სცბ-ს საველე მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის დიფერენციალური სისტემის შექმნის სამეცნიერო-მეთოდური საფუძვლები და ტექნიკური რეკომენდაციები მოწყობილობების ტექნიკური რესურსის გახარჯვის სიჩქარის გათვალისწინებით. შემუშავებულია სატ მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის სისტემების ორგანიზების მათემატიკური მოდელირების მეთოდები. შემუშავებულია სარელსო წრედებისა და საისრე ამძრავების მდგომარეობის კონტროლისა და დიაგნოსტიკის მეთოდები.

ნ. დმიტრენკოს ნაშრომებში განხილულია სატ სისტემების ტექნიკური დიაგნოსტიკის თეორიული საფუძვლები. მოწყობილობების

პარამეტრების გაზომვის მეთოდები სატ სისტემების მოწყობილობების მდგომარეობის დიაგნოსტიკებისა და მონიტორინგისათვის. შესაბამისად, ტექნიკური მომსახურების ხარისხის ასამაღლებლად შესაბამისად შემუშავებულია მოწყობილობების ავტოკონტროლის მეთოდები და ტექნიკური დიაგნოსტიკების პროცესის ავტომატიზაცია.

ვ. ლ. საპოჟნიკოვის, ა. სეპეტის ნაშრომებში განხილულია რკინიგზის ტრანსპორტზე ახალი ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების ეფექტიანობა, ტექნიკური მომსახურების პროცესის ავტომატიზაციისათვის ინფორმაციულ-მმართველი ინტელექტუალური სისტემების კონსტრუირების და აგების ახალი მიმართულებები. განხილულია სატ მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების სრულყოფის საკითხები, მომსახურების პროცესისა და რემონტის ტექნოლოგიური უზრუნველყოფის მეთოდები. სატ მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკებისა და მონიტორინგის და ტექნიკური მომსახურების ავტომატური სისტემების შემუშავების მეთოდები.

განხილული ნაშრომების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ საქართველოს რკინიგზაზე არსებული სატ მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების ტექნოლოგიები და სტრატეგიები, რომლებიც დაფუძნებულია სარეგლამენტო მომსახურების მეთოდიკაზე, არ შეესაბამებიან დღეისათვის მოძრაობის უსაფრთხოებისა და გამტარუნარიანობის უზრუნველყოფის მოთხოვნებს. იმიტომ, რომ სარეგლამენტო მომსახურების მეთოდი არ ითვალისწინებს მოწყობილობების უწყვეტ რეჟიმში კონტროლს, და მომსახურე პერსონალს არ გააჩნია ინფორმაცია სცბ-ს მოწყობილობების დაზიანების წინა მდგომარეობის და მოსალოდნელი მტყუნების შესახებ.

1.2. სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიების ანალიზი

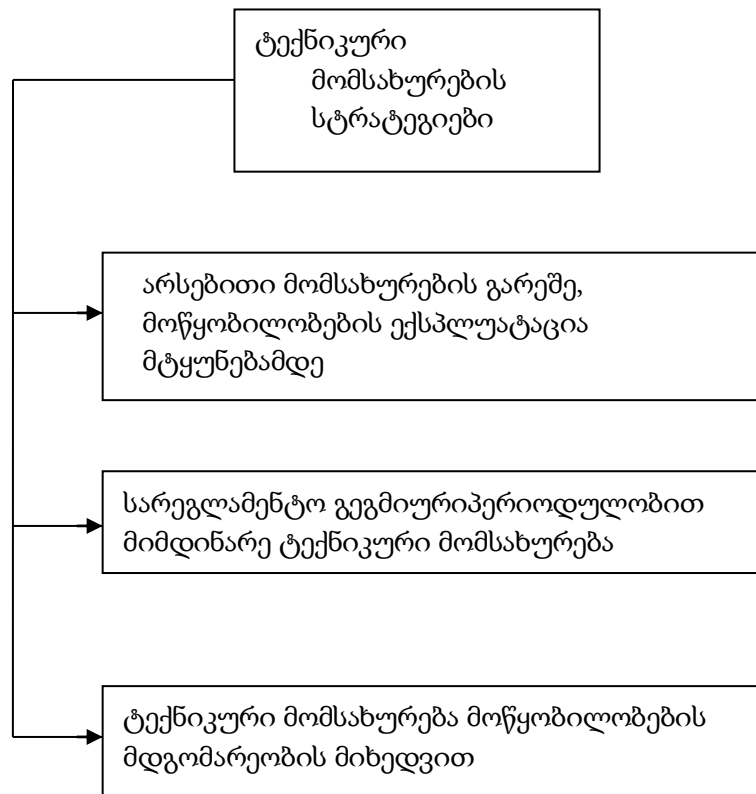
ტექნიკური მომსახურების სტრატეგია დამოკიდებულია მოწყობილობების მდგომარეობის შეფასების შესაძლებლობებზე. ეს შესაძლებლობებია ადამიანის მიერ ხელით გაზომვები და ვიზუალური შეფასება, ან ავტომატურ რეჟიმში ტექნიკური დიაგნოსტიკის სისტემების მიერ წარმოებული დიაგნოსტიკა. დიაგნოსტიკის დროს მნიშვნელოვანია დაზიანების წინა მდგომარეობის დროული დაფიქსირება, რაც უზრუნველყოფს დაზიანების თავიდან აცილებას.

სარკინიგზო ტრანსპორტის ავტომატიკის და ტელემექანიკის მოწყობილობების წესიერული და საიმედო ფუნქციონირებისათვის რელეურ სისტემებში საპასუხისმგებლო სქემებისათვის გამოიყენება პირველი კლასის საიმედოობის რელეები, ხოლო მიკროპროცესორულ სისტემებში გამოიყენება ჩაშენებული კონტროლის, თვითკონტროლის და ცალკეული კვანძების რეზერვირების საშუალებები. არსებობს ტექნიკური მომსახურების ორგანიზების რამოდენიმე მიდგომა, სტრატეგია (ნახ.1):

პირველი სტრატეგიის დროს მოწყობილობები არსებით მომსახურებას თითქმის არ საჭიროებენ და მათი ექსპლუატაციის ვადა განისაზღვრება ნამუშევრით მტყუნებამდე. ასეთი მეთოდი გამოიყენება მოწყობილობების სრული რეზერვირების დროს და შესაბამისად მცირდება საექსპლუატაციო მატერიალური დანახარჯები და მომსახურე პერსონალის შტატი;

მეორე სტრატეგია ეს არის მომსახურების სარეგლამენტო მეთოდი, როდესაც მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურება წარმოებს გეგმიურად დაწესებული პერიოდულობით. იგი საკმაოდ ძვირადღირებულია და ყოველთვის არ წარმოადგენს ოპტიმალურს(საუკეთესოს). ზოგჯერ, შეიძლება მოწყობილობა დაზიანდეს გეგმიურ მომსახურებაზე ადრე და

მომსახურება აღმოჩნდეს ძალიან გვიანი. ან პირიქით, შეიძლება ტექნიკური მომსახურება გაეწიოს წესივრულ მდგომარეობაში მყოფ მოწყობილობას;



ნახ. 1. ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიების სტრუქტურული სქემა

მესამე სტრატეგია დროს, ტექნიკური მომსახურება წარმოებს მოწყობილობების ფაქტობრივი მდგომარეობის მიხედვით. პირველ ორ მიდგომასთან შედარებით იგი უფრო სრულყოფილია, არაა ძვირადღირებული და არ საჭიროებს მომსახურე პერსონალის დიდ რაოდენობას. ამ სტრატეგიის შემთხვევაში საჭიროა ტექნიკური დიაგნოსტიკის ისეთი საშუალებები, რომლებიც მოწყობილობების მიმდინარე პარამეტრებს ავტომატურ რეჟიმში გააკონტროლებენ. ფაქტობრივი მდგომარეობის მიხედვით მომსახურების შემთხვევაში სრულად ხდება მოწყობილობების სამუშაო რესურსის გამოყენება, მათი შეცვლა და რემონტი წარმოებს არა გეგმიურად არამედ ნამუშევრის და ფაქტობრივი მდგომარეობის მიხედვით, რაც გამორიცხავს ფუჭ

დანახარჯებს. ამრიგად, მომსახურება მდგომარეობის მიხედვით ამცირებს ადამიანის ფაქტორს, ამაღლებს ტექნიკური მომსახურების ხარისხს და ამცირებს საექსპლოატაციო დანახარჯებს. ამიტომ, დღეისათვის მეტად მნიშვნელოვანია ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის ისეთი სისტემების შემუშავება და დანერგვა, რომლებიც ავტომატურ რეჟიმში დააფიქსირებენ და გამოსცემენ ინფორმაციას პარამეტრების დასაშვები ნორმიდან გადახრის შესახებ ანუ, ინფორმაციას ობიექტის დაზიანების წინა მდგომარეობის შესახებ.

დაზიანებისწინა მდგომარეობის დროული გამოვლენა ნიშნავს დაზიანების თავიდან აცილებას. დიაგნოსტიკის ინფორმაციის, მოწყობილობების პარამეტრების და დაზიანებისწინა მდგომარეობის შესაფასებლად (ანალიზისათვის) იქმნება ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის სპეციალური ცენტრები.

ამგვარად, სარკინიგზო ტრანსპორტის განვითარების სტრატეგია ითვალისწინებს ინოვაციურ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული ტექნოლოგიური პროცესების მართვის სისტემების შემუშავებას, „ადამიანის ფაქტორის“ ნეგატიური გავლენის შემცირებას სადიაგნოსტიკო ინფორმაციული სისტემების დანერგვით, რომლებიც იძლევიან მოწყობილობების მდგომარეობის ცვლილების და წარმოქმნილი მტყუნებების შესახებ ინფორმაციის გადაცემის დროის მინიმიზირების საშუალებას, მომსახურე პერსონალის მოქმედებების ეფექტურობის ამაღლებას, ტექნიკური მომსახურების სამუშაოების ოპტიმიზაციას და „მდგომარეობის მიხედვით“ ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიაზე გადასვლის შესაძლებლობას.

დღეისათვის სატ მიკროპროცესორული სისტემებისა და ავტომატური ტექნიკური დიაგნოსტიკის საშუალებების დანერგვამ შესაძლებელი და აუცილებელიც გახადა ტექნიკური მომსახურების ტექნოლოგიის შეცვლა. მიკროპროცესორული ტექნოლოგიები საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ ცალკეული კვანძების და მოწყობილობების

რეზერვირება და ჩაშენებული საკონტროლო მოწყობილობების რეალიზაცია ინტეგრირებულ კომპლექსებში. ამასთან, ტექნოლოგიების ცვლილებამ გამოიწვია პრინციპულად ახალი, პროგრესული საექსპლოატაციო მაჩვენებლების მქონე მოწყობილობების გამოჩენა, რომლებიც არ საჭიროებენ, ან ხანგრძლივი დროით არ საჭიროებენ ტექნიკურ მომსახურებას. ამასთან მაინც დასაშვებია მათი მწყობრიდან გამოსვლა ექსპლუატაციის განმავლობაში. ამიტომ, ასეთი ტექნოლოგიების, ჩაშენებული უწყვეტი კონტროლის მოწყობილობების მქონე სისტემებისათვის საქართველოს რკინიგზაზე დღეისათვის არსებული სარეგლამენტო ტექნიკური მომსახურების სისტემა ყოველად მიუღებელია. თანამედროვე სისტემების დანერგვის შემდეგ, რაც ნაწილობრივ განხორციელდა, და მომავალშიც იგეგმება საქართველოს რკინიგზაზე, შესაძლებელი იქნება ტექნიკური მომსახურების ავტომატიზაცია. საჭირო იქნება მონიტორინგის ცენტრებისა და საინფორმაციო ქსელის ორგანიზება წარმოების იერარქიის ყველა დონეზე. ავტომატური და ავტომატიზებული ტდმ საშუალებების შექმნა სატ სისტემების განვითარების სტრატეგიის ერთ–ერთი ძირითადი მიმართულებაა.

1.3. სატ მოწყობილობების საიმედოობა და მათი დიაგნოსტიკის პრობლემის აქტუალობა

სატ მოწყობილობების საექსპლოატაციო საიმედოობა გულისხმობს უნარს უზრუნველყოს მატარებელთა უსაფრთხო და შეუფერხებელი მოძრაობა ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის მოცემულ რეჟიმსა და პირობებში ექსპლუატაციის მთელი დროის განმავლობაში.

მოწყობილობები (სისტემები) და მათი ცალკეული ელემენტები შეიძლება იმყოფებოდნენ წესიერულ ან უწესიერო მდგომარეობაში. წესიერული ეს ის მდგომარეობაა, როდესაც მოწყობილობა ასრულებს თავის ფუნქციებს სწორად და სრულად, და მოწყობილობის ყველა პარამეტრი ტექნიკური დოკუმენტაციით დადგენილი ნორმის ფარგლებშია. თუ

ჩამოთვლილი პირობებიდან ერთ–ერთი არ სრულდება, მაშინ ითვლება, რომ მოწყობილობა არის **უწყესივრო** მდგომარეობაში. უწყესივრო მდგომარეობაში მოწყობილობამ შეიძლება ნაწილობრივ შეასრულოს თავისი ფუნქციები (**მუშაობის უნარიანი** მდგომარეობა), ან სარეთოდ ვერ შეასრულოს თავისი ფუნქცია(**მუშაობის უუნარო** მდგომარეობა).

ობიექტის **ზღვრული მდგომარეობა** ის შემთხვევაა, როდესაც, არამიზანშეწონილია ობიექტის შემდგომი გამოყენება დანიშნულების მიხედვით. ამასთან, ობიექტის აღდგენა შეუძლებელია ან მიუღებელია მორალური ან ეკონომიკური მოსაზრებებით.

ობიექტის მუშაობის უუნარო მდგომარეობიდან შეგვიძლია გამოვყოთ ე.წ. **დამცავი და სახიფათო** მდგომარეობები. **დამცავ** მდგომარეობას მიეკუთვნება ტექნიკური ობიექტის ისეთი მდგომარეობა, როდესაც დადგენილ საზღვრებშია ყველა იმ პარამეტრის მნიშვნელობა, რომლებითაც ხასიათდება ობიექტის უნარიანობა შეასრულოს დაკისრებული ფუნქციები. **სახიფათო** მდგომარეობა კი ფიქსირდება ნორმის ფარგლებიდან თუნდაც ერთი პარამეტრის გამოსვლის შემთხვევაში.

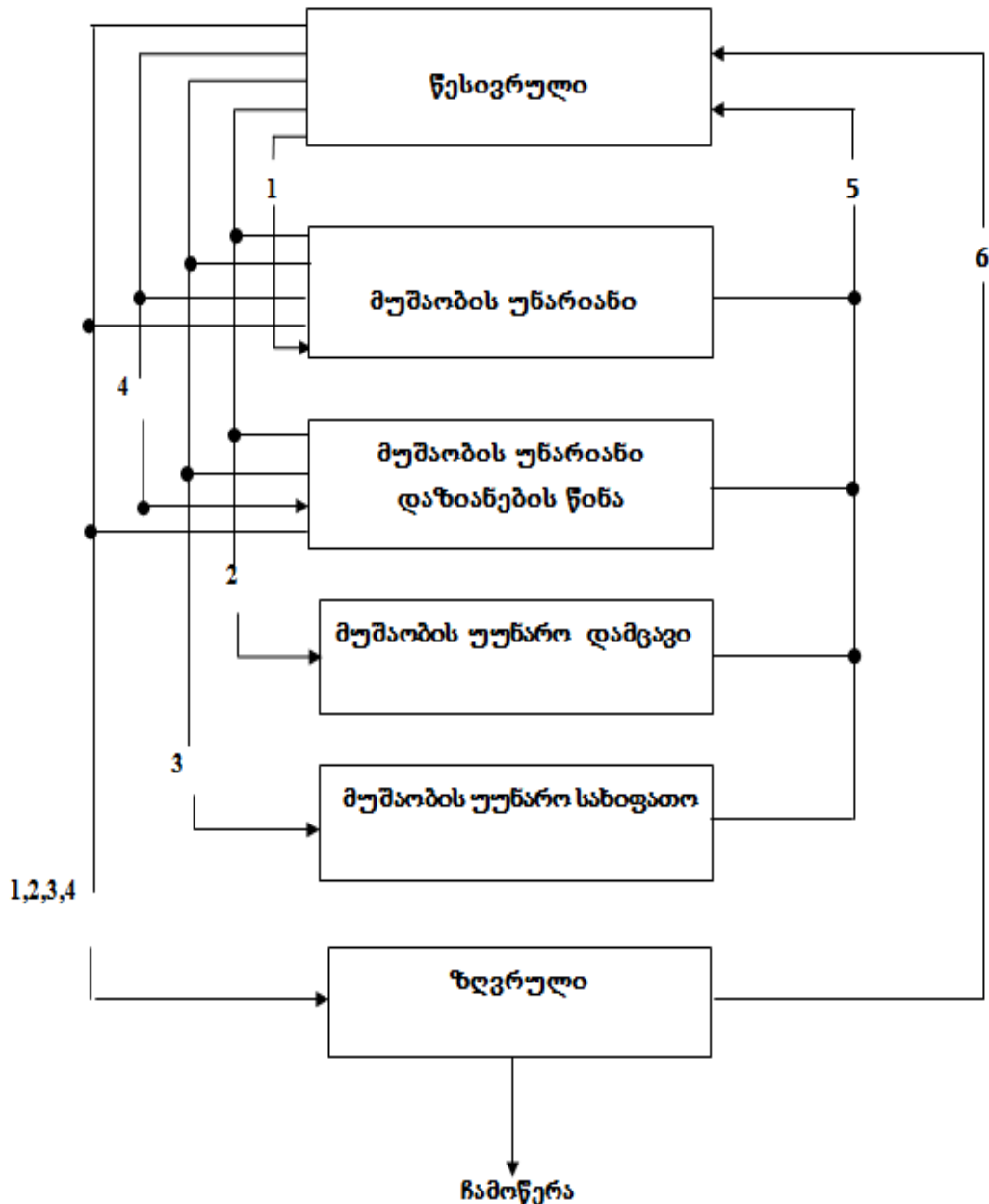
დაზიანებისწინა მდგომარეობა მუშაობის უნარიანი მდგომარეობის ერთ–ერთი შემადგენელი ნაწილია. ასეთ მდგომარეობაში მყოფი ტექნიკური ობიექტის შემდგომი ექსპლოატაცია იწვევს მისი მუშაობის უნარიანობის დაკარგვას. ობიექტის დაზიანებისწინა მდგომარეობის გამოყოფა და დაფიქსირება ქმნის მტყუნებების თავიდან აცილების წინაპირობას.

ტექნიკური ობიექტის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა წარმოებს მისი ტექნიკური მონაცემების გაუარესებით ან გაუმჯობესებით.

მოცემულ ნახ.2-ში ნაჩვენებია ტექნიკური ობიექტის ყველა შესაძლო გადასვლა ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში:

1. წესივრული მდგომარეობიდან მუშაობის უნარიან მდგომარეობაში გადასვლას ეწოდება ტექნიკური ობიექტის დაზიანება;
2. წესივრული მდგომარეობიდან მუშაობის უუნარო დამცავ მდგომარეობაში გადასვლა წარმოებს დამცავი მტყუნების ზეგავლენით;

3. წესიერული მდგომარეობიდან მუშაობის უნარო სახიფათო მდგომარეობაში გადასვლა წარმოებს სახიფათო მტყუნების ზეგავლენით;
4. წესიერული მდგომარეობიდან მუშაობის უნარიან, დაზიანებისწინა მდგომარეობაში გადასვლა ესაა მტყუნების წინა პერიოდი;
5. აღდგენის შედეგად ფუნქციონალური შესაძლებლობის გაუმჯობესების შემთხვევაში წარმოებს ობიექტის გადასვლა წესიერულ მდგომარეობაში;



ნახ. 2. ტექნიკური ობიექტის მდგომარეობის ამსახველი დიაგრამა

6. კაპიტალური რემონტის შედეგად ფუნქციონალური შესაძლებლობის გაუმჯობესების შემთხვევაში წარმოებს ობიექტის გადასვლა წესიერულ მდგომარეობაში;

დამცავი მტყუნების მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ სარელსო წრედის ყალბი დაკავება, წითელი ჩვენების გადატანა გადასარბენის სასიგნალო წერტილიდან მის წინმდებარე სასიგნალო წერტილზე ნათურის გადაწვის

შემთხვევაში, რელეს ზურგული და საერთო კონტაქტების შედუღება და ა. შ. სახიფათო მტყუნებებს მიეკუთვნება სარელსო წრედის ყალბი თავისუფლების ჩვენება; შუქნიშანზე მეტად ნებადამრთველი ჩვენება ნაკლებად ნებადამრთველის მაგივრად (მაგალითად, მწვანე ფერის ჩვენება ყვითლის მაგივრად), ისრის გადაყვანა მოძრავი შემადგენლობის ქვეშ და ა. შ. ხდომილება ან მოვლენა, რომელიც იწვევს მოწყობილობის წესიერული მდგომარეობიდან მუშაობის უნარიან მდგომარეობაში გადასვლას ეწოდება **დაზიანება**. ხოლო, წესიერული ან მუშაობისუნარიანი მდგომარეობიდან მუშაობისუუნარო მდგომარეობაში გადასვლას ეწოდება **მტყუნება**.

სატ მოწყობილობების პარამეტრების ცვლილების ხასიათზე დამოკიდებულების მიხედვით მტყუნებები იყოფიან მოულოდნელ, თანდათანობით და გარდამავალ მტყუნებებად:

- მოულოდნელი მტყუნებები, რომლებიც ხასიათდებიან პარამეტრების მკვეთ-რი (ნახტომისებური) ცვლილებით, წარმოიქმნიებიან ამინდის პირობების ან ექსპლუატაციის რეჟიმების ცვლილების გამო, სხვადასხვა სამსახურის მუშაკების არასწორი მოქმედებების ან სხვადასხვა მიზეზების გამო.
- თანდათანობითი მტყუნებები, რომლებიც ხასიათდება პარამეტრების მდორე (თანდათანოდითი) ცვლილებით ასახავენ აპარატურის დაძველების პროცესებს და ცვეთას, მექანიკური და ელექტრული პარამეტრების განრეგულირება.

- გარდამავალს მიეკუთვნება მრავალჯერადად წარმოქმნილი თვითლიკვიდირებადი მტყუნებები, რომლებიც წარმოიქმნიან პერიოდული გამოსვლით დადგენილი ნომინალური (დასაშვები) ზღვრული მნიშვნელობებიდან.

სატ მოწყობილობების მტყუნებები, წარმომშობის მიზეზის მიხედვით შეიძლება დავყოთ სამ ჯგუფად: კონსტრუქციული, საწარმოო და საექსპლოატაციო. გაირკვა, რომ:

1. საექსპლოატაციო მტყუნებების რაოდენობა – 85%;
2. სქემური და კონსტრუქციული (საპროექტო) – 12% ;
3. საწარმოო (ქარხნული) მტყუნებების რაოდენობა– 3%.

პრინციპში კარგად დაპროექტებულმა, ხარისხიანად დამზადებულმა, დეტალურად გამოცდილმა, სწორად დამონტაჟებულმა და ექსპლუატირებულმა აპარატურამ მუშაობისას არ უნდა გვიმტყუნოს. თუმცა პრაქტიკა ამას არ ადასტურებს. ნახ.3 -ზე განსაზღვრულია და სისტემატიზებულია შეცდომები, რომლებიც შეიძლება დაშვებულნი იქნენ: პროექტირების, დამზადების, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის დროს.

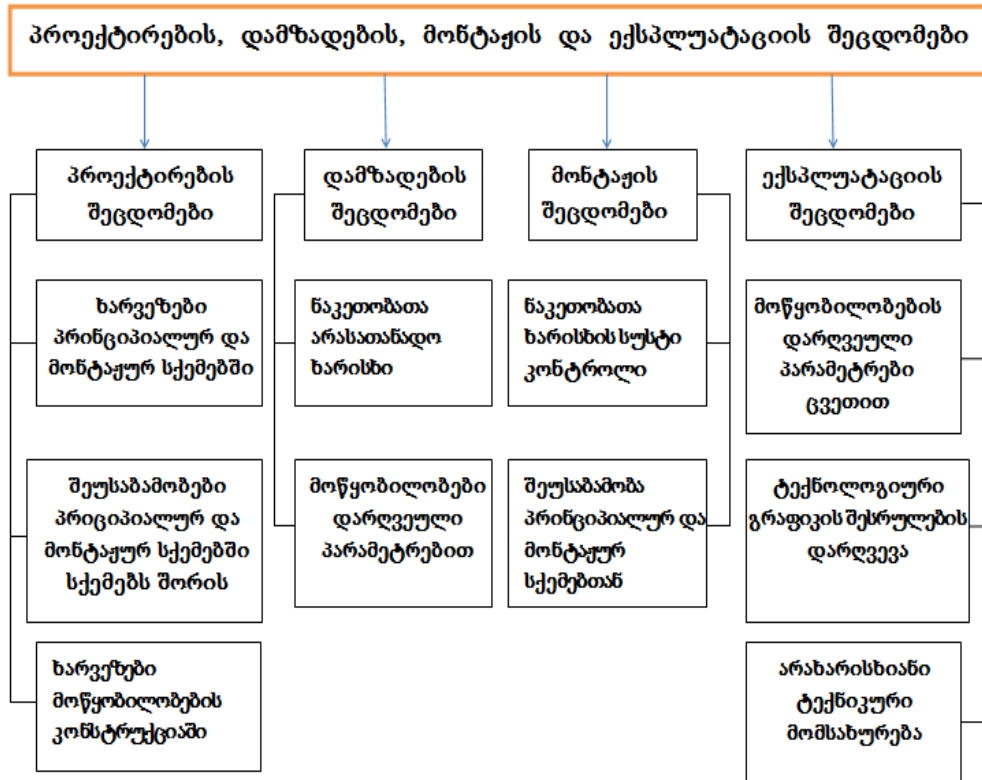
ამგვარად, უწესივრობები და მათ მიერ გამოწვეული მტყუნებები სატ მოწყობილობების მუშაობაში შეიძლება დავყოთ ორ ჯგუფად:

ა) უწესივრობები, განპირობებულნი პრინციპულ სქემებში ან მოწყობილობების კონსტრუქციაში შეცდომებით, აპარატურის დამზადებისა და მონტაჟის პროცესში ნაკეთობათა ხარისხის ცუდი კონტროლით.

ეს უწესივრობები გამოწვეულნი არიან საორგანიზაციო ტექნიკური მიზეზებით, ისინი შეიძლება აღმოიფხვრან პროექტირებისა და წარმოების კულტურის დონის ამაღლებისა და ხარისხზე კონტროლის გამკაცრების ხარჯზე.

ბ) უწესივრობები, დამაკმაყოფილებლად დაპროექტებული, შემოწმებული და ტექნიკური წესების მოთხოვნებით ექსპლუატირებული

მოწყობილობების. ამ შემთხვევაში უწყისივრობები გამოწვეულია დროში ელემენტთა პარამეტრების ცვლილების, მექანიკური ცვეთისა და მათი მოძველების გამო.



ნახ. 3. პროექტირების, დამზადების, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის დროს დაშვებული შეცდომების სქემა

რიგ შემთხვევაში უწყისივრობები შეიძლება გამოწვეული იყოს პრინციპული ელექტრული სქემის არასრულყოფილების მიზეზით მაგალითად, როდესაც მოწყობილობების დაპროექტება და შემუშავება წარმოებს ტექნიკური დიაგნოსტიკების მოთხოვნების გათვალისწინების გარეშე. მაშინ, როდესაც ექსპლუატაციაში მყოფი სისტემები სათანადოდ არ არიან უზრუნველყოფილნი უწყისივრობების მოძიებისა და აღმოფხვრის შესაბამისი ინსტრუქციებითა და წესებით. დასაპროექტებელი სისტემის დიაგნოსტიკური მოდელი საშუალებას მოგვცემდა განგვესაზღვრა სისტემის მუშაობის უნარიანობის პირობები, მისი ქცევა ცალკეული ელემენტებისა და კვანძების მტყუნებისას. პროექტირებად სისტემებში

განთავსებული საკონტროლო წერტილების ნიშნულებში ცალკეული ელემენტებისა და კვანძების გაზომილი პარამეტრების ანალიზის საფუძველზე, მომსახურე პერსონალს შესაძლებლობა ეძლევა მინიმალურ მოკლე ვადებში აღმოფხვრას მოსალოდნელი მტყუნება. აღნიშნულ ნიშნულებში ჩაშენებული ავტომატური სადიაგნოსტიკო მოწყობილობებით შესაძლებელი იქნება აპარატურის პარამეტრების უწყვეტი მონიტორინგი.

ამგვარად, სატ მოწყობილობების დაპროექტებისას მიზანშეწონილი იქნებოდა მათი მუშაობის უნარიანობის პროგნოზირების შესაძლებლობის გათვალისწინება. ამავე დროს, დიაგნოსტიკისათვის შემუშავებული წინადადებები უნდა ეთანხმებოდეს დასანერგი სისტემის კონსტრუქციულ თავისებურებებს და სრულად პასუხობდეს რემონტვარგისიანობის მოთხოვნის დონეს. რკინიგზის ტრანსპორტის ეფექტური მუშაობისა და მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად შეგვიძლია გამოვყოთ ერთიანი ტექნიკური პოლიტიკის რეალიზაციის ეტაპები და მიმართულებანი, რომლებიც ორიენტირებულია შემდეგ მნიშვნელოვან ამოცანებზე:

- არსებული სასადგურო და საგადასარბენო აპარატურისა და მოძრაობის უსაფრთხოების სისტემების ტექნოლოგიებისა და მუშაობის ალგორითმების სრულყოფა, მათი ფუნქციონირების საიმედოობის ამაღლება.
- არსებული ტექნიკური საშუალებების მოვლისა და ტექნიკური მომსახურების მეთოდების მკვეთრი გაუმჯობესება, პირველ რიგში მდგომარეობის კონტროლისა და ავტომატური დიაგნოსტიკის სისტემების გამოყენებით.
- რკინიგზის ტრანსპორტზე ავტომატური კონტროლისა და დიაგნოსტიკის სისტემების ინტეგრირება მოძრაობის მართვის, რეგულირებისა უსაფრთხოების სისტემებთან.

ამ კონცეფციაში ძირითადი ყურადღება ეთმობა “ადამიანის ფაქტორის” ზემოქმედების შემცირებას მოძრაობის უსაფრთხოებაზე,

მართვის პროცესების ავტომატიზაციისა და საექსპლუატაციო პერსონალზე დამატებითი ლოგიკური კონტროლის სისტემების დანერგვით. მოძრაობის უსაფრთხოების სისტემების მუშაობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საავარიო სიტუაციების ძირითადი მიზეზები დაკავშირებულია „ადამიანის ფაქტორის“ ნეგატიურ გავლენასთან. როგორც ხელით შემოწმების, ასევე ჩაშენებული დიაგნოსტიკური და საკონტროლო გადამწოდების ბაზაზე შემუშავებული ინფორმაციული პროგრამები ხელს შეუწყობენ წარმოქმნილი უწყვეტობების მოძიებას და ტექნიკურ პერსონალს ავტომატურ რეჟიმში მიაწვდიან პირველად ინფორმაციას კონტროლირებადი ობიექტის ნორმალური ფუნქციონირების დარღვევების შესახებ.

1.4. სატ მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკების მცნებები, ტერმინები, პრობლემები, ამოცანები და მიზნები

ტექნიკური მომსახურების სისტემის განვითარების ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს ტექნიკური მომსახურების მრავალი ოპერაციის ავტომატიზაცია, რომელიც დაფუძნებულია ტექნიკური დიაგნოსტიკების საშუალებების გამოყენებაზე.

ტექნიკური დიაგნოსტიკა – არის ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის, ტექნიკური დოკუმენტაციით დადგენილი პარამეტრებით შეფასებული დროის გარკვეულ მომენტსა და გარკვეულ გარემო პირობებში, განსაზღვრის თეორიების, მეთოდების და საშუალებების ცოდნის სფერო. ხოლო, ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის განსაზღვრის პროცესს ეწოდება ტექნიკური დიაგნოსტიკა და მისი დახასიათება შესაძლებელია ისეთი პარამეტრებით, როგორცაა სისრულე და სიღრმე. დიაგნოსტიკების სისრულე განისაზღვრება გაუმართაობების ნაკრებით, რომელიც ექვემდებარება გამოვლენას, ხოლო სიღრმე განისაზღვრება გაუმართაობების იდენტიფიკაციით.

ტექნიკური დიაგნოსტიკების ძირითადი ამოცანებია:

- ობიექტის(სისტემის) ტექნიკური მდგომარეობის კონტროლი;
- დაზიანების(გაუმართაობების) ადგილმდებარეობისა და მიზეზის ძებნა;
- ობიექტის(სისტემის) ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირება.

ტექნიკური დიაგნოსტიკის მიმართულების წარმოქმნამ განსაზღვრა მოწყობილობების მდგომარეობის დისტანციური უწყვეტი კონტროლისა და მონიტორინგის (ლათინური სიტყვიდან Monitor--ზედამხედველი) სისტემები. მონაცემების უწყვეტი კონტროლის მოწყობილობები, გადაცემის ქსელი, არხწარმომქმნელი მოწყობილობები დიაგნოსტიკის ინფორმაციის გადამამუ-შავებელ პერსონალთან ერთად წარმოადგეს ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის (tdm) სისტემას.

სცბ–ს მოწყობილობების მტყუნებების შესამცირებლად გასატარებელი ღონისძიებებია:

- ტექნიკური მომსახურების გრაფიკის ზუსტი შესრულება, სპეციალიზირებული ბრიგადების შექმნა ცალკეული, რთული სამუშაოებისათვის.
- მაღალსაიმედო მახასიათებლების მქონე **სატ** მოწყობილობების, მცირედმომსახურებადი და მომსახურების გარეშე დანადგარების, შემუშავება და ექსპლოატაციაში დანერგვა; კონკრეტული საექსპლუატაციო პირობების გათვალისწინებით აპარატურის სქემურ–კონსტრუქციული სრულყოფა; საპასუხისმგებლო ან ნაკლებად საიმედო ელემენტების რეზერვირება; საკონტაქტო მოწყობილობების შეცვლა უკონტაქტო მოწყობილობებით.
- **სცბ**–ს მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების მეთოდებისა და საშუალებების სრულყოფა და დიაგნოსტიკის ავტომატური სისტემის დანერგვის საფუძველზე ტექნიკური მომსახურების „მდგომარეობის მიხედ-ვით“ სტრატეგიაზე გადასვლა საშუალებას მოგვცემს დავაფიქსიროთ დაზიანებისწინა მდგომარეობები და ავიცილოთ თანდათანობითი მტყუნებების მნიშვნელოვანი რაოდენობა.

სატ მოწყობილობების აღდგენის დრო შედგება:

- მტყუნების ფაქტის დაფიქსირების;
- მომსახურე პერსონალისათვის ამ ფაქტის შეტყობინების;
- მტყუნების ადგილამდე მომსახურე პერსონალის მისვლის;
- მოძიებისა და მტყუნების მიზეზის აღმოფხვრის;
- მოწყობილობის ნორმალური მუშაობის აღდგენის შემოწმების;

აღდგენის დროის შემცირების ძირითადი ღონისძიებებია:

1. მომსახურე პერსონალის კვალიფიკაციის მუდმივი ამაღლება მომსახურებადი მოწყობილობების შესაძლო უწყესივრობების, მათი წარმოშობის მიზეზების და გამოვლენის, მოძიებისა და აღმოფხვრის და დაზიანებისწინა მდგომარეობის მეთოდების ღრმა ცოდნისათვის.
2. აღდგენითი სამუშაოების ორგანიზების სისტემის სრულყოფა, მომსახურე პერსონალის უზრუნველყოფა სატრანსპორტო საშუალებებით, გასაზომი ხელსაწყოებით, ასევე აღჭურვილობისა და იარაღების მარაგით.
3. დიაგნოსტიკების ჩაშენებული საშუალებებით სატ მოწყობილობებისა და სისტემების ფართო დანერგვა, აპარატურის ცენტრალური განლაგებით სისტემების, ასევე დიაგნოსტიკების ავტომატური სისტემებისა და სატ მოწყობილობების მდგომარეობის უწყვეტი მონიტორინგის სისტემების დანერგვა.

დასმული ამოცანებისა და ჩასატარებელი ღონისძიებების განხორციელების შემდეგ მიიღწევა:

- სატ მოწყობილობების ტექნიკური მდგომარეობის კონტროლი მათი მუშა პარამეტრების დასაშვები ნორმებიდან გადახრის ფიქსაციის შესაძლებლობით;
- მტყუნების რიცხვის შემცირება მოწყობილობების დაზიანების წინა მდგომარეობის გამოვლენის მეშვეობით;
- ტექნიკური მომსახურების ხარისხის კონტროლის, ზოგიერთ შემთხვევაში კი, ტექნიკური მომსახურების ავტომატიზაცია;

- მოწყობილობების ფაქტობრივი „მდგომარეობის მიხედვით“ ტექნიკურ მომსახურებაზე გადასვლის წინაპირობების შექმნა;
- სატ მოწყობილობების გაუმართაობების ძებნისა და მათი მუშაობის უნარიანობის აღდგენის შესაძლებლობა;
- სტატისტიკური ინფორმაციის შეგროვება, დაარქივება, შენახვა და მოვლენების აღდგენის შესაძლებლობა.

ამგვარად, მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფი სატ მოწყობილობების საიმედოობის ამაღლების ძირითადი სტრატეგიაა მათი მდგომარეობის უწყვეტი კონტროლის, ტდმ სისტემებისა და მოწყობილობების შექმნა. ტდმ სისტემების დანერგვით მცირდება სატ მოწყობილობების მტყუნებათა რაოდენობა მოწყობილობების დაზიანებისწინა მდგომარეობის პროგნოზირებით, დაზიანებული კვანძისა და მისი ადგილმდებარეობის მოძიების დრო, მომსახურე პერსონალის სახიფათო ზონაში ყოფნის დრო და შესაბამისად მალდება მათი შრომის კულტურა. რაც მთავარია ყველაფერი ზემოთ ჩამოთვლილი საშუალებას გვაძლევს სატ სისტემების სარეგლამენტო მომსახურებიდან გადავიდეთ გამაფრთხილებელ–აღდგენით ტექნიკურ მომსახურებაზე.

ტდმ სისტემები ამაღლებენ სატ სისტემების ფუნქციონირების საიმედოობას დაზიანებების დროული გამოვლენის გზით და შესაბამისად ხელს უწყობენ საავარიო სიტუაციების შემცირებას სარკინიგზო ტრანსპორტზე. თანამედროვე მართვის სისტემების განვითარების და საიმედო ფუნქციონირების ერთ–ერთი ძირითადი ამოცანაა ავტომატური ინფორმაციული უზრუნველყოფის სისტემების შექმნა. მიკროპროცესორული სატ სისტემების გამოყენება გვაძლევს ინფორმაციის სრულყოფილი დამუშავების და ზუსტი მონაცემების მიწოდების საშუალებას. სატ სისტემების ერთ–ერთი თავისებურებაა მისი სივრცითი განწერტება და დიდი რაოდენობის ობიექტები, რომლებიც შეუჩერებლად, ყოველგვარი შესვენების გარეშე მუშაობენ, რაც ტდმ ავტომატური

სისტემების შესაქმნელად მოითხოვს როგორც მათემატიკურ ასევე ტექნიკურ რთულ გადაწყვეტებსა და ალგორითმებს.

საქართველოს რკინიგზაზე სატ სისტემების მოწყობილობების მონიტორინგის დღეისათვის გამოყენებული დიაგნოსტიკების მეთოდები ხასიათდებიან რიგი ნაკლოვანებებით, პირველ რიგში, არასრულფასოვანი ალგორითმით, რომელიც ხელით მუშაობაზეა ორიენტირებული და არ უზრუნველყოფს კონტროლის სიღრმესა და სიზუსტეს. საუკეთესო შემთხვევაში ამ სისტემებში მონიტორინგი ხორციელდება სხვადასხვა მაჩვენებლების სტატისტიკური მონაცემების ანალიზის ხარჯზე, რაც არ შეესაბამება თანამედროვე ტექნიკური დიაგნოსტიკების მოთხოვნებს და ვერ უზრუნველყოფს მომსახურე, თუ მართვის ოპერატორების ინფორმატიულობას.

ამგვარად, სატ სისტემების საიმედო და შეუფერხებელი მუშაობისათვის საჭიროა ეფექტური სადიაგნოსტიკო სისტემის შემუშავება. რისთვისაც რიგი თეორიული და პრაქტიკული ამოცანების გადაჭრაა საჭირო. ეს ამოცანებია:

1. სატ მოწყობილობების საიმედოობის შეფასება დაზიანებების სტატისტიკის ანალიზის გზით;
2. დაზიანებების მოძიების და აღმოფხვრის პროცესების მოდელირება;
3. აუცილებელი და საკმარისი რაოდენობის საკონტროლო პარამეტრების შერჩევა;
4. ინფორმაციის გადაცემისა და დამუშავების მეთოდებისა და ხერხების შერჩევა;
5. მაღალსაიმედო სადიაგნოსტიკო გადამწოდების შექმნა და გამოკვლევა;
6. სადიაგნოსტიკო სისტემის ოპტიმალური სტრუქტურის განსაზღვრა.

სადისერტაციო ნაშრომში შემუშავებულია სატ მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკების მეთოდები და მოწყობილობები, სარელსო წრედების მდგომარეობის განსაზღვრის ინტელექტუალური სისტემის

მათემატიკური მოდელი და საისრე გარნიტურის ფუნქციონირების საიმედოობის ამაღლება.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენს **სატ** მოწყობილობების საიმედოობა, მათი ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიები და ტექნიკური დიაგნოსტიკა.

სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანს წარმოადგენს:

- **სატ** მოწყობილობების საიმედოობის განსაზღვრის და ამაღლების მეთოდების შემუშავება;
- „მდგომარეობის მიხედვით“ ტექნიკური მომსახურების სისტემის უპირატესობის გამოკვლევა მომსახურების სხვა სისტემებთან მიმართებაში;
- ცალკეული სადიაგნოსტიკო მოწყობილობების მოდელირების პრინციპების შემუშავება.
- გაზომილი პარამეტრების მიხედვით სარელსო წრედების მდგომარეობის განსაზღვრის ინტელექტუალური სისტემის სინთეზი.

აღნიშნული საკითხების გადაწყვეტა მოგვცემს **სატ** მოწყობილობების **ტდმ** სისტემის ინტელექტუალიზაციის ამაღლების საშუალებას და დააკმაყოფილებს თანამედროვე დიაგნოსტიკის მეთოდების განვითარების ტენდენციებს.

ამ მიზნის მისაღწევად დასახულ იქნა შემდეგი ამოცანები:

- საქართველოს რკინიგზისა და თბილისის მეტროპოლიტენის **ტდმ** მოწყობილობების ფუნქციონირების საიმედოობის შედარებითი ანალიზი;
- **სატ** მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურებისა და ტექნიკური დიაგნოსტიკის სისტემების მდგომარეობების და საექსპლუატაციო პრობლემების გამოკვლევა;
- სარელსო წრედების ცალკეული კვანძების სადიაგნოსტიკო მოწყობილობების შემუშავება;

- საისრე ამძრავის გარნიტურის ფუნქციონირების საიმედოობის ასამაღლებლად მისი კონსტრუქციის ცვლილების ტექნოლოგიის შემუშავება;
- სარელსო წრედის მდგომარეობის განსაზღვრის მათემატიკური მოდელის შემუშავება მუშაობის ოთხივე რეჟიმისათვის;
- სარელსო წრედის მდგომარეობის განსაზღვრის სისტემის სინთეზი განსწავლული კლასიფიკატორებით.

სადისერტაციო ნაშრომში დასმული ამოცანების გადაჭრა და შემდეგ მათი პრაქტიკაში რეალიზება გაზრდის სატ მოწყობილობების მუშაობის საიმედოობასა და ეფექტიანობას. ინტელექტუალური ტდმ სისტემები, კი მოგვცემს ტექნიკური მომსახურების პროცესის ავტომატიზაციის და „მდგომარეობის მიხედვით“ ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიაზე გადასვლის შესაძლებლობას.

2. კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა

2.1. სიგნალიზაციის ცენტრალიზაციის და ბლოკირების მოწყობილობების საექსპლოატაციო საიმედოობის ანალიზი

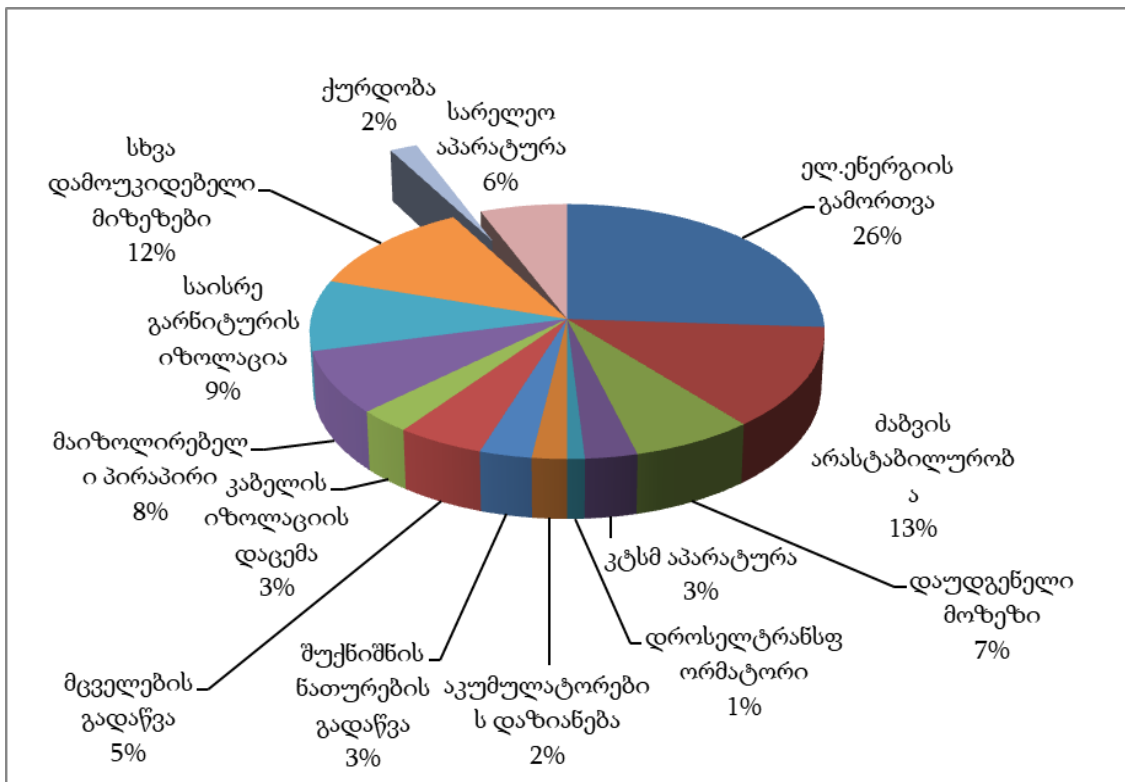
სცბ-ს მოწყობილობების მტყუნებები იწვევენ მატარებელთა შეყოვნებებს, ზოგიერთ შემთხვევაში კი, მიყვავართ საავარიო სიტუაციებამდე. ამიტომ, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს სცბ-ს მოწყობილობების საიმედოობის ამაღლება, რაც ნიშნავს მოწყობილობების მტყუნებების რაოდენობის და აღდგენის დროის შემცირებას. საიმედოობის ასამაღლებელი ღონიძიებების გასატარებლად აუცილებელია დაზიანებების შესახებ ინფორმაციის ღრმა და ყოველმხრივი ანალიზი, რომელიც ცხადყოფს მათი წარმოშობის მიზეზებს.

სატ მოწყობილობების მტყუნებათა სტატისტიკის მონაცემების ანალიზის საფუძველზე აგებული დიაგრამიდან (ნახ. 4), სადაც თვალნათლივია წარმოდგენილი სცბ-ს მოწყობილობების სხვადასხვა მტყუნებებისა და მათი გამომწვევი მიზეზების პროცენტული გადანაწილება ირკვევა, რომ მტყუნებების გამომწვევ მიზეზებს წარმოადგენენ:

- ა) ელექტროენერჯის გამორთვა -- 26%;
- ბ) ძაბვის და დენის სიდიდეების არასტაბილურობა 13%;
- გ) საისრე გარნიტურის იზოლაციის დარღვევა 9%;
- დ) მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანება 8%;
- ე) სარალეო აპარატურის დაზიანება 6%.

სტატისტიკური მონაცემების ანალიზიდან ჩანს, რომ რკინიგზის ფუნქციონირებისათვის ისევ მნიშვნელოვან პრობლემად რჩება ელექტრო ენერჯის გამორთვა და ძაბვების არასტაბილურობა. სარელეო აპარატურის დაზიანებების სიხშირე-6% გამოწვეულია საქართველოს რკინიგზაზე

სატ სისტემების მოძველებული და სამუშაო ვადას გადაცილებული აპარატურის ექსპლუატაციით.



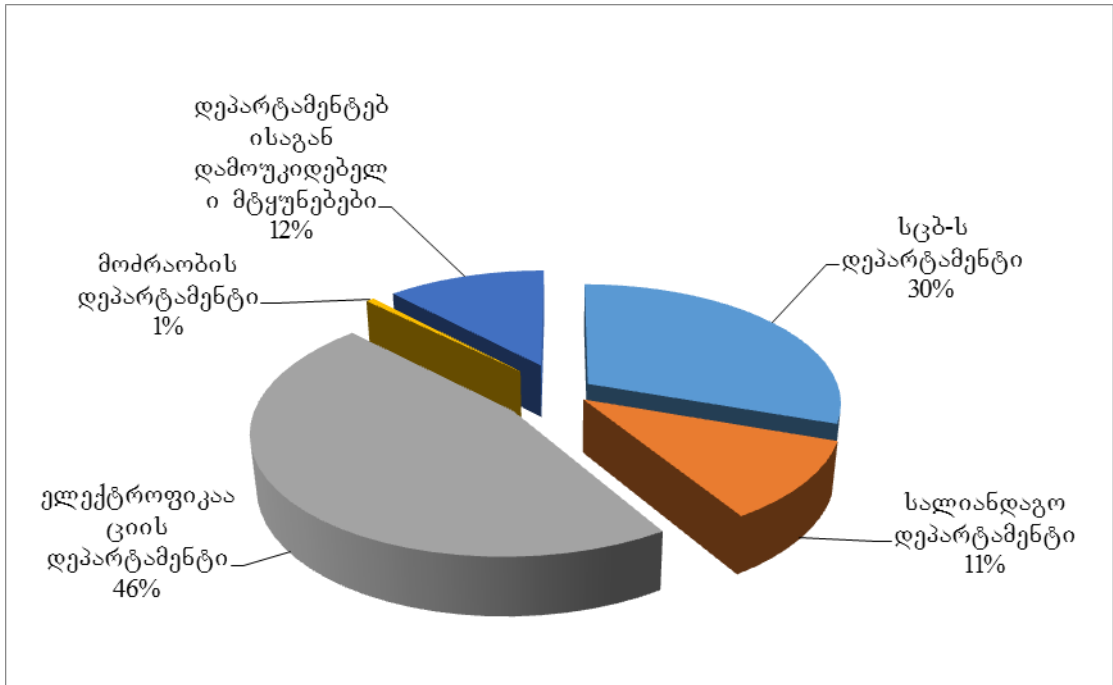
ნახ. 4. სატ მოწყობილობების მტყუნებათა ანლიზის დიაგრამა

სატ მოწყობილობების მტყუნებათა სტატისტიკის მონაცემების ანალიზის საფუძველზე აგებულ იქნა სხვადასხვა დეპარტამენტების მიზეზებით გამოწვეული მტყუნებების დიაგრამა (სურ. 5), როგორც დიაგრამიდან ჩანს სატ მოწყობილობების მტყუნებები გამოწვეულია:

- ელექტროფიკაციის დეპარტამენტის მიზეზით – 46%;
- სცბ-სდეპარტამენტის მიზეზით _ 30%;
- სალიანდაგო დეპარტამენტის მიზეზით _11%.

80-90-იან წლებში არსებული ცნობილი გამოკვლევების სატ მოწყობილობების დაზიანებების ძირითადი ნაწილი გამოწვეული იყო

სალიანდაგო სამსახურის მიზეზებით ძირითადად, სარელსო წრედებში ბალასტის დაბალი წინაღობის გამო.



ნახ. 5. სხვადასხვა დეპარტამენტების მიზეზებით გამოწვეული სატ მოწყობილობების მტყუნებების დიაგრამა

როგორც დიაგრამიდან ჩანს დღეს სურათი შეცვლილია, რამდენადაც სალიანდაგო დეპარტამენტის მიერ სალიანდაგო ბალასტის მომსახურება გამოსწორებულია და დაზიანებები გამოწვეულია ძირითადად ელექტროფიკაციის დეპარტამენტის მიზეზით ელექტროენერჯის არასტაბილური მომარაგების გამო.

ამგვარად, მტყუნებების ანალიზის საფუძველზე უნდა განისაზღვროს სატ სისტემების სხვადასხვა კვანძებისა და ბლოკების საიმედოობა იმისათვის, რომ დავუქვემდებაროთ ავტომატურ კონტროლსა და დიაგნოსტიკას მნიშვნელოვნად საპასუხისმგებლო და ნაკლებად საიმედო ელემენტები. სატ მოწყობილობების საიმედოობის გასაანალიზებლად, ერთიანი საექსპლოატაციო პოლიტიკის განსაზღვრად და ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და ტექნიკური მომსახურების სისტემების შესაქმნელად, საინტერესო იქნება თბილისის მეტროპოლიტენის სატ

მოწყობილობების დაზიანებების გაანალიზება და სარკინიგზო და მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების საიმედოობის ერთიანი შედარებითი ანალიზი. შეკრებილი და გაანალიზებულია მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების 2013-2017 წლების დაზიანებები (სულ 924 დაზიანება, ცხრილი 1).

მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების 2013-2017 წლების დაზიანებების ნუსხის გაანალიზების საფუძველზე გამოიკვეთა 10 სხვადასხვა დაზიანების სახე (ცხრილი 2). ამ ცხრილიდან გარკვევით ჩანს, რომ მეტროპოლიტენის სატ დაზიანებების დიდი რაოდენობა, რაც მრავალი ობიექტური და სუბიექტური ფაქტორით აიხსნება, მოდის მცველების გადაწვაზე ძაბვის მყისიერი მომატების დროს და ელ. ენერჯის გამორთვაზე და ძაბვის ვარდნაზე.

ცხრილი 1

მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების 2013-2017 წლების დაზიანებების ნუსხა

№	დაზიანების სახეები	რაოდენობა
1	2	3
1	ძაბვის მყისიერი მომატების გამო მცველის დაიწვა	205
2	ელექტრო ენერჯის გამორთვა	5
3	ძაბვის სიხშირის ვარდნა	190
4	შუქნიშნებზე ნათურების გადაწვა	15
5	CT-5 ტიპის ტრანსფორმატორის უწესიერობები	57
6	სიხშირის გენერატორის უწესიერობები	96
7	სიხშირის სალიანდაგო მამლიერებელის (IIY) უწესიერობები	134
8	სალიანდაგო ФАЛС-70 ტიპის ფილტის უწესიერობები	19
9	აკუმულატორების უწესიერობები	2
10	გარდამავალი დაზიანებები	80

ცხრილი 1-ის გაგრძელება

1	2	3
11	დროსელ ტრანსფორმატორების უწყესივრობები	2
12	მაიზოლირებელი პირაპირების უწყესივრობები	44
13	სტატივის პლატის კონტაქტზე ცივი მირჩილვის უწყესივრობა	7
14	სარელეო სტატივის პლატას კონტაქტზე მშრალი მირჩილვის უწყესივრობა	8
15	PEL ტიპის რელეს კონტაქტების რეგულირების უწყესივრობები	24
16	საისრე გარნიტურის იზოლაციის უწყესივრობები	26
17	საისრე ელ.ამმრავის ავტოგადამრთველის და სხვა უწყესივრობები	6
18	სარელეოში სტატივებს შორის კვების სადენის დაზიანება (კოროზირებული)	2
19	კაბელის ქურდობის გამო	2
	სულ:	924

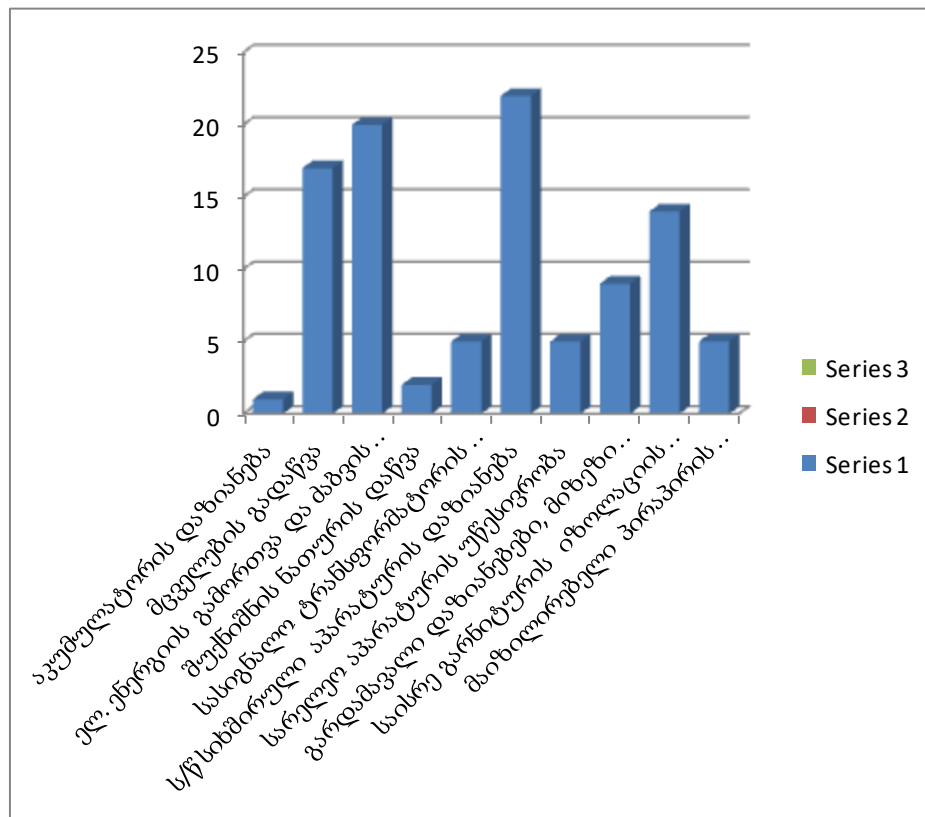
ანუ, გამომწვევი მიზეზების დიდ ნაწილს წარმოადგენს ძაბვის არასტაბილურობა (საქართველოში ძაბვის სტაბილიზაცია ჯერ კიდევ პრობლემას წარმოადგენს).

სარელსო წრედების სიხშირული აპარატურის უწყესივრობები, სასიგნალო ტრანსფორმატორის დაზიანება და სარელეო აპარატურის უწყესივრობები, სამივე ეს დაზიანება გამოწვეულია ექსპლოატაციის ვადაგასული აპარატურის მუშაობის გამო; საისრე გარნიტურის იზოლაციის დაზიანება, გამოწვეულია საისრე გარნიტურის კონსტრუქციაში იზოლაციის ხარვეზების გამო

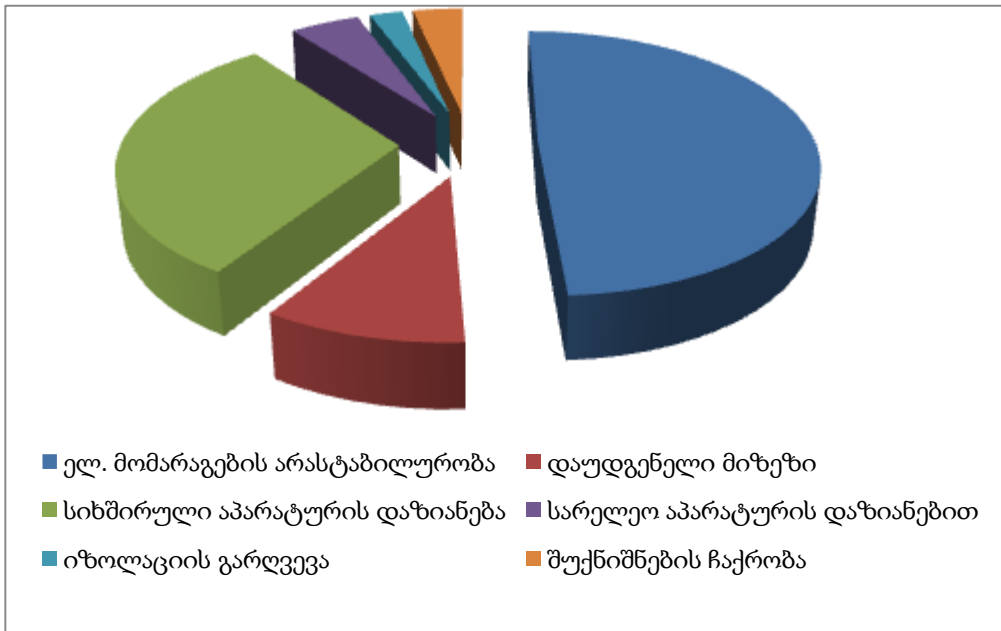
- ელ.მომარაგების არასტაბილურობის გამო --39 (361) %;
- დაუდგენელი მიზეზი -- 8 (74) %;
- სარელსო წრედის სიხშირული აპარატურის დაზიანება 20(186) %;
- სარელეო აპარატურის დაზიანებით -- 5 (46) %;
- იზოლაციის გარღვევა--19 (176) %;
- შუქნიშნების ჩაქრობა --2 (18) %.

მეტროპოლიტენის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის 2013-2017 წლების
გამოკვეთილი დაზიანებების ნუსხა

№	დაზიანებების სახეები	რაოდება
1	აკუმულატორის დაზიანება	9-1%
2	მცველების გადაწვა ძაბვის მყისიერი მომატებისდროს	166-18%
3	ელ. ენერგიის გამორთვა და ძაბვის ვარდნა	195-21%
4	შუქნიშნის ნათურის დაწვა	18-2%
5	სასიგნალო ტრანსფორმატორის დაზიანება	55-6%
6	ს/წ სიხშირული აპარატურის დაზიანება	185-20%
7	სარელეო აპარატურის უწყესივრობები	46-5%
8	გარდამავალი დაზიანებები, მიზეზი უცნობია	74-8%
9	საისრე გარნიტურის იზოლაციის დაზიანება	130-14%
10	მაიზოლირებელი პირაპირის იზოლაციის დარღვევა	46-5%
	სულ	924

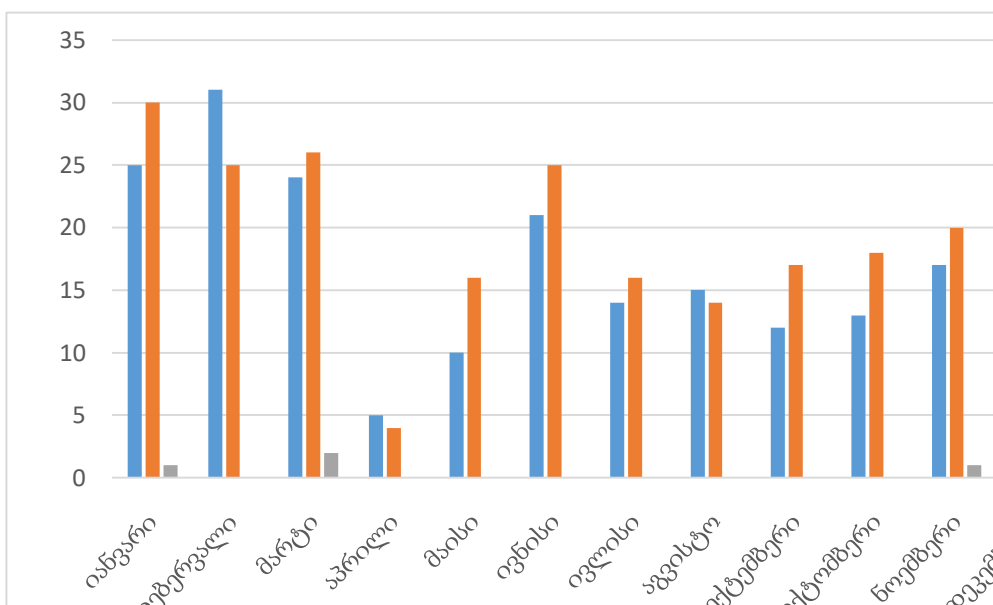


ნახ. 6. მეტროპოლიტენის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის 2013-2017 წლების მტყუნებათა ანალიზის დიაგრამა

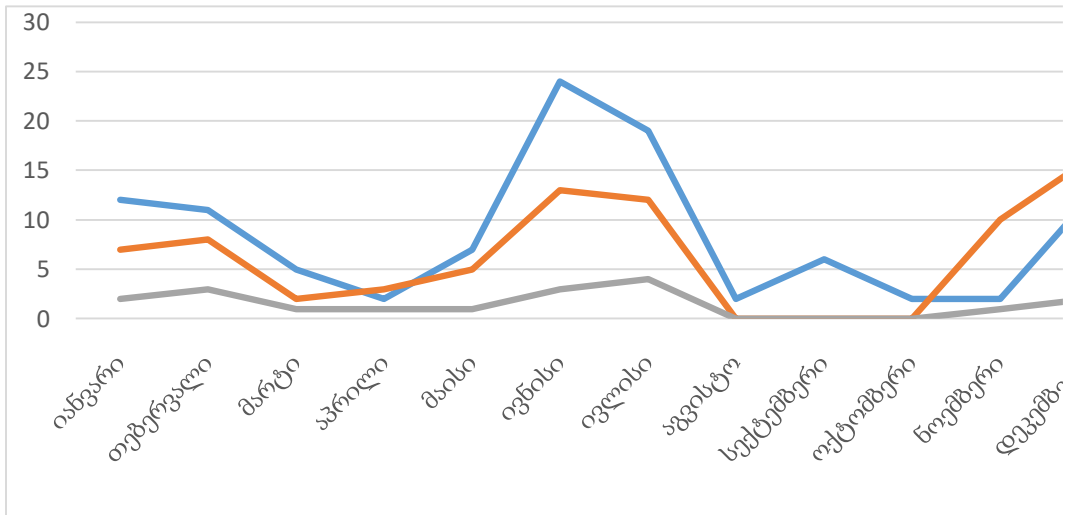


ნახ. 7. მეტროპოლიტენში მომხდარი 2013-17 წლის დაზიანებების პროცენტული განაწილების დიაგრამა

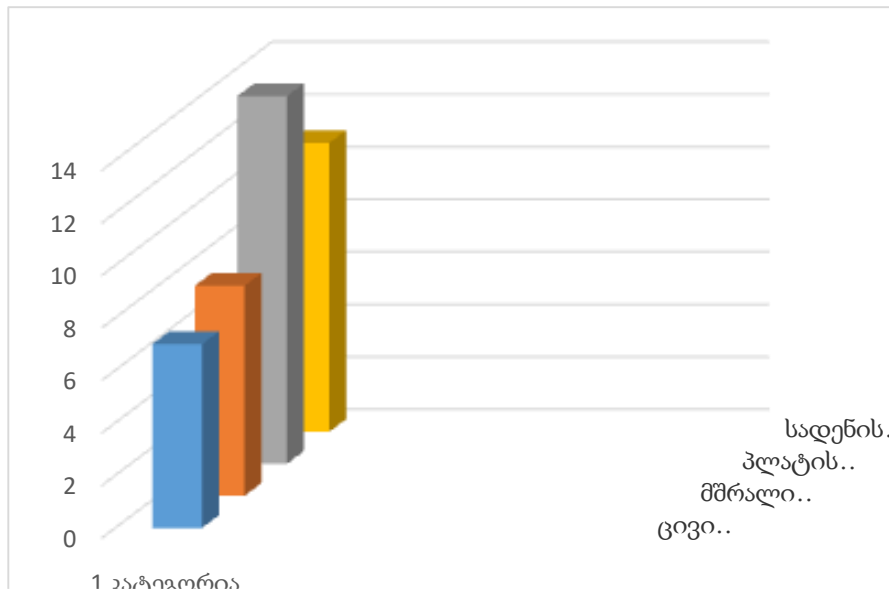
მიუხედავად იმისა, რომ 90-იან წლებთან შედარებით საქართველოში ბევრად უკეთესი მდგომარეობაა ელექტრო ენერჯის მომარაგების თვალსაზრისით, სტატისტიკური მონაცემების ანალიზიდან ჩანს, რომ მეტროპოლიტენის ფუნქციონირებისათვის ისევ მნიშვნელოვან პრობლემად რჩება ელექტრო ენერჯის არასტაბილურობა, ძაბვის მყისიერი მატებები და ძაბვის ვარდნები (ნახ. 8). ამიტომაც საყურადღებო ელ.ენერჯის წყაროები მეტროპოლიტენის სტაბილურად ფუნქციონირებისათვის.



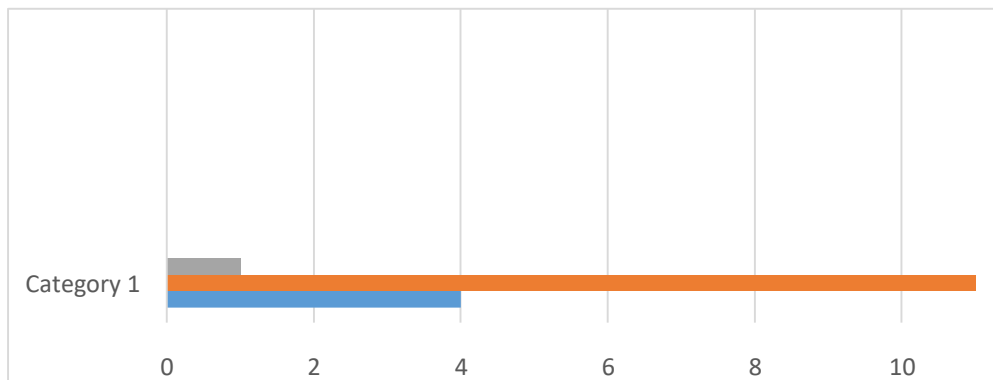
ნახ. 8. ძაბვის არასტაბილურობის გადანაწილების დიაგრამა თვეების მიხედვით



ნახ. 9. „ასს-სარ“-ის მტყუნებების დიაგრამა თვეების მიხედვით



ნახ. 10. აპარატურის დაზიანებების გამომწვევი მიზეზების დიაგრამა



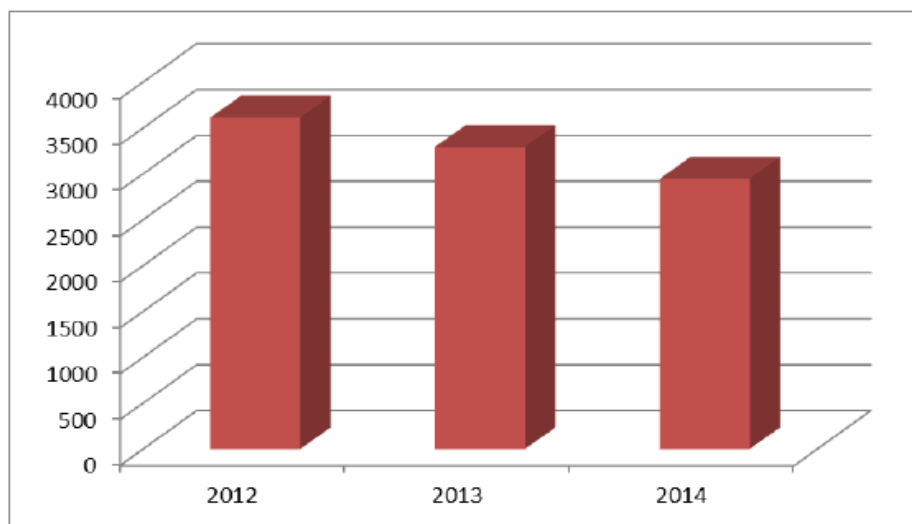
ნახ. 11. სველე და საგვირაბო მოწყობილობების იზოლაციის გარღვევის დიაგრამა.

როგორც სარკინიგზო და მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების დაზიანებების სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით აგებული დიაგრამებიდან ჩანს, რომ რკინიგზაზე და მეტროპოლიტენში დაზიანებები თითქმის იდენტურია და სატ მოწყობილობების დაზიანების ყველაზე დიდი ალბათობა გააჩნიათ:

1. სარელსო და სიხშირულ აპარატურას;
2. საისრე გარნიტურის იზოლაციას;
3. მაიზოლირებელი პირაპირს.

როგორც სარელსო წრედების დაზიანებების ანალიზიდან ჩანს ყველაზე ხშირად გამომწვევ მიზეზს პირაპირის უწესივრობა წარმოადგენს. ნახ.14-ზე წარმოდგენილია სარელსო წრედის დაზიანებების რა ნაწილს წარმოადგენს

- ა) მაიზოლირებელი პირაპირების დაზიანებები - 39,01%;
- ბ) მოკლედ შერთვა - 14,87%;
- გ) აპარატურის უწესივრობები - 14,70%;

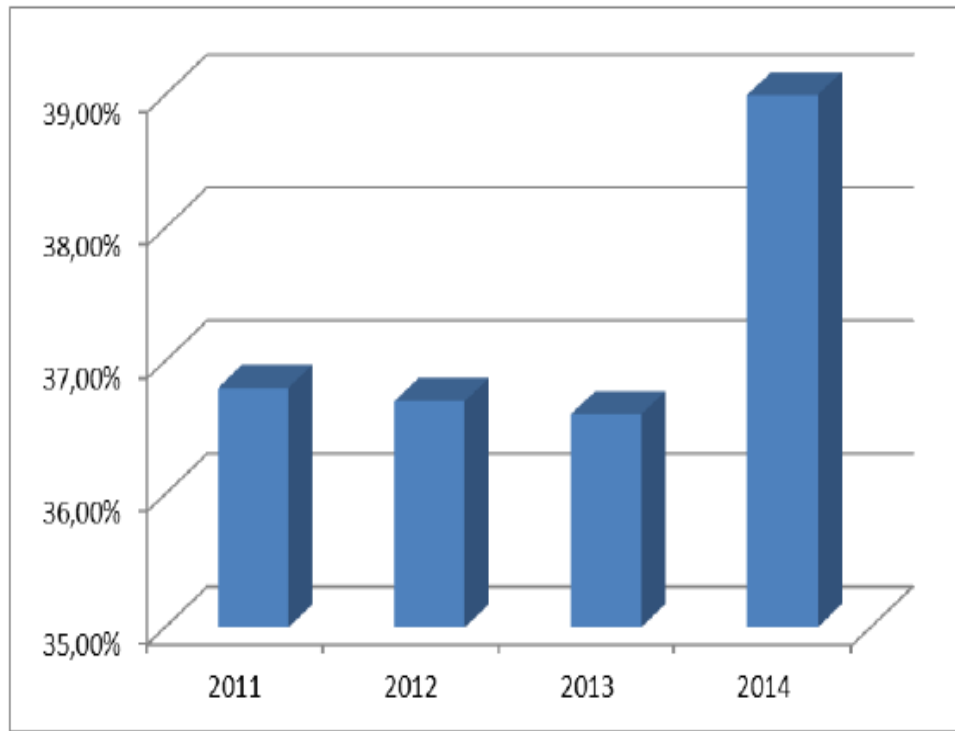


ნახ. 12. სარელსო წრედების დაზიანებების ცვლილების დინამიკის დიაგრამა 2012-2014წლებში

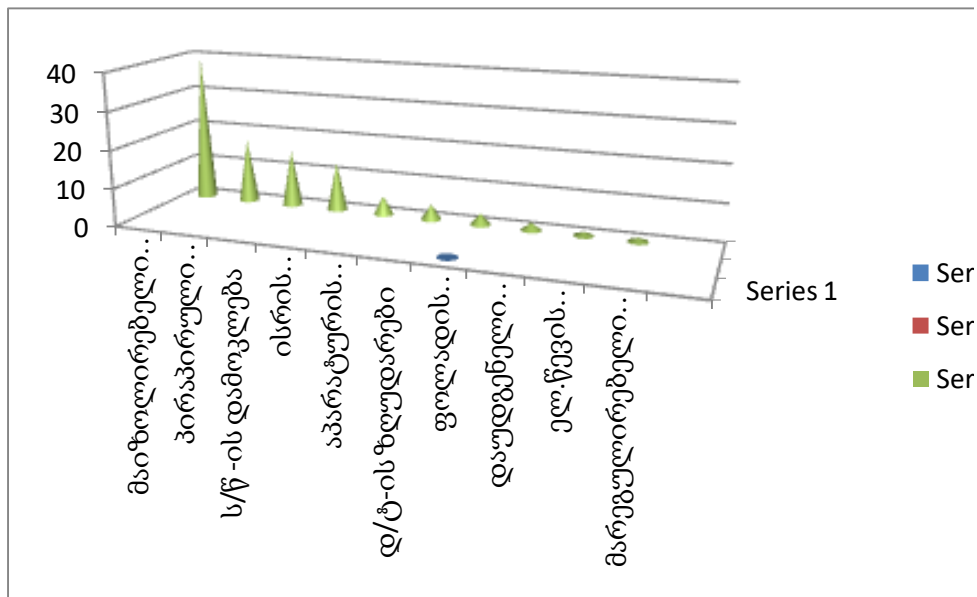
სარელსო წრედების უწესივრობები წლიდან წლამდე მცირდება, მაგრამ პირაპირების დაზიანებები უცვლელი რჩება(ნახ.13). თუ 2013 წელს მაიზოლირებელ პირაპირებზე მოდიოდა სარელსო წრედების

დაზიანებების 36,6%, 2014 წელს კი მოიმატა და გახდა-39,01% . როგორც საქართველოს რკინიგზის, ასევე თბილისის მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების დაზიანებების სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით აგებული დიაგრამებიდან ჩანს, რომ სარკინიგზო და მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების დაზიანებები თითქმის იდენტურია და შეგვიძლია გამოვყოთ ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ის მოწყობილობები, რომლებსაც დაზიანების ყველაზე დიდი ალბათობა გააჩნიათ:

1. სარელეო და სიხშირულ აპარატურა;
2. საისრე გარნიტურის იზოლაცია;
3. მაიზოლირებელი პირაპირი.



ნახ. 13. სარელსო წრედების დაზიანებების დიაგრამა მაიზოლირებელი პირაპირების უწყესივრობების გამო



ნახ. 14. სარელსო წრედების დაზიანებების განაწილების დიაგრამა გამომწვევი მიზეზების მიხედვით

2.2. სარელსო ხაზების კონტროლის სისტემების ანალიზი და ფუნქციონირების პრობლემების თავისებურებები

2.2.1 სარელსო წრედების დანიშნულება

სარკინიგზო და მეტროპოლიტენის სატ მოწყობილობების დაზიანებების სტატისტიკური მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მათ მუშაობაში კვლავ ადგილი აქვს მტყუნებებს, ხოლო გაუმართაობების ლოკალიზაციისა და აღმოფხვრის დრო გაუმართლებლად დიდი რჩება.

ეს მრავალი ობიექტური და სუბიექტური ფაქტორით აიხსნება. პირველი, ობიექტური სახის ფაქტორები განპირობებულნი არიან სარკინიგზო სატ მოწყობილობების რთულ გარემო და კლიმატურ პირობებში მუშაობით, რკინიგზის ვაკისის გასწვრივ მათი განწერტებული ტერიტორიული განფენილობით. მექანიკური ზემოქმედებისადმი, მაგალითად ვიბრაციისადმი, მატარებლების მოძრაობით გამოწვეული რყევისადმი და ა.შ. დაქვემდებარებით.

სუბიექტურ ფაქტორებს შეიძლება მივაკუთნოთ რემონტისა და ტექნიკური მომსახურების უხარისხობა, მომსახურე პერსონალის მიერ

დაშვებული შეცდომები, რემონტისა და პროფილაქტიკის ორგანიზებისათვის საჭირო, ზუსტი რეკომენდაციების არ არსებობა.

როგორც წინა პარაგრაფში **სატ** მოწყობილობების დაზიანებების სტატისტიკური მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა სარკინიგზო და მეტროპოლიტენის **სატ** მოწყობილობების დაზიანებები თითქმის იდენტურია და ყველაზე დიდი ალბათობა გააჩნიათ: სარელსო და სიხშირულ აპარატურას, საისრე გარნიტურის იზოლაციას და მაიზოლირებელი პირაპირს. აქედან ორი წარმოადგენს სარელსო წრედის ელემენტს და დაკავშირებულია სარელსო წრედთან. მაიზოლირებელი პირაპირი არის სარელსო წრედის ელემენტი, საისრე გარნიტურის იზოლაციის დარღვევაც იწვევს სარელსო წრედის ფუნქციის დარღვევას, მტყუნებას. ე. ი. რამდენადაც სარელსო წრედი არის სარელსო ხაზების სიმთელისა და სითავისუფლის უზადლო მაკონტროლებელი მოწყობილობა, იმდენად რთულია მისი ტექნიკური მომსახურება და დაზიანების იდენტიფიცირება.

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი სისტემების საფუძველს, ბაზისს წარმოადგენს სარელსო წრედები, რომლებიც ასრულებენ ინფორმაციის გადამწოდის ფუნქციას მოძრავი შემადგენლობის ადგილმდებარეობის და სარელსო ხაზების მდგომა-რეობის შესახებ. სარელსო წრედები გამოიყენება როგორც ტელემექანიკური არხები სალიანდაგო მოწყობილობებს შორის და სალიანდაგო და სამატარებლო მოწყობილობებს შორის ინფორმაციის გადასაცემად. სარელსო წრედების საშუალებით მიიღწევა სარკინიგზო უბნებისა და სადგურების გამტარუნარიანობის მაქსიმალური მნიშვნელობები და მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველყოფა. ელექტრული სარელსო წრედები გამოიყენება მთელი მსოფლიოს რკინიგზებზე. სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერები ქმნიან პრინციპიალურად ახალ მოწყობილობებს, რომლებიც ასრულებენ სარელსო წრედების იდენტურ ფუნქციებს. კერძოდ, შემუშავებულია სისტემები სალიანდაგო შლეიფების, მატარებლების ღერძების მთვლელების, რადიოლოკაციური

მოწყობილობების გამოყენებით. მაგრამ, ექსპერტების აზრით მიჩნეულია, რომ ეს მოწყობილობები საიმედოობითა და ფუნქციონალური შესაძლებლობებით მნიშვნელოვნად ჩამორჩება სარელსო წრედებს. მატარებელთა მოძრაობის სიჩქარისა და მოძრაობის ინტენსივობის ზრდასთან ერთად იზრდება სარელსო წრედებისათვის წაყენებული მოთხოვნები. ელექტრული წევის ფართოდ დანერგვამ, მძიმეწონიანი მატარებლების მოძრაობის წევის დენის ზრდამ, წევის ძრავების ტირისტორულმა მართვამ, კონსტრუქციების დამიწების აუცილებლობამ მიწასთან მიმართებაში სარელსო ხაზების იზოლაციის წინააღმდეგ შემცირებამ მნიშვნელოვნად გაართულა სარელსო წრედების მუშაობის პირობები.

სარელსო წრედები წარმოადგენს სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელე-მექანიკის: ავტობლოკირების, ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის, ელექტრული ცენტრალიზაციის, საგადასასვლელი ავტომატური სიგნალიზაციის, მატარებელთა მოძრაობის დისპეტჩერული კონტროლის და სხვა სისტემების მოწყობილობების პრაქტიკულად ძირითად ელემენტს. ამ სისტემებში სარელსო წრედები ასრულებენ შემდეგ ფუნქციებს: გადასარბენებზე და სადგურებში სარკინიგზო უბნების სარელსო ხაზების სითავისუფლისა და სიმთელისა ვტომატურ კონტროლს; გამორიცხავენ მოძრავი შემადგენლობის ქვეშ ისრის გადაყვანას; მათი საშუალებით გადაიცემა კოდური სიგნალები ლიანდაგებიდან ლოკომოტივზე და ასევე ერთი სასიგნალო დანადგარიდან მეორეზე; უზრუნველყოფენ გადასასვლელებთან და სადგურებთან მატარებლის მიახლოვების ავტომატურ კონტროლს და ა.შ. სარელსო წრედებს აქვთ რამოდენიმე ღირებული თვისება: ლიანდაგის უბნის სითავისუფლისა და დაკავების ავტომატურ კონტროლს აწარმოებენ მოძრავ შემადგენლობაზე რაიმე აღჭურვილობის გარეშე, ავტომატურად აკონტროლებენ სარელსო ხაზების ელექტრულ სიმთელეს, ლიანდაგიდან ლოკომოტივზე

ინფორმაციის გადაცემის დროს ანხორციელებენ ტერიტორიულ სელექციას.

სარელსო წრედები გამოგონილ იქნა ამერიკელი ინჟინრის უილიამს რობინზონის მიერ XIX საუკუნის მეორე ნახევარში.

კვების მიხედვით სარელსო წრედები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

- მუდმივი დენის;
- ცვლადი დენის;
- ცვლადი დენის ტონალური სიხშირის, მაიზოლირებელი პირაპირების გარეშე.

2.2.2. მუდმივი დენის სარელსო წრედები

პირველი სარელსო წრედები მუშაობდნენ მუდმივ დენზე რამდენადაც იმ დროისათვის ელექტრული კვების ერთადერთ წყაროს წარმოადგენდა აკუმულატორი, ხოლო ენერჯის გადაცემის მაღალი ძაბვის ხაზები ჯერ კიდევ არ არსებობდა.

მუდმივი დენის სარელსო წრედებმა გავრცელება ჰპოვეს 1871 წლიდან - ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ხოლო ევროპაში - 1895 წლიდან (Naumann/Pachl,2002). ამერიკის შეერთებულ შტატებში სარელსო წრედები თავიდანვე გამოიყენებოდა, მატარებლის მიერ უბნის გავლის უწყვეტი კონტროლისათვის. თუ ბლოკ-უბნის სიგრძე აღემატებოდა სარელსო წრედის სიგრძეს, მასზე განალაგებდნენ რამოდენიმე სარელსო წრედს. მათ კვება ეწოდებოდათ წინმდებარე სარელსო წრედის სალიანდაგო რელეს ფრონტალური კონტაქტების გავლით. ევროპაში პირველი სარელსო წრედის სიგრძე რამოდენიმე ათეული მეტრის ტოლი იყო და ემსახურებოდნენ შუქნიშნის წინმდებარე უბნის დაკავებულობის კონტროლს. მატარებლების მდებარეობის უწყვეტი კონტროლის, მუდმივი დენის სარელსო წრედები დაინერგა მოგვიანებით, კერძოდ გერმანიაში

1913 წელს (Naumann/Pachl,2002). დღეისათვის ევროპის (შვეცია, ნორვეგია, შვეიცარია, დანია და ინგლისი), აზიის და ამერიკის ბევრ ქვეყანაში ჯერ კიდევ გამოიყენება მუდმივი დენის უწყვეტი კვების სარელსო წრედები, სხვა ქვეყნებში, კი მათ მაგივრად დაინერგა კოდური სარელსო წრედები.

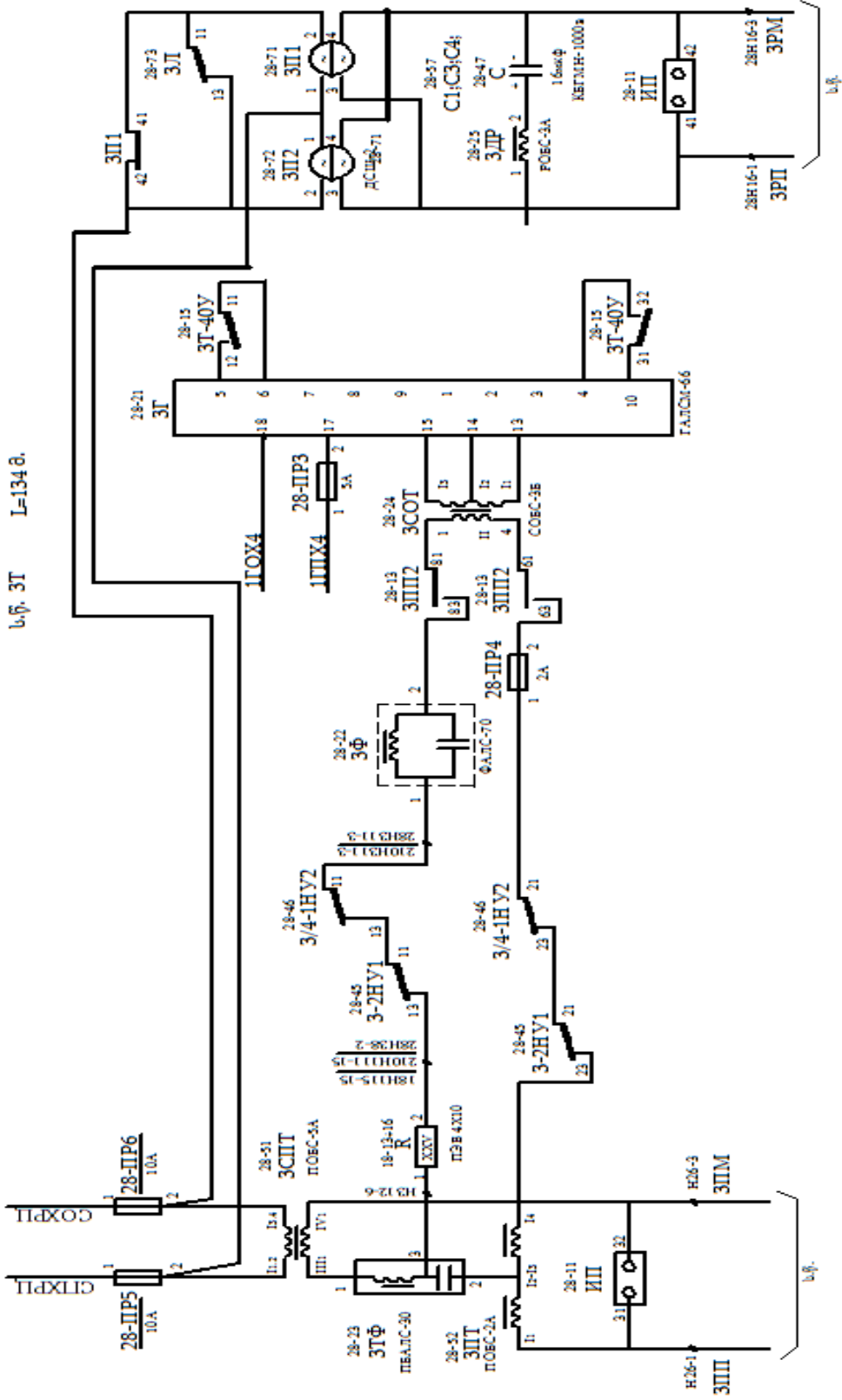
2.2.3 დაბალი სიხშირის ცვალეზადი დენის სარელსო წრედები

ელექტრო ენერგიის ხაზების და ცვალეზადი დენის გარდაქმნის საშუალეზების გამოჩენასთან ერთად, მუდმივი დენის სარელსო წრედები მთელ რიგ ქვეყნებში შეცვალა ცვალეზადი დენის სარელსო წრედებმა. სარელსო წრედების კვების სიხშირე განსხვავებული უნდა იყოს წვევის დენის სიხშირესა და მისი ჰარმონიკებისაგან.

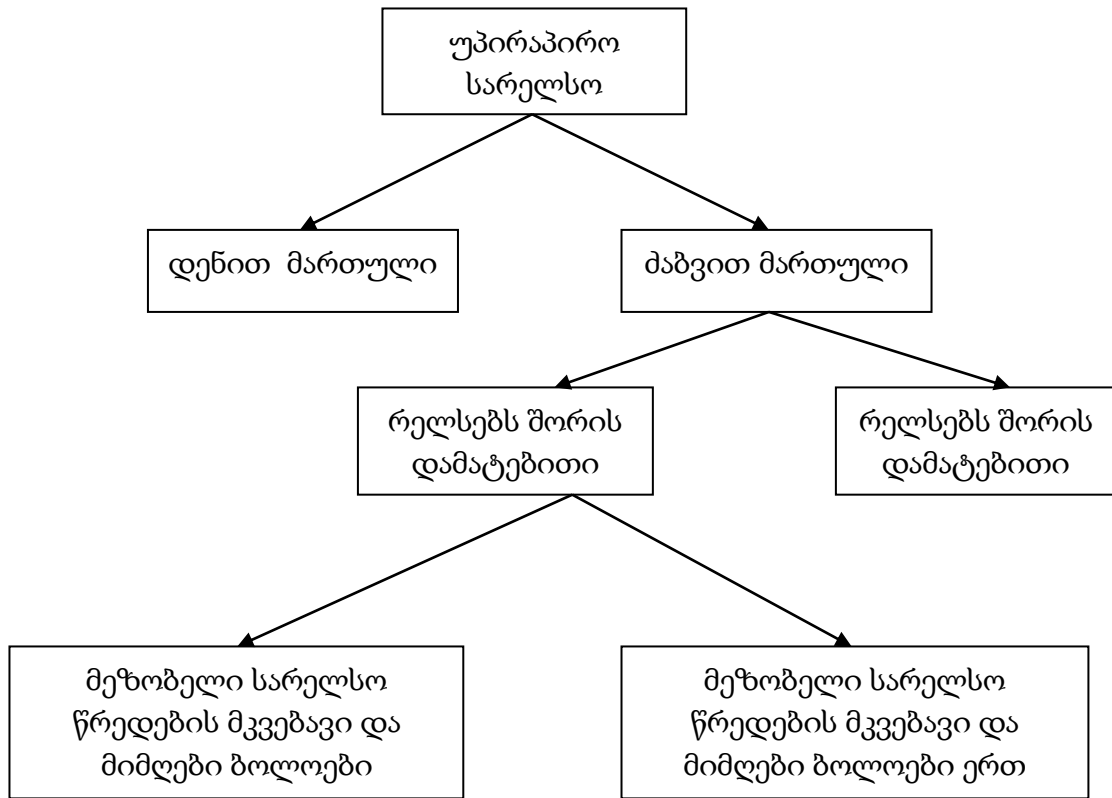
გადასარბენებზე ჩვეულებრივად მათ აქვთ ერთი გადამტანი სიხშირე და რამოდენიმე კოდური კომბინაცია ასს-ის ინფორმაციის გადასაცემად (მაგალითად, ჩეხეთის სარელსო წრედი LS მუშაობს 75ჰც. სიხშირეზე დაგადასცემს ერთიდან ოთხამდე იმპულსს ციკლში მატარებლის მოძრაობის ნებადართული სიჩქარის შესაბამისად). უწყვეტი კვების სარელსო წრედებს შეუძლიათ გადასცენ ინფორმაცია ნებადართული სიჩქარის შესახებ სიგნალის სიხშირის ცვლილებით (მაგალითად, ე.თბილისის და რუსეთის მეტროპოლიტენებში. ნახ.16.). ასეთ უწყვეტი კვების სასადგურო სარელსო წრედებში (მათ შორის ფაზამგრძნობიარე) გამოიყენებენ ერთ სიხშირეს, ხოლო ასს-ისათვის მათი საშუალეზით ინფორმაცია გადაიცემა სხვა სიგნალის დადებით. (ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია-სიჩქარის ავტომატური რეგულირება) წრედში, სადაც ხდება ორი ერთნაირი განზომილების სიხშირეების ერთმანეთზე ზედდება 200-300 ჰც.-ზე მეტი გადამტანი სიხშირის მქონე ცვალეზადი დენის სარელსო წრედები ითვლება მაღალი სიხშირის, ანუ ტონალური და გარკვეული პირობების დროს არ საჭიროებენ მაიზოლირებელ პირაპირებს.

რეჟიმი	დანიშნულება	ყველაზე ცუდი პირობები				მოთხოვნილი შედეგი
		იზოლაციის წინაღობა	ძაბვის სიდიდე	წინაღობა	სხვადასხვა	
ნორმალური	ს.წ თავისუფალია	მინიმალური	მინიმალური	მაქსიმალური	-	მიმღები დენქვეშაა
მუნტური	ს.წ. დაკავებულია	მაქსიმალური	მაქსიმალური	მინიმალური	გოგორწყვილი ს.წ - ის ბოლოზეა	მიმღები უდენოდაა
საკონტროლო	რელსი გატეხილია	კრიტიკული	მაქსიმალური	მინიმალური	-	მიმღები უდენოდაა
მოკლე შერთვის	მატარებელი მკვებავ ბოლოზეა	-	მაქსიმალური	მინიმალური	გოგორწყვილის წინაღობა 0 ომ-ქა	მკვებავი ბოლო წესრიგშია
ასს	სალოკომოტივო სიგნალიზაციის დენის ძალა	მინიმალური	მინიმალური	მაქსიმალური	გოგორწყვილი სარელეო ბოლოზეა	დენი გოგორწყვილის გავლით უზრუნველყოფს ასს-ს

ნახ.15. სარელსო წრედების მუშაობის რეჟიმების ამსახველი სქემა



ნახ.16. სარელო წრედის სქემა „სსს სარ“-ის ზედღებოთ



ნახ.17. უპირაპირო სარელსო წრედების ბმულის სქემა

2.2.4. ტონალური სიხშირის უპირაპირო სარელსო წრედები

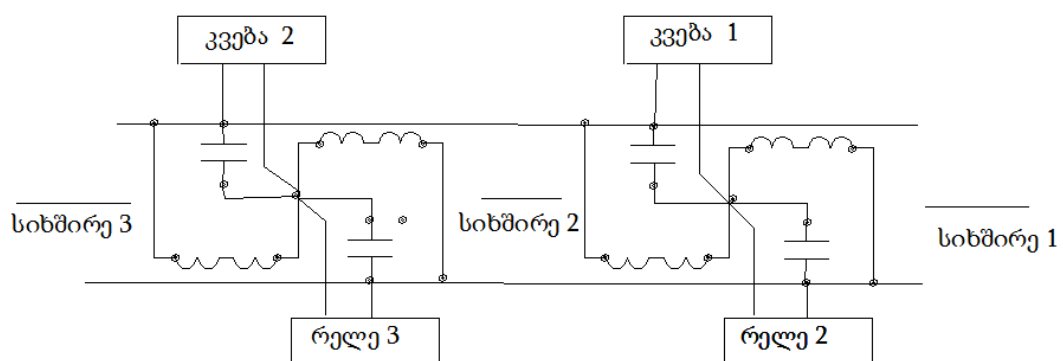
მაიზოლირებელი პირაპირები და დროსელ-ტრანსფორმატორები ართულებენ რკინიგზის ექსპლუატაციას. ელექტრონიკის სფეროში დიდმა პროგრესულმა მიღწევებმა შესაძლებელი გახადა შექმნილიყო უპირაპირო ტონალური სიხშირის სარელსო წრედები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ყოველგვარი დაბრკოლების, (მაიზოლირებელი პირაპირების) გარეშე წევის უკუდენის გატარებას რელსების გავლით.

მეზობელი სარელსო წრედების განსხვავებული დენის სიხშირეებით კვების დროს, მათში გამავალი სიგნალები ერთმანეთისათვის არ არიან ხელშემშლელი და მაიზოლირებელი პირაპირები კარგავენ თავიანთ პირვანდელ დანიშნულებას. ამ სარელსო წრედებში სიხშირის მომატებით ბალასტის წინაღობა მცირდება, ხოლო რელსების წინაღობა კი მატულობს, რაც იწვევს სიგნალის დიდ მიღევას.

აქედან გამომდინარეობს ორი უპირატესობა: შედარებით მკაფიოდ იკვეთება სარელსო წრედების საზღვრები და კლებულობს კლიმატური ფაქტორების ზეგავლენა, რამდენადაც იზოლაციის აქტიური წინაღობა ($1/G$) ნაკლები ხარისხით მოქმედებს სარელსო ხაზის პარამეტრებზე. ასეთი სარელსო წრედების ნაკლად ითვლება მათი მოკლე სიგრძე. მკვებავი ბოლოდან სარელსო ბოლომდე მაქსიმალური სიგრძე არ აღემატება 1000 მეტრს რამოდენიმე ასეული სიდიდის მქონე სიხშირეებისათვის და 100 მეტრს -20 კჰც-ზე მაღალი სიდიდის მქონე სიხშირეებისთვის. ამიტომ ყველა მაღალ სიხშირიანი სარელსო წრედი ელ. სქემის მიხედვით მიერთებულია ცენტრალური კვებით: გენერატორი გადასცემს სიგნალს ხაზში საწინააღმდეგო მხარეს განლაგებულ მიმღებებს და სარელსო წრედის სიგრძე მატულობს ორჯერ.

ასეთ სარელსო წრედებში ძირითად სირთულეს წარმოადგენს ზუსტი საზღვრების დადგენა უპირაპირო მეზობელ სარელსო წრედებს შორის. ამ ამოცანის გადასაჭრელად არსებობს რამოდენიმე ხერხი (ნახ.18)

სიმენსის (siemens) კომპანიის FTGS ტიპის უპირაპირო სარელსო წრედებში გამოიყენება ორი დიაპაზონის 12 სიხშირე: 4,75კჰც.-დან 6,25კჰც.-მდე გრძელი, ხოლო 9,5კჰც.-დან 16,5კჰც.-მდე მოკლე უბნებისათვის.



ნახ. 18. უპირაპირო სარელსო წრედების იზოლაციის სქემა

რელსებს შორის ზღუდარებს აქვს <<S>> ასოს ფორმა. მისი ინდუქტიურობა უზრუნველყოფს მოკლე გადაღობვის ზონას LC

რეზონანსული წრედის ხარჯზე. ასეთი ზონის მანძილი დამოკიდებულია სიხშირეზე და ვარირებს 7 -დან 19 მეტრამდე.

ASTER TYPE I WATT-ის ტიპის უპირაპირო სარელსო წრედები მუშაობს იგივე პრინციპით და გამოიყენება 1,6-2,8 კჰც. დიაპაზონის ექვსი სხშირე ზოგიერთი ტიპის ტონალური სიხშირის სარელსო წრედები, რომლებიც არ საჭიროებენ რელსებს შორის მოკლად ჩართულ ზღუდარებს, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სახვა ცვალებადი და მუდმივი დენის სარელსო წრედებთანკომბინაციაში, ზედმდები სარელსო წრედების სახით. მაგალითად, როგორც შეტყობინება გადასასვლელზე.

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს ტონალური სიხშირის სარელსო წრედები, რომლებსაც მიმდები აქვთ მკვებავ ბოლოზე. მათ მიერ მოზომილი დენის სიდიდე საშუალებას იძლევა არა მარტო დავაფიქსიროთ მატარებლის არსებობა, არამედ მანძილიც განვსაზღვროთ მატარებლამდე.

ასეთი ტიპის სარელსო წრედები გამოიყენება საგადასავლო სიგნალიზაციის ელექტრონულ სისტემებში[Modern railways, 2004] ლიანდაგების დაკავება კონტროლისათვის გორაკების პარკში [Sheluhin, 2005], ასევე ინტენსიური მოძრაობის მქონე ბლოკ-უბნებზე [Watanabe/Takashige,1989].

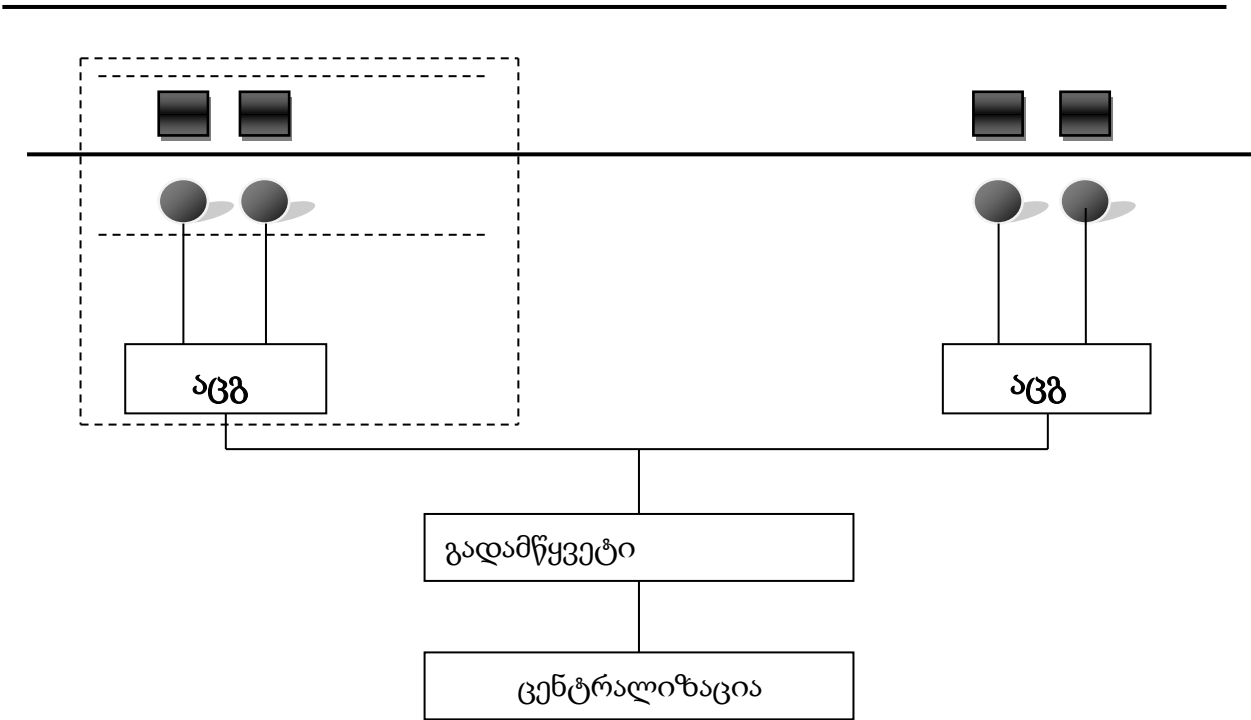
2.2.5. ღერძების მთვლელი სისტემები, სტრუქტურა და მუშაობის პრინციპები

სარელსო წრედებისგან განსხვავებით, ლიანდაგის უბანის უშუალოდ სითავისუფლის ან დაკავებულობის დადგენისას, ღერძების თვლის სისტემები მუშაობენ არაპირდაპირ. თუ წინა პერიოდში უბანი იყო თავისუფალი, ხოლო შემდეგ უბანზე შესული და უბნიდან გამოსული მატარებლის წყვილთვალების რაოდენობა ერთმანეთს დაემთხვა, მაშინ უბანი ითვლება მოძრავი შემადგენლობისგან თავისუფლად. თუ ეს პირობა არ შესრულდა, მაშინ უბანი ითვლება დაკავებულად (ნახ. 19).

თანამედროვე ღერძების მთვლელი სისტემების საიმედოობა მაღალია და შეცდომები იშვიათია. 10^8 -წყვილთვალას რაოდენობაზე მოდის არაუმეტეს ერთი შეცდომისა(Naumann/Pachl. 2002). მიუხედავად ამისა, თვლის დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს შესაძლო შეცდომები. მათ შორის ტიპიურებია:

ღერძების დათვლისას წარმოქმნილი შეცდომების შესწორება

- ერთ-ერთი გავლილი გოგორწყვილი ვერ დაფიქსირდა;
- ერთი გოგორწყვილი დათვლილია ორჯერ;
- დარეგისტრირდა გოგორწყვილი, რომელსაც არ გაუვლია;
- დარეგისტრირდა ერთი გოგორწყვილის გავლა არასწორი მიმართულებით.



ნახ. 19. ღერძების მთვლელი სისტემის ელემენტების სქემა

უსაფრთხოების მოთხოვნათა შესაბამისად ყველა საექვო შემთხვევაში უბანი ითვლება დაკავებულად. ამასთან, ერთდროულად ორმა დაზიანებამ სისტემა შეიძლება გადაიყვანოს საშიშ მდგომარეობაში. მაგალითად, შემადგენლობის გამოსვლისას ღერძების თვლის სისტემა

არასწორად არეგისტრირებს ორ დამატებით გოგორწყვილს, როდესაც სინამდვილეში ერთი ორღერძიანი ვაგონი ჩაეხსნა შემადგენლობიდან და დარჩა უბანზე.

წარმოშობილი შეცდომების მიუხედავად, სისტემამ უნდა განაგრძოს მუშაობა. ასეთ შემთხვევაში ჩვეულებრივად საჭიროა ელ.მექანიკოსის ჩარევა, რომელმაც უნდა შეიყვანოს საპასუხისმგებლო ბრძანება, რაც ამცირებს სისტემის უსაფრთხოებას. შედარებით ხშირად გამოიყენება უბნის დაკავებული მდგომარეობის ხელოვნურად ჩამოყრის ბრძანება. რადგან ამ ბრძანებაზეა დამოკიდებული მოძრაობის უსაფრთხოება. აუცილებელია გამოირიცხოს დაკავებული უბნის შეცდომით ჩამოყრა. ამისათვის ითვალისწინებენ შეზღუდვებს, რომლებიც განსხვავდებიან რკინიგზების მიხედვით.

- მხოლოდ განსაზღვრულ პიროვნებებს შეუძლიათ გასცენ საპასუხისმგებლო ბრძანებები, მაგალითად სადგურის მორიგეს ან სცბ-ს ელ.მექანიკოსს;
- თავისუფალ მდგომარეობაში უბნის ჩამოყრა შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც სისტემით დარეგისტრირებული მოძრაობის მიმართულება შეესაბამება უბნიდან გამომგზავრებას;
- ბრძანების გაცემამდე ბრძანების გამცემი უნდა დარწმუნდეს სექციის სითავისუფლეში;
- ბრძანების გაცემა რეგისტრირდება ტექნიკური საშუალებებით და ბრძანების გამცემის მიერ წერილობით უნდა მოხდეს განმარტების დაფიქსირება;
- უბნის ჩამოყრისთანავე თავისუფალ მდგომარეობაში სიგნალს არ შეუძლია გადავიდეს ნებადამრთველ ჩვენაბაზე და ამ უბანზე პირველმა მატარებელმა უნდა გაიაროს განსაკუთრებული სიფხიზლით და დაბრკოლებების წარმოქმნისას მზადყოფნაში უნდა იყოს დაუყოვნებლივ გაჩერებისათვის.

მაგალითად Az S 350 U ტიპის ღერძების თვლის სისტემა გვთავაზობს ორიდან ერთი ჩამოყრის ფუნქციას რკინიგზის მოთხოვნილებების შესაბამისად (Simens, 2001); დაუყოვნებლივი ჩამოყრის ბრძანება: სექცია ითვლება თავისუფლად სადგურის მორიგის მიერ ბრძანების გაცემისთანავე, მაგრამ ასეთი ბრძანება შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ბოლო დარეგისტრირებული წყვილთვალა მოძრაობდა უბნიდან გამოსვლის მიმართულებით. საწინააღმდეგო შემთხვევაში აუცილებელია გაიცეს დამატებითი საპასუხისმგებლო ბრძანება; ჩამოყრის მოსამზადებელი ბრძანება, რომელიც ანულებს უბნების ღერძებზე მდებარე რიცხვებს, მაგრამ სექცია ითვლება დაკავებულად მასზე შემდეგი მოძრავი შემადგენლობის გასვლამდე. იგივე მეთოდი შესაძლებელია განხორციელდეს განშტოებულ სარელსო წრედზე.

ხელოვნური ჩამოყრის ფუნქციის გარდა, არსებობს წარმოშობილი შეცდომის ავტომატური კორექციის ფუნქცია (Fenner/Naumann/Trinckauf, 2003). მისი ბაზირება ხდება რამოდენიმე მთვლელი პუნქტის შედარებისას.

თუ დადგინდა ერთ-ერთი მთვლელი პუნქტის უწესიერობა, მაშინ ხდება მისი ამორთვა სხვა მოწყობილობებიდან. ზოგიერთ სისტემაში უწესიერო პუნქტი შეიძლება გაირიცხოს ლოგიკიდან, ხოლო განსაზღვრული უბნები გაერთიანდება ერთში (Fenner/Naumann/ Trinckauf, 2003). ამ პირობის გამო უზრუნველყოფილია მატარებლების ნორმალური მოძრაობა, ოღონდ მცირდება ლიანდაგის გამტარუნარიანობა.

2.2.6. სარელსო წრედების და ღერძების მთვლელი სისტემების შედარებითი ანალიზი

1. უპირატესობები და ნაკლოვანებები

ორივე ტექნიკურ სისტემას აქვს როგორც უპირატესობები, ასევე ნაკლოვანებები (ცხრ.3). ასეთი მოწყობილობების მიმართ, სხვადასხვა რკინიგზებზე დანერგვის დროს არსებობს სხვადასხვა მიდგომები. თუ რკინიგზისათვის აუცილებელია ლიანდაგის კონტროლთან ერთად მიიღოს

ინფორმაცია გატეხილი რელსის შესახებ, ბლოკ-უბნებს შორის ხდებოდა ინფორმაციის გადაცემა და მუშაობდა ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია, მაშინ უპირატესობით გამოიყენებს სარელსო წრედებს. სხვა დანარჩენ შემთხვევებში რკინიგზისთვის უფრო მომგებიანია ღებების მთვლელი სისტემა, მათი მაღალი საიმედოობის და სხვა ინფრასტრუქტურის მოწყობილობების მიმართ და წევის დენის გატარებისათვის რაიმე განსაკუთრებული მოთხოვნების არ არსებობის გამო.

სარელსო ხაზების კონტროლის სისტემების სარელსო წრედებისა და ღებების თვლის სისტემების ფუნქციური შესაძლებლობების შედარებითი ანალიზი:

ცხრილი 3

სარელსო წრედების და ღებების მთვლელი სისტემების ფუნქციური შედარება

პარამეტრი	სარელსო წრედები	ღებების თვლის სისტემა
1	2	3
უცხო საგნების გამოვლენა ლიანდაგზე	შესაძლებელია გარკვეულ შემთხვევებში.	არა
გატეხილი რელსის გამოვლენა	ნაწილობრივ შესაძლებელია	არა
მოთხოვნილება მოძრავი შემადგენლობისადმი	აუცილებელია დაბალმიანი ელექტრული კავშირი გოგორწყვილსა და ღერძს შორის	აუცილებელია ლითონის თვალი
მოთხოვნები ლიანდაგის მიმართ	ელექტრული იზოლაცია	სპეციალური მოთხოვნები არ არის
წევის უკუდენის გატარება	აუცილებელია განსაკუთრებული აღჭურვილობა	სპეციალური მოთხოვნები არ არის
გარე გადაძაბვების ზეგავლენა	არსებობს მრავალი სალიანდაგო მოწყობილობების რელსებზე დამიწების გამო	უმნიშვნელო
მგრძობიარობა კლიმატური ზემოქმედებისადმი	მაღალი	დაბალი
კონტროლირებადი უბნის სიგრძე	შეზღუდული	შეუზღუდავი
სახიფათო მტყუნებების ალბათობა	ძალიან დაბალია, თუ მიღებულია ზომები ცუდი შუნტირების წინააღმდეგ	ძალიან დაბალია

ცხრილი 3 -ის გაგრძელება

1	2	3
დამცამი მტყუნებების ალბათობა		დაბალი
პერსონალის შესაძლებლობა, რომ გააფრთხილოს ხიფათის შესახებ	რელსების დამოკლებისას შუქნიშანი გადაიკეტება	არ არსებობს
ვარგისიანი სხვა დავალებების გადაწყვეტისათვის	მატარებლების მიერ გარკვეული პოზიციის მიღწევის რეგისტრაცია (ლიანდაგის განთავისუფლების კომბინაციით) ინფორმაციის გადაცემა ბლოკსიგნალებს შორის, ასს კოდის გადაცემა	მატარებლის რეგისტრაცია გარკვეულ პოზიცი-აზე, ასევე ლიანდაგის განთავისუფლებით

ამგვარად, სარელსო წრედი, უალტერნატივო, უძველესი მოწყობილობაა, რომელიც ლიანდაგის იზოლირებული სექციის სითავისუფლის კონტროლს აწარმოებს ათეული წლების განმავლობაში.

შვეიცარიის რკინიგზაზე, სადაც ფართოდაა გავრცელებული რკინაბეტონის განძელები, XX საუკუნის პირველი ნახევრიდან გამოყენებაშია ღერძების მთვლელი სისტემები. სალიანდაგო მოწყობილობებად გამოიყენებოდა მექანიკური და გალვ-ანური გოგორწყვილის გადამწოდები, რომლებიც დომინირებდნენ იმ პერიოდში.

1950-წლებიდან იწყება ღერძების მთვლელი სისტემის აქტიური დანერგვა ჯერ ცენტრალურ ევროპაში, ხოლო შემდგომ მსოფლიოს მთელ რიგ ქვეყნებში. მაგალითად, გერმანიის რკინიგზაზე 1995 წლიდან ახალი მშენებლობების და უბნების მოდერნიზაციის დროს ინერგება მხოლოდ ღერძების თვლის სისტემები. მაგრამ, გერმანიის მთელ გზაზე სარელსო წრედების ხვედრითი წილი ჯერ კიდევ დიდია. ამასთან, დასავლეთ ევროპის, რუსეთის, ამერიკის შეერთებული შტატების და იაპონიის რკინიგზებზე დღემდე უპირატესობას ანიჭებენ სარელსო წრედებს, რომლებსაც გარდა ძირითადი(სარელსო ხაზების სიმთელისა და სითვისუფლის კონტროლი) დანიშნულებისა, ასევე აქვთ ფუნქცია ბლოკ-

უბნებს შორის გადასაცენ ინფორმაცია და უზრუნველყონ ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მუშაობა. ამ რკინიგზებზე სარელსო წრედებთან ერთად ხშირად გამოიყენება ღერძების თვლის სისტემები, გრძელი გადასარბენებისათვის, რამდენადაც თვლის სისტემების შემთხვევაში უბნის სიგრძე შეუზღუდავია. თვლის სისტემებს ასევე უპირატესობა ენიჭებათ რკინის ხიდებზე, სადაც გამწვანებულია სარელსო წრედების იზოლაციის უზრუნველყოფა. დანარჩენ შემთხვევებში სარელსო წრედებს მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში ალტერნატივა არ გააჩნიათ.

2.2.7. სარელსო წრედების მუშაობის რეჟიმები

სარელსო წრედები უნდა აკმაყოფილებდნენ მუშაობის პირობებს ხუთ ძირითად რეჟიმში: ნორმალურში, შუნტურში, საკონტროლოში, ავტომატურ სალოკომოტივო სიგნალიზაციაში და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის.

ნორმალურ რეჟიმში, სარელსო წრედები თავისუფალია მოძრავი შემადგენლობისაგან (ერთეულისგან), რელსები წესიერულია და არ აქვთ ტეხილი, სალიანდაგო მიმღები (რელე) იმყოფება მუშა მდგომარეობაში და იძლევა დისკრეტულ ინფორმაციას „თავისუფალია“. ანუ სალიანდაგო რელეს ფრონტული კონტაქტები შეკრულია (შერთულია).

ნორმალური რეჟიმის ყველაზე უარეს პირობად ითვლება ისეთი პირობები, რომელთა დროსაც სარელსო წრედის შესასვლელზე მცირდება სიგნალი: კვების წყაროს ძაბვის მინიმალური მნიშვნელობა, სარელსო ძაფების მაქსიმალური წინაღობა, სარელსო ხაზის იზოლაციის მინიმალური წინაღობა, მიმღებთან მიმდევრობით ჩართული მათანხმებელი მოწყობილობების ელემენტების მაქსიმალური წინაღობა და მიმღებთან პარალელურად ჩართული მათანხმებელი მოწყობილობების ელემენტების მინიმალური წინაღობა.

შუნტური რეჟიმი ხასიათდება სალიანდაგო მიმღებში დენის შემცირების ეფექტით სარელსო წრედზე ერთი წყვილთვალის მაინც არსებობისას ან სარელსო ხაზზე 0,06 ომი წინაღობის ნორმატიული შუნტის ზედდებისას. სარელსო წრედის მიმღებში დენის შემცირების ეფექტს, შუნტის ზედდებისას, ეწოდება შუნტური ეფექტი, რომელიც განსაზღვრავს სარელსო წრედის ხარისხს და წარმოადგენს მის მნიშვნელოვან სპეციფიკურ საექსპლუატაციო თვისებას.

შუნტურ რეჟიმში პირობები იქნება არასაიმედო, თუ შუნტის დადებისას სალიანდაგო რელე მიიღებს დენის მაქსიმუმს, მისი ღუზის მიზიდვისათვის საკმარის ძაბვას. ასეთი რეჟიმისათვის ყველაზე უარეს პირობად ითვლება: კვების წყაროს მაქსიმალური მნიშვნელობა, სარელსო ძაბვების მინიმალური წინაღობა, სარელსო ხაზების იზოლაციის მაქსიმალური წინაღობა, მიმღებთან მიმდევრობით ჩართული მათანხმებელი მოწყობილობების ელემენტების მინიმალური წინაღობა, მიმღებთან პარალელურად ჩართული მათანხმებელი მოწყობილობების ელემენტების მაქსიმალური წინაღობა.

შუნტურ რეჟიმში ყველა ელემენტის პარამეტრების გაანგარიშება უნდა მოხდეს ისე, რომ სარელსო წრედი ნებისმიერ წერტილში უზრუნველყოფილი იყოს ყველაზე მაღალი შუნტური მგრძნობიარობა. შუნტური მგრძნობიარობის საზომად მიღებულია 0,06 ომი წინაღობის მქონე შუნტი, რომლის რელსებზე ზედდებისას სალიანდაგო მიმღებში დენი მცირდება იმ მნიშვნელობამდე, როდესაც უზრუნველყოფილია სალიანდაგო რელეს ღუზის საიმედო ჩამოშვება. შუნტური ეფექტი დამოკიდებულია სარელსო ხაზზე შუნტური ზედდების ადგილზე. შუნტური რეჟიმის ერთ-ერთ ცუდ პირობას განეკუთვნება შუნტის ზედდება მინიმალური შუნტური მგრძნობიარობის არსებობის ადგილზე.

საკონტროლო რეჟიმში სალიანდაგო მიმღები იძლევა დისკრეტულ ინფორმაციას „დაკავებულია“ (ფრონტული კონტაქტები განრთულია) სარელსო ხაზის ნებისმიერ წერტილში სარელსო ძაფების მთლიანი

ელექტრული გაწყვეტისას. ასეთი რეჟიმი ხასიათდება სარელსო ძაფიდან ერთ-ერთის გაწყვეტის შედეგად სალიანდაგო მიმღებზე ძაბვის შემცირების ეფექტით. ელექტრული წრედი კვების წყაროსა და მიმღებს შორის საკონტროლო რეჟიმში ნარჩუნდება, რადგანაც წარმოიქმნება სასიგნალო დენის გადინების გზები გაწყვეტის ადგილის შემოვლით, მიწით.

საკონტროლო რეჟიმში მიმღებებში გამავალი დენის მნიშვნელობები მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია რელსის გაწყვეტის ადგილსა და სარელსო ხაზის იზოლაციის წინალობაზე. ნორმალურად მომუშავე სარელსო წრედის ერთ-ერთი სარელსო ძაფის გაწყვეტისას, სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე სასიგნალო დენის სიდიდე საიმედოდ უნდა შემცირდეს იმ მნიშვნელობამდე, რომელიც ყველაზე ცუდ პირობებში მიმღების ასამუშავებლად არასაკმარისია.

საკონტროლო რეჟიმისთვის სარელსო წრედის მიმღების მუშაობის ყველაზე ცუდ პირობებს მიეკუთვნება: კვების წყაროს მაქსიმალური ძაბვა, სარელსო ძაფების მინიმალური წინალობა, სარელსო ხაზის იზოლაციის კრიტიკული წინალობა, გაწყვეტის კრიტიკული ადგილი, მიმღებთან მიმდევრობით ჩართული მათანხმებელი მოწყობილობების ელემენტების მინიმალური წინალობა, მიმღებთან პარალელურად ჩართული მათანხმებელი მოწყობილობების ელემენტების მაქსიმალური წინალობა.

სარელსო წრედის მუშაობისთვის საკონტროლო რეჟიმი წარმოადგენს სპეციფიურს. ერთი და იგივე პირობებში ის უზრუნველყოფილია უფრო იმპულსური, ვიდრე უწყვეტი კვებისას. ფართოდ გამოყენებული სარელსო წრედებისთვის გაწყვეტის კრიტიკული ადგილი არის სარელსო ხაზის შუაში, ხოლო იზოლაციის კრიტიკული კუთრი წინალობა I_0 დამოკიდებულია სარელსო წრედის სიგრძეზე და შეადგენს 1-2 ომი.კმ.

სარელსო წრედების სამ რეჟიმში მუშაობის გარდა, იგი აგრეთვე გამოიყენება სასიგნალო წერტილებს შორის დისკრეტული სიგნალების გადასაცემად და ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის რეჟიმში ტელემექანიკურ არხად ლოკომოტივებზე ინფორმაციის გადასაცემად.

ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის რეჟიმი ეწოდება დაკავებული წესივრული სარელსო წრედის მდგომარეობას, რომლის დროსაც წარმოიქმნება კოდური სიგნალის საკმარისი დონე გადამცემიდან დაშორებული სარელსო წრედის ბოლოში სალოკომოტივო მიმღების საიმედო მოქმედებისათვის. სალოკომოტივო მიმღების მიერ მიღებული კოდური სიგნალები იშიფრება ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მოწყობილობებით და მემანქანეს აძლევს ინფორმაციას მატარებელთა მოძრაობისათვის დადგენილი სიჩქარის თაობაზე.

ავტონომიური წევის დროს ეს დენი უნდა იყოს არანაკლები 1,2ა, მუდმივი დენით ელექტროწევისას და 50 ჰვ სიხშირის სასიგნალო დენით - 2ა, ცვლადი დენით ელექტროწევის და 25 ან 75 ჰვ სიხშირის სასიგნალო დენით - 1,4ა. დენების ეს მნიშვნელობები უზრუნველყოფილი უნდა იყოს მოცემული რეჟიმისათვის ყველაზე არასასურველ პირობებში: კვების წყაროს უმცირესი ძაბვა, რელსების უდიდესი და იზოლაციის უმცირესი წინაღობა.

მოკლედ შერთვის რეჟიმი შეესაბამება მოძრავი შემადგენლობის წყვილთვლების მიერ სარელსო წრედის მკვებავი ბოლოს დაშუნტების მომენტს. ამ რეჟიმში საჭიროა, რომ ყველაზე არასასურველ პირობებში მოკლედ შერთვის სიმძლავრე არ აღემატებოდეს კვების წყაროს ნომინალურ დადგენილ სიმძლავრეს. რელსების და იზოლაციის წინაღობის მნიშვნელობები მოკლედ შერთვის რეჟიმზე გავლენას არ ახდენენ.

ექსპლუატაციის პროცესში სარელსო წრედები უნდა აკმაყოფილებდნენ ძირითადი რეჟიმების მოთხოვნებს, რაც მიიღწევა მათი რეგულირებით სქემებთან შესაბამისობაში სიგრძის და ბალასტის მდგომარეობის მიხედვით სალიანდაგო რელეზე, საჭირო ძაბვების მნიშვნელობების დაყენებით სარეგულირებელი ცხრილების შესაბამისად.

სარელსო წრედებში პერიოდულად მოწმდება საპირაპირე და წევის მაერთებლების, დროსელების და საკაბელო დგარების ზღუდარების, ბალასტსა და რელსის ძირს შორის საჭირო ღრეჩოების, რელსებზე მიერთებული ჩამიწების სადენების და სხვა ელემენტების მდგომარეობა.

2.3. სარელსო წრედის დაზიანების პოვნა მდგომარეობის განსწავლული კლასიფიკატორების საშუალებით

2.3.1. სარელსო ხაზების მდგომარეობის კონტროლის სისტემის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელები მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმებისათვის

სარელსო ხაზის იზოლირებული უბნის მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის გადამწოდის, სარელსო წრედის მტყუნებათა სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი აჩვენებს, რომ სარელსო წრედის ნორმალური ფუნქციონირების დარღვევა ხდება ძირითადად მაიზოლირებელი პირაპირების, რელსის შემაერთებლებისა და იზოლაციის გამტარობის დაზიანების დროს. დადგენილია, რომ სარელსო წრედის დაზიანების სახისა მისი ადგილის ლოკალიზაციის დადგენაზე მომსახურე პერსონალი ზოგჯერ ხარჯავს თავისი სამუშაო დროის 50–60%. სარელსო წრედის მომსახურების არსებული სტრატეგია ითვალისწინებს სარეგლამენტო სამუშაოებს ყველა კვანძზე, იმ კვანძების ჩათვლით, რომელთა პარამეტრებიც იმყოფება ნორმის ფარგლებში, წრედის ზოგიერთი კვანძი, კი რეგლამენტის მიხედვით მომსახურებამდე გამოდის მწყობრიდან. მომსახურების ეს მეთოდი დაკავშირებულია დიდ საექსპლუატაციო ხარჯებთან.

დღეისათვის სარელსო წრედის პარამეტრების კონტროლი და მთლიანად დიაგნოსტიკა შესაძლებელია მხოლოდ რთული გაზომვების მეშვეობით, რომელთა განხორციელებაზეც ურყოფით გავლენას ახდენს გარეშე ფაქტორები. ამიტომ, მრავალწლიანი მცდელობები, შექმნილიყო სარელსო წრედის ელემენტთა დისტან-ციური კონტროლი სადიაგნოსტიკო სისტემების გადამწოდთა გამოყენებით, უშედეგოდ დასრულდა.

თანამედროვე ტექნოლოგიებით შემუშავებული სატ სისტემები საშუალებას იძლევა უწყვეტი მონიტორინგის ჩაშენებული მოწყობილობების სინთეზს, რომლებსაც აქვთ უნარი განსაზღვრონ

სადიაგნოსტიკო ობიექტის პარამეტრები. ამ ეტაპზე აქტუალურია შემუშავდეს სატ მოწყობილობათა ცალკეული კვანძების პარამეტრების ურთიერთ დამოკიდებულებათა ამსახველი მათემატიკური მოდელები, გამოვლინდეს მოწყობილობათა მდგომარეობის განმსაზღვრელი პარამეტრების ოპტიმალური რაოდენობა, რომელთა სიდიდეებიც შეიძლება გაიზომოს გარეშე ფაქტორების ზემოქმედებისგან დაცულ ადგილებში და შემუშავდეს სარელსო წრედის მდგომარეობის განმსაზღვრელი ავტომატური სისტემები, რომლებიც საშუალებას მოგვცემს, უწყვეტ რეჟიმში, დისტანციურად გავაკონტროლოთ სარელსო წრედის მდგომარეობა, ადამიანური ფაქტორის ზეგავლენა დავიყვანოთ მინიმუმამდე და გადავიდეთ მომსახურებაზე „მდგომარეობის მიხედვით“.

სარელსო ხაზების მდგომარეობის კონტროლის სისტემების დაზიანებების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მათი საიმედო ფუნქციონირების ხელშემშლელი მიზეზები რთული აღმოსაფხვრელია, მომსახურების სტრატეგიის არაოპტიმალური ორგანიზაციულ-ტექნიკური ხასიათის გამო. ამიტომ, აქტუალურია საიმედოდ ფუნქციონირებადი სარელსო წრედების შემუშავების ამოცანა, რომლებიც შეძლებენ სარელსო ხაზების მდგომარეობის დაახასიათებასა და განსაზღვრას, როდესაც:

- ა) შემცირებულია იზოლაციის წინალობა;
- ბ) გაზრდილია რელსის წინალობა;
- გ) შემცირებულია მაიზოლირებელი პირაპირის წინალობა.

მეთოდურად მოსახერხებელია განვასხვავოთ სარელსო ხაზზე გარე ზემოქმედებების სამი სხვადასხვა სახე, რომელიც განიხილება, როგორც ავტომატური სისტემის მგრძნობიარე ელემენტი:

- **უწყვეტი ზემოქმედებები** (ტემპერატურის, ტენიანობის და ა.შ. ცვლილება) რომლებიც ცვლიან სარელსო ხაზის პარამეტრებს;
- **დისკრეტული ზემოქმედებები** (სამატარებლო შუნტის დადება, სარელსო ხაზის გაწყვეტა), რომლებიც ცვლიან მისი ჩანაცვლების სქემის სტრუქტურას;

– უწყვეტი და დისკრეტული ზემოქმედებები (წევის დენისა და მოხეტიალე დენებისაგან ხელშეშლები და სხვა), რომლებიც არ ცვლიან ჩანაცვლების სქემის პარამეტრებსა და სტრუქტურას, მაგრამ ძირითად სიგნალთან ერთად ზემოქმედებენ მიმღებზე.

ამ ზემოქმედებებზე სარელსო წრედის რეაქცია გამოვლინდება მის შესასვლელზე და გამოსასვლელზე სიგნალების პარამეტრების ცვლილებით, რომლებიც წარმოადგენენ მისი მდგომარეობის ინფორმაციულ ნიშნებს. ასეთებს წარმოადგენენ: ძაბვის და დენის ამპლიტუდა და ფაზა სარელსო ხაზის შესასვლელზე და დატვირთული სარელსო ხაზის გამოსასვლელზე.

უწყვეტი და დისკრეტული დაბრკოლებები და მათი ზეგავლენა გადაცემის ტრაქტზე და შესაბამისად სარელსო წრედის მიმღების მუშაობაზე საკმაოდ არის გამოკვლეული და შეთავაზებულია ორგანიზაციული და ტექნიკური ღონისძიებები, რომლებიც არ ცვლიან ჩანაცვლების სქემის სტრუქტურას და ამიტომ გამოსახულებების წარმოქმნის მათემატიკური მოდელების შემუშავებისას გარე დაბრკოლებები არ არის გათვალისწინებული. სარელსო წრედის ქმედითუ-ნარიანობის ამაღლება და ინფორმაციის მიღება მუშაობის რეჟიმების შესახებ, შესაძლებელია მათი მდგომარეობათა კლასიფიკაციის ალგორითმების შექმნით სარელსო წრედის პირველადი ნიშნების შესახებ ინფორმაციის გამოყენებით.

სარელსო წრედების მდგომარეობის ინფორმაციულ ასეთ ნიშნებს, რომლებიც გარემო პირობების ცვალებადობით იცვლება წარმოადგენს:

- ა) სარელსო ხაზის შესასვლელზე ძაბვისა და დენის ამპლიტუდები და ფაზები.
- ბ) დატვირთული სარელსო ხაზის გამოსასვლელზე ძაბვისა და დენის ამპლიტუდები და ფაზები.

სადისერტაციო ნაშრომში შემუშავებულია სარელსო წრედების მდგომარეობის კლასიფიკაციის ალგორითმები. დამუშავებულია სარელსო

ხაზის შესასვლელზე და გამოსასვლელზე ძაბვისა და დენის ამპლიტუდებისა და შესაბამისად მათი ფაზების ($U_1, \varphi_1, I_1, \psi_1, U_2, \varphi_2, I_2, \psi_2$) გამოსახულებები, მათემატიკური მოდელები, სარელსო წრედების პირველადი პარამეტრების გამოყენებით ნორმალური, შუნტური, საკონტროლო და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმებისათვის.

ცვლადი დენის სარელსო წრედების გამოკვლევისას სარელსო ხაზი განიხილება, როგორც ხაზი თანაბრად განაწილებული პარამეტრებით. მიღებული იდეალიზაცია საშუალებას იძლევა მივიღოთ რეალურთან კარგად შეთანხმებული ანალიზის შედეგები. აქედან გამომდინარე, ℓ კმ სიგრძის სარელსო წრედის მდგომარეობის განტოლებებს ექნება შემდეგი სახე

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_2 \cdot \operatorname{ch} \gamma \ell + \dot{I}_2 \cdot z_c \cdot \operatorname{sh} \gamma \ell \\ \dot{I}_1 &= \dot{U}_2 \cdot \frac{1}{z_c} \operatorname{sh} \gamma \ell + \dot{I}_2 \operatorname{ch} \gamma \ell \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

სადაც, \dot{U}_1, \dot{I}_1 – ძაბვის და დენის ამპლიტუდების კომპლექსური სიდიდეებია სარელსო ხაზის შესასვლელზე, \dot{U}_2, \dot{I}_2 – ძაბვის და დენის ამპლიტუდების კომპლექსური სიდიდეებია სარელსო ხაზის გამოსასვლელზე, სადაც

$$\gamma = a + jb = \sqrt{(r_0 + j\omega L_0)(\rho_0 + j\omega C_0)} \quad (2)$$

$$a = \sqrt[4]{(r_0 \rho_0 - \omega^2 L_0 C_0)^2 + \omega^2 (r_0 C_0 + L_0 \rho_0)^2} \cos \left[\frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{\omega(r_0 C_0 + L_0 \rho_0)}{r_0 \rho_0 - \omega^2 L_0 C_0} \right], \quad (3)$$

$$b = \sqrt[4]{(r_0 \rho_0 - \omega^2 L_0 C_0)^2 + \omega^2 (r_0 C_0 + L_0 \rho_0)^2} \sin \left[\frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{\omega(r_0 C_0 + L_0 \rho_0)}{r_0 \rho_0 - \omega^2 L_0 C_0} \right], \quad (4)$$

$$z_c = a_1 + jb_1 = \sqrt{\frac{(r_0 + j\omega L_0)}{(\rho_0 + j\omega C_0)}} \quad (5)$$

$$a_1 = \sqrt[4]{\frac{(r_0\rho_0 + \omega^2 L_0 C_0)^2 + \omega^2(L_0\rho_0 - r_0 C_0)}{(\rho_0^2 + \omega^2 C_0^2)^2}} \cos \left[\frac{1}{2} \arctg \frac{\omega(L_0\rho_0 + r_0 C_0)}{r_0\rho_0 + \omega^2 L_0 C_0} \right], \quad (6)$$

$$b_1 = \sqrt[4]{\frac{(r_0\rho_0 + \omega^2 L_0 C_0)^2 + \omega^2(L_0\rho_0 - r_0 C_0)}{(\rho_0^2 + \omega^2 C_0^2)^2}} \sin \left[\frac{1}{2} \arctg \frac{\omega(L_0\rho_0 + r_0 C_0)}{r_0\rho_0 + \omega^2 L_0 C_0} \right], \quad (7)$$

სადაც, r_0, L_0, ρ_0, C_0 – სარელსო ხაზის საწყისი პარამეტრებია სასიგნალო დენის გარკვეული სიხშირის შემთხვევაში; ℓ – სარელსო ხაზის სიგრძეა, კმ-ში.

75 ჰერცზე ნაკლები სიხშირის სასიგნალო დენის შემთხვევაში დამყარებულ პროცესში სიდიდე C_0 მცირეა და მას უგულებელყოფენ. ამ შემთხვევაში ფარდობები (3), (4), (6), (7) მიიღებენ შემდეგ სახეს:

$$a = \sqrt[4]{(r_0\rho_0)^2 + (\omega L_0\rho_0)^2} \cos \left[\frac{1}{2} \arctg \frac{\omega L_0}{r_0} \right], \quad (8)$$

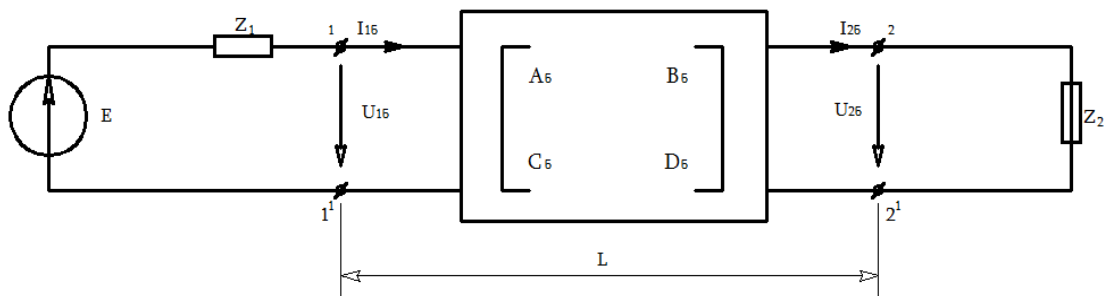
$$b = \sqrt[4]{(r_0\rho_0)^2 + (\omega L_0\rho_0)^2} \sin \left[\frac{1}{2} \arctg \frac{\omega L_0}{r_0} \right], \quad (9)$$

$$a_1 = \sqrt[4]{\frac{(r_0\rho_0)^2 + (\omega L_0\rho_0)^2}{\rho_0^2}} \cos \left[\frac{1}{2} \arctg \frac{\omega L_0}{r_0} \right], \quad (10)$$

$$b_1 = \sqrt[4]{\frac{(r_0\rho_0)^2 + (\omega L_0\rho_0)^2}{\rho_0^2}} \sin \left[\frac{1}{2} \arctg \frac{\omega L_0}{r_0} \right], \quad (11)$$

2.3.2. ნორმალური რეჟიმის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელი

ნახ. 20-ზე ნაჩვენებია ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა ნორმალურ „ნ“ რეჟიმში, რომელშიც სარელსო ხაზი განიხილება როგორც ოთხპოლუსა გადანაწილებული პარამეტრებით.



ნახ. 20. ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა ნორმალურ „ნ“ რეჟიმში

ქვემოთ ნაჩვენებია შემზღუდველი Z_1 წინაღობა

$$Z_1 = a_1 + jb_1 \quad (12)$$

ხოლო, დატვირთვის წინაღობა

$$Z_2 = a_2 + jb_2 \quad (13)$$

მაშინ, ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემის ოთხპოლუსას კოეფიციენტები მიიღებს სახეს:

$$\left. \begin{aligned} A_\delta = D_\delta = a_4 + jb_4 = ch\gamma l \\ a_4 = \frac{1}{2}(e^{a'l} + e^{-a'l})\cos b'l \\ b_4 = \frac{1}{2}(e^{a'l} - e^{-a'l})\sin b'l \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\left. \begin{aligned}
 B_{\delta} &= a_5 + jb_5 = Z_a \operatorname{sh} \gamma \ell \\
 \operatorname{sh} \gamma \ell &= a_6 + jb_6, \quad a_6 = \frac{1}{2}(e^{a\ell} + e^{-a\ell}) \cos b\ell \\
 & \quad b_6 = \frac{1}{2}(e^{a\ell} - e^{-a\ell}) \sin b\ell \\
 a_5 &= a_1 \cdot a_6 - b_1 \cdot b_6 \\
 b_5 &= a_1 \cdot b_6 + b_1 \cdot a_6
 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned}
 C_{\delta} &= a_7 + jb_7 = \frac{1}{Z_a} \operatorname{sh} \gamma \ell \\
 a_7 &= (a_1 \cdot a_6 + b_1 \cdot b_6) / (a_1^2 + b_1^2) \\
 b_7 &= (a_1 \cdot b_6 - b_1 \cdot a_6) / (a_1^2 + b_1^2)
 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

ნახ.20 - ზე ნაჩვენები სქემისთვის მართებულია შემდეგი ტოლობები:

$$\left. \begin{aligned}
 \dot{U}_{1\delta} &= A_{\delta} \dot{U}_{2\delta} + B_{\delta} \dot{I}_{2\delta} \\
 \dot{I}_{1\delta} &= C_{\delta} \dot{U}_{2\delta} + D_{\delta} \dot{I}_{2\delta} \\
 \dot{U}_{1\delta} &= \dot{E} - \dot{I}_{1\delta} \dot{Z}_1 \\
 \dot{U}_{2\delta} &= \dot{I}_{2\delta} \dot{Z}_2
 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

მე-17 ტოლობიდან გამომდინარეობს:

$$\dot{U}_{2\delta} = \dot{E} \frac{Z_2}{Z_1(C_{\delta} Z_2 + D_{\delta}) + A_{\delta} Z_2 + B_{\delta}} \quad (18)$$

$$\dot{I}_{2\delta} = \dot{E} \frac{1}{Z_1(C_{\delta} Z_2 + D_{\delta}) + A_{\delta} Z_2 + B_{\delta}} \quad (19)$$

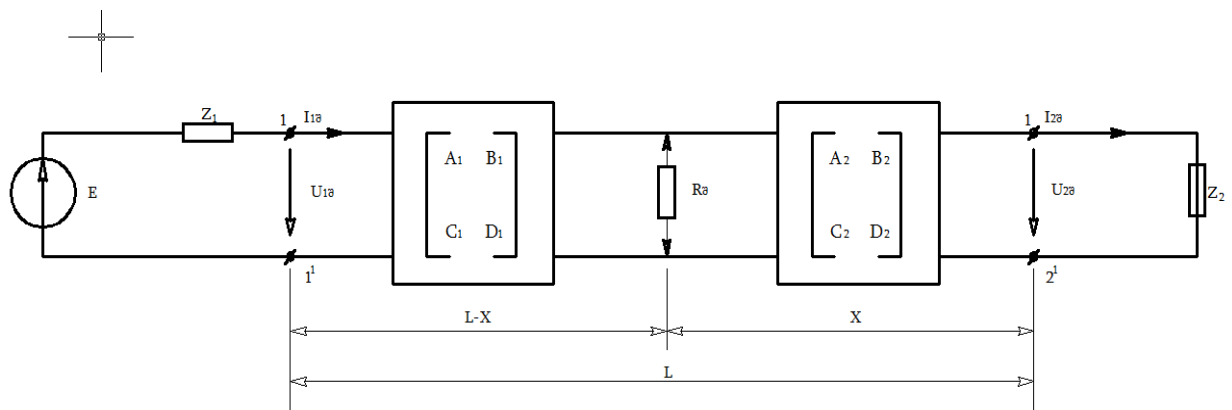
$$\dot{U}_{1\delta} = \dot{E} \frac{A_H Z_2 + B_H}{A_{\delta} Z_2 + B_{\delta} + C_{\delta} Z_1 Z_2 + D_{\delta} Z_1} \quad (20)$$

$$\dot{I}_{1\delta} = \dot{E} \frac{C_{\delta}Z_2 + D_{\delta}}{A_{\delta}Z_2 + B_{\delta} + C_{\delta}Z_1Z_2 + D_{\delta}Z_1} \quad (21)$$

სადაც, \dot{E} , $U_{1\delta}$, $U_{2\delta}$, $I_{1\delta}$, $I_{2\delta}$, $\varphi_{1\delta}$, $\varphi_{2\delta}$, $\psi_{1\delta}$, $\psi_{2\delta}$, არის კვების წყაროსა და სარელსო წრედის შესასვლელზე და გამოსასვლელზე ძაბვებისა და დენის ამპლიტუდები და შესაბამისად მათი საწყის ფაზები ნორმალურ რეჟიმში.

2.3.3. შუნტური რეჟიმის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელი.

ნახ.21 - ზე ნაჩვენებია ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა შუნტურ „შ“ რეჟიმში.



ნახ. 21. ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა შუნტურ „შ“ რეჟიმში

სარელსო წრედის დასაწყისიდან შუნტის ადგილამდე $(l - x)$ კმ სიგრძის სარელსო ხაზის ჩანაცვლების სქემის ოთხპოლუსას კოეფიციენტების მატრიცას ექნება სახე:

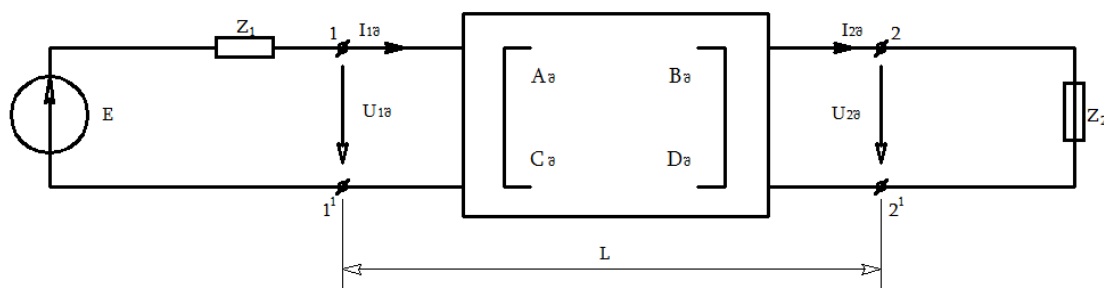
$$\begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ch((l-x)\gamma) & Z_c ch(\gamma(l-x)) \\ \frac{1}{Z_c} sh(\gamma(l-x)) & ch(\gamma(l-x)) \end{bmatrix} \quad (22)$$

ეს კი, შუნტის დადების ადგილიდან სარელსო წრედის ბოლომდე x კმ სიგრძის სარელსო ხაზის ჩანაცვლების სქემის მატრიცაა.

x - არის შუნტის ადგილმდებარეობის კოორდინატა, რომელიც აითვლება სარელსო ხაზის ბოლოდან.

$R_{\text{ა}}$ - შუნტის ნორმატიული წინაღობაა.

$$\begin{bmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ch(\gamma x) & Z_c sh(\gamma x) \\ \frac{1}{Z_c} sh(\gamma x) & ch(\gamma x) \end{bmatrix} \quad (23)$$



ნახ.22. გაერთიანებული სარელსო წრედის შუნტური რეჟიმის ჩანაცვლების სქემა

ნახ.22 -ზე ნაჩვენებია სარელსო წრედის ჩანაცვლების გაერთიანებული სქემა შუნტურ რეჟიმში, რომელიც ექვივალენტურია ნახ.21 -სა. მაშინ, შუნტური რეჟიმის გაერთიანებული სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემის შესაბამისი ოთხპოლუსას კოეფიციენტებს ექნება შემდეგი სახე:

$$\begin{bmatrix} A_{\text{შ}} & B_{\text{შ}} \\ C_{\text{შ}} & D_{\text{შ}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_{\text{შ}}} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} A_2 \left(A_1 + \frac{B_1}{R_{\partial}} \right) + B_1 C_2 & B_2 \left(A_1 + \frac{B_1}{R_{\partial}} \right) + B_1 D_2 \\ A_2 \left(C_1 + \frac{D_1}{R_{\partial}} \right) + D_1 C_2 & B_2 \left(C_1 + \frac{D_1}{R_{\partial}} \right) + D_1 D_2 \end{bmatrix} \quad (24)$$

ნახ.22-ისთვის მართებულია შემდეგი თანაფარდობა:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{1\partial} &= A_{\text{მ}} \dot{U}_{2\partial} + B_{\partial} \dot{I}_{2\partial} \\ \dot{I}_{1\partial} &= C_{\text{მ}} \dot{U}_{2\partial} + D_{\text{მ}} \dot{I}_{2\partial} \\ \dot{U}_{1\partial} &= \dot{E} - \dot{I}_{1\partial} Z_1 \\ \dot{U}_{2\partial} &= \dot{I}_{2\partial} Z_2 \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

ხოლო 25-ე თანაფარდობიდან გამომდინარეობს:

$$\dot{U}_{2\partial} = \dot{E} \frac{Z_2}{Z_1(C_{\partial} Z_2 + D_{\partial}) + A_{\partial} Z_2 + B_{\partial}} \quad (26)$$

$$\dot{I}_{2\partial} = \dot{E} \frac{1}{Z_1(C_{\partial} Z_2 + D_{\partial}) + A_{\partial} Z_2 + B_{\partial}} \quad (27)$$

$$\dot{U}_{1\partial} = \dot{E} \frac{A_{\partial} Z_2 + D_{\partial}}{A_{\partial} Z_2 + B_{\partial} + C_{\partial} Z_1 Z_2 + D_{\partial} Z_1} \quad (28)$$

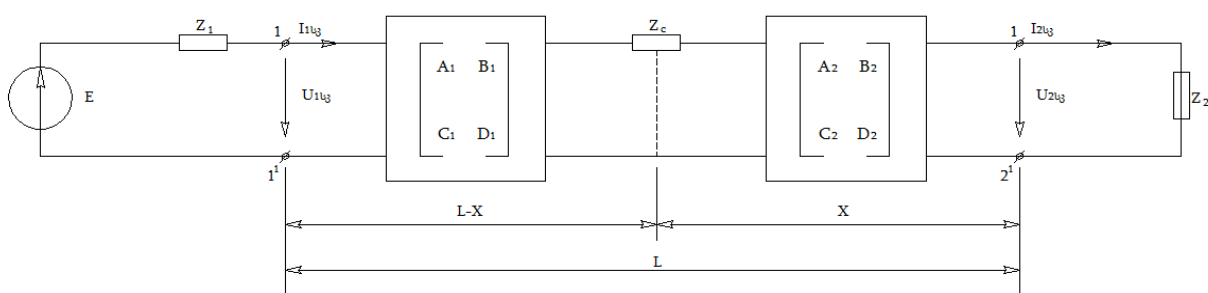
$$\dot{I}_{1\partial} = \dot{E} \frac{C_{\partial} Z_2 + D_{\partial}}{A_{\partial} Z_2 + B_{\partial} + C_{\partial} Z_1 Z_2 + D_{\partial} Z_1} \quad (29)$$

სადაც, \dot{E} , $U_{1\partial}$, $U_{2\partial}$, $I_{1\partial}$, $I_{2\partial}$, $\varphi_{1\partial}$, $\varphi_{2\partial}$, $\psi_{1\partial}$, $\psi_{2\partial}$, შესაბამისად არის კვების წყაროსა და სარელსო წრედის შესასვლელზე და გამოსასვლელზე ძაბვების

და დენის ამპლიტუდები და შესაბამისად მათ საწყის ფაზები შუნტურ რეჟიმში.

2.3.4. საკონტროლო რეჟიმის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელი

ნახ. 23 - ზე ნაჩვენებია ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა საკონტროლო „სკ“ რეჟიმისათვის. სადაც,



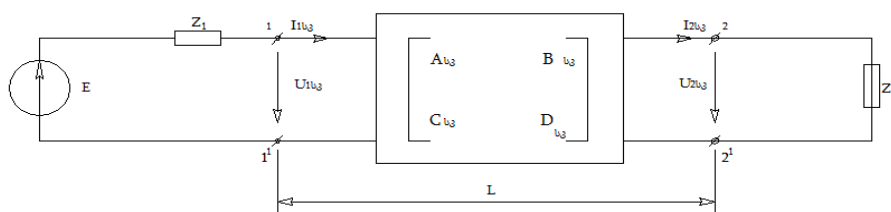
ნახ. 23. სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა საკონტროლო „სკ“ რეჟიმისათვის

Z_0 - არის რელსის გატეხვის ადგილის ექვივალენტური წინაღობა;

x - რელსის გატეხვის ადგილის კოორდინატა, რომელიც აითვლება სარელსო წრედის ბოლოდან;

l - სარელსო ხაზის სიგრძეა;

ნახ. 24-ზე ნაჩვენებია ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების გაერთიანებული სქემა საკონტროლო რეჟიმში, რომელიც ექვივალენტურია



ნახ.24. სარელსო წრედის საკონტროლო რეჟიმის გაერთიანებული ჩანაცვლების სქემა

ნახ. 23 -ისა, მაშინ, საკონტროლო რეჟიმის გაერთიანებული სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემის შესაბამისი ოთხპოლუსას კოეფიციენტებს ექნება შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} A_{\text{სკ}} & B_{\text{სკ}} \\ C_{\text{სკ}} & D_{\text{სკ}} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & Z_3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} A_1 A_2 + (A_1 Z_3 b + B_1) C_2 & A_1 B_2 + (A_1 Z_3 b + B_1) D_2 \\ C_1 A_2 + (C_1 Z_3 b + D_1) C_2 & C_1 B_2 + (C_1 Z_3 b + D_1) D_2 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (30)$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{1\text{სკ}} &= A_K \dot{U}_{2\text{სკ}} + B \dot{I}_{2\text{სკ}} \\ \dot{I}_{1\text{სკ}} &= C_K \dot{U}_{2\text{სკ}} + D \dot{I}_{2\text{სკ}} \\ \dot{U}_{1\text{სკ}} &= \dot{E} - \dot{I}_{1\text{სკ}} Z_1 \\ \dot{U}_{2\text{სკ}} &= \dot{I}_{2\text{სკ}} Z_2 \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

$$\dot{U}_{2\text{სკ}} = \dot{E} \frac{Z_2}{Z_1(C_{\text{სკ}} Z_2 + D_{\text{სკ}}) + A_{\text{სკ}} Z_2 + B_{\text{სკ}}} \quad (32)$$

$$\dot{I}_{2\text{სკ}} = \dot{E} \frac{1}{Z_1(C_{\text{სკ}} Z_2 + D_{\text{სკ}}) + A_{\text{სკ}} Z_2 + B_{\text{სკ}}} \quad (33)$$

$$\dot{U}_{1\text{სკ}} = \dot{E} \frac{A_{\text{სკ}} Z_2 + D}{A_{\text{სკ}} Z_2 + B_{\text{სკ}} + C_{\text{სკ}} Z_1 Z_2 + D_{\text{სკ}} Z_1} \quad (34)$$

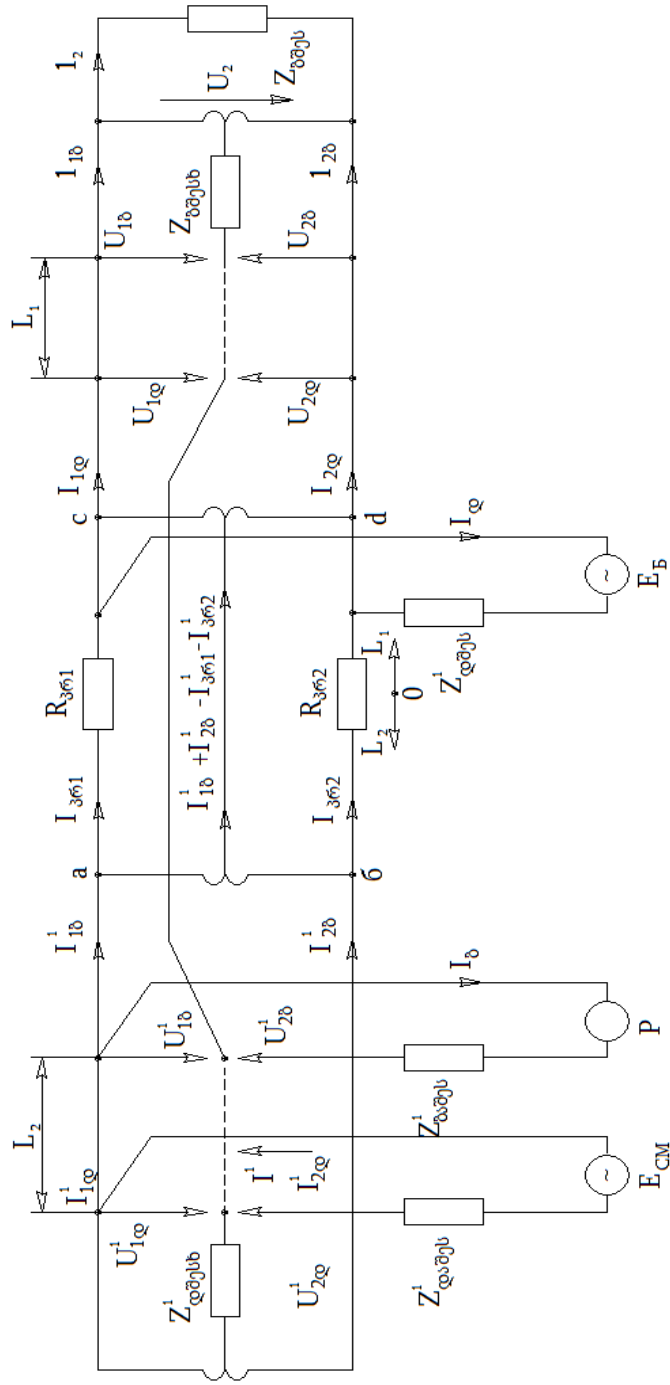
$$\dot{I}_{1\text{სკ}} = \dot{E} \frac{C_{\text{სკ}} Z_2 + D_{\text{სკ}}}{A_{\text{სკ}} Z_2 + B_{\text{სკ}} + C_{\text{სკ}} Z_1 Z_2 + D_{\text{სკ}} Z_1} \quad (35)$$

სადაც, \dot{E} , U_{1k} , U_{2k} , I_{1k} , I_{2k} , φ_{1k} , φ_{2k} , ψ_{1k} , ψ_{2k} , არის კვების წყაროსა და სარელსო წრედის შესასვლელზე და გამოსასვლელზე ძაბვებისა და დენის ამპლიტუდები და შესაბამისად მათი საწყისი ფაზები საკონტროლო რეჟიმში.

2.3.5. მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელი

მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმის ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელის მისაღებად საჭიროა სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემის (ნახ. 25) შემუშავება. მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმისათვის. გამოსაკვლევია სარელსო წრედის ოთხპოლუსას კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის განხილულია ორი მეზობელი ცვლადი დენის სარელსო წრედის ჩანაცვლების გაერთიანებული სქემა სადაც,

- I_{1a} , I_{2a} - გამოსაკვლევია სარელსო წრედის ბოლოში პირველ და მეორე სარელსო ხაზებში დენის სიდიდეებია;
- I_{1d} , I_{2d} - გამოსაკვლევია სარელსო წრედის დასაწყისში პირველ და მეორე სარელსო ხაზებში დენის სიდიდეებია;
- U_{1a} , U_{2a} - გამოსაკვლევია სარელსო წრედის ბოლოში პირველი და მეორე სარელსო ხაზების ძაბვებია მიწასთან მიმართებაში;
- U_{1d} , U_{2d} - გამოსაკვლევია სარელსო წრედის დასაწყისში პირველი და მეორე სარელსო ხაზების ძაბვებია მიწასთან მიმართებაში;
- I'_{1a} , I'_{2a} - შესაბამისად, მოსაზღვრე სარელსო წრედის ბოლოს პირველ და მეორე სარელსო ხაზებში დენის სიდიდეებია;
- I'_{1d} , I'_{2d} - შესაბამისად, მოსაზღვრე სარელსო წრედის დასაწყისში პირველ და მეორე სარელსო ხაზებში დენის სიდიდეებია;



ნახ. 25. სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა მაიზოლირებული პირაპირის

მოკლედ შერთვის დროს

- U'_{1z}, U'_{2z} - შესაბამისად, მოსაზღვრე გამოსაკვლევი სარელსო წრედის ბოლოში პირველი და მეორე სარელსო ხაზების ძაბვებია მიწასთან მიმართებაში;
- U'_{1d}, U'_{2d} - შესაბამისად, მოსაზღვრე სარელსო წრედის დასაწყისში პირველი და მეორე სარელსო ხაზების ძაბვებია მიწასთან მიმართებაში;
- U_2 და I_2 - გამოსაკვლევი სარელსო წრედის დატვირთვის ძაბვა და დენია;
- I_{z61}, I_{z62} - დენის სიდიდეებია სარელსო წრედის პირველი და მეორე სარელსო ხაზების მაიზოლირებელ პირაპირებში;
- R_{z61}, R_{z62} - სარელსო წრედის პირველი და მეორე სარელსო ხაზების მაიზოლირებელი პირაპირების წინააღობებია;
- $Z^1_{დშეს}$ - მოსაზღვრე სარელსო წრედის დასაწყისში დროსელ-ტრანსფორმატორის შუა წერტილსა და მიწას შორის შესასვლელი ხაზის წინააღობაა;
- $Z^1_{zშეს}$ - გამოსაკვლევი სარელსო წრედის ბოლოში დროსელ-ტრანსფორმატორის შუა წერტილსა და მიწას შორის შესასვლელი ხაზის წინააღობაა;
- $Z^1_{დაშეს}$ - მოსაზღვრე სარელსო წრედის დასაწყისში აპარატურის შესასვლელი წინააღობაა;
- $Z^1_{ზაშეს}$ - მოსაზღვრე სარელსო წრედის ბოლოში აპარატურის უკუ შესასვლელი წინააღობაა;
- $Z_{დშეს}$ - გამოსაკვლევი სარელსო წრედის დასაწყისში შესასვლელი წინააღობაა;
- $Z_{zშეს}$ - გამოსაკვლევი სარელსო წრედის ბოლოში შესასვლელი წინააღობაა მოცემული სარელსო წრედისთვის მართებულია შემდეგი შესაბამისობები:

$$U_{1z} = A_{z3} \dot{U}_{2z} + B_{z3} I_{2z} \quad (36)$$

$$I_{1z} = C_{z3} \dot{U}_{2z} + D_{z3} I_{2z}$$

$$U_{1z} = \dot{E} - I_{1z} Z_1$$

$$U_{23\text{მ}} = I_{23\text{მ}} \dot{Z}_2$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ

$$U_{23\text{მ}} = \dot{E} \frac{Z_2}{\dot{Z}_1 (C_{3C} \dot{Z}_2 + D_{3C}) + A_{3C} \dot{Z}_2 + B_{3C}}; \quad (37)$$

$$I_{23\text{მ}} = \dot{E} \frac{1}{\dot{Z}_1 (C_{3C} \dot{Z}_2 + D_{3C}) + A_{3C} \dot{Z}_2 + B_{3C}}; \quad (38)$$

$$U_{13\text{მ}} = \dot{E} \frac{A_{3C} Z_2 + B_{3C}}{A_{3C} \dot{Z}_2 + B_{3C} + C_{3C} Z_1 Z_2 + D_{3C} \dot{Z}_1}; \quad (39)$$

$$I_{13\text{მ}} = E \frac{C_{3C} Z_2 + D_{3C}}{A_{3C} Z_2 + B_{3C} + C_{3C} Z_1 Z_2 + D_{3C} \dot{Z}_1}; \quad (40)$$

სადაც E , $U_{13\text{მ}}$, $U_{23\text{მ}}$, $I_{13\text{მ}}$, $I_{23\text{მ}}$ შესაბამისად დენის და ძაბვის ამპლიტუდებია სარელსო წრედების მკვებავ და სარელსო ბოლოზე, ხოლო $\varphi_{13\text{მ}}$, $\varphi_{23\text{მ}}$, $\Psi_{13\text{მ}}$, $\Psi_{23\text{მ}}$ მათი საწყისი ფაზებია მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმში. მაშასადამე 2, 3, 4, 5, ფორმულები სარელსო წრედების მრავალი სახეობის მიღების საშუალებას იძლევიან მოკლედ შერთვის დროს.

2.3.6. სახეობების ინფორმატიულობის შეფასება და გადამწყვეტი ფუნქციის შერჩევა

სარელსო წრედების მდგომარეობის განსაზღვრა დაკავშირებულია წინა პარაგრაფში შემუშავებული სახეობების ყველაზე ინფორმატიული ნიშნების გამოვლენის ამოცანასთან და იმ წესების სინთეზთან, რომელთა საფძველზეც შესაძლებელი იქნება სახეობათა სიმრავლის დაყოფა კლასებად(ნორმალური, შუნტური, საკონტროლო და მაიზოლირებელი

პირაპირის მოკლედ შერთვის დროს) ანუ, კლასიფიკაციის პროცდურების მოძიებასთან.

სახეობათა ნიშნების ინფორმატიულობის განსაზღვრის მეთოდები შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად:

1. მეთოდი, რომელიც განსაზღვრის დროს არ ითვალისწინებს ამომცნობ, გადამწყვეტ ფუნქციას.
2. მეთოდი, რომელითაც სახეობათა შედარება წარმოებს ამომცნობი ფუნქციის საშუალებით, კლასიფიკატორების გამოყენებით.

მეორე ჯგუფის მეთოდებს ენიჭებათ უპირატესობა, რამდენადაც განმსაზღვრელი ფუნქციის სახეზე დამოკიდებული კლასიფიკატორის ფუნქციო-ნიშნების ალგორითმი, მნიშვნელოვნად მოქმედებს სახეობათა სიმრავლის კლასებად დაყოფის ხარისხზე და შესაბამისად მოქმედებენ ნიშნების ინფორმატიულობის შეფასებაზეც.

სარელსო ხაზების მდგომარეობის განმსაზღვრელი სახეობების ინფორმატიულობის რაოდენობრივი შეფასება, მოსახერხებელია განვახორციელოთ გაყოფის ხარისხის ფუნქციით

$$K_{\alpha} = \frac{a_{\min}(x_1, x_2, \dots, x_n) \cdot b}{a_{\max}(x_1, x_2, \dots, x_n) \cdot a}, \forall x_1, x_2, \dots, x_n, \quad (41)$$

სადაც: $a_{\min}(x_1, x_2, \dots, x_n) \cdot b$ - გადამწყვეტი ფუნქციის მინიმალური მნიშვნელობაა სარელსო წრედის ნორმალურ რეჟიმში მუშაობის დროს;

$a_{\max}(x_1, x_2, \dots, x_n) \cdot a$ - გადამწყვეტი ფუნქციის მაქსიმალური მნიშვნელობაა, სარელსო წრედის შუნტურ რეჟიმში, ან საკონტროლო რეჟიმში, ან მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმში მუშაობის დროს.

$$K_{b3} = \frac{a_{\min}(x_1, x_2, \dots, x_n) \delta}{a_{\max}(x_1, x_2, \dots, x_n) \beta}, \forall x_1, x_2, \dots, x_n \quad (42)$$

სადაც,

$a_{\min}(x_1, x_2, \dots, x_n) \delta$ - გადამწყვეტი ფუნქციის მინიმალური მნიშვნელობა სარელსო წრედის შუნტურ რეჟიმში მუშაობის დროს;

$a_{\max}(x_1, x_2, \dots, x_n) \beta$ - გადამწყვეტი ფუნქციის მაქსიმალური მნიშვნელობა, საკონტროლო რეჟიმში.

$$K_{\text{მ}} = \frac{a_{\min}(x_1, x_2, \dots, x_n) \beta_{\text{მ}}}{a_{\max}(x_1, x_2, \dots, x_n) \beta_{\text{მ}}}, \forall x_1, x_2, \dots, x_n \quad (43)$$

სადაც, $a_{\min}(x_1, x_2, \dots, x_n) \beta_{\text{მ}}$ - გადამწყვეტი ფუნქციის მინიმალური მნიშვნელობა სარელსო წრედის საკონტროლო რეჟიმში მუშაობის დროს;

$a_{\max}(x_1, x_2, \dots, x_n) \beta_{\text{მ}}$ - გადამწყვეტი ფუნქციის მაქსიმალური მნიშვნელობა, სარელსო წრედის პირაპირის მოკლედ შერთვის დროს.

$$K_{\text{ო}} = (K_{\text{მ}} + K_{b3}) / 2 \quad (44)$$

$$K_{\text{გი}} = (K_{\text{მ}} + K_{b3} + K_{\text{მ}}) / 3 \quad (45)$$

$K_{\text{გი}}$ -ნიშნების ინფორმატიულობის გაერთიანებული მაჩვენებელია, რომელიც ახასიათებს გადამწყვეტი ფუნქციის მიერ გამოყენებული გაერთიანებული ნიშნების ინფორმატიულობას.

თუ გადამწყვეტ $\alpha(x)$ ფუნქციაში გამოიყენება ორი ნიშანი, მაშინ $K_{\text{გი}}$ ახასიათებს ორი ნიშნის გაერთიანებულ ინფორმატიულობას, თუ გამოიყენება ნიშანი სამი მაშინ, $K_{\text{გი}}$ ახასიათებს სამი ნიშნის გაერთიანებულ ინფორმატიულობას და ა. შ.

პირველადი ნიშნების გაერთიანებული ინფორმატიულობის რაოდენობრივი შეფასება კლასიფიკატორის ჩართულობით შეიძლება, თუ გვეცოდინება გადამწყვეტი ფუნქციის სახე და სახეობების კლასებად დაყოფის წესები. მაშინ, დასახული სარელსო წრედის სიგრძის და სარელსო წრედის იზოლაციის მაქსიმალური წინაღობის შემთხვევაში შესაძლებელი იქნება ორ-ორად დაჯგუფებული სხვადასხვა პირველადი ნიშნების ინფორმატიულობის გაერთიანებული მაჩვენებლის განსასაზღვრად.

პირველადი ნიშნების ინფორმატიულობის შეფასებისათვის გამოვიყენეთ გადამწყვეტი ფუნქცია, კოლმოგოროვ-გაბორის ხარისხობრივი პოლინომის საფუძველზე, რომელიც იოლად იწარმოება და აკმაყოფილებს ვეიერშტრასის თეორიის პირობებს მოახლოების შესახებ.

საბოლოო ჯამში კოლმოგოროვ-გაბორის პოლინომს აქვს შემდეგი სახე:

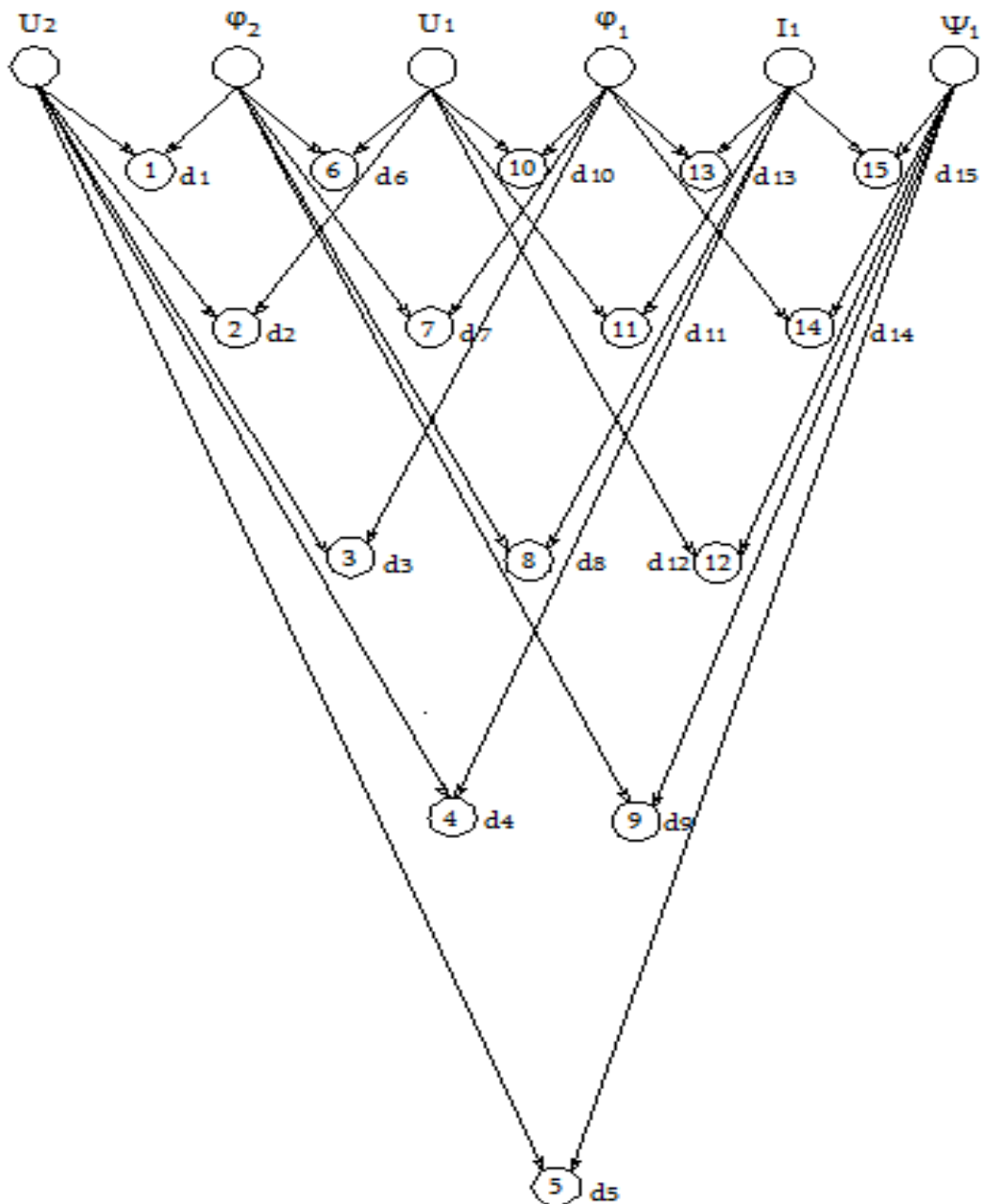
$$\alpha(X) = C_0 + \sum_{i=1}^n C_i X_i + \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_i x_j + \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n C_{ijk} x_i x_j x_k + \dots, \quad (46)$$

სადაც, C_i, C_{ij}, C_{ijk} პოლინომის კოეფიციენტებია

$x_i x_j x_k$ - პირველადი ინფორმაციული ნიშნებია

როგორც შევთანხმდით, სარელსო წრედის მდგომარეობა უნდა დავახასიათოთ ექვსი პირველადი ნიშნით, ესენია $\{ U_i : \varphi_1, I_i, \psi_i, U_2, \varphi_2, I_2 \}$ ძაბვისა და დენის ამპლიტუდების და მათი ფაზების განზოგადებული გამოსახულებები სარელსო წრედის შესავალსა და გამოსავალში. სარელსო წრედის მუშაობის ოთხი სხვადასხვა რეჟიმისათვის ეს ინფორმატიული ნიშნები მიიღებს შესაბამის მნიშვნელობებს: $U_{15}, I_{15}, U_{25}, I_{25}, U_{18}, I_{18}, U_{28}, I_{28}, U_{153}, I_{153}, U_{253}, I_{253}, U_{138}, I_{138}, U_{238}, I_{238}$ – ძაბვისა და დენის ამპლიტუდების მნიშვნელობებია სარელსო წრედის შესავალსა და გამოსავალში, ხოლო $\varphi_{15}, \psi_{15}, \varphi_{25}, \psi_{25}; \varphi_{18}, \psi_{18}, \varphi_{28}, \psi_{28}; \varphi_{153}, \psi_{153}, \varphi_{253}, \psi_{253}; \varphi_{138}, \psi_{138}, \varphi_{238}, \psi_{238}$,

Ψ_2 ; - მათი საწყისი ფაზები რელსის წრედების მუშაობის შესაბამის რეჟიმებში. ამრიგად, წინა პარაგრაფებში მიღებული შეფარდებები სარელსო წრედის ოთხივე რეჟიმისათვის საშუალებას იძლევა, მივიღოთ მრავალი სახის სარელსო წრედების ინფორმატიული ნიშნები სხვადასხვა რეჟიმებში, რომლებიც ხასიათდება ძაბვისა და დენის ამპლიტუდებით და საწყისი ფაზებით სარელსო წრედის შესავალსა და გამოსავალში მისი პირველადი პარამეტრების, სარელსო ხაზის ბოლოებზე წინააღმართა სხვადასხვა მნიშვნელობებისას.



ნახ. 26. ორგანოზომილებიანი სახეობების შეწყვილებების ორგანიზების სქემა

კოეფიციენტების: A₆, A_ა, A_{სკ}, A_{აშ}; B₆, B_ა, B_{სკ}, B_{აშ}; C₆, C_ა, C_{სკ}, C_{აშ};

D₆, D_ა, D_{სკ}, D_{აშ}; მნიშვნელობები მიღებული იყო ნაშრომში.

სახეობათა ნიშნების ინფორმატიულობის შეფასების ამოცანის გადაწყვეტა დაყვანილია ორ-ორად, სამ-სამად, ოთხ-ოთხად, ხუთ-ხუთად და ექვს-ექვსად დაწვეილებული სახეობათა ნიშნების ინფორმატიულობის გაერთიანებული მაჩვენებლების ანალიზთან, რომელშიც არის გაერთიანებული პირველადი ნიშნები ორად, სამად, ოთხად, ხუთად და ექვსად. ექვსი ნიშნიდან ორის კომბინაციათა სიმრავლე წარმოადგენს შემდეგს:

$$C_n^n = \frac{N!}{n!(N-n)!} = 15$$

ნახ. 26-ზე ნაჩვენებია ორგანზომილებიანი სახეობების შეწყვილებების ორგანიზების სქემა.

თუ გავითვალისწინებთ 46-ე ფორმულას, გადამწყვეტი ფუნქცია მიიღებს სახეს:

$$\begin{aligned}
 a_1(U_2, \varphi_2) &= C_{0_1} + C_{1_1} U_2 + C_{2_1} \varphi_2 + C_{3_1} U_2 \varphi_2 + C_{4_1} U_2^2 + C_{5_1} \varphi_2^2 \\
 a_2(U_2, U_1) &= C_{0_2} + C_{1_2} U_2 + C_{2_2} U_1 + C_{3_2} U_2 U_1 + C_{4_2} U_2^2 + C_{5_2} U_1^2 \\
 a_3(U_2, \varphi_1) &= C_{0_3} + C_{1_3} U_2 + C_{2_3} \varphi_1 + C_{3_3} U_2 \varphi_1 + C_{4_3} U_2^2 + C_{5_3} \varphi_1^2 \\
 a_4(U_2, |_1) &= C_{0_4} + C_{1_4} U_2 + C_{2_4} |_1 + C_{3_4} U_2 |_1 + C_{4_4} U_2^2 + C_{5_4} |_1^2 \\
 a_5(U_2, \varphi_1) &= C_{0_5} + C_{1_5} U_2 + C_{2_5} \psi_1 + C_{3_5} U_2 \psi_1 + C_{4_5} U_2^2 + C_{5_5} \psi_1^2 \\
 a_6(\varphi_2, U_1) &= C_{0_6} + C_{1_6} \varphi_2 + C_{2_6} U_1 + C_{3_6} U_1 \varphi_2 + C_{4_6} \varphi_2^2 + C_{5_6} U_1^2 \\
 a_7(\varphi_1, \varphi_2) &= C_{0_7} + C_{1_7} \varphi_2 + C_{2_7} \varphi_1 + C_{3_7} \varphi_2 \varphi_1 + C_{4_7} \varphi_2^2 + C_{5_7} \varphi_1^2 \\
 a_8(\varphi_2, |_1) &= C_{0_8} + C_{1_8} \varphi_2 + C_{2_8} |_1 + C_{3_8} \varphi_2 |_1 + C_{4_8} \varphi_2^2 + C_{5_8} |_1^2 \quad (47) \\
 a_9(\varphi_2, \psi_1) &= C_{0_9} + C_{1_9} \varphi_2 + C_{2_9} \psi_1 + C_{3_9} \varphi_2 \psi_1 + C_{4_9} \varphi_2^2 + C_{5_9} \psi_1^2 \\
 a_{10}(U_1, \varphi_1) &= C_{0_{10}} + C_{1_{10}} U_1 + C_{2_{10}} \varphi_1 + C_{3_{10}} U_1 \varphi_1 + C_{4_{10}} U_1^2 + C_{5_{10}} \varphi_1^2
 \end{aligned}$$

$$a_{11}(U_1, |_1) = C_{0_{11}} + C_{1_{11}} U_1 + C_{2_{11}} |_1 + C_{3_{11}} U_1 |_1 + C_{4_{11}} U_1^2 + C_{5_{11}} |_1^2$$

$$a_{12}(U_1, \psi_1) = C_{0_{12}} + C_{1_{12}} U_1 + C_{2_{12}} \psi_1 + C_{3_{12}} U_1 \psi_1 + C_{4_{12}} U_1^2 + C_{5_{12}} \psi_1^2$$

$$a_{13}(\varphi_2, |_1) = C_{0_{13}} + C_{1_{13}} \varphi_1 + C_{2_{13}} |_1 + C_{3_{13}} \varphi_1 |_1 + C_{4_{13}} \varphi_1^2 + C_{5_{13}} |_1^2$$

$$a_{14}(\varphi_1, \psi_1) = C_{0_{14}} + C_{1_{14}} \varphi_1 + C_{2_{14}} \psi_1 + C_{3_{14}} \varphi_1 \psi_1 + C_{4_{14}} \varphi_1^2 + C_{5_{14}} \psi_1^2$$

$$a_{15}(|_1, \psi_1) = C_{0_{15}} + C_{1_{15}} |_1 + C_{2_{15}} \psi_1 + C_{3_{15}} |_1 \psi_1 + C_{4_{15}} |_1^2 + C_{5_{15}} \psi_1^2$$

გადამწვეტმა ფუნქციამ უნდა უზრუნველყოს სარელსო ხაზების მდგომარეობების სახეობათა სივრცე დაყოს ოთხ კლასად: ნორმალური, შუნტური,

საკონტროლო და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის სახეობათა კლასებად. ყველა სახეობების ერთობლიობის ამოცნობის დროს გადამწვეტმა ფუნქციამ უნდა მიიღოს მნიშვნელობები თითოეული სახეობათა კლასისთვის წინასწარ მინიჭებული რიცხვის, კლასის მაჩვენებლის, საზღვრებში. მაგალითად, ნორმალური რეჟიმისა და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმების კომბინაციის განტოლებათა სისტემის გამოსაცნობი სახეობათა სიმრავლის კლასების მაჩვენებლების რიცხვითი მნიშვნელობებია:

- ნორმალური რეჟიმის მაჩვენებელი - 15;
- მაიზოლირებელი პირაპირების (მპ) მოკლედ შერთვის რეჟიმი - 10.

კლასების სხვადასხვა მაჩვენებლების შემთხვევაში ნორმალური, შუნტური, საკონტროლო და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის სახეობათა სივრცეები არ უნდა გადაიკვეთოს. ეს პირობა უნდა იყოს ჩადებული გადამწვეტი ფუნქციის კოეფიციენტების განსაზღვრის ალგორითმში, რომელიც ითვალისწინებს შემდეგი პროცედურების შესრულებას:

1. სარელსო ხაზის სიგრძის, იზოლაციის მინიმალური წინააღობის, კლასების მაჩვენებლის დასახვა;

2. სარელსო წრედების მუშაობის ყველა რეჟიმისათვის სარელსო ხაზების მდგომარეობის სახეობათა სიმრავლეების ფორმირება;
3. პირობითი განტოლებათა სისტემის შედგენა.

$$\begin{aligned}
 C_0 + C_1 x_{i\delta} + C_2 y_{i\delta} + C_3 x_{i\delta} y_{i\delta} + C_4 x_{i\delta}^2 + C_5 y_{i\delta}^2 &= a_{\delta} \\
 i=1,2,\dots, m; \\
 C_0 + C_1 x_{j\theta} + C_2 y_{j\theta} + C_3 x_{j\theta} y_{j\theta} + C_4 x_{j\theta}^2 + C_5 y_{j\theta}^2 &= a_{\theta} \\
 j=1,2,\dots, m; \\
 C_0 + C_1 x_{nb\zeta} + C_2 y_{nb\zeta} + C_3 x_{nb\zeta} y_{nb\zeta} + C_4 x_{nb\zeta}^2 + C_5 y_{nb\zeta}^2 &= a_{b\zeta} \\
 n=1,2,\dots, m; \\
 C_0 + C_1 x_{p\alpha} + C_2 y_{p\alpha} + C_3 x_{p\alpha} y_{p\alpha} + C_4 x_{p\alpha}^2 + C_5 y_{p\alpha}^2 &= a_{\alpha} \\
 p=1,2,\dots, m;
 \end{aligned}
 \tag{48}$$

სადაც, $x_{i\delta}, y_{i\delta}$ i -ი ნორმალური რეჟიმის ნიშანებია;

$x_{j\theta}, y_{j\theta}$ j -ი შუნტური რეჟიმის ნიშანებია;

$x_{nb\zeta}, y_{nb\zeta}$ n -ი საკონტროლო რეჟიმის ნიშანებია;

$x_{p\alpha}, y_{p\alpha}$ p -ი პირაპირების მოკლედ შერთვის რეჟიმის ნიშანებია;

$a_{\delta}, a_{\theta}, a_{b\zeta}, a_{\alpha}$ შესაბამისად ნორმალური, შუნტური, საკონტროლო

და მპ-ის მოკლედ შერთვის რეჟიმების სახეთა კლასების მაჩვენებლებია. სახეობათა სიმრავლის მაჩვენებლების მნიშვნელობების, წინასწარ გათვლილი სხვადასხვა რეჟიმების პირველადი ნიშნების (პირველადი ნიშნების მნიშვნელობები სხვადასხვა რეჟიმებისათვის ბალასტის მინიმალური დასაშვები წინაღობის, რელსის დასაშვები მაქსიმალური წინაღობის და მაიზოლირებელი პირაპირის დასაშვები მინიმალური წინაღობის დროს), საფუძველზე ყველა რეჟიმისათვის უნდა შედგეს პირობითი განტოლებათა სისტემა მომიჯნავე ყველანაირი სიგრძის სარელსო წრედებთან კომბინაციისათვის. ამ განტოლებათა სისტემას აქვს შემდეგი სახე:

$$A \cdot C = B \tag{49}$$

$$\underline{A} = \begin{bmatrix}
 1 & X_{1b} & Y_{1b} & X_{1b}Y_{1b} & X^2_{1b} & Y^2_{1b} \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 1 & \underline{X_{m5}} & \underline{Y_{m5}} & \underline{X_{m5}Y_{m5}} & X^2_{m5} & Y^2_{m5} \\
 1 & X_{1a} & Y_{1a} & X_{1a}Y_{1a} & X^2_{1a} & Y^2_{1a} \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 1 & \underline{X_{m8}} & \underline{Y_{m8}} & \underline{X_{m8}Y_{m8}} & X^2_{m8} & Y^2_{m8} \\
 1 & X_{1b3} & Y_{1b3} & X_{1b3}Y_{1b3} & X^2_{1b3} & Y^2_{1b3} \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 1 & \underline{X_{mb3}} & \underline{Y_{mb3}} & \underline{X_{mb3}Y_{mb3}} & X^2_{mb3} & Y^2_{mb3} \\
 1 & X_{13a} & Y_{13a} & X_{13a}Y_{13a} & X^2_{13a} & Y^2_{13a} \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 1 & \underline{X_{m3a}} & \underline{Y_{m3a}} & \underline{X_{m3a}Y_{m3a}} & X^2_{m3a} & Y^2_{m3a}
 \end{bmatrix} \tag{50}$$

$$\underline{C} = \begin{bmatrix} C0 \\ C1 \\ C2 \\ C3 \\ C4 \\ C5 \end{bmatrix} \text{ კოეფიციენტის მატრიცა} \tag{51}$$

$$B = \begin{bmatrix} a_{11} \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{12} \\ a_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{22} \\ a_{31} \\ a_{32} \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{33} \end{bmatrix} \quad - \text{კლასების მაჩვენებელი მატრიცა} \quad (52)$$

მიღებული არათავსებადი განტოლებათა სისტემა შეიძლება ამოიხსნას შემდეგი მეთოდის მიხედვით: C_0, C_1, \dots, C_5 კოეფიციენტების გამოსათვლელად გამოიყენება უმცირეს კვადრატთა მეთოდები, რომელიც დაფუძნებულია მატრიცულ ფაქტორიზაციაზე. შესასვლელი A მატრიციდან შეიძლება მივიღოთ სამი სხვადასხვა მატრიცა: Σ , U და V სადაც, Σ მატრიცა - არის $a_{ii} \geq 0$ დიაგონალურ ელემენტებიანი დიაგონალური მატრიცა, რომელთაც A მატრიცის სინგულარულ რიცხვებს უწოდებენ. U და V მატრიცები ორთოგონალურია იმ მოსაზრებით, რომ $U \cdot U^T = I_n$ და $V \cdot V^T = I_m$, სადაც $I_n - n$ ჯერადის ერთეულოვანი მატრიცაა, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ

$$U^{-1} = U^T \text{ და } V^{-1} = V^T .$$

ამგვარად, A მატრიცის სინგულარული განლაგება იქნება:

$$A = U \cdot \Sigma \cdot V^T$$

სადაც, A - მატრიცა $n \times m$;

U - მატრიცა $n \times n$;

V - მატრიცა $m \times m$;

Σ - დიაგონალური მატრიცა $n \times m$

(49)-ე განტოლებაში A -ს ჩასმით მივიღებთ:

$$U \cdot \Sigma \cdot V^T \cdot C = B$$

რომელიც შეიძლება გარდავქმნათ შემდეგნაირად:

$$U^T \cdot U \cdot \Sigma \cdot V^T \cdot C = U^T \cdot B$$

$$\Sigma \cdot V^T \cdot C = U^T \cdot B$$

აქედან გამოდინარე მივიღებთ განტოლებას:

$$\Sigma \cdot C = B \quad (53)$$

სადაც, $C = V^T \cdot C$ და $B = U^T \cdot B$,

მაშასადამე, მე-(49) განტოლება ორთოგონალური გარდაქმნის საშუალებით გადაყვანილია წრფივ მე-(53) განტოლებაში, რომლის ამოხსნაც შესაძლებელია პროგრამულად.

უნდა აღინშნოს, რომ სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმების გამოცნობის დროს აღმოჩნდა, რომ სხვადასხვა ნიშნების კომბინაციათა სიმრავლეებიდან ყველაზე ინფორმატიულია ნიშნები: $\alpha(U_2, \varphi_2)$ ძაბვის ამპლიტუდა და ფაზა სარელსო წრედის გამოსასვლელზე. ამ ინფორმატიული ნიშნების დროს ხარისხის ფუნქციის გაყოფის სიდიდე $K_{3c}=1,456 - 1,499$. სხვა ნიშნების კომბინაციათა სიმრავლეების შემთხვევების დროს კი, K_{3c} -ის მნიშვნელობა ნიაკლებია ან ახლო-საა 1-ის მნიშვნელობასთან, რაც მიანიშნებს სხვა კომბინაციების ნაკლებ ინფორმატიულობაზე, რომელთა საფუძველზეც მიღებული განტოლებათა სისტემის მიხედვით შეუძლებელია სახეობათა და სარელსო წრედების მუშაობის რეჟიმების გამოცნობა.

2.4. სატ მოწყობილობების დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის სისტემების ტექნიკური გადაწყვეტები

2.4.1. სარელსო წრედის მდგომარეობის განსწავლული კლასიფიკატორებით ავტომატური დიაგნოსტიკის სისტემის სინთეზი

სარელსო წრედების მტყუნებებისას, რთულია დაზიანების გამომწვევი მიზეზის პოვნა, რაც იწვევს მატარებლების მოძრაობის შეფერხებას. დღეისათვის, სარელსო წრედების პარამეტრების მონიტორინგი და დიაგნოსტიკა მთლიანად შესაძლებელია მხოლოდ ხელით შესრულებული კომპლექსური ღონისძიებების საშუალებით. დღეისათვის არსებული ტექნიკური მომსახურების სარეგლამენტო მეთოდი არ ითვალისწინებს მოწყობილობების უწყვეტ რეჟიმში კონტროლს, და მომსახურე პერსონალს არ გააჩნია ინფორმაცია მოწყობილობების დაზიანებისწინა მდგომარეობის და მოსალოდნელი მტყუნების შესახებ. სარელსო წრედების ელემენტების დიაგნოსტიკური სისტემების შექმნის, რამოდენიმე წლის მცდელობამ (გადამწოდის გამოყენებით), დადებითი შედეგი ვერ გამოიღო, რადგან მათ მუშაობაზე უარყოფით გავლენას ახდენს გარე ხელშემშლელი ფაქტორები. სარელსო წრედების დაზიანებების გამო, მოძრავი შემადგენლობების შეფერხებების გამოსარიცხად აუცილებელია სარკინიგზო ხაზის ელემენტების მუდმივი მონიტორინგი და მომსახურე პერსონალისთვის დაზიანების ხასიათისა და ადგილის შესახებ ინფორმაციის მიწოდება. ამ პრობლემის გადასაჭრელად სადოქტორო ნაშრომში შემოთავაზებულია განსწავლული კლასიფიკატორი, შემუშავებული ალგორითმების საშუალებით სარელსო წრედის დიაგნოსტიკის ავტომატური სისტემა. დიაგნოსტიკური სისტემისათვის ყველაზე მნიშვნელოვანია: მოიძებნოს პარამეტრი, რომელიც განსაზღვრავს სარელსო წრედის მდგომარეობას და რომლის მნიშვნელობის გაიზომვაც შესაძლებელი იქნება გარე ფაქტორებისგან დაცულ ადგილას. ავტომატური

დიაგნოსტიკის სისტემა საშუალებას მოგვცემს გაუმჯობესდეს სატ სისტემების საიმედოობა, მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი მატარებლის მოძრაობის შეფერხება და შესაბამისად, გაუმჯობესდეს მოძრაობის უსაფრთხოება და რკინიგზის გამტარუნარიანობა. დღეისათვის მნიშვნელოვანია: სატ მოწყობილობების ცალკეულ კვანძებს შორის ურთიერთობების მათემატიკური აღწერილობების შემუშავება, მოწყობილობების მდგომარეობის განსაზღვრის პარამეტრების იდენტიფიცირება, რომელთა მნიშვნელობები შეიძლება შეფასდეს გარე ფაქტორებისგან დაცულ ადგილებში.

მიღებული მათემატიკური მოდელები საშუალებას იძლევა შევქმნათ სარელსო წრედების მდგომარეობის კლასიფიკაციის ალგორითმები პირველადი პარამეტრების შესახებ ინფორმაციის გამოყენებით. მიღებული, მდგომარეობის კლასიფიკაციის ალგორითმების და გაზომილი პარამეტრების, ინფორმაციული ნიშნების ბაზაზე შეგვიძლია შევიშუშაოთ სარელსო ხაზების მდგომარეობის კონტროლის ავტომატური სისტემები. სარელსო წრედის დიაგნოსტიკის ასეთი ავტომატური ინფორმაციული სისტემა, რომელიც შექმნილია მათემატიკური მოდელირების ბაზაზე შეიძლება დამონტაჟდეს სარკინიგზო ხაზებზე, როგორც სადგურის მორიგე ელ.მექანიკოსის, ასევე სცბ-ს დისპეტჩერთან, ინფორმაციის გადაცემა, კი შესაძლებელია ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელის საშუალებით.

სარელსო წრედის მუშაობის ანალიზი მდგომარეობს სარელსო წრედის მიმღები და გადამცემი აპარატურის ელემენტთა პარამეტრების მნიშვნელობათა სივრცეში, იმ არის განსაზღვრაში, რომლითაც შესაძლებელი ხდება ნორმალური, შუნტური, საკონტროლო და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმების გარანტირებული ამოცნობა.

მდგომარეობის განსწავლული კლასიფიკატორების მქონე სარელსო წრედის ანალიზისას ამოსავალ მონაცემებს წარმოდგენს: სარელსო წრედის სხე, სარელსო ხაზის სიგრძე, სასიგნალო დენის სიხშირე. ანალიზის

შედეგებია: რელსის ხაზის წინაღობათა ოპტიმალური მნიშვნელობები, კვების წყაროს ძაბვა, მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის გამოვლენილი მინიმალური წინაღობა, გადამწყვეტი ფუნქციის პოლინომების კოეფიციენტები, იზოლაციის მინიმალური დასაშვები წინაღობა სარელსო ხაზის დასახული სიგრძისას, ანდა სარელსო ხაზის მაქსიმალურად დასაშვები სიგრძე იზოლაციის მინიმალური დასაშვები წინაღობისას.

სახეთა კლასებად დაყოფის ხარისხის შეფასების კრიტერიუმს წარმოადგენს ერთ კლასში გადამწყვეტი ფუნქციის მინიმალურად შესაძლო მნიშვნელობების შეფარდება მეორე ახლომდებარე კლასის გადამწყვეტი ფუნქციის მაქსიმალურ მნიშვნელობასთან. დაყოფის ფუნქციონალია ფორმულით (45). ცხადია, რომ კლასიფიკატორით სახეთა დაყოფის ხარისხი მით უფრო მაღალია, რაც მეტია ფუნქციონალის მნიშვნელობა. სარელსო წრედის იზოლაციის წინასწარ დასახული მინიმალური წინაღობისას, სასიგნალო დენის სიხშირისას, დასახული სახისათვის, განსაზღვრული რეჟიმების შესაბამისი პარამეტრების ვარირებით ვხდენთ დაყოფის ხარისხის ფუნქციონალის მაქსიმიზირებას.

იზოლაციის მინიმალური წინაღობა, სწორედ არის იზოლაციის წინაღობის ის დასაშვები ზღვრული მნიშვნელობა, რომლის დროსაც კლასიფიკატორი საიმედოდ ამოიცნობს ოთხივე რეჟიმის სახეებს.

27-ე ნახაზზე მოცემულია ავტომატური დიაგნოსტიკური სისტემის სტრუქტურული სქემა, რომელიც შედგება:

მმ - მკვებავი მოწყობილობა;

შმდ - სარელსო წრედის დასაწყისის შემათანხმებელი ბლოკი;

სხ - სარელსო ხაზი;

შმზ - სარელსო წრედის ბოლოს შემათანხმებელი ბლოკი;

სმ - სალიანდაგო მიმღები;

ეკ - ელექტრონული კომპუტატორი;

ას - ძაბვის ამპლიტუდის საზომი;

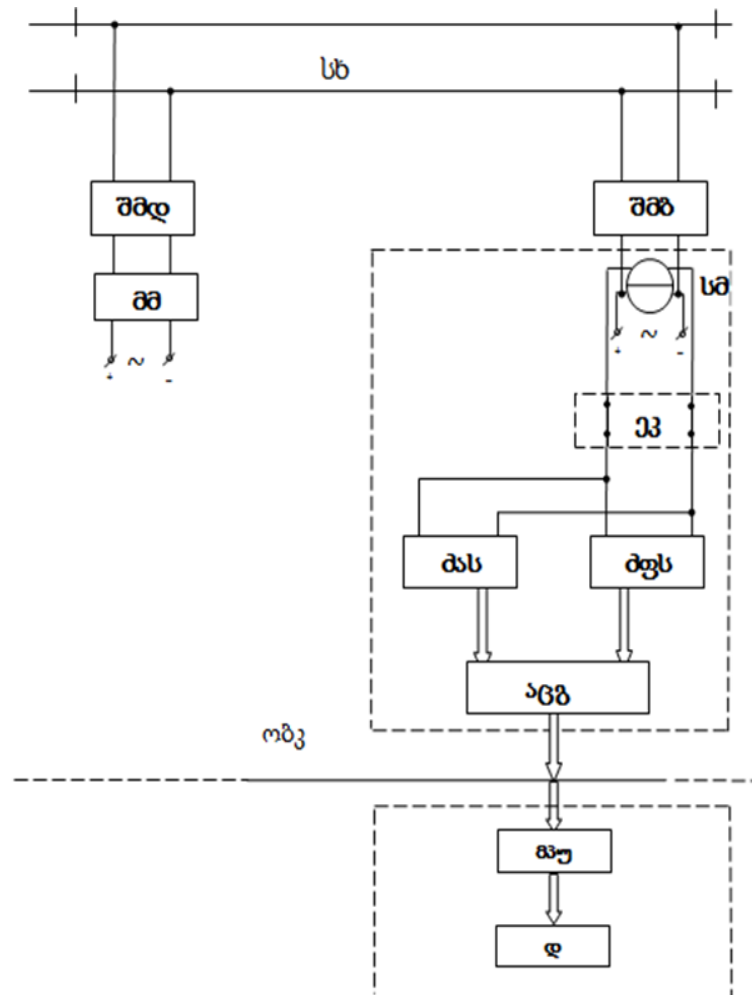
ფს – ძაბვის ფაზის საზომი;

აცგ – ანალოგიურ-ციფრული გარდაქმნელები;

ობკ – ოპტიკურ ბოჭკოვანი კაბელი

მპუ – პროცესორი

დ – დისპლეი



ნახ. 27. სარელსო წრედების მდგომარეობის ავტომატური დიაგნოსტიკის სისტემის სქემა

სარელსო წრედების მდგომარეობის ავტომატური დიაგნოსტიკის სისტემის მუდმივი მეხსიერების ბლოკში იტვირთება და ინახება ყველა სადიაგნოსტიკო სარელსო წრედისათვის წინასწარ გამოთვლილი გადამწყვეტი ფუნქციის პოლინომის და კოეფიციენტების მნიშვნელობები სარელსო ხაზის ბოლოებზე ბალასტის წინააღმდეგობისა და ზღვრული მნიშვნელობებისათვის, მაიზოლირებელი პირაპირის, მოკლედ შერთვის,

მინიმალური დასაშვები წინაღობის მნიშვნელობისათვის, რელსის მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობისათვის. მდგომარეობის განსწავლული კლასიფიკატორის მექონე სარელსო წრედის შემდგომი დიაგნოსტიკების დროს ინფორმაციულ ნიშნებად გამოიყენება სარელსო ხაზის გამოსასვლელზე ძაბვის ამპლიტუდა და ფაზა, ხოლო გადამწყვეტი ფუნქციის სახით

გამოიყენება კოლმოგოროვ-გაბორის პოლინომი:

$$\alpha(X) = C_0 + \sum_{i=1}^n C_i X_i + \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_i x_j + \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n C_{ijk} x_i x_j x_k + \dots, \quad (54)$$

სარელსო წრედის დიაგნოსტიკება ხორციელდება მდგომარეობის განსწავლული კლასიფიკატორით შემდეგნაირად:

ა) გამოითვლება გადამწყვეტი ფუნქციის პოლინომის მნიშვნელობები სარელსო წრედის სარელსო ბოლოზე ძაბვის ამპლიტუდისა და ფაზის გაზომილი მნიშვნელობების საფუძველზე;

ბ) გადამწყვეტი ფუნქციის პოლინომის გამოთვლილი მნიშვნელობები ედარება პოლინომების ზღვრულ მნიშვნელობებს ნორმალურ, შუნტურ, საკონტროლო და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის რეჟიმებში, რის საფუძველზეც განისაზღვრება სარელსო წრედის მდგომარეობა.

გ) გადამწყვეტი ფუნქციის პოლინომის კოეფიციენტები და ზღვრული მნიშვნელობები განისაზღვრება კლასიფიკატორის “სწავლების” პროცედურაში და ინახება სისტემის მუდმივი მეხსიერების მოწყობილობაში.

სარელსო წრედის ასეთი, მათემატიკური მოდელირების ბაზაზე დიაგნოსტიკების ავტომატიზებულ საინფორმაციო სისტემას დღეისათვის ანალოგი არა აქვს: საინფორმაციო დიაგნოსტიკური სისტემის ორგანიზება შეიძლება როგორც მორიგე მექანიკოსებთან ყოველ სადგურზე, ისე სცბ–ს დისპეტჩერთან რკინიგზის განყოფილების შენობაში; ინფორმაციის

გადაცემის ორგანიზება შეიძლება ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელის მეშვეობით.

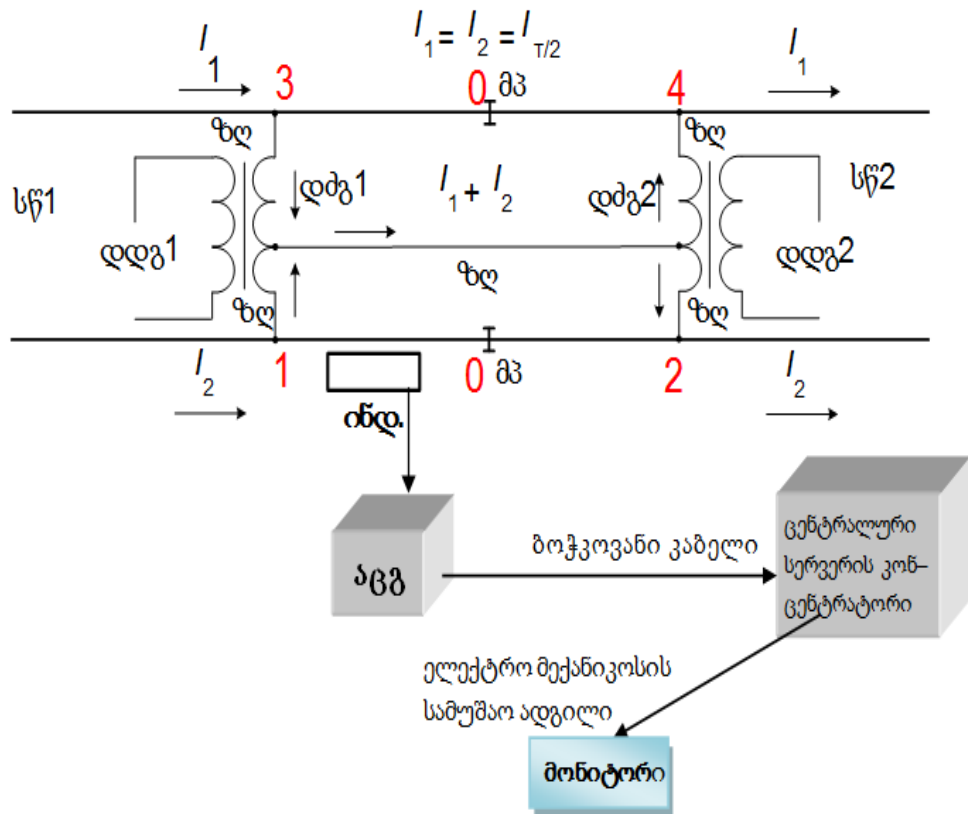
2.4.2 სარელსო წრედის მაიზოლირებელი პირაპირის იზოლაციის მდგომარეობის კონტროლის მეთოდი

როგორც სარკინიგზო და მეტროპოლიტენების ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობების დაზიანებების სტატისტიკური მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა სარელსო წრედების დაზიანებების დიდი ნაწილი მოდის მაიზოლირებელ პირაპირებზე. ამიტომ, მაიზოლირებელი პირაპირის წესივრულობის ავტომატურ კონტროლს დიდი მნიშვნელობა აქვს სცბ-ს სისტემების სტაბილური მუშაობისათვის. მაიზოლირებელი პირაპირების სიდიდის წინააღმდეგ კონტროლის გამარტივება შესაძლებელია **ტექნიკური გადაწყვეტით**, რომელიც დაფუძნებულია დროსელ-ტრანსფორმატორის ზღუდარების მიერთების ადგილიდან მაიზოლირებელ პირაპირამდე, რელსის მონაკვეთში სასიგნალო დენის გადინების პრინციპზე, ანუ ელექტროფიცირებულ უბნებზე მაიზოლირებელი პირაპირის წესივრული მდგომარეობის შემთხვევაში სარელსო წრედის რელსის ამ მონაკვეთში სასიგნალო დენი არ გაედინება, და გადინებას იწყებს მხოლოდ მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანების შემდეგ. რომლის დაფიქსირებაც წარმოებს ამ მონაკვეთში რელსის ფუძესთან განთავსებული მაგნიტური ველის ინდიკატორული ბლოკის საშუალებით. რელსის ამ მონაკვეთში გამავალი დენი დააინდუცირებს ინდიკატორში მოთავსებულ ინდუქტიურ გრაგნილს, გადამწოდს, რომლის საშუალებითაც მომსახურე პერსონალს ავტომატურ რეჟიმში, დისტანციურად, სარელსო წრედის რელსებთან ყოველგვარი ელექტრული კავშირის გარეშე, მიეწოდება ინფორმაცია მაიზოლირებელი პირაპირის იზოლაციის წესივრულობის შესახებ.

ნახაზზე 28 მოცემულია ელექტროფიცირებული უბნის, დროსელ-ტრანსფორმატორებიანი ორი მომოჯნავე სარელსო წრედი სწ1 და სწ2;

შესაბამისად, სწ1-ის ბოლოში ჩართული დროსელ-ტრანსფორმატორის ძირითადი გრაგნილი - დმგ1 და სწ2-ის დასაწყისში ჩართული დროსელ-ტრანსფორმატორის ძირითადი გრაგნილი-დმგ2; მაიზოლირებელი პირაპირები - მპ; დროსელ-ტრანსფორმატორის ძირითადი გრაგნილების შემაერთებელი ზღუდარი - ზდ; ნახაზზე ნაჩვენებია წვევის დენის რელსებში გადინების მიმართულებები. წვევის დენი სწ1-ის სარელსო ძაფებიდან დმგ1-ის ზედა და ქვედა ნახევრებში გაედინებიან ერთმანეთის შესახვედრად და ერთდებიან დმგ1-ის შუა წერტილში, (მათი მაგნიტური ნაკადები ერთმანეთსა კომპენსირებენ დტ-ის გულარაში და სარელსო წრედის მუშაობაზე მათ გავლენა არ აქვთ.) შემდეგში ჯამური დენი გაედინება ზდ-ზღუდარის გავლით და ისევ განშტოვდება დმგ2-ის ზედა და ქვედა გრაგნილების გავლით სწ2-ის სარელსო ძაფებში. სასიგნალო დენი გაედინება სარელსო ძაფებში დროსელ-ტრანსფორმატორის ძირითადი გრაგნილების შემაერთებელი ზღუდარების მიერთების წერტილებს შორის. ამრიგად, მაიზოლირებელი პირაპირის წესივრული მდგომარეობის შემთხვევაში, მაიზოლირებელი პირაპირიდან (წერტილი 0-დან) დროსელ-ტრანსფორმატორის ძირითადი გრაგნილების შემაერთებელ ზღუდარამდე (წერტილი 1, 2, 3, 4-მდე) დენი არ გაედინება.

მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანების შემთხვევაში რელსის ამ მონაკვეთში, სასიგნალო (ცვლადი) დენის დაფიქსირება წარმოებს მაგნიტური ველის ინდიკატორული ინდ - ბლოკის საშუალებით. ინდ ბლოკიდან მოხსნილი სიგნალი გარდაიქმნება აცგ - ანალოგურ - ციფრულ გარდამქმნელში და ბოჭკოვანი კაბელით მიეწოდება ცენტრალური პოსტის ცენტრალური სერვერის კონცენტრატორს და ინფორმაცია მაიზოლირებელი პირაპირის იზოლაციის მდგომარეობის შესახებ ოპერატიულად აისახება დისპლეიზე მომსახურე პერსონალის სამუშაო ადგილზე.



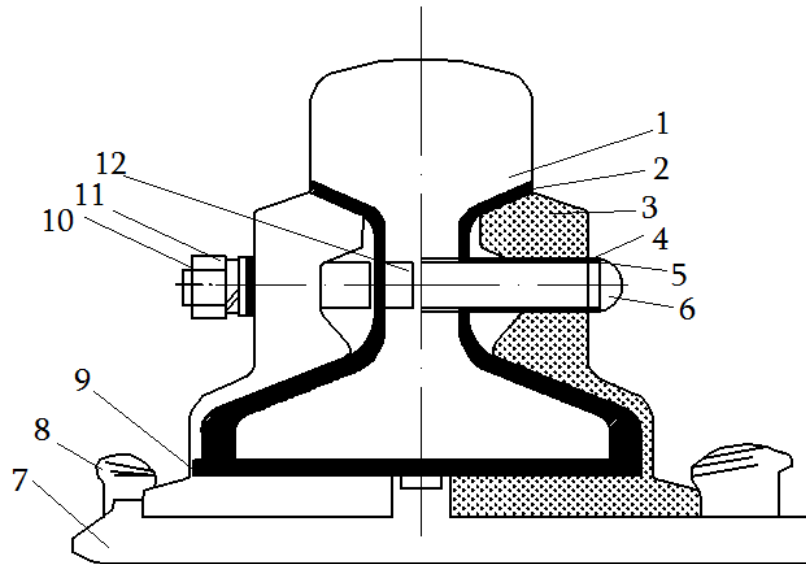
ნახ. 28. მაიზოლირებული პირაპირის იზოლაციის წესივრულობის კონტროლის მეთოდის სქემა

ანუ, მომსახურე პერსონალს ავტომატურ უწყვეტ რეჟიმში, დისტანციურად, სარელსო წრედის რელსებთან ყოველგვარი ელექტრული კავშირის გარეშე, მიეწოდება ინფორმაცია მაიზოლირებული პირაპირის იზოლაციის წესივრულობის შესახებ.

2.4.3. მაიზოლირებული პირაპირის იზოლაციის დაზიანების წინა მდგომარეობის მონიტორინგის ხერხი

მაიზოლირებული პირაპირები მზადდება მეტალის სადებებით, რომლის ქვედა ნაწილი(საფარი) შემოეხვევა რელსის ფუძეს ზემოდან და ქვემოდან (ნახ.29), მეტალის ორთავიანი სადებებით (ნახ.30) ეს უკანასკნელები გამოიყენება მხოლოდ სადგურის ლიანდაგებზე (მთავარი მისაღებ-გასაგზავნი ლიანდაგების გარდა) არც თუ დიდი ტვირთდამაბვისა

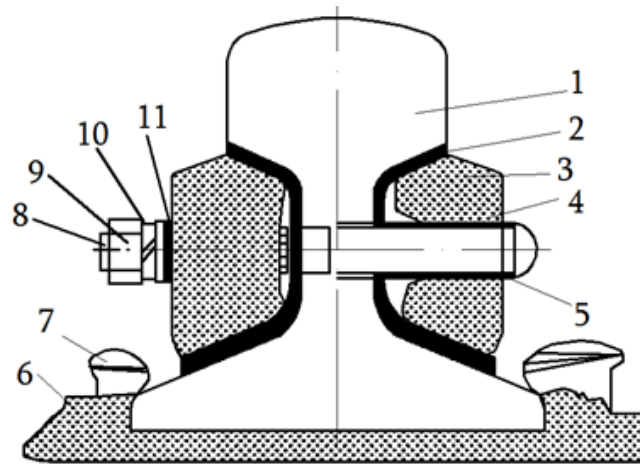
და სიჩქარეების პირობებში. სადებები მოიჭიმება ექვსი ან ოთხი ქანჩის საშუალებით. რელსები ეყრდნობა ქვესადებებს.



ნახ. 29. მეტალის ზესადებებით მაიზოლირებელი პირაპირი ჭრილი

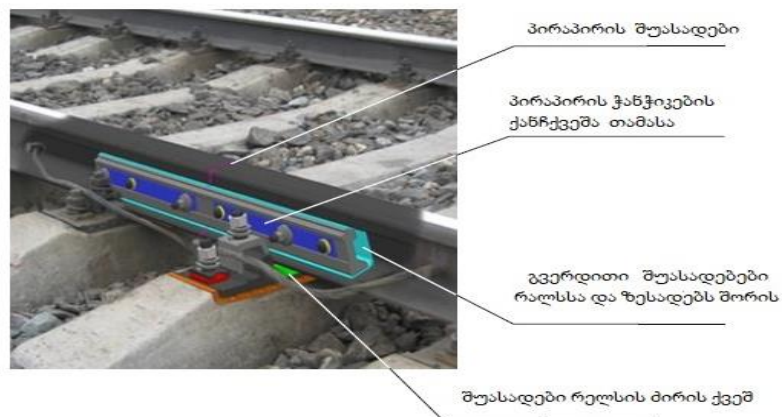
ნახ. 29-ზე მოცემულია მეტალის ზესადებებით მაიზოლირებელი პირაპირის ჭრილი, სადაც: 1-რელსია; 2 - გვერდითი მაიზოლირებელი შუასადებია; 3-ზესადები; 4 - ქანჩქვეშა თამასა; 5 - საჩერებელი თამასა; 6 - ქანჭიკია; 7 - ქვესადებია; 8 - ტაბიკურაა; 9 - ქვედა მაიზოლირებელი შუასადებია; 10 - ქანჩი; 11 - ზამზარული საყელური; 12- მაიზოლირებელი მილისაა.

ნახ.30-ზე მოცემულია ორთავიანი მეტალის ზესადებიანი რელსების მაიზოლირებელი პირაპირის ჭრილი სადაც:



**ნახ. 30. ორთავიანი მეტალის ზესადებიანი რელსების
მაიზოლირებული პირაპირის ჭრილი**

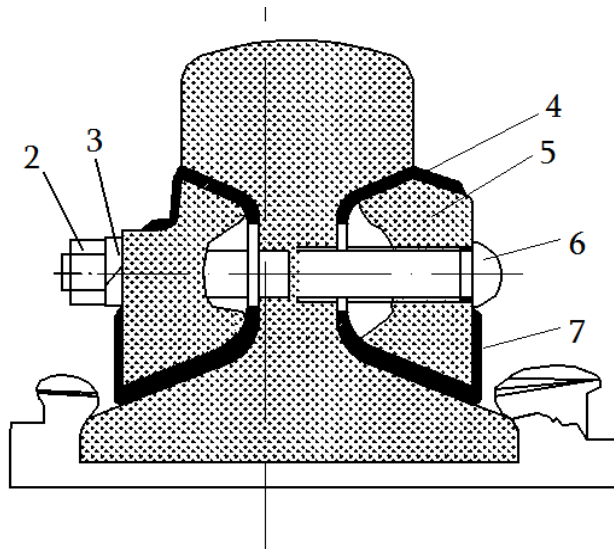
1 - რელსი; 2 - მაიზოლირებული შუასადებია; 3-ზესადებია; 4-მაიზოლირებული მილისაა; 5 - საჩერებელი თამასაა; 6 - ქვესადებია; 7 - ტაბიკურაა; 8 - ჭანჭიკია; 9 - ქანჩია; 10 - ზამბარიანი საყელურია; 11-- ქანჩქვეშა თამასაა;



ნახ. 31. პირაპირის მაიზოლირებული დეტალების ხედი.

ფართოდ გამოიყენება წებო ჭანჭიკებიანი მაიზოლირებული პირაპირები, რომლებიც გამოირჩევა მაღალი საიზოლაციო თვისებებით.

ნახ. 32-ზე მოცემულია წებოჭანჭიკოვანი მაიზოლირებული პირაპირის ჭრილი, სადაც: 1 – პირაპირის შუასადებია; 2 - ჭანჭიკია; 3 - ქანჩია; 4,7-მაიზოლირებული ფენაა; 5-ორთავიანი ზესადებია.



ნახ. 32. წებოჭანჭიკოვანი მაიზოლირებელი პირაპირის ჭრილი

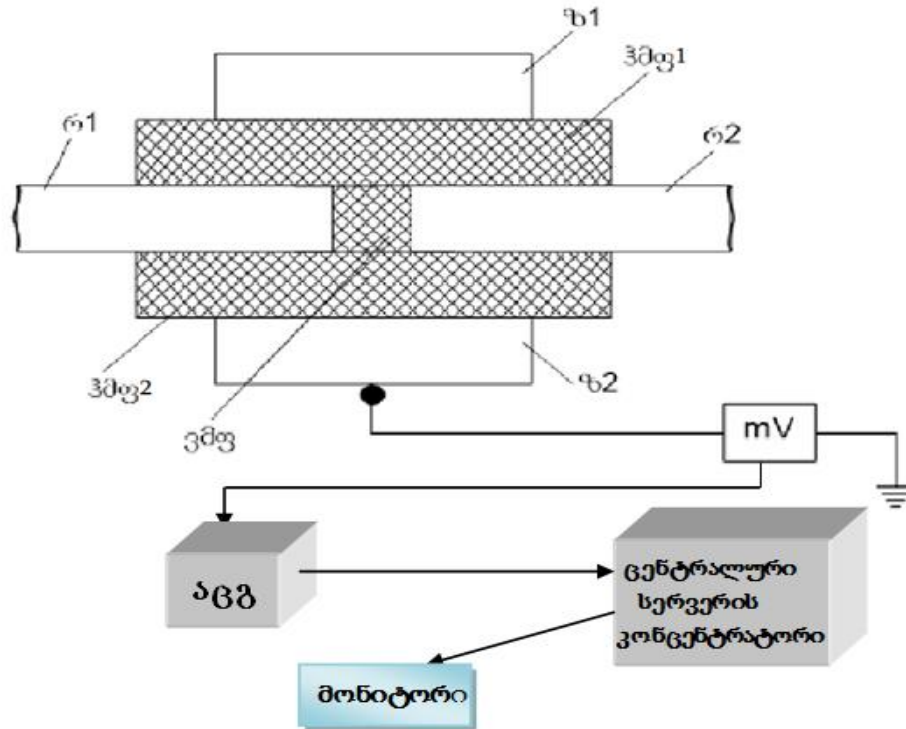
წებოჭანჭიკოვანი პირაპირები შედგება მეტალის ორი ზესადებისაგან, რომლებზედაც შუშაქსოვილია დაკრული. ასევეა შეფუთული შუშაქსოვილით ჭანჭიკები. რელსების ტორსს შორის აყენებენ 8-12 მილიმეტრი სისქის ფიბრას. ზესადებებს ასევე აკრავენ რელსებს ისე, რომ იზოლაციის 303-ჯერ გარღვევის შემდეგაც, კი შეუძლებელია მისი შეცვლა და საჭირო ხდება მისი დემონტაჟი, ანუ უბრალოდ ამტვრევენ და ცვლიან კომპოზიციურიან ლინგოფოლებიანი ზესადებიანი ასაწყობი პირაპირით. ნახ. 13-ზე წარმოდგენილია სარელსო წრედების მტყუნებების ცვლილების დინამიკა მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანებების გამო.

გთავაზობთ მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანების წინა მდგომარეობის კონტროლის ხერხს, რომელიც შემუშავებულია მაიზოლირებელი პირაპირის კონსტრუქციის და მისი საექსპლოატაციო სტატისტიკის ანალიზის საფუძველზე.

როგორც ცნობილია, მაიზოლირებელი პირაპირის კონსტრუქცია (ნახ. 33) შედგება ერთი, რელსებს შორისი ვერტიკალური მაიზოლირებელი ფიბრისაგან - ვმფ, რომელიც ერთმანეთისაგან აიზოლირებს უშუალოდ რელსებს-რ1 და რ2; ორი გვერდითი ჰორიზონტალური მაიზოლირებელი - ჰმფ1, ჰმფ2 ფიბრებისაგან, ერთი რელსის ქვედაჰორიზონტალური მაიზოლირებელი ფიბრისაგან და მაიზოლირებელი მილისებისაგან,

რომლებიც უშუალოდ ერთმანეთისაგან აიზოლირებენ რელსებსა (**რ1** და **რ2**) და ზესადებებს **ზ1** და **ზ2**.

ვერტიკალური ვმფ მაიზოლირებელი ფიბრას დაზიანების შემთხვევაში, ერთმნიშვნელოვნად ფიქსირდება მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანება. საექსპლოატაციო სტატისტიკის ანალიზითა დასაექსპლოატაციო გამოცდილებით ძალიან ხშირია ჰორიზონტალური ფიბრების ცალმხრივი დაზიანების შემთხვევები. თუ ასეთი დაზიანება ვერტიკალური, ვმფ მაიზოლირებელი ფიბრას წესიერულობის მდგომარეობას ემთხვევა, მაშინ ზოგადად მაიზოლირებელი პირაპირის იზოლაცია შენარჩუნებული იქნება, ჰორიზონტალური ფიბრას ორმხრივ დაზიანებამდე. სწორედ ეს გარდამავალი მდგომარეობა წარმოადგენს მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანების წინა მდგომარეობას, რომელიც შეიძლება რამოდენიმე კვირის განმავლობაში გაგრძელდეს. ამ მდგომარეობის დაფიქსირება შესაძლებელია შემდეგნაირად: ერთ-ერთი ჰორიზონტალური ფიბრას დაზიანების დროს რკინის ზესადები **ზ1** ან **ზ2** აღმოჩნდება პირდაპირ კავშირში ერთ-ერთ **რ1** ან **რ2** რელსთან, რაც ჯერ კიდევ არ გამოიწვევს მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანებას, რადგან იზოლაცია მეორე რელსსა და რკინის ზესადებს შორის ისევ შენარჩუნებული იქნება ვერტიკალური მაიზოლირებელი ფიბრის მიერ (დაზიანების წინა მდგომარეობა), მაგრამ დაზიანებული ჰორიზონტალური ფიბრას შესაბამის რკინის ზესადებსა და მიწას შორის უნდა დაფიქსირდეს პოტენციალთა სხვაობა (მაბვა), რკინის ზესადების რელსთან ბმის გამო. აღნიშნული მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანების წინა, ანუ, მაიზოლირებელი პირაპირის იზოლაციის სრულ დარღვევამდე მდგომარეობის, ავტომატურ, უწყვეტ რეჟიმში დაფიქსირება შესაძლებელია შემდეგი მარტივი ტექნიკური გადაწყვეტით: რკინის **ზ2** ზესადებთან მუდმივად მიერთებული mV- მილივოლტმეტრის საშუალებით, უწყვეტ, ავტომატურ რეჟიმში რკინის **ზ2** ზესადებსა და მიწას შორის პოტენციალთა სხვაობის (მაბვის) გაზომვით (ნახ. 33).



ნახ. 33. მაიზოლირებული პირაპირის დაზიანების წინა მდგომარეობის კონტროლის სქემა

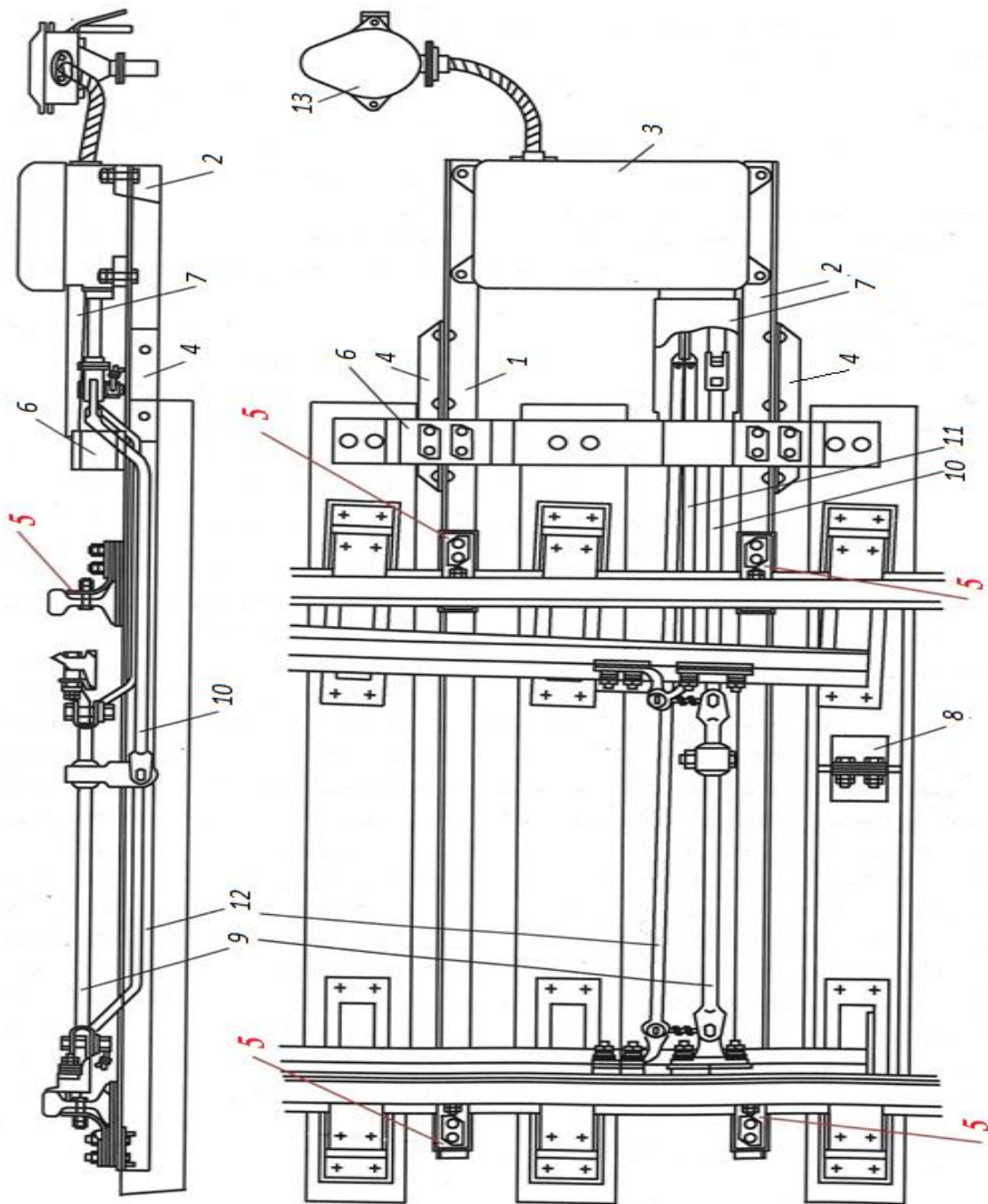
როცა მაიზოლირებული პირაპირი წესიერულ მდგომარეობაშია, მაშინ ხელსაწყოს ჩვენება იქნება ნულის ტოლი, ხოლო, როცა რკინის ზესადები მიუერთდება ერთ-ერთ რელსს, **mV** მილივოლტმეტრი გაზომავს ძაბვას რელსსა და მიწას შორის. ხელსაწყოზე ნებისმიერი 0-ზე მეტი სიდიდის ჩვენება ნიშნავს მაიზოლირებული პირაპირის დაზიანების წინა მდგომარეობას. მაიზოლირებული პირაპირის ზესადებთან მუდმივად მიერთებული მილივოლტმეტრის ეს რეაგირება, ანუ ინფორმაცია მაიზოლირებული პირაპირის დაზიანების წინა მდგომარეობის შესახებ მიეწოდება აგ ანალოგრციფრულ გარდამქმნელს და ბოჭკოვანი კაბელით გადაეცემა ცენტრალური პოსტის ცენტრალურ კონცენტრატორს და შესაბამისად ავტომატურ, უწყვეტ რეჟიმში აისახება მომსახურე პერსონალის სამუშაო ადგილზე დისპლეიზე.

ტექნიკურ შედეგს წარმოადგენს უწყვეტი ინფორმაცია მაიზოლირებული პირაპირის იზოლაციის დაზიანების წინა მდგომარეობის

შესახებ, მაიზოლირებელი პირაპირის საიმედოობის ამალღება და მაიზოლირებელი პირაპირის უწესივრობით გამოწვეული მატარებელთა მოძრაობის შეფერხებების შემცირება.

2.4.4. საისრე ამძრავის გარნიტურის კონსტრუქციის ეფექტიანობის გაზრდა

როგორც სარკინიგზო და მეტროპოლიტენების ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობების დაზიანებების სტატისტიკური მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა საისრე ამძრავის გარნიტურის იზოლაციის დარღვევაზე დაზიანებების 9% მოდის. ამიტომ, საისრე ამძრავის გარნიტურის კონსტრუქციის გაუმჯობესებას **სატ** მოწყობილობების ეფექტიანობის ამალღებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს. ნახაზზე 34 მოცემულია CII-6 ტიპის ელ. ამძრავის საისრე გარნიტურის კონსტრუქცია, რომლის შემადგენლობაში შედის 1 და 2 ფუნდამენტური კუთხოვანები, რომლებიც წარმოადგენენ საისრე ელ. ამძრავის 3 საყრდენ კონსტრუქციებს. ღუნვის თავიდან ასაცილებლად ძირითადი კუთხოვანები გაძლიერებულია დამატებითი კუთხოვანებით - 4. ფუნდამენტური კუთხოვანები ჩარჩო რელსზე ჩამოიკიდება ოთხი ცალი კუთხოვანით - 5 და შეერთებულია ერთმანეთთან ზოლოვანი განივი მაერთებლით - 6. საწევების შეუფერხებლად გასატარებლად ზოლოურას აქვს ფიგურული ღუნვა, რომელიც ასევე წარმოადგენს საისრე ელ. ამძრავის საფარის - 7 საყრდენს. კონსტრუქციას დამატებით სიმტკიცეს აძლევს განივი მაკავშირებელი ზოლოურა - 8. კალამზე შემოქმედება ხორციელდება საწევების საშუალებით. მაკავშირებელი საწევი 9 ერთმანეთთან აერთებს საისრე გადამყვანის კალმებს მათი ერთდროული გადასვლისათვის, ხოლო მუშასაწევი - 10 აკავშირებს ელ. ამძრავის შიბერს მაკავშირებელ საწევთან - 9. საკონტროლო საწევები - 11 და 12 აერთებენ საისრე ამძრავის საკონტროლო სახაზავებს საისრე



ნახ. 34. CII- 6 ტიპის ელ. ავტომატი სასრულ გარნიტურის კონსტრუქციის სქემა

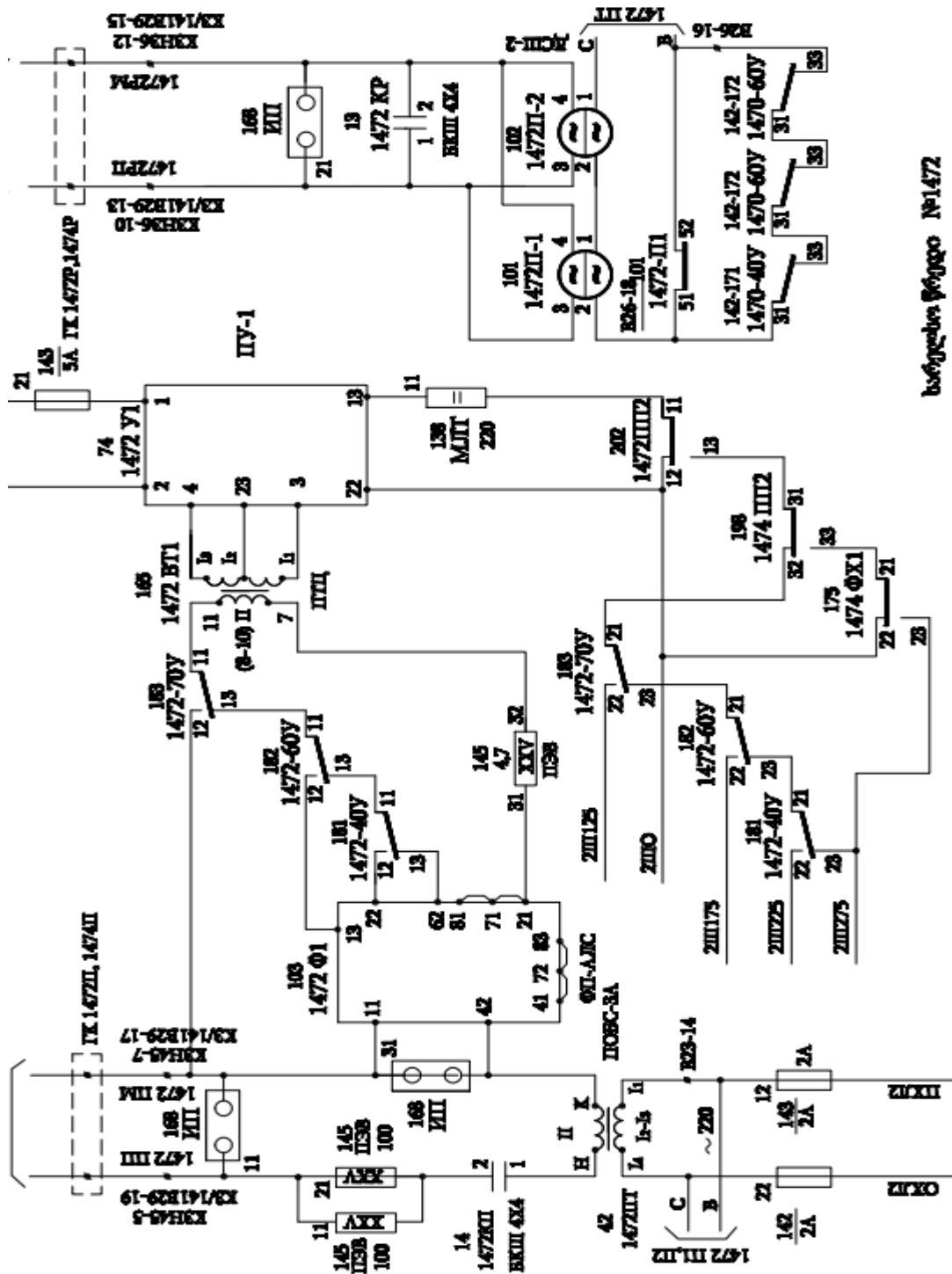
გადამყვანის კალმების საყურებთან და ემსახურებიან კალმების მდგომარეობის კონტროლის მიღებას. საისრე ელ ამძრავი მართვისა და კონტროლის აპარატურასთან ერთდება კაბელის საშუალებით, რომელიც მოთავსებულია საკაბელო ქუროში -13. ცნობილი დადებით მხარეებთან (სიმტკიცე და სიმყარე) ერთად, რომლებიც ამ საისრე გარნიტურს გააჩნია, ხშირად ირღვევა საისრე გარნიტურის იზოლაცია და დაზიანებების დიდი წილი მოდის ფუნდამენტური კუთხოვანების ჩარჩო რელსზე ჩამოსაკიდებული, ოთხი ცალი ლითონის კუთხოვანა - 5-ის კონსტრუქციაზე. ვიბრაციისა და დარტყმითი ძალების ზემოქმედების გამო იმ იზოლაციის ხშირი დარღვევით, რომლებითაც ლითონის კუთხოვანებია შეფუთული. კუთხოვანა - 5-ის იზოლაციის დარღვევა კი, იწვევს საისრე სარელსო წრედის მოკლედ შერთვას და ყალბი დაკავების ფიქსაციას. მატარებელთა მოძრაობის შეფერხებისა და გზის გამტარუნარიანობის შემცირებას. ფოლადის კუთხოვანა - 5 საჭიროა შეიცვალოს ისეთი საიზოლაციო მასალის კუთხოვანით, რომ აღარ იყოს საჭირო ფოლადის კუთხოვანასა და რელსს შორის სხვა, ადვილად დაზიანებადი საიზოლაციო მასალის ჩაფენა. კუთხოვანას დასამზადებელი საიზოლაციო მასალები, რომლთა ფიზიკომექანიკური მახასიათებლები (დამშლელი ძალა სტატიკური დატვირთვის დროს $>441,4$ კნ., ციკლური დატვირთვები $>117-235$ კნ. 9-11ჰც. სიხშირის ინტერვალებით, ელექტრული წინაღობა არანაკლები 1ომისა, და ა. შ.) შეესაბამება საისრე გარნიტურზე მოსულ დატვირთვებს, არის სარელსო წრედებში გამოყენებული პოლიმერკომპოზიციური და მეტალოპოლიმერული საიზოლაციო მასალები.

პოლიმერკომპოზიციური და მეტალოპოლიმერული საიზოლაციო მასალებისაგან დამზადებული კუთხოვანები იწვევს საისრე ელექტროამძრავის გარნიტურის კონსტრუქციის გამარტივებას, საიმედოობის ამაღლებას, ტექნიკური მომსახურების სამუშაოების და

საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირებას, მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოებისა და ექსპლუატაციის ვადის გაზრდას.

2.4.5. სარელსო წრედის სიხშირის გენერატორის მოდერნიზებული გამაძლიერებელი

განსახილველი სარელსო წრედის მოქმედების პრინციპი შემდეგია: სარელსო წრედი (ნახ. 35) იკვებება ПОБС-3А ტიპის ტრანსფორმატორის საშუალებით. ამ ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილში მიმდევრობით ჩართულია 1472ПК(БКШ4x4) კონდენსატორი, რომელიც წარმოადგენს სასიგნალო დენის ძალის შემზღვეველს და მკვებავ ბოლოზე უზრუნველყოფს ძაბვის რეზონანსს, აგრეთვე უზრუნველყოფს სალიანდაგო რელეს გრაგნილებში ფაზურ თანაფარდობას. სარელსო ბოლოზე 1472PK(БКШ4x4) კონდენსატორი წარმოქმნის სასურველ ფაზურ თანაფარდობას და უზრუნველყოფს შუნტური რეჟიმის ნორმალურ მოქმედებას. ПОБС-3А ტიპის ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილში ასევე ჩართულია ФП-АЛС ტიპის 1472Ф1 ფილტრი, რომელიც შედგება ინდუქტიური კოჭების და კონდენსატორების ნაკრებისაგან, რხევითი კონტურებისაგან. ФП-АЛС-ის დანიშნულებაა „სარ“-ის სიხშირეებზე შექმნას რეზონანსული კონტური. 1472-40Y, 1472-60Y, 1472-70Y მმართველი რელეების ზურგული კონტაქტების საშუალებით 2III-275 სიხშირის სალტედან 275ჰც. სიხშირის დენის ძალა, 1474III-ტიპის, სალიანდაგო განმეორებელი რელეს ფრონტული კონტაქტებისა და 1472III-ტიპის სალიანდაგო განმეორებელი რელეს ზურგული კონტაქტების გავლით(როდესაც მატარებელი შედგება მიმართულებით შემდგომ სარელსო წრედზე) მიეწოდება ПУ- 1 ტიპის 1472Y1 გამაძლიერებელის მე-13-ე კონტაქტს. ПУ1-ტიპის გამაძლიერებელს კვება მიეწოდება 1-2 კონტაქტებზე და ტოლია 17.5 ვოლტის. ПУ1-ტიპის გამაძლიერებელში გაძლიერებული სიგნალი ПТЦ-ტიპის 1472BT სალიანდაგო ტრანსფორმატორში გაივლის ტრანსფორმაციას და მიეწოდება ФП-АЛС-



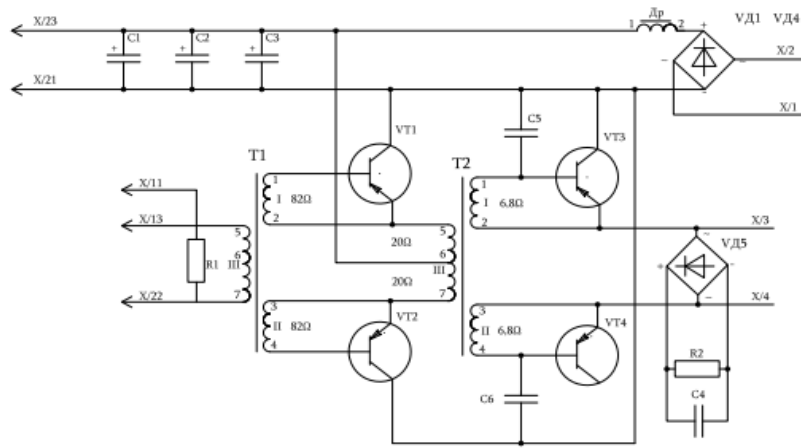
სარეგულაციო წყვილი №1472

ნახ. 35. სარეგულაციო წყვილის სქემა სობორის მამლოერებლით

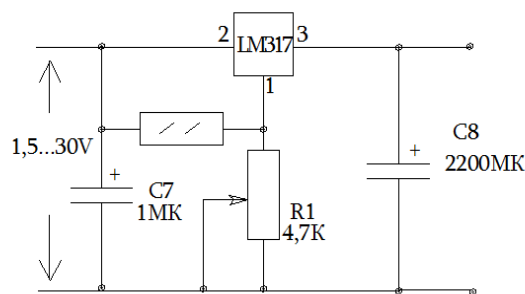
ტიპის 1472Φ1 ფილტრის 21-ე და 62-ე კონტაქტებს, შემდეგ ელ.წრედის გავლით 1472ΠΠ, 1472ΠΜ მკვებავი სადენებით მიეწოდება სავლე მოწყობილობებს(რელსებს). ДСШ-2 ტიპის 1472Π-1 და 1472Π-2 რელეების ადგილობრივი ელემენტები მიმდევრობითაა ჩართული ერთმანეთთან, მათთან მიმდევრობითაა ჩართული აგრეთვე 1470-40У, 1470-60У, 1470-70У მმართველი რელეების ზურგული კონტაქტები, რომელთა გავლით მოქმედებს სალიანდაგო რელეების ადგენითი წრედი, ხოლო 1472 სარელსო წრედის განთავისუფლების შემდეგ, სალიანდაგო რელეების დენქვეშადადგომისას, ადგენითი წრედი დუბლირდება ერთ-ერთი სალიანდაგო რელეს ფრონტალური კონტაქტის საშუალებით და მმართველი რელეების ადგენებისას სალიანდაგო რელეები რჩება დენ ქვეშ. მატარებლის გავლისას სხვადასხვა დაზიანების გამო თუ რომელიმე მმართველი რელე დარჩება დენქვეშ, ეს ადვილად შეინიშნება სალიანდაგო რელეებზე - ისინი დარჩებიან უდენოდ. ნახ. 36 - ზე ნაჩვენებია ПУ-1 ტიპის სიხშირის გენერატორის გამაძლიერებელი, რომელიც შედგება სხვადასხვა ელემენტებისაგან, რომელთაგანაც ძაბვის და დენის არასტაბილურობის გამო ხშირად მწყობრიდან გამოდის VT3, VT4 - KT837Д ტიპის ტრანზისტორები და T2 ტრანსფორმატორი.

ამ შემოთავაზების მიზანს წარმოადგენს სიხშირის გენერატორის სალიანდაგო გამაძლიერებლის მოდერნიზება და მისი საიმედოობის გაზრდა, მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების ამაღლება და საექსპლოატაციო ხარჯების შემცირება. ამ მიზნის მიღწევა შესაძლებელია შემდეგი ტექნიკური გადაწყვეტით: კერძოდ, მოქმედ ელ.სქემაში ჩაისვას დენის და ძაბვის სტაბილიზატორის ბლოკი (ნახ.37). დენის და ძაბვის მარტივი მასტაბილიზირებელი კვების ელექტრო ბლოკი შედგება LM317 ტიპის მიკროსქემისგან, რეზისტორისგან, ცვალებადი ძაბვა გარდაიქმნება მუდმივ ძაბვაში ბოგირული ხიდის საშუალებით. C8 კონდენსატორის საშუალებით იფილტრება პულსირებული დენი, ხოლო C7 კონდენსატორი აუმჯობესებს მონაცემებს. ეს იმის მანიშნებელია, რომ ძაბვის

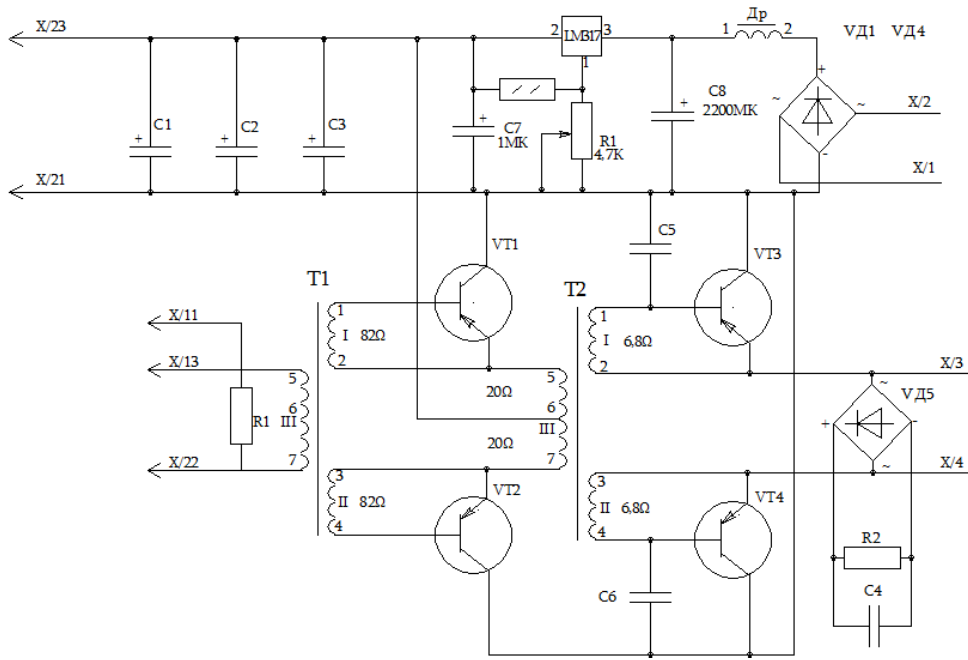
სტაბილიზატორი ეფექტიანად მუშაობს მუდმივი დენს დროს. გამოსასვლელი ძაბვა რეგულირდება მცოცავი P1 (4,7კ) რეზისტორის საშუალებით -1,2-30 ვოლტის ფარგლებში. გამოსასვლელი დენის სიდიდე შეადგენს დაახლოებით 1,5 ამპერს სტაბილიზატორისთვის რეზისტორების შერჩევა ნომინალების მიხედვით ხორციელდება ზუსტი გათვლით და მცირედი დასაშვები გადახრებით. LM317 - ტიპის მიკროსქემა წარმოადგენს საუკეთესო ვარიანტს ძირითადი ტექნიკური მონაცემების სტაბილიზაციისათვის. ასეთი სქემური გადაწყვეტა გამოირჩევა სიმარტივით,



ნახ. 36. სიხშირის გამაძლიერებლის სქემა



ნახ.37. დენის და ძაბვის სტაბილიზატორის სქემა



ნახ. 38. მოდერნიზებული მამლიერებლის სქემა

დაბალი ღირებულებით და საუკეთესო საექსპლუატაციო მახასიათებლებით. ნახ. 38-ზე ნარჩენებია მოდერნიზირებული სიხშირის გენერატორის გამამლიერებლის პრინციპული ელექტრული სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს სარელსო წრედის სტაბილურ მუშაობას.

3. დასკვნა

1. განხილულია და გაანალიზებულია ქართველი და უცხოელი მეცნიერების ნაშრომები სატ მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების და მათი მდგომარეობის ტექნიკური დიაგნოსტიკებისა და მონიტორინგის სისტემების შესახებ და მიღებულია დასკვნა, რომ ტექნიკური მომსახურების ეფექტიანობის ამაღლების ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს ტექნიკური მომსახურების მრავალი ოპერაციის ავტომატიზაცია, რომელიც დაფუძნებულია ტექნიკური დიაგნოსტიკების და მონიტორინგის საშუალებების გამოყენებაზე. განსაზღვრულია სადისერტაციო სამუშაოს მიზანი და ამოცანები მოწყობილობების მდგომარეობის დისტანციური უწყვეტი კონტროლისა და მონიტორინგის სისტემების შესამუშავებლად.
2. განხილულია და გაანალიზებული ექსპლუატაციაში არსებული სარელსო ხაზების კონტროლის ყველა სისტემების შედარებითი ანალიზი და ფუნქციონირების პრობლემების თავისებურებები, თითოეულის უპირატესობები და ნაკლოვანებები. მიღებულია დასკვნა, რომ სარელსო წრედებს მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში დღეისათვის ალტერნატივა არ გააჩნიათ.
3. განსწავლული კლასიფიკატორების (სარელსო წრედების მდგომარეობის კლასიფიკაციის ალგორითმების) საშუალებით სარელსო ხაზების მდგომარეობის კონტროლის სისტემისათვის შემუშავებულია, სარელსო წრედების პირველადი ნიშნების (პარამეტრების) გამოყენებით, ინფორმაციული ნიშნების მათემატიკური მოდელები სარელსო წრედების მუშაობის ნორმალური, შუნტური, საკონტროლო და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლე შერთვის რეჟიმებისათვის.
4. შემუშავებული განსწავლული კლასიფიკატორი ალგორითმების გამოყენებით შემოთავაზებულია სარელსო წრედის ავტომატური დიაგნოსტიკების სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს სარკინიგზო ხაზის ელემენტების უწყვეტ მონიტორინგს და მომსახურე

პერსონალისთვის დაზიანების ხასიათისა და ადგილის შესახებ ინფორმაციის მიწოდებას.

5. შემუშავებულია მაიზოლირებელი პირაპირის წესივრულობის ავტომატური, უწყვეტი კონტროლის მოწყობილობა, რომლის მუშაობაც დაფუძნებულია დროსელ-ტრანსფორმატორის ზღუდარების მიერთების ადგილიდან მაიზოლირებელ პირაპირამდე, რელსის მონაკვეთში სასიგნალო დენის გადინების პრინციპზე. ასევე შემუშავებულია მაიზოლირებელი პირაპირის დაზიანებისწინა მდგომარეობის კონტროლის მეთოდი, რომელიც გადაწყვეტილია მაიზოლირებელი პირაპირის კონსტრუქციის და მისი საექსპლოატაციო სტატისტიკის ანალიზის საფუძველზე.
6. გამოკვლეულია СП-6 ტიპის საისრე ელ. ამძრავის გარნიტურის კონსტრუქციის საიმედოობა, რომელიც დაქვეითებულია იმ იზოლაციის ხშირი დარღვევით, რომლითაც ფუნდამენტური კუთხოვანების ჩარჩო რელსზე ჩამოსაკიდებული, ოთხი ცალი ლითონის კუთხოვანებია შეფუთული. შემოთავაზებულია კუთხოვანების იზოლაციის ხარისხის ამაღლების მეთოდი, რაც მდგომარეობს ლითონის კუთხოვანის **პოლიმერკომპოზიციური და მეტალოპოლიმერული, ან ბაზალტის ბოჭკოს** საიზოლაციო მასალის კუთხოვანით შეცვლაში.
7. შემოთავაზებულია მეტროპოლიტენში გამოყენებული სარელსო წრედის სიხშირის გენერატორის მოდერნიზებული გამამლიერებელი. ამ შემოთავაზების მიზანს წარმოადგენს სიხშირის გენერატორის სალიანდაგო გამამლიერებლის საიმედოობის გაზრდა, მოქმედ ელ.სქემაში დენის და ძაბვის მასტაბილიზირებელი კვების ელექტრო ბლოკის ჩასმით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Василенкова Т.А., Горелик А.В. Метод оценки эффективности технологии технического обслуживания и ремонта устройств железнодорожной автоматики // Совершенствование систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Сборник научных трудов. - М.: РГОТУПС, 2006. С.158-163.
2. Василенкова Т.А., Горелик А.В., Эбель Ю.И. Нормативное обеспечение процесса технической эксплуатации устройств железнодорожной автоматики // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. Межвузовский сборник научных трудов. - М.: РГОТУПС, 2005 г. С. 33-38.
3. Дедков В. К., Северцев Н. А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем. М.: Высшая школа, 1976. – 405 с.
4. Маньшин Г.Г., Барзилович Е.Ю., Воскобоев В.Ф. Методы профилактического обслуживания эргатических систем. – М.: Наука и техника, 1983. – 221 с.
5. Барзилович Е.Ю., Каштанов В.А. Организация обслуживания при ограниченной информации о надёжности систем. – М.: Советское радио, 1975. –134 с.
6. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1982. – 331 с.
7. Дружинин Г.В. Процессы технического обслуживания автоматизированных систем – М.: Энергия, 1973. – 272с.
8. Дружинин Г.В. Анализ эрготехнических систем. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
9. Дружинин Г.В. Надёжность автоматизированных производственных систем. – М.: Энергоиздат, 1986.
10. Дружинин Г.В. Надёжность автоматизированных систем. – М.: Энергия,1977. – 536 с.
11. Канингхем К., Коке В. Методы обеспечения ремонтнопригодности. – М.: Советское радио, 1988. – 311с.
12. **Резиновский А.Я. Испытания на надёжность радиоэлектронных комплексов. – М.: Радио и связь, 1985.-166с.**
13. **Биргер, И.А.** Техническая диагностика. - М: Машиностроение, 1978. - 240 с.
14. Федотов А. Е. Научные основы эксплуатации систем железнодорожной автоматики и телемеханики. – Дисс. на соиск. уч. степени доктора тех. наук. - Л.: ЛИИЖТ, 1985. - 310с.

15. Брейдо А. И. Системный подход к определению эффективности и качества технического обслуживания // Автоматика, телемеханика и связь, № 1 – 1984.
16. Брейдо А.И., Меньшиков Н.Я. Совершенствование методики оценки качества технического обслуживания. // Автоматика, телемеханика и связь, №2 - 1983.
17. Брейдо А.И. Теория и методы повышения эффективности технического обслуживания комплексов устройств СЦБ и связи железнодорожного транспорта. – Дисс. на соиск. уч. степени доктора тех. наук. – Л.: ЛИИЖТ, 1985. – 342с.
18. **Дмитренко И.Е.** Техническая диагностика и контроль в железнодорожных системах автоматики и телемеханики. - М.: Транспорт, 1976. - 96 с.
19. **Дмитренко И.Е.** Измерения и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.Е. Дмитренко В.В. Сапожников, Д.В. Дьяков // Под ред. И.Е. Дмитренко. - М.: Транспорт, 1994. - 263 с.
20. **Дмитренко И.Е.** Техническая диагностика и автоконтроль систем железнодорожной автоматики и телемеханики. -М.: Транспорт, 1986.
21. **Пультяков А.В.** Дифференцированная система технического обслуживания и ремонта напольных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики по степени расходования их ресурса - ტ.მ.კ.-ის ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაციის ავტორეფერატი. ირკუტსკი, 2006.
22. **Прокопенко С. А.** Автоматизация процессов контроля и диагностики в системах железнодорожной автоматики и телемеханики на основе волноводно-оптических технологий - ტ.მ.კ.-ის ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაციის ავტორეფერატი. როსტოვი დონზე, 2009.
23. **Новиков В. Н.** Научно-методическое обеспечение автоматизированной системы подготовки и поддержки деятельности специалистов по управлению качеством аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики - ტ.მ.კ.-ის ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაციის ავტორეფერატი. მოსკოვი, 2006.
24. **Кайнов В.М.** Алгоритмическое обеспечение базы знаний информационно-аналитической системы подготовки специалистов по анализу отказов аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики - ტ.მ.კ.-ის ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაციის ავტორეფერატი. მოსკოვი, 2004.
25. **Прищепа М. В.** Разработка программно-математического обеспечения автоматизированной системы диагностирования и мониторинга устройств

- железнодорожной автоматики и телемеханики - ტ.მ.კ.-ის ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაციის ავტორეფერატი. როსტოვი დონზე, 2007.
26. **Кулькин С. А.** Идентификация аномальных процессов в устройствах железнодорожной автоматики и телемеханики на основе адаптивных сетевых моделей- ტ.მ.კ.-ის ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაციის ავტორეფერატი. როსტოვი დონზე, 2011.
 27. **Федорчук А. Е.** Многофункциональный комплекс диагностирования устройств железнодорожной автоматики, идентификации технологических процессов и управления на станциях - ტ.მ.კ.-ის ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაციის ავტორეფერატი. როსტოვი დონზე, 2010.
 28. **Горишний Д. В.** Методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных для систем диагностирования устройств железнодорожной автоматики - ტ.მ.კ.-ის ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაციის ავტორეფერატი. როსტოვი დონზე, 2010.
 29. **Прищепа М. В.** Разработка программно-математического обеспечения автоматизированной системы диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики - ტ.მ.კ.-ის ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაციის ავტორეფერატი. როსტოვი დონზე, 2007.
 30. **Сапожников В.В., Сапожников В.В.** Основы технической диагностики: учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта - М.: Маршрут, 2004.- 318 с.
 31. **Перникис Б.Д.** Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах ЖАТ / Б.Д. Перникис, Р.Ш. Ягудин. - М.: Транспорт, 1984. - 224 с.
 32. **Першин Д.С.** Комплекс задач «Мониторинг функционирования устройств ЖАТ» как инструмент в совершенствовании технологии обслуживания устройств автоматики и телемеханики / Д.С. Першин, В.В. Нестеров, М.В. Долгов // Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте, «ТрансЖАТ - 2008».
 33. **Вагин В.Н.** Конструирование интеллектуальных систем поддержки: принятий решений реального времени / В.Н. Вагин, А.П. Еремеев // Труды международной конференции «Интеллектуальное управление: Новые интеллектуальные технологии в задачах управления». - М.: Наука, 1999.
 34. **Вагин В.Н.** Реализация концепции распределенного искусственного интеллекта и многоагентности в системах поддержки принятия решений на базе инструментального комплекса G2+GDA / В.Н. Вагин, А.П. Еремеев // Proc. of the Internet. Workshop Distributed Artificial Intelligence Multi-

- Agent Systems «DAIMAS» 97 / June 15-18, 1997, St. - Peterburg, Russia, 1997. с. 262-268.
35. **Иванченко В.Н.** Новые информационные технологии: интегрированная информационно-управляющая система автоматизации процесса расформирования-формирования поездов: учебник / В.Н. Иванченко, С.М. Ковалев, А.Н. Шабельников. - Ростов н/Д: РГУПС, 2002. - 276 с.
 36. **Иванченко В.Н.** Новый подход к построению интеллектуальных информационно-управляющих систем на железнодорожном транспорте / В.Н. Иванченко, А.Н. Шабельников // Известия СКНЦ ВШ. Технические науки, Приложение № 2. - 2004.
 37. **Иванченко В.Н.** Оперативный контроль и диагностика микро-процессорных информационно-управляющих систем / В.Н. Иванченко, Р.Б. Анаев // Автоматика, телемеханика и связь, № 9 - 1984.
 38. **Сепетый А.А.** Изменение технологии технического обслуживания. Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте. Транс-ЖАТ - 2004, Санкт-Петербург, 2004.
 39. **Сепетый А.А.** Автоматизация в технологии обслуживания устройств ЖАТ. Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте. ТрансЖАТ - 2006, Санкт-Петербург, 2006.
 40. **Сепетый А.А.** и др. Комплекс программно - аппаратных средств автоматизации технического диагностирования и мониторинга устройств и управления технологическими процессами. Патент на полезную модель № 68723, 2007.
 41. **Сепетый А.А.** и др. Комплекс аппаратно - программных средств автоматизации диагностирования и контроля устройств и управления технологическими процессами. Патент на полезную модель № 61438, 2006.
 42. **Сепетый А.А.** Совершенствование технического обслуживания устройств ЖАТ / А.А. Сепетый, И.А. Фарапонов, М.В. Прищепа // Автоматика, связь, информатика, № 1 - 2011.
 43. **Федорчук А.Е.** Микропроцессорные технологии управления, диагностирования и технического обслуживания / А.Е. Федорчук. А.А. Сепетый // Автоматика, связь, информатика, № 6. — 2004.
 44. **Сепетый А.А.** Автоматизация диагностирования, мониторинга и технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. - Ростов н/Д - 2011. 202с.
 45. **Василкова Т.А.** Моделирование и оценка эффективности производственного процесса технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики. М.: --2007. 235с.

46. Мухигулашвили Н.И. Повышение качества обслуживания рельсовых цепей. – Дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук, - Ростов-на-Дону, 1991. 289 с.
47. Каменев А.И. Организация технического обслуживания современных технических средств ЖАТ. Евразия Вести, № 12. – 2006.
48. Вотолевский А.Л. Технологическое обеспечение процессов обслуживания и ремонта устройств ЖАТ. Внедрение автоматизированной технологии обслуживания устройств ЖАТ / А.Л. Вотолевский // Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте «ТрансЖАТ - 2008.
49. Горелик А.В., Василенкова Т.А. Формализация процесса технического обслуживания систем железнодорожной автоматики // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. Межвузовский сборник научных трудов. - М.: РГОТУПС, 2004. С. 32-38.
50. ნ. მუხიგულაშვილი, მ.გოცაძე, ვ.კუპრაძე, მ.პაპასკირი, თ. ნიკოლეიშვილი“ სარელსო წრედების ტექნიკური მომსახურების მეთოდოლოგია მომსახურება „მდგომარეობის მოიხედვით“ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №2(27), 2013წ. გვ. 176-182.
51. N. MukhigulaSvili, M.Papaskiri, B. Elbakidze, T. Rokhvadze,D. Iobidze, “The development of functional abilities of local diagnostic system LDS by means of a classifier of rail chains” Internacional scientific journal ”Problems of mechanics” №2(31), Tbilisi, 2008, p.100-104
52. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. /Вл.В.Сапожников, Л.И.Борисенко, А.А. Прокофьев, А.И. Каменев: Под ред. Вл.В.Сапожникова. - М.: Маршрут, 2003.
53. N. MukhigulaSvili, O. Gelashvili, M. Papaskiri “Research of reasons causes railway automatic “წინსვლისათვის ტექნოლოგიებში” აღმოსავლეთ-დასავლეთ კონსტრუირებისა და გამოცდის მე-13 სიმპოზიუმი and telemechanics devices failures”. IEEE - მსოფლიო პროფესიონალური ასოციაციის EWTS 2015, ბათუმი, 26-29 სექტემბერი 2015.
54. გ.კეშელავა, ნ. მუხიგულაშვილი “სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციისადა ბლოკირების (სცბ) მოწყობილობების და სისტემების ტექნიკური მომსახურების ინსტრუქცია.” რკინიგზის გამომცემლობა, თბილისი, 2016.
55. ნ. მუხიგულაშვილი, ვ. კუპრაძე, მ. პაპასკირი, გ. კეშელავა“სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობების ფუნქციონირების

- ეფექტიანობის ანალიზი”. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა” № 2(36), თბილისი, 2016 .
56. **ნ. მუხიგულაშვილი, ო. გელაშვილი, მ. პაპასკირი** “Комплекс средств технического обслуживания «по состоянию», XI საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია «Фунда-ментальные и прикладные науки сегодня», «Fundamental and applied sciences today», 05.00.00, spc Academic, 10-11 апреля 2017 г. , North Charleston, USA 29406, том 3, ст. 95
57. **N. MukhigulaSvili, A. Sharvashidze, M. Papaskiri, M. Chaladze** “Sistems for control of rail tracks state” InternacionaI scientific journal”Problems of mechanics” № 1(66), Tbilisi, 2017, p.55-61
58. **ნ. მუხიგულაშვილი, მ. ჩალაძე, მ. პაპასკირი, პ. „ელიზბარაშვილი** მაიზოლირებელი პირაპირის წესივრულობის კონტროლის მეთოდიკისა და მოწყობილობების შემუშავება.“ ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №1(38) თბილისი, 2017. გვ. 282-287.
59. **ნ. მუხიგულაშვილი, ა.შარვაშიძე, მ.პაპასკირი, მ.კოპლატაძე, მ. ჩალაძე** სარკინიგზო საისრე ელექტრო ამძრავის გარნიტურის კონსტრუქციის ეფექტიანობის „გაზრდა“ IV ქართულ-პოლონური სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია. თბილისი 2018. გვ.154-159.
60. **ნ. მუხიგულაშვილი, მ. ჩალაძე, მ. პაპასკირი,** „საქართველოს რკინიგზის და თბილისის მეტროპოლიტენის მოწყობილობების ავტომატიკისა და ტელემექანიკის დაზიანებათა შედარებითი ანალიზი“ ყოველკვარ-ტალური გამოცემა. ISSN 1512-0996. სტუ-ს შრომები (WORKS ТРУДЫ) №4(510) -2018. გვ.51-54.
61. **Мухигулашвили Н. Чаладзе М. Дидебашвили Б. Коплатадзе М. Григорашвили М. Котрикадзе Т.** Организация автоматического обслуживания микропроцессорной полуавтоматической блокировки სამეცნიერო-ტექნიკური და საინფორმაციო ანალიტიკური ჟურნალი „Транспорт“, №1-4(69-72), 2018. გვ.5-6
62. **ნ. მუხიგულაშვილი, ბ. დიდებაშვილი, მ. გრიგორაშვილი, მ. ჩალაძე** მიკროპროცესორული გადასვლის სიგნალიზაციის ავტომატური ტექნიკური მომსახურების ორგანიზება, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ №3(729)-2018. გვ.75-79
63. **Гелашвили Ш. Дидебашвили Б.Котрикадзе Т. Чаладзе М. Ломсадзе Л.** Модернизация-развитие действующих участковых станции в грузовые и мощные промежуточные станций. სამეცნიერო-ტექნიკური და საინფორმაციო ანალიტიკური ჟურნალი „Транспорт“, №1-2(65-66), 2017. გვ.11-13.

64. ტ. კოტრიკაძე ბ. დიდებაშვილი მ.ჩალაძე ლ. ლომსაძე საკონტინენტო გადაზიდვების ინტენსიფიკაციის ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრა სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ №3(726)-2017. გვ.103-108.
65. ბ. დიდებაშვილი მ. ჩალაძე ტ.კოტრიკაძე ვ. ვაშაკიძე შუალედური სადგურების სასარგებლო სიგრძის დაგრძელება რკინიგზის სიმძლავრისა და მატარებელთა მოძრაობის სიჩქარის გაზრდის მიზნით. სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ №3(729)-2018. გვ. 70-74.