

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

იოსებ ჯავშანაშვილი

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის
სისტემათა საიმედოობის ამაღლება გაუმჯობესებული
დისკრეტული გადამწოდების გამოყენებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის

მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: „ტრანსპორტი“

შიფრი: 0407

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

2019 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით იოსებ ჯავშანაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა საიმედოობის ამალგა გაუმჯობესებული დისკრეტული გადამწოდების გამოყენებით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

2019 წელი

ხელმძღვანელი:

პროფესორი

მ. გოცაძე

რეცენზენტი:

ასოცირებული პროფესორი

ნ. მუხიგულაშვილი

რეცენზენტი:

აკადემიური დოქტორი

კ. გუდიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2019 წელი

ავტორი: ჯავშანაშვილი იოსები

დასახელება: „ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის

სისტემათა საიმედოობის ამაღლება გაუმჯობესებული
დისკრეტული გადაწყვეტილების გამოყენებით“

ფაკულტეტი: სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის

ხარისხი: აკადემიური დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: „____“ _____ 2019 წ.

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემოთმთმყვანილი 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 დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

საქართველოს ევროპა-აზიის სატრანსპორტო ბაზარზე ინტეგრაციამ, რაც დაკავშირებულია ევროპა-კავკასია-აზიის სატრანსპორტო დერეფნის ამოქმედებასთან დღის წესრიგში დააყენა მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობის მოწყობილობათა საიმედო მუშაობისა და ტექნიკურ მომსახურებაზე საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირებისადმი ახალი მოთხოვნები, რამაც გამოიწვია ამ მიმართულებით კვლევების გაფართოება.

ევროკომისიის სტატისტიკური მონაცემების თანახმად რკინიგზის ტრანსპორტზე ტექნიკურ საშუალებათა მტყუნებების საერთო რაოდენობიდან 66,1% მოდის ლიანდაგებზე, 19,5% სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობებზე, 5,3% ელექტროფიკაციასა და ელექტრომომარაგებაზე, 1,5% უშუალოდ გადაზიდვების მართვაზე და 7,6% სხვა ობიექტებსა და ფაქტორებზე, რომელთა მუშაობის საინფორმაციო უზრუნველყოფა და საიმედოობა დღეისათვის დაბალია.

მრავალი ათეული წლების განმავლობაში რკინიგზის ინფრასტრუქტურის ძირითადი ნაწილის, ლიანდაგის უბნის სითავისუფლისა და რელსის მთლიანობის კონტროლი ხორციელდება დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებით, სადაც ინფორმაციის გამტარ სადენებად რელსებია გამოყენებული.

მიუხედავად მრავალი ჩატარებული კვლევისა და განხორციელებული ღონისძიებებისა, პრაქტიკა აჩვენებს, რომ უმრავლეს შემთხვევაში არსებული დისკრეტული მოქმედების გადამწოდები სრულად ვერ აკმაყოფილებენ მუშაობის რეჟიმების შესაბამის პირობებს. ავარიული სიტუაციები განსაკუთრებით იზრდება ენერგეტიკული კრიზისის დროს, ამინდის მკვეთრი ცვალებადობისა და ბალასტის იზოლაციის შემცირების პირობებში. პრობლემად რჩება ბალასტის წინააღობის ცვლილების გავლენა სარელსო წრედის მუშაობის სიზუსტეზე, არ არის აღმიფხვრილი იზოლირებული პირაპირებით გამოწვეული დაზიანებები. სარკინიგზო დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებს არ შეუძლიათ რელსის გაბზარვის ან გაცვეთის დაფიქსირება, ამასთან სარკინიგზო ბლოკ-უბნის სიგრძე არ აღემატება 2,5 კმ-ს, ე.ი. გადასარბენი დაყოფილია შესაბამისი სტაციონალური მოწყობილობებით აღჭურვილ მოკლე ბლოკ-უბნებად, რაც იწვევს დამატებით ფინანსურ, მატერიალურ და ენერგეტიკულ დანახარჯებს.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ეფექტურობის ამაღლებისათვის აუცილებელია ისეთი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების დამუშავება, რომლებიც მნიშვნელოვნად გააფართოებს ამ სისტემათა ფუნქციონალურ შესაძლებლობებს, ამიტომ ახალი ტიპის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების დამუშავება რელსზე მჭიდროდ მიკრული ბოჭკოვანი-ოპტიკური კაბელის გამოყენებით, უაღრესად აქტუალური საკითხია.

წარმოდგენილი სამუშაოს კვლევის მიზანი და ამოცანებია ახალი ტიპის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი დისკრეტული გადამწოდების დამუშავება

გაფართოებული ფუნქციონალური შესაძლებლობებით, აგრეთვე ფაზამგრძობიარე მიმღებიანი დისკრეტული გადამწოდების პარამეტრების ოპტიმიზაციის საფუძველზე უნივერსალური სქემების დამუშავება სხვადასხვა ელექტრული წვევისათვის სადაც აპარატურის პარამეტრები განხილულია როგორც შემთხვევითი სიდიდეები.

შესრულებულ ნაშრომში დასახული მიზნის მიღწევისათვის დასმული და გადაწყვეტილი იქნა შემდეგი ამოცანები:

- დამუშავებულია ახალი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ინფორმაციის გაშიფრვისა და ინდიკაციის ბლოკის სქემა, სადაც ფაბრი-პეროს ინტერფერომეტრული მეთოდის საფუძველზე წინასწარ მოცემული ალგორითმით განისაზღვრება შესაბამისი ინფორმაცია;
- გაანგარიშებებში საიმედოობის თეორიის გამოყენებით შემოთავაზებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სინთეზის მეთოდიკა, რაც იძლევა მტყუნებათა მინიმუმამდე დაყვანის შესაძლებლობას;
- დამუშავებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სქემები აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგების პირობებში სხვადასხვა ელექტრული წვევისათვის;
- მოცემულია ფაზამგრძობიარე მიმღებიანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების ოპტიმალური პარამეტრები;
- მიღებულია დისკრეტული გადამწოდების მუშაობის რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმები, როგორც სალიანდაგო, ისე სალოკომოტივო მიმღებების მიხედვით;
- დამუშავებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების პრაქტიკული სქემები, რომელთა რეალიზაცია განაპირობებს ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ეფექტურობის ამაღლებასა და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს.

შესრულებულ სამუშაოში გამოყენებულია სარელსო წრედების თეორიისა და საიმედოობის თეორიის აპარატი და მეთოდები, აგრეთვე სტატისტიკური მოდელირების ხერხი, როდესაც სისტემის მათემატიკური მოდელით ხდება სისტემის ფუნქციონირების მრავალჯერადი აღწარმოება და მისი პარამეტრების სიხშირული მახასიათებლების გამოკვლევა.

ნაშრომში მოცემულია ახალი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ინფორმაციის გაშიფრვისა და ინდიკაციის ბლოკის სქემა, სადაც ფაბრი-პეროს ინტერფერომეტრული მეთოდის საფუძველზე წინასწარ მოცემული ალგორითმით განისაზღვრება შესაბამისი ინფორმაცია.

გაანგარიშებებში საიმედოობის თეორიის გამოყენებით შემოთავაზებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სინთეზის მეთოდიკა.

დამუშავებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სქემები აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგების პირობებში სხვადასხვა ელექტრული წვევისათვის.

მიღებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების მუშაობის რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმები, სალიანდაგო, ისე სალოკომოტივო მიმღებების მიხედვით.

ნაშრომში დამუშავებული დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების პრაქტიკული სქემების რეალიზაცია განაპირობებს სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ფუნქციონირების ეფექტურობის ამაღლებასა და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს.

Abstract

Georgia's integration into the Europe-Asia transport market is related to the implementation of the Europe-Caucasus-Asia transport corridor raise on the agenda to new requirements for reliable operation of trains safe traffic devices and reducing costs for operational expanses on maintenance that led to the expansion of researches in this direction.

According to the European Commission statistics, 66,1% of the total number of technical means failures on railway transport are on railway tracks, 19,5% on railway automation and telecommunication equipment, 5,3% of electrification and power supply, 1,5% on management of direct transportation and 7,6% on other objects and factors the information provision of work and reliability de is lower than current.

Over the past several decades, control of the main part of the railway infrastructure, railway span freeness and integrity of the rail is carried out by discreet action transducers, where rails are used as information conductors.

In spite of many conducted research and implemented activities, practice shows that in most cases, existing discreet action transducers in the majority of cases does not fully meet the conditions of the corresponding operation modes. Emergency situations are especially rising during the energy crisis, at weather's sharp variation and decrease in the ballast isolation. As problem remains impact of the change in the ballast resistance on the accuracy of the rail circuit operation, are not eliminated the failures caused by isolated joints. Railway discretion action transducers are not able to register the cracking or deterioration of rails, and at this the length of the railway block-span does not exceed 2,5 km, i.e. the span is divided into short block-spans equipped with appropriate stationary equipment that leads to additional financial, material and energy expenses.

In order to improve the efficiency of the railway automation and telemechanics systems, it is necessary to develop discrete action sensors that significantly enhance the functional capabilities of these systems, so the development of new type of optical –fiber discrete action transducers with application of closely attached fiber-optical cable is a very important issue.

The goal and objectives of the presented research work is the development of new type of optic-fiber discrete sensors with functional advanced functional capabilities, as well as based on the optimization of the phase-sensitive receiving discrete sensors parameters the development of universal circuits for various electric traction, and their methods of calculation, where apparatus parameters are considered not as a determinate values, but as random values.

The following tasks were raised and resolved to achieve the objective in the completed work:

- The new discreet action transducer block scheme of decryption and indication is developed, where based on the Fabry-Peraut interferometric method due preliminary stated algorithm will be determined the relevant information;

- In the calculation, due the application of the reliability theory is proposed the methodology of synthesis of discrete action transducers that gives the possibility to minimize the risk of failures;
- Are developed discrete action transducer's circuits have been developed for different electric traction under conditions of centralized arrangement of equipment;
- The optimal parameters of phase-sensitive receiver discrete actions transducers are stated;
- Are obtained criteria for performance of operational modes of discrete action transducers for track as well as for locomotive receivers accordingly;
- Practical schemes of discrete action transducers are developed, the realization of that increases the efficiency of the automatics and telemechanics systems and gains the significant economic effect.

In the completed work, are applied the apparatus and methods of track circuit theory and reliability theory, as well as the method of statistical modeling, when due the system's mathematical model is carried out multiple reproduction of system's functioning and the research of its frequency characteristics parameters.

In the work is stated a block scheme of decoding and indication of information of new discrete action transducers, where based on the Fabry-Perot interferometric method due preliminary stated algorithm will be determined the relevant information.

In the calculations using reliability theory is proposed method of synthesis of discrete action sensors.

Discrete action cycle circuits have been developed for various electric traction under centralized arrangement of equipment.

The criteria for performance of discrete action transducers operational modes are obtained according to the track as well as locomotive receivers.

The realization of practical schemes of discrete action transducers developed in the work increases efficiency of the operation of railway automation and telemechanics systems and gains a significant economic impact.

შინაარსი

შესავალი	12
1. ლიტერატურის მიმოხილვა	16
2. შედეგები და მათი განსჯა	23
2.1. დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების დანიშნულება რკინიგზის ტრანსპორტზე	23
2.2. დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების (სარელსო წრედების) მუშაობის რეჟიმების ანალიზი.....	28
2.3. ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდები	65
2.4. ტონალური სიხშირის სარელსო წრედების მომსახურების ტექნოლოგია და შემოწმების მეთოდები	75
2.5. დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებში ოპტიკური ბოჭკოს გამოყენების შესაძლებლობები	80
2.6. ბრეგის ცხაურების გამოყენება სარკინიგზო ავტომატიკასა და ტელეკომუნიკაციაში	86
2.7. ინტერფერომეტრული გადამწოდების დამუშავება ბრეგის ბოჭკოვანი ამრეკლების გამოყენებით	89
2.8. მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა დისკრეტულ გადამწოდების დამუშავება აპარატურის ცენტრალიზებულ განლაგების პირობებში	95
2.9. დისკრეტული გადამწოდების სქემები სხვადასხვა სალოკომოტივო წევის პირობებში	100
2.10. ფაზამგრძნობიარე მიმღებიანი დისკრეტული გადამწოდების პარამეტრების ოპტიმიზაცია მეტროპოლიტენებისათვის	110
3. დასკვნა	115
გამოყენებული ლიტერატურა	116

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. სარელსო წრედის დასაწყისში და ბოლოში აპარატურის ჩართვის ცხრილი.....	40
ცხრილი 2. სავარაუდო გამოთავისუფლებული ხარჯები ერთი გადასარბენისათვის (საშუალოდ ოთხი ბლოკ-უბანი, მომსახურების გარეშე)	85
ცხრილი 3. სარელსო წრედისათვის R_1^* და R_2^* რეზისტორების სიდიდეები და	106
ცხრილი 4. სარელსო წრედის $R_1^* = R_2^* = R$ წინაღობები	109
ცხრილი 5. სარელსო წრედის ელემენტთა პარამეტრები სარელსო ხაზის აპარატურიდან ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტები	110

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1. დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ბლო-სქემა ბოჭკოვან- ოპტიკური კაბელის გამოყენებით	19
ნახ. 2. ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის რელსზე მიმაგრების სქემა	20
ნახ. 3. სრელსო წრედის ჩანაცვლების საერთო სქემა	38
ნახ. 4. ცვლადი დენის 25 სიხშირის 3ც სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა	46
ნახ. 5. TPI ტიპის უპირაპირო სარელსო წრედი	65
ნახ. 6. სალიანდაგო მიმღების შესაძლო გაუმართაობები და მისი აღმოფხვრის წესები	70
ნახ. 7. ოპტიკური ბოჭკო	80
ნახ. 8. ოპტიკური არხის სელექტორის სქემა	87
ნახ. 9. ცვლადპერიოდიანი ბრეგის ცხაურზე აგებული დისპერსიის კომპენსატორის ოპტიკური სქემა	87
ნახ. 10. ტალღის სიგრძის დამოკიდებულება დეფორმაციაზე	89
ნახ. 11. ბრეგის ცხაურების ბოჭკოვან-ოპტიკური უმარტივესი გადამწოდის სქემა	90
ნახ. 12. ვიბროაკუსტიკური მონიტორინგის ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის მოქმედების პრინციპი.....	91
ნახ. 13. სასარგებლო სიგნალი	93
ნახ. 14. ხელშემშლელი მდგენელი	93
ნახ. 15. დენი ფმ-ის გამოსასვლელზე	94
ნახ. 16. გაუფილტრავი გამოსავალი სიგნალი	94
ნახ. 17. გაფილტრული გამოსავალი სიგნალი	95
ნახ. 18. დამოკიდებულება $r_n = F(f)$	99
ნახ. 19. სარელსო წრედის სქემა ავტონომიური წვევის დროს	101
ნახ. 20. $R_{jmax} = f(n)$ დამოკიდებულება	105
ნახ. 21. სარელსო წრედი მუდმივი დენის ელექტრული წვევის დროს	107
ნახ. 22. სარელსო წრედი სქემა ცვლადი დენის ელექტრული წვევის დროს	108

შესავალი

საქართველოს ევროპულ-აზიის სატრანსპორტო ბაზარზე ინტეგრაციამ, რაც დაკავშირებულია ევროპა-კავკასია-აზიის სატრანსპორტო დერეფნის ამოქმედებასთან დღის წესრიგში დააყენა მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობის, მოწყობილობათა საიმედო მუშაობისა და ტექნიკურ მომსახურებაზე საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირებისადმი ახალი მოთხოვნები, რამაც გამოიწვია ამ მიმართულებით მეცნიერული კვლევების გაფართოება.

ევროკომისიის სტატისტიკური მონაცემების თანახმად რკინიგზის ტრანსპორტზე ტექნიკურ საშუალებათა მტყუნებების საერთო რაოდენობიდან 66,1% მოდის ლიანდაგებზე, 19,5% სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობებზე, 5,3% ელექტროფიკაციისა და ელექტრომომარაგებაზე, 1,5% უშუალოდ გადაზიდვების მართვაზე და 7,6% სხვა ობიექტებსა და ფაქტორებზე, რომელთა მუშაობის საინფორმაციო უზრუნველყოფა და საიმედოობა დღეისათვის დაბალია.

მრავალი ათეული წლების განმავლობაში რკინიგზის ინფრასტრუქტურის ძირითადი ნაწილის, ლიანდაგის უბნის სითავისუფლისა და რელსის მთლიანობის კონტროლი ხორციელდება დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებით, სადაც ინფორმაციის გამტარ სადენებად რელსებია გამოყენებული.

მიუხედავად მრავალი ჩატარებული კვლევისა და განხორციელებული ღონისძიებებისა, პრაქტიკა აჩვენებს, რომ უმრავლეს შემთხვევაში არსებული დისკრეტული მოქმედების გადამწოდები სრულად ვერ აკმაყოფილებენ მუშაობის რეჟიმების შესაბამის პირობებს. ავარიული სიტუაციები განსაკუთრებით იზდება ენერგეტიკული კრიზისის დროს, ამინდის მკვეთრი ცვალებადობისა და ბალასტის იზოლაციის შემცირების პირობებში. პრობლემად რჩება წინაღობის ცვლილების გავლენა სარელსო წრედის მუშაობის სიზუსტეზე, არ არის აღმოფხვრილი იზოლირებული პირაპირებით გამოწვეული დაზიანებები. სარკინიგზო დისკრეტული

მოქმედების გადამწოდებს არ შეუძლიათ რელსის გაბზარვის ან გაცვეთის დაფიქსირება, ამასთან სარკინიგზო ბლოკ-უბნის სიგრძე არ აღემატება 2,5 კმ-ს, ე.ი. გადასარბენი დაყოფილია შესაბამისი სტაციონალური მოწყობილობებით აღჭურვილ მოკლე ბლოკ-უბნებად, რაც იწვევს დამატებით ფინანსურ, მატერიალურ და ენერგეტიკულ დანახარჯებს.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ეფექტურობის ამაღლებისათვის აუცილებელია ისეთი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების დამუშავება. რომლებიც მნიშვნელოვნად გააფართოებს ამ სისტემათა ფუნქციონალურ შესაძლებლობებს, ამიტომ ახალი ტიპის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების დამუშავება რელსზე მჭიდროდ მიკრული ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის გამოყენებით, უაღრესად აქტუალური საკითხია.

წარმოდგენილი სამუშაოს კვლევის მიზანი და ამოცანებია ახალი ტიპის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი დისკრეტული გადამწოდების დამუშავება გაფართოებული ფუნქციონალური შესაძლებლობებით, აგრეთვე ფაზამგრძობიარე მიმდებიანი დისკრეტული გადამწოდების პარამეტრების ოპტიმიზაციის საფუძველზე უნივერსალური სქემების დამუშავება სხვადასხვა ელექტრული წევისათვის. შესრულებულ ნაშრომში დასახული მიზნის მიღწევისათვის დასმული და გადაწყვეტილი იქნა შემდეგი ამოცანები:

- დამუშავებულია ახალი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ინფორმაციის გაშიფრვისა და ინდიკაციის ბლოკის სქემა, სადაც ფაბრი-პეროს ინტერფერომეტრული მეთოდის საფუძველზე წინასწარ მოცემული ალგორითმით განისაზღვრება შესაბამისი ინფორმაცია;
- გაანგარიშებებში საიმედოობის თეორიის გამოყენებით შემოთავაზებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სინთეზის მეთოდიკა, რაც იძლევა მტყუნებათა მინიმუმამდე დაყვანის შესაძლებლობას;
- დამუშავებულია დისკრეტული გადამწოდების სქემები აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგების პირობებში სხვადასხვა ელექტრული წევისათვის;

- მოცემულია ფაზამგრძობიარე მიმღებიანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების ოპტიმალური პარამეტრები;
- მიღებულია დისკრეტული გადამწოდების მუშაობის რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმები, როგორც სალიანდაგო, ისე სალოკომოტივო მიმღებების მიხედვით;
- დამუშავებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების პრაქტიკული სქემები, რომელთა რეალიზაცია განაპირობებს ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ეფექტურობის ამაღლებასა და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს.

შესრულებულ სამუშაოში გამოყენებულია სარელსო წრედების თეორიისა და საიმედოობის თეორიის აპარატი და მეთოდები, აგრეთვე სტატისტიკური მოდელირების ხერხი, როდესაც სისტემის მათემატიკური მოდელით ხდება სისტემის ფუნქციონირების მრავალჯერადი აღწარმოება და მისი პარამეტრების სიხშირული მახასიათებლების გამოკვლევა.

ნაშრომში მოცემულია ახალი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ინფორმაციის გაშიფრვისა და ინდიკაციის ბლოკის სქემა, სადაც ფაბრი-პეროს ინტერფერომეტრული მეთოდის საფუძველზე წინასწარ მოცემული ალგორითმით განისაზღვრება შესაბამისი ინფორმაცია.

გაანგარიშებებში საიმედოობის თეორიის გამოყენებით შემოთავაზებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სინთეზის მეთოდიკა.

დამუშავებულია დიაკრეტული მოქმედების გადამწოდების სქემები აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგების პირობებში სხვადასხვა ელექტრული წევისათვის.

მიღებულია დისკრეტული გადამწოდების მუშაობის რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმები, როგორც სალიანდაგო, ისე სალოკომოტივო მიმღებების მიხედვით.

ნაშრომში დამუშავებული დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების პრაქტიკული სქემების რეალიზაცია განაპირობებს სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ფუნქციონირების ეფექტურობის ამაღლებასა

და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს. შემოთავაზებული სქემების გამოყენება შესაძლებელია მეტროპოლიტენებშიც.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

ლიტერატურის მიმოხილვაში განხილულია დარგის ცნობილი მეცნიერებისა და სპეციალისტების დასმული პრობლემისადმი მოძღვნილი პუბლიკაციები, რომელთა ანალიზმა დაგვანახა, რომ მიუხედავად მრავალი ჩატარებული კვლევისა და განხორციელებული ღონისძიებებისა, პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ სადისერტაციო ნაშრომში დასმული პრობლემები კვლავ აქტუალურია.

ლიტერატურული მონაცემების თანახმად რკინიგზის ტრანსპორტზე ტექნიკურ საშუალებათა მტყუნებების საერთო რაოდენობიდან 66,1% მოდის ლიანდაგებზე, 19,5 % სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობებზე, 5,3% ელექტროფიკაციასა და ენერგომომარაგებაზე, 1,5% უშუალოდ გადაზიდვების მართვაზე და 7,6% სხვა ობიექტებსა და ფაქტორებზე, რომელთა მუშაობის საიმედოობა და საინფორმაციო უზრუნველყოფა დღეისათვის დაბალია. ავარიული სიტუაციები განსაკუთრებით იზრდება ენერგეტიკული კრიზისის დროს ამინდის მკვეთრი ცვლილების და ბალასტის დაბინძურების პირობებში. პრობლემაა ბალასტის წინააღმდეგობის ცვლილების გავლენა დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების მუშაობის სიზუსტეზე. [11,36,37,60]

ამ საკითხებს ეძღვნება ფ. ბარვილის, ო. პოუპეს, ჟ. დიუმერის, ჟ.საფორდის, ი. კრავცოვის, ა. ბრილევის, ბ. სტეპენსკის, ი. კოტლიარენკოს, მ. გურგენიძის. მ. გოცამის, ნ. მუხიგულაშვილის, ა. ბერიძისა და სხვათა ნაშრომები.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა დანიშნულებაა უზრუნველყოს მატარებელთა უსაფრთხო და გამართული მოძრაობა, რაც უმნიშვნელოვანეს გავლენას ახდენს გადაზიდვების ეფექტურობაზე.

მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოებისა და მართვის სისტემის სრულყოფის გზაზე ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობების

განვითარებისათვის პერსპექტიული მიმართულებაა ახალი ტიპის ბოჭკოვან-ოპტიკური დისკრეტული გადამწოდების გამოყენება რელსზე მჭიდროდ მიკრული ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის გამოყენებით.

ბოლო წლებში მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში კვლევის ამ მიმართულებით ინტენსიურად მიმდინარეობს სამუშაოები, რომლებიც ასახულია მათ ანგარიშებში, მაგალითად აშშ ილინოისის შტატში ურბანა-ჩამპაიგნის ილინოისის უნივერსიტეტის მიერ ჩატარებული კვლევების ანგარიშში FIBER OPTICAL SENSORS FOR HIGH-SPEED RAIL APPLICATIONS-Final Report for High-Speed Rail IDEA Project 19. <http://www.nationalacademies.org/trb/idea>.

აღნიშნული ანალიტიკური გამოკვლევები ნათლად ჩანს, რომ ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის სარკინიგზო რელსზე დამაგრებით გოგორწყვილების და რელსის ურთიერთმოქმედი ძალების შედეგად, პრაქტიკულად ყველა შემთხვევაში ხდება ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის ოპტიკური მახასიათებლის ცვლილება, რა თქმა უნდა გარკვეული ენთროპიით. მიუხედავად ამისა, მათ ვერ შეძლეს ისეთი სისტემის შექმნა, რომელიც რეალურად უზრუნველყოფდა არსებული პრობლემების გადაჭრას.

წლების განმავლობაში ჩატარებული დაკვირვებებისა და თეორიული გაანგარიშების საფუძველზე დადგენილია, რომ ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის სარკინიგზო რელსზე დამაგრებით ოპტიკური მაჩვენებლის ძირითადი მახასიათებელი საშუალებას გვაძლევს ავტომატურად და დროში უწყვეტად გაკონტროლდეს რელსის მთლიანობა, ხოლო ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის ოპტიკური მახასიათებლის ცვლილების ანალიზით შესაძლებელი იქნება განისაზღვროს მოძრავი შემადგენლობის ადგილმდებარეობა, აღმოვაჩინოთ გოგორწყვილისა და რელსის სიმთელის დარღვევა და ცვეთის ხარისხი, გაკონტროლდეს მოძრავი შემადგენლობის ღერძებზე დატვირთვა. ამ ვერსიის განვითარებისა და პროექტის დამუშავების საფუძველს წარმოადგენს მთელი რიგი ცნობილი

მეცნიერული მიღწევები და გამოკვლევების შედეგები ბოჭკოვან-ოპტიკურ კაბელებზე. [1,2,22,23,31]

სარკინიგზო ტრანსპორტის ფუნქციონირების გაუმჯობესებისათვის აქტუალურია ისეთი სახის დისკრეტული გადამწოდების დამუშავება, რომელიც:

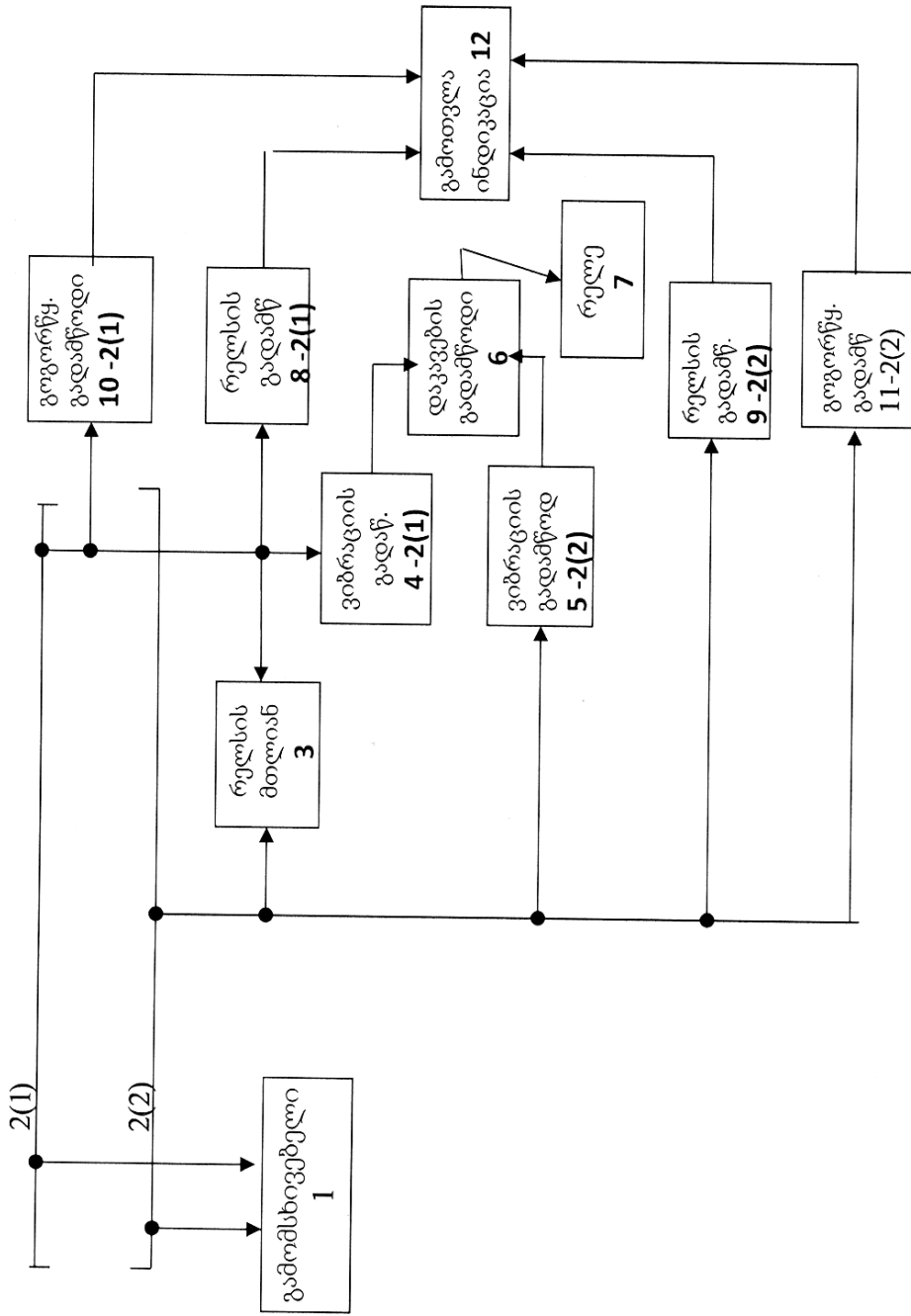
1. მნიშვნელოვნად გააფართოებს სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის საინფორმაციო სისტემებისათვის ფორმირებულ ფუნქციონალურ დანიშნულებასა და პარამეტრებს;
2. გამოიმუშავებს თვისობრივად ახალი სახის მონაცემებს, რომელიც აამაღლებს ლიანდაგებისა და ვაგონების საპასუხისმგებლო კვანძების ფუნქციონირების საიმედოობას.

ახალი ინოვაციური სისტემის შემუშავება, შესაძლებლობას მოგვცემს:

- განისაზღვროს მოძრავ შემადგენლობაში გაცვეთილი ან დაზიანებული გოგორწყვილი;
- შემადგენლობის მიერ გადასარბენის დაკავება დავაფიქსიროთ მტყუნების გარეშე;
- დავადგინოთ შემადგენლობის მიერ გადასარბენის დაკავების ზუსტი მდებარეობა;
- განისაზღვროს გაცვეთილი ან დაზიანებული რელსის ადგილი;
- მოვახდინოთ მოძრავი შემადგენლობის იდენტიფიცირება.

ავტორთა ჯგუფის მიერ (ნ. მღებრიშვილი, მ. გოცაძე, ლ. იმნაიშვილი და ა. დუნდუა) შემუშავებულია ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის გამოყენებით დისკრეტული გადამწოდის კონსტრუქცია. მასში გატარებული სიგნალების საშუალებით წარმოებს რელსის მთლიანობის განსაზღვრა, ასევე, მატარებლის მოძრაობისას ვიბრაციის დონის მიხედვით რელსის შპალზე და შპალის ბალასტზე სუსტად ჩამაგრების ადგილის დადგენა. ასეთი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ბლოკ-სქემა მოცემულია ნახ. 1.

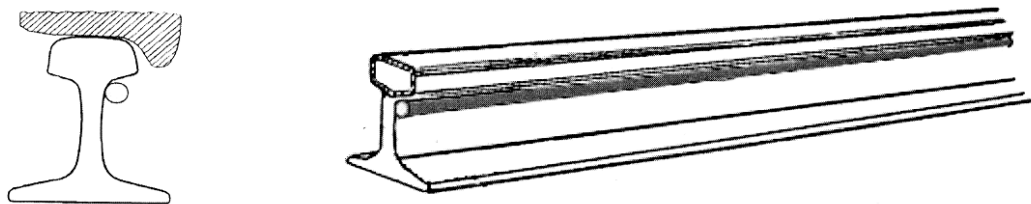
ბლოკ-უბნის დასაწყისიდან ოპტიკური მონოქრომატული ლაზერული გამომსხივებელიდან 1, რომელიც შედგება რამოდენიმე (ჩვენს



ნახ. 1. დისკრეტული მოქმედების გადაწოდის ბლოკ-სქემა ზოგად-ობიექტური კაბელის გამოყენებით

შემთხვევაში 3) სხივისაგან, სინათლის ნაკადის ცალ-ცალკე გაედინება თითოეულ რელსზე 2(1), 2(2) მჭიდროდ მიმაგრებულ ოპტიკურ კაბელში, რომელიც ასევე ასრულებს გადამწოდების ერთობლიობის როლს. ბლოკ-უბნის ბოლოს ორივე კაბელი 2(1), 2(2) მიერთებულია რელსის მთლიანობის კონტროლერთან 3. ბლოკ-უბნის ბოლოს ორივე კაბელი 2(1), 2(2) მიერთებულია თითოეული რელსის ვიბრაციის კონტროლერებთან 4 და 5, მათგან გამოსული ელექტრული სიგნალები მიერთებულია ბლოკ-უბნის დაკავების აღმრიცხველ ბლოკზე 6, რომელიც შეერთებულია სალიანდაგო რელესთან 7. მოძრავი შემადგენლობის მიერ ბლოკ-უბნის დაკავების შემთხვევაში სალიანდაგო რელე შესასვლელზე მიეწოდება ნულოვანი სიგნალი და იგი აჩვენებს დაკავების ნიშანს – ბლოკ-უბნის თავისუფლების შემთხვევაში – პირიქით. ბლოკ-უბნის ბოლოს ორივე კაბელი 2(1), 2(2) ასევე შესაბამისად მიერთებულია თითოეულ რელსის დაზიანების ადგილის ამომცნობ კონტროლერებთან 8 და 9 და ასევე გაცვეთილი ან დაზიანებული გოგორწყვილის ამომცნობ კონტროლერებთან 10 და 11. აღნიშნული ბლოკებიდან 8, 9, 10, 11 საინფორმაციო სიგნალები მიერთებულია ინფორმაციის დამამუშავებელ და ინფიკაციის ბლოკთან 12, ამ ბლოკში გარკვეული ალგორითმის მეშვეობით წარმოებს გაცვეთილი ან დაზიანებული რელსის ადგილის, გაცვეთილი ან დაზიანებული გოგორწყვილის განსაზღვრა.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია რელსზე დამაგრებული ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის სქემა.



ნახ. 2. ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის რელსზე მიმაგრების სქემა

შემოთავაზებული სქემების რეალიზაციისათვის უნდა გადაიჭრას შემდეგი ძირითადი პრობლემები:

- ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის მახასიათებლების გამოკვლევა ვიბრაციის ძალების დამოკიდებულებაზე;
- ვიბრაციული რხევების ანალიზი და მისი ცვლილებების დაფიქსირების შესაძლებლობა დაშორების მიხედვით მოძრავი შემადგენლობის მართვისა და რეგულირების ავტომატიზირებული სისტემის ფუნქციონირების ალგორითმის შემუშავება.

ჩატარებული მრავალმხრივი სამუშაოების მიუხედავად პრობლემების გადაჭრისათვის აუცილებელია შემდეგი საკვლევი სამუშაოების ჩატარება:

- ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდების ანალიზის საფუძველზე ისეთი მეთოდის შემუშავება, რომელიც შესაბამისი სენსორების ამორჩევის საშუალებას მოგვცემს;
- შედარებითი ანალიზის ჩატარება და ვიბრაციის დაფიქსირების ისეთი მეთოდის შერჩევა, რომელიც გაცვეთის ან დაზიანების შემთხვევაში უზრუნველყოფს რელსის გაცვეთის ან დაზიანების განსაზღვრას;
- შედარებითი ანალიზის ჩატარება და ვიბრაციის დაფიქსირების ისეთი მეთოდის შერჩევა, რომელიც გაცვეთის ან დაზიანების შემთხვევაში დიდი სიზუსტით უზრუნველყოფს გოგორწყვილის გაცვეთის ან დაზიანების განსაზღვრას;
- გოგორწყვილისა და რელსის დაზიანების გამოთვლის მათემატიკური მოდელის შემუშავება და მისი რეალიზაციის ალგორითმის შექმნა;
- ორივე სარელსო ძაფიდან მიღებული მონაცემების შედარებითი ანალიზის ჩატარება და ისეთი მეთოდის შერჩევა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს გამოვავლინოთ მოძრავი შემადგენლობის ღერძებზე დატვირთვებს შორის დასაშვებზე მეტი განსხვავება;
- მოწყობილობის სიზუსტეზე მოქმედი სხვადასხვა ხელშეშლებისა და აღმგზნები ფაქტორების შესწავლა, მათი აღმოფხვრის მეთოდების დამუშავება.

მოძრავი შემადგენლობისა და ლიანდაგის ასეთი მოწყობილობით აღჭურვა შესამჩნევად გაზრდის შემადგენლობის მოძრაობის

უსაფრთხოებას და მოძრაობის სიჩქარეს, პრაქტიკულად გამორიცხავს კატასტროფებს.

გამოქვეყნებული პუბლიკაციების თანახმად მიჩნეულია, რომ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ელემენტები დეტერმინირებული სიდიდეებია, რაც რეალობას არ შეესაბამება.

ეს საკითხები განხილულია რ. ჰერმას, ა. დელპის, ჯ. ლანდგრენის, რ. ლევისის, ე. ჰარდვიკის, ი. კრავცოვის, ბ. სტეპენსკის, ვ. საპოჟნიკოვის, ვლ. საპოჟნიკოვის. ი. ზენკოვიჩის, მ. გოცამის, ზ. თევზამის და სხვათა შრომებში.

ჩატარებული ლიტერატურული მიმოხილვის თანახმად დადგენილია, რომ სარკინიგზო ავტომატიკის და ტელემექანიკის სისტემათა ეფექტურობის ამაღლებისათვის კვლევები აქტუალური და პერსპექტიული მიმართულებაა და ამ პრობლემის გადასაწყვეტად დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების გამოყენება მეტად მნიშვნელოვანია.

2. შედეგები და მათი განსჯა

2.1. დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების დანიშნულება რკინიგზის ტრანსპორტზე

რკინიგზების ექსპლუატაციის მაღალი დონის უზრუნველყოფა ბევრად არის დამოკიდებული გადაზიდვის პროცესების მართვის ხარისხზე. გადაზიდვის პროცესების მართვა ეფუძნება მატარებლების მოძრაობის გრაფიკს, რომელიც შედგენილია ტვირთების და მგზავრნაკადების განაწილების შესაბამისად. ამ გრაფიკების მიხედვით დგინდება მოძრაობის საათები დღედამეში, მისი რაციონალური რეჟიმი, მატარებლებს შორის ინტერვალები. ამ გრაფიკების გამოყენებით იმართება ყველა ქვეგანაყოფი, რომელსაც მოიცავს მართვის სისტემა და რომელმაც უნდა უზრუნველყოს მატარებლების უსაფრთხო და უწყვეტი მოძრაობა.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემები საიმედოობისა და უსაფრთხოების თვალსაზრისით წარმოადგენს რთულ სისტემებს. ამის განმაპირობებელი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი მდგომარეობს იმაში, რომ რკინიგზა არის ცალკეული კომპონენტების ორგანული შერწყმით მიღებული ერთიანი კომპლექსი. ამ კომპლექსში შედის გზა და ხელოვნური ნაგებობები, მოძრავი შემადგენლობა, ელექტრომომარაგება, ავტომატიკისა და კავშირგაბმულობის სისტემები, სხვადასხვა დანიშნულების საინჟინრო-ტექნიკური მოწყობილობები და ა.შ.

კომპლექსში შემავალი ელემენტების სწორი ურთიერთქმედება უზრუნველყოფს გადაზიდვის პროცესში ეფექტურ რეალიზაციას და დასახული ამოცანების გადაწყვეტას.

მატარებლების მოძრაობის გრაფიკის რეალიზაციას ემსახურება სარკინიგზო ტექნიკური აღჭურვილობის მნიშვნელოვანი ნაწილი. ეს ტექნიკური ბაზა განუწყვეტლივ განიცდის სრულყოფას ხაზების გამტარუნარიანობის და გადაზიდვუნარიანობის გაზრდის მიზნით. უმჯობესდება მოძრავი შემადგენლობის მახასიათებლები, აღჭურვილობა და მოწყობილობები. ინერგება ექსპლუატაციის პროგრესული მეთოდები

და საშუალებები. ამ მხრივ უდიდესი ეფექტი მიიღწევა ავტომატიკისა და ტელემექანიკის საშუალებების გამოყენებით. მათ საფუძველზე იქმნება მატარებლების მოძრაობის მართვის ავტომატიზირებული სისტემები. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის საშუალებების გამოყენებით ხდება მოძრაობის ინტერვალური რეგულირება და უსაფრთხოების უზრუნველყოფა.

გადასარბენებზე მოწყობილი ავტომატური ბლოკირებები რკინიგზების ექსპლუატაციის საწყის ეტაპზე აღჭურვილი იყო რელეურ-კონტაქტური სისტემებით. თანამედროვე საელემენტო ბაზა საშუალებას იძლევა რელეურ-კონტაქტური სისტემები ჩავანაცვლოთ მიკროპროცესორული სისტემებით, სადაც სხვა კომპონენტებთან ერთად მნიშვნელოვანი როლის შესრულება შეუძლიათ დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებს.

ავტობლოკირების მოწყობილობების სრულყოფისათვის ძალისხმევა მიმართული იყო ხელსაწყოების მუშაობის მდგრადობის გაზრდისკენ. მნიშვნელოვანი მოდერნიზაცია განიცადა ავტობლოკირების სქემებმა და სარელსო წრედებმა. ცალკეულ შუანიშნებთან დამოუკიდებელ საგზაო სექციებში განმამხოლოებელი პირაპირების მოწყობით გამოიყო დამცავი უბნები.

ძველ სისტემებში ბლოკ-უბნები აღჭურვილია მაიზოლირებელი პირაპირებითა და დროსელ-ტრანსფორმატორებით, ხოლო ბლოკ-უბნების სიგრძე არ აღემატება 2,5 კილომეტრს. ამ ვითარებაში ხაზების გამტარუნარიანობა შეადგენდა 34 წყვილ მატარებელს დღე-ღამეში. აპარატურა და სარელსო წრედები მუშაობდნენ არამდგრადად.

ავტობლოკირების სქემებში შეყვანილი იქნა ძირითადი ხელსაწყოების მუშაობის კონტროლი. ამასთან ერთად, ეს სქემები აგებული იყო ისე, რომ მატარებლის არასწორი მოძრაობის შემთხვევაში ისინი ყოფილიყო თვითამდგენნი. დამუშავდა და დაინერგა რეზონანსული სარელსო წრედები ტევადობით შემზღუდველებით, რამაც მნიშვნელოვნად შეამცირა ელექტროენერჯის ხარჯი.

გამტარუნარიანობის გაზრდისათვის დაიწყო სარკინიგზო ხაზების

დაყოფა რამდენიმე იზოლირებულ უბნად, ხოლო სადგურების მისასვლელებთან აწყობდნენ დამატებით შუქნიშნებს.

შეიქმნა მატარებლების მოძრაობის სიჩქარის მარეგულირებელი ავტომატიზირებული სალოკომოტივო სიგნალიზაცია (ასს). ამ სისტემის საშუალებით წარმოებს უწყვეტი ურთიერთქმედება მოძრავ შემადგენლობასა და გზების მოწყობილობებს შორის, მნიშვნელოვნად იზრდება მოძრაობის უსაფრთხოების ხარისხი, უმჯობესდება მატარებლის მოძრაობის მართვა, მსუბუქდება მემანქანის შრომა.

მოგვიანებით შეიქმნა და პრაქტიკაში დაინერგა მატარებლის სიჩქარის მაკონტროლებელი მოწყობილობა, რომელიც საშუალებას იძლევა გაიზომოს სადგურიდან გამავალი მატარებლის სიჩქარე და დროულად გახსნას სიგნალები.

ტვირთბრუნვის და მგზავრნაკადების გაზრდასთან დაკავშირებით საჭირო გახდა მატარებლების მოძრაობის სიჩქარისა და ხაზების გამტარუნარიანობის გაზრდაც. ავტობლოკირების გამტარუნარიანობის რეზერვები ამოწურული აღმოჩნდა. ამასთან ერთად შემცირდა სადგურებში მატარებლების დგომის ხანგრძლივობაც.

შემდგომში გადაწყდა, რომ ხაზები აღჭურვილი ყოფილიყო მხოლოდ ასს-ის მოწყობილობებით, სოლო ავტობლოკირებები მოწყობილიყო შედარებით მცირე წყვილადობის შემთხვევაში და ისინი განხილული ყოფილიყო როგორც სათადარიგო სისტემები.

ინტერვალური რეგულირებისა და მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად გამოიყენება ავტომატური ბლოკირება. ავტობლოკირების მოქმედება დაფუძნებულია ბლოკ-უბნების შუქნიშნებით შეზღუდვებზე. შუქნიშნები დაყენებულია ბლოკ-უბნებს შორის საზღვრებზე და მათი ჩვენების შეცვლა ხდება. ავტომატურად ბლოკ-უბნის მატარებლით დაკავებულობიდან გამომდინარე, ბლოკ-უბნების დაკავებულობის და თავისუფლების კონტროლი წარმოებს სარელსო ელექტროწრედების საშუალებებით, რომლებიც შეადგენენ თანამედროვე რკინიგზების ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ძირითად სისტემებს.

დისკრეტული მოქმედების გადამწოდები გამოყენებისას, სარელსო ხაზები ერთმანეთისაგან იყოფა იზოლირებულ უბნებად, რაც ხორციელდება განმაცალკევებელი (მაიზოლირებელი) პირაპირების მოწყობით. გადამწოდის თავში ჩაერთვება დენის წყარო-სალიანდაგე ტრანსფორმატორი, ხოლო ბოლოში სალიანდაგო რელე. სალიანდაგე ტრანსფორმატორიდან სალიანდაგე რელემდე გამტარებს წარმოადგენენ რელსები, რომლებშიც სასიგნალო დენის გარდა გაედინება ასევე წევის უკუდენიც. უბნები, როგორც ვიცით ერთმანეთისგან გამოყოფილია მაიზოლირებელი პირაპირებით, ამიტომაც ორმაფიან დისკრეტულ გადამწოდებში ერთი იზოლირებული უბნიდან წევის უკუდენის გასატარებლად გამოიყენება დროსელ-ტრანსფორმატორები.

უბანზე მატარებლის არარსებობის პერიოდში სალიანდაგე რელე იმყოფება დენის ქვეშ და აფიქსირებს კონტროლირებადი უბნის სითავისუფლეს. როდესაც უბანზე შედის მატარებელი მისი გოგირწყვილებით შუნტირება დისკრეტული გადამწოდი და სალიანდაგო რელე რჩება უდენოდ, რითაც ფიქსირდება საკონტროლო უბნის დაკავებულობა.

დისკრეტულ გადამწოდში ჩართული დროსელ-ტრანსფორმატორები გაანგარიშებულია ცალკეულ რელსებში წევის უკუდენის ხანგრძლივ გამტარობაზე. წევის უკუდენის ჰარმონიული მდგენელისგან სარელსო წრედის დაცვისათვის გამოიყენება ДСШ ტიპის რელეები, დამცავი ბლოკ-ფილტრები და ა.შ. სარელსო წრედების მუშაობას წაყენებული აქვს გადიდებული მოთხოვნები რელსური ხაზების აღჭურვილობისადმი: რელსები არ უნდა ეხებოდეს ლიანდაგის ზედნაშენს, ლითონის კონსტრუქციები რელსზე დამიწებული უნდა იყოს სანაპერწყლე შუალედებით და ა.შ.

ამჟამად საქართველოს რკინიგზაზე 50 ჰკ სიხშირის დისკრეტულ გადამწოდებიანი კოდური ავტობლოკირების გარდა, ასევე დანერგილია ავტობლოკირება ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებით (კასპი-გორის უბნის გადასარბენებზე). რომელთა

უპირატესობა პირველ რიგში მდგომარეობს იმაში, რომ გადასარბენის ბლოკ უბნები ერთმანეთისგან არაა გამოყოფილი მაიზოლირებელი პირაპირებით და არ საჭიროებს ძვირად ღირებულ დროსელ-ტრანსფორმატორებს, აპარატურა განთავსებულია ცენტრალიზებულად.

უპირაპირო დისკრეტული გადამწოდები საშუალებას იძლევა შეიქმნას მატარებლების ინტერვალური მოძრაობის თვისობრივად ახალი სისტემები საგზაო შუქნიშნების გარეშე.

ი. კრავცოვისა და ბ. სტეპანსკის ნაშრომში განხილულია სიგრძეზე კაბელის პარამეტრების დამოკიდებულების პრობლემა, რომელიც გადაწყვეტილია გრძივი მიმართულებით ტენგაუმტარი კაბელების გამოყენებით. ამ მიზნით მათი დამზადებისას გამოიყენება შემდეგი მეთოდები: პირველი-კაბელის გულა მთელ სიგრძეზე ივსება ჰიდროფობური შემავსებლით, რომელიც ეწინააღმდეგება წყლის შეღწევას; მეორე-კაბელის გულაში შეჰყავთ წყალგაფუებადი მასალა (ფხვნილი, ძაფი, ლენტა), რომელიც წყლის მოქმედების შედეგად გაფართოვდება ისე, რომ წარმოქმნის საცობებს, რომელიც ეწინააღმდეგება წყლის შემდგომ შეღწევას. საზღვარგარეთის ქვეყნებში მათ შორის რუსეთში დიდი გამოყენება ჰპოვა პირველმა ხერხმა (მეთოდმა). ჰიდროფობული შემავსებლიანი კაბელებით მოწყობილი საკაბელო ხაზების საიმედოობა და ხანმდეგობა უფრო დიდია, ვიდრე ჩვეულებრივი კაბელების გამოყენებისას. შემავსებლიანი კაბელით აგებული საკაბელო ხაზებისათვის მტყუნებების რაოდენობა მცირდება, მცირდება აგრეთვე საკაბელო ხაზების ექსპლუატაციისა და რემონტის ხარჯები და შესაბამისად იზრდება მათი მუშაობის ვადები.

საფრანგეთის ეროვნული რკინიგზა იყენებს მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემას სამ დონეზე. პირველი დონე ითვალისწინებს შუქური სიგნალიზაციის საშუალებებს ყველა ურთიერთმოქმედი დისტანციური სასიგნალო რეჟიმით. გადასარბენზე მოძრავი შემადგენლობის აღქმა წარმოებს ლიანდაგთან ახლოს დამონტაჟებული 27,097 მკვ სიხშირის მქონე რადიოტექნიკური მოწყობილობებით. მეორე

დონე ითვალისწინებს ურთიერთქმედებას მართვის ავტომატურ სისტემასა და მოშორებით დამონტაჟებულ მონაცენტა დამამუშავებელ ცენტრს შორის (ცენტრი მოძრავ შემადგენლობას აღიქვამს სიგნალ-გადამწოდის გამოყენებით). მესამე დონე განსხვავდება მოძრავი შემადგენლობის ლოკალიზაციით გადამწოდის გამოყენების გარეშე. მოძრავი შემადგენლობის მოძრაობის უსაფრთხოება უზრუნველყოფილია სიჩქარის 15-140 კმ/სთ დიაპაზონში. მოძრაობის ინტენსივობა გაზრდილია 5 წუთამდე.

მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების აპარატის სპეციალისტებისა და საინფორმაციო-გამოთვლითი ცენტრის მიერ შექმნილია და დანერგილია მოძრაობის უსაფრთხოების ავტომატიზებული საინფორმაციო ანალიზური კონტროლის სისტემა, რომელიც დამუშავებულია თანამედროვე ინფორმაციული მეთოდოლოგიისა და საინჟინრო ტექნოლოგიური ცოდნის გამოყენებით. სისტემის დადებით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს ის, რომ იგი წარმოადგენს რკინიგზის ტრანსპორტზე ახალი საინფორმაციო სისტემის გამოყენების მაგალითს.

2.2. დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების (სარელსო წრედების) მუშაობის რეჟიმების ანალიზი

ელექტრული სარელსო წრედი წარმოადგენს დისკრეტული მოქმედების გადამწოდს, რომელიც უზრუნველყოფს ლიანდაგის უბნის სამი მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის მიღებას. ეს მდგომარეობებია: სალიანდაგო უბანი თავისუფალია, რელსები მთელი და გამართული სალიანდაგო უბანი დაკავებულია მოძრავი შემადგენლობით და სალიანდაგო უბნის ძაფი გადაწყვეტილია. აქედან გამომდინარე განიხილავენ სარელსო წრედის ანუ დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების მუშაობის სამ რეჟიმს: ნორმალურს, შუნტურს და საკონტროლოს. **ნორმალურ რეჟიმის** შემთხვევაში სარელსო წრედში კვების წყაროდან ენერგია სალიანდაგო მიმღებს გადაეცემა სარელსო ხაზების გავლით, სარელსო ხაზი თავისუფალია მოძრავი შემადგენლობისაგან, რელსები კი გამართული.

ამასთან აუცილებელია ვუზრუნველყოთ სალიანდაგო მიმღების საიმედო მუშაობა, როდესაც ის იძლევა ინფორმაციას „თავისუფალია“ – მისი ფრონტული კონტაქტები შერთულია. ნორმალური რეჟიმის დროს სარელსო წრედის მიმღებზე საიმედო ამუშავების $U_{\text{წ}}$ ძაბვა უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ყველაზე ცუდი პირობებისათვის. ნორმალური რეჟიმის მუშაობის ყველაზე ცუდ პირობებად ითვლება ისეთი პირობები, რომლის დროსაც მცირდება სიგნალი სარელსო წრედის მიმღებაზე. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ საიმედო ამუშავების $U_{\text{წ}}$ ძაბვა განსაზღვრული უნდა იყოს კვების წყაროს მინიმალური ძაბვის შემთხვევაში. აუცილებელია, გათვალისწინებულ იქნეს აგრეთვე, აპარატურის ელემენტების პარამეტრების განზნების ზეგავლენა. აპარატურის ელემენტების პარამეტრების დასაშვები მნიშვნელობების დიაპაზონიდან ირჩევენ ისეთ სიდიდეებს, რომლებიც ამცირებენ ძაბვას სალიანდაგო მიმღებზე.

სალიანდაგო მიმღებზე ძაბვის სიდიდე დამოკიდებულია სარელსო ხაზში ენერგიის გადაცემის პირობებისაგან. სარელსო ხაზი – ესაა ელექტრული წრედი, რომელშიც სადენებად გამოიყენება რკინიგზის რელსები, რომლებიც ერთმანეთისაგან და მიწასთან მიმართებაში იზოლირებულნი არიან არასრულფასოვანი იზოლატორებით, როგორცაა წარმოადგენენ შპალები ჩაფლული ბალასტის ფენაში. სალიანდაგო მიმღებისკენ ენერგია გადაიცემა დანაკარგებით, რომლებიც განპირობებულია სარელსო ხაზების გრძივი Z წინაღობით და გაჟონვის დენით, რომლის განშტოებაც ხდება ერთი რელსიდან მეორეს მიმართულებით შპალებისა და ბალასტის გავლით. გაჟონვის დენის განსაზღვრა წარმოებს სარელსო ხაზის იზოლაციის R_0 წინაღობის ან იზოლაციის $G_0 = 1/R_0$ გამტარობის მეშვეობით.

სარელსო ძაფების Z წინაღობას, სარელსო ხაზის იზოლაციის r_0 წინაღობას და იზოლაციის $g_0 = 1/r_0$ გამტარობას გამოსახავენ ხვედრით სიდიდეებში 1 კმ სიგრძის ლიანდაგთან მიმართებაში. საექსპლოატაციო პირობებიდან გამომდინარე პარამეტრები შეიძლება იცვლებოდეს $Z_{\text{min}} - Z_{\text{max}}$, $r_{\text{min}} - r_{\text{max}}$, $g_{\text{min}} - g_{\text{max}}$ ფარგლებში.

სარელსო წრედის მუშაობის ნორმალური რეჟიმის ანგარიში წარმოებს სარელსო ძაფების მაქსიმალური z_{\max} სიდიდის და სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღმდეგობის r_{\min} (გამტარობის მაქსიმალური g_{\max}) სიდიდის პირობებში.

შუნტური რეჟიმის დროს სარელსო წრედის მიმღები უნდა იძლეოდეს ინფორმაციას „დაკავებულია“ (ფრონტული კონტაქტები განრთულია $f_s = 0$) სარელსო ხაზის ნებისმიერ წერტილში ნორმალური ან ნორმალურზე ნაკლები წინააღმდეგობის (შუნტის წინააღმდეგობის ნორმალურ სიდიდედ მიღებულია 0,06 ომი ყველა სარელსო წრედისათვის და 0,5 ომი მახარისხებელი გორაკების სარელსო წრედებისათვის).

სარელსო წრედების გამოთვლა უნდა ვაწარმოოთ იმდაგვარად რომ შუნტური რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდი პირობების შემთხვევაში, სარელსო წრედის ნებისმიერ წერტილში ნორმატიული შუნტის ($R_{\min} = 0,06$ ომი წინააღმდეგობით), დადების შემთხვევაში სალიანდაგო მიმღებზე ძაბვა უნდა შემცირდეს საიმედო დაბრუნების ძაბვის სიდიდემდე. ამასთან, სალიანდაგო მიმღები გამოსცემს ინფორმაციას სარელსო ხაზის დაკავების შესახებ.

რელსებზე სამატარებლო შუნტის დადების დროს სარელსო წრედის მიმღებში დენის შემცირების ეფექტს ეწოდება შუნტური ეფექტი. შუნტური ეფექტის შედეგად სარელსო წრედის მიმღების შესასვლელზე სიგნალი უნდა შემცირდეს საიმედო დაბრუნების $U_{\text{ბე}}$ ძაბვის სიდიდემდე. დაკავებული სარელსო წრედის შემთხვევაში სამატარებლო შუნტის წინააღმდეგობის ზრდასთან ერთად იზრდება ძაბვა სარელსო წრედის მიმღებზე. ამიტომ, სამატარებლო შუნტის დიდი წინააღმდეგობის შემთხვევაში სალიანდაგო მიმღებმა, რომ გამოსცეს ინფორმაცია „დაკავებულია“, საჭიროა უფრო მაღალი საიმედო დაბრუნების ძაბვის მქონე მიმღები, და შესაბამისად უფრო მაღალი საიმედო დაბრუნების $K_{\text{ბე}}$ კოეფიციენტი.

შუნტური რეჟიმი უნდა სრულდებოდეს ყველაზე ცუდ პირობებში. შუნტური რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდი პირობებია ის პირობები, როდესაც იზრდება სიგნალი სარელსო წრედის მიმღებზე. შუნტურ რეჟიმში

სალიანდაგო მიმღებებზე დაბვა განისაზღვრება კვების წყაროს მაქსიმალური დაბვის, სარელსო დაფების მინიმალური წინაღობის და იზოლაციის მაქსიმალური წინაღობის პირობებში. სალიანდაგო მიმღების მიმდევრობით ჩართული ელემენტების წინაღობა, რომლებიც არ ემნიან რეზონანსულ წრედებს, უნდა იყოს მინიმალური, ხოლო მიმღების პარალელურად ჩართულის მაქსიმალური.

შუნტური ეფექტი დამოკიდებულია სარელსო ხაზზე შუნტის დადების ადგილმდებარეობაზე. მინიმალური შუნტური მგრძნობელობის ადგილი ან შუნტური მგრძნობელობის კრიტიკული ადგილი ეწოდება სარელსო ხაზის იმ ადგილს სადაც შუნტის დადება იწვევს ყველაზე ნაკლებ შუნტურ ეფექტს. შუნტური რეჟიმის ერთ-ერთი ცუდი პირობა შუნტის დადება მინიმალური შუნტური მგრძნობელობის ადგილას.

საკონტროლო რეჟიმის დროს სალიანდაგო მიმღები იძლევა დისკრეტულ ინფორმაციას „დაკავებულია“ (ფრონტული კონტაქტები განრთულია $f_s = 0$) სარელსო ხაზის ნებისმიერ წერტილში სარელსო ხაზის სრული ელექტრული გარღვევის შემთხვევაში. საკონტროლო რეჟიმი ხასიათდება დაბვის ვარდნის ეფექტით სალიანდაგო მიმღებზე ერთ-ერთი სარელსო დაფის გაწყვეტის შედეგად. საკონტროლო რეჟიმში კვების წყაროსა და სალიანდაგო მიმღებს შორის ელექტრული წრედი შენარჩუნებულია, რამდენადაც გატეხილი რელსის გარშემოვლით, მიწის გავლით იქნება წრედი სასიგნალო დენის გასატარებლად.

სარელსო დაფის გაწყვეტის დროს სალიანდაგო მიმღებზე დენის მნიშვნელობა დამოკიდებულია გატეხილი რელსის ადგილმდებარეობაზე და სარელსო ხაზის იზოლაციის წინაღობაზე. კრიტიკულად ითვლება იზოლაციის $r_{იკ}$ წინაღობა და გაწყვეტის ადგილი $X_{კ}$ (მანძილი სალიანდაგო მიმღებიდან გადაწყვეტის ადგილამდე), რომელთა დროსაც დენი სარელსო წრედის მიმღებში აღმოჩნდება მაქსიმალური.

საკონტროლო რეჟიმში, ყველაზე ცუდი პირობების დროს, დაბვა მიმღების შესასვლელზე უნდა შემცირდეს საიმედო დაბრუნების $U_{სდ}$ დაბვის სიდიდემდე.

საკონტროლო რეჟიმის ყველაზე ცუდ პირობებად ითვლება ის პირობები რომელთა დროსაც იზრდება სიგნალი სალიანდაგო მიმღებზე, ესეია: კვების წყაროს მაქსიმალური ძაბვა, სარელსო ძაფების მინიმალური წინაღობა, სარელსო ხაზის იზოლაციის კრიტიკული წინაღობა, ანუ გაწყვეტა წარმოებს კრიტიკულ ადგილას. სარელსო წრედის ელემენტების პარამეტრები საკონტროლო რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობებისათვის ისეთივეა, რაც შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობებისათვის.

სარელსო წრედების მუშაობის რაოდენობრივი შეფასება ნორმალურ, შუნტურ და საკონტროლო რეჟიმებში წარმოებს გარკვეული კრიტერიუმების მეშვეობით.

გადატვირთვის კოეფიციენტი $k_{\text{გად}}$ ახასიათებს სარელსო წრედის მუშაობას ნორმალურ რეჟიმში. იგი წარმოადგენს სალიანდაგო მიმღებზე $U_{\text{რნფ}}$ სიგნალის ფაქტობრივი მნიშვნელობის დამოკიდებულებას სიგნალის მუშა $U_{\text{ა}}$ სიდიდესთან ანუ

$$K_{\text{გად}} = U_{\text{რნფ}}/U_{\text{ა}}$$

გადატვირთვის მინიმალური კოეფიციენტი $K_{\text{გად.მინ}}$ მიიღება ნორმალური რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდი პირობების დროს. გადატვირთვის ფაქტობრივი $K_{\text{გად.ფ}}$ კოეფიციენტის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა მიიღება კვების წყაროა ძაბვისა და სარელსო წრედის იზოლაციის წინაღობის მაქსიმალური მნიშვნელობების შემთხვევაში. $K_{\text{გად.ფ}}$ უნდა იყოს ნაკლები მაქსიმალურად დასაშვები გადატვირთვის კოეფიციენტზე $K_{\text{გად.დ}}$; ამრიგად, ნორმალური რეჟიმი სრულდება, თუ დაცულია პირობები: $K_{\text{გად.მინ}} \geq 1$, $K_{\text{გად.ფ}} \leq K_{\text{გად.დ}}$.

იმპულსურ სარელსო წრედებში სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე მოთხოვნილი ძაბვის სიდიდის უზრუნველყოფა წარმოებს კვების წყაროს ძაბვის ცვალებადობით. სარელსო წრედის ელემენტების უცვლელი პარამეტრების დროს ნორმალური, შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების მუშაობის შესრულება შეიძლება შეფასდეს კვების წყაროს ძაბვის მიხედვით.

ნორმალური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობებისათვის სალიანდაგო მიმღებზე $U_{\text{წ}}$ მუშა ძაბვის მისაღებად აუცილებელია, რომ სარელსო წრედის მკვებავი ძაბვა ტოლი იყოს U_{min} შესაბამისად, ნორმალური რეჟიმის შესასრულებლად საჭიროა, რომ $U_{\text{წ}}$ ფაქტობრივი კვების ძაბვა მეტი ან ტოლი იყოს U_{min} ძაბვისა, ანუ $U_{\text{წ}} \geq U_{\text{min}}$.

ფაზათმგრძნობიარე მიმღებიანი სარელსო წრედებში სალიანდაგო რელეს ამუშავება დამოკიდებულია არა მარტო სალიანდაგო ელემენტზე სიგნალის ამპლიტუდის სიდიდეზე. არამედ მის ფაზაზეც.

DCIII ტიპის ფაზათმგრძნობიარე მიმღებში ამპლიტუდურფაზური ფუნქცია წარმოადგენს რელეს სექტორზე მოქმედი მბრუნავი მომენტის დამოკიდებულებას რელეზე ფაქტობრივი $U_{\text{წ}}$ ძაბვის ამპლიტუდასა და DCIII რელეს სალიანდაგო და ადგილობრივ ელემენტებზე ძაბვებს შორის ფაზათა ძვრის $\varphi_{\text{რ.ფ.}}$ კუთხეზე. იდეალური ფაზური დამოკიდებულების შემთხვევაში ფაზათმგრძნობიარე რელეს მუშაობა ხასიათდება შესასვლელი სიგნალის მხოლოდ ამპლიტუდით, ამიტომ ფაზათმგრძნობიარე მიმღების პარამეტრებად მიღებულია მიმღების ამუშავების ძაბვა და დენი ($U_{\text{ა.ო.}}, I_{\text{ა.ო.}}$) ფაზათა იდეალური დამოკიდებულების დროს (დანართი 1-ის ცხრილი 1.3).

DCIII ტიპის მიმღებისათვის გადატვირთვის კოეფიციენტი განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$K_{\text{გად.}} = U_{\text{ა.ო.}} / U_{\text{ა.ო.}} = (U_{\text{რ.ნ.ფ.}} / U_{\text{ა.ო.}}) \cos(\varphi_{\text{რ.ნ.ფ.}} - \varphi_{\text{ა.ო.}}),$$

სადაც $U_{\text{რ.ნ.ფ.}}$ – ნორმალურ რეჟიმში ფაზათმგრძნობიარე მიმღებზე ფაქტობრივი ძაბვა (ვ-ში)

$\varphi_{\text{რ.ნ.ფ.}}$ – ნორმალურ რეჟიმში რელეს ფაქტობრივი ფაზათა დამოკიდებულება (გრადუსებში).

შუნტური რეჟიმის კრიტერიუმებით წარმოებს სარელსო წრედებში შუნტური ეფექტის რაოდენობრივი შეფასება. არსებობს სარელსო წრედის მუშაობის შუნტური რეჟიმის ორი ძირითადი კრიტერიუმი: აბსოლუტური მგრძობელობა და ნორმალური შუნტის მიმართ მგრძნობელობის კოეფიციენტი.

აბსოლუტური შუნტური მგრძობელობა R_{η} წარმოადგენს მატარებლის შუნტის წინაღობას, რომლის დროსაც სარელსო წრედის მიმღების შესასვლელზე ძაბვა მცირდება მიმღების საიმედო დაბრუნების ძაბვამდე შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობებისათვის.

რამდენადაც დიდია სარელსო წრედის შუნტური მგრძობელობა, მით უფრო კარგად ხდება რეჟიმის უზრუნველყოფა.

მაგალითად, ვთქვათ პირველ სარელსო წრედში აბსოლუტური შუნტური მგრძობელობა $R_{\eta 1} = 0,1$ ომია, მეორე სარელსო წრედში კი $R_{\eta 2} = 0,06$ ომი. თუ ლიანდაგის მონაკვეთზე გადაადგილდება მოძრავი ერთეული, რომელთა სამატარებლო შუნტი შეიძლება გაიზარდოს 0,1 ომამდე (მსუბუქი თბომავალი), მაშინ პირველ სარელსო წრედში დაკავების შემთხვევაში ინფორმაცია „დაკავებულია“ ყოველთვის იქნება გამოცემული. ხოლო, მეორე სარელსო წრედის დაკავების შემთხვევაში ინფორმაცია „დაკავებულია“ გამოიცემა მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ მოძრავი ერთეულის სამატარებლო შუნტის წინაღობა იქნება არა უმეტეს 0,06 ომისა. ამიტომ, მოძრავი შემადგენლობის სამატარებლო შუნტის წინაღობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,06 ომს.

ნორმატიული სამატარებლო შუნტის მიმართ მგრძობელობის კოეფიციენტი $K_{\eta 6}$ – ეს არის სარელსო წრედის მიმღების საიმედო დაბრუნების $U_{\text{დ.ს}}$ ძაბვის დამოკიდებულება მიმღების შესასვლელზე ფაქტობრივ $U_{\text{რ.შ.ფ}}$ ძაბვასთან. შუნტის დადების შემთხვევაში, შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროსაც, ანუ,

$$K_{\eta 6} = U_{\text{დ.ს}} / U_{\text{რ.შ.ფ}} .$$

შუნტური რეჟიმი სრულდება თუ $R_{\eta} \geq R_{\eta 6} = 0,6$ ომი ან $K_{\eta 6} \geq 1$.

შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს სარელსო წრედზე ნორმატიული შუნტის დადების შემთხვევაში ძაბვის სიდიდე სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე ტოლია საიმედო დაბრუნების $U_{\text{სდ}}$ ძაბვისა, თუ სარელსო წრედის კვების ძაბვა ტოლია გარკვეული $U_{\text{დ.შ}}$

(დასაშვები შუნტური) სიდიდისა, ხოლო, თუ ფაქტობრივი კვების ძაბვა $U_{\text{ფ}}$ აღემატება $U_{\text{დშ}}$ ძაბვის სიდიდეს, მაშინ მიმღების შესასვლელზე ძაბვა $U_{\text{რშფ}}$ გადააჭარბებს $U_{\text{სდ}}$ სიდიდეს. ამგვარად, $U_{\text{დშ}}$ –სარელსო წრედის კვების დასაშვები (მაქსიმალური) ძაბვაა შუნტურ რეჟიმში.

შუნტური რეჟიმის შესასრულებლად საჭიროა, რომ

$$U_{\text{ფ}} \leq U_{\text{დშ}}; K_{\text{შფ}} = U_{\text{დშ}}/U_{\text{ფ}}.$$

DCIII ტიპის რელეიანი სარელსო წრედისათვის

$$K_{\text{შფ}} = U_{\text{სდო}} / [U_{\text{რშფ}} \cos(\varphi_{\text{რშფ}} - \varphi_{\text{რი}})],$$

სადაც $U_{\text{სდო}}$ არის DCIII ტიპის რელეს საიმედო დაბრუნების ძაბვის სიდიდე იდეალური ფაზური დამოკიდებულების შემთხვევაში, ვ;
 $\varphi_{\text{რშფ}}$ –რელეს სალიანდაგო და ადგილობრივ ელემენტებზე ძაბვებს შორის ფაზათა სხვაობა შუნტური რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდი პირობების შემთხვევაში (გრად.).

$U_{\text{სდშ}}$ –ძაბვის სიდიდეა, რომლის დროსაც DCIII ტიპის რელეში ჩამოვარდება სექტორი, იგი წარმოადგენს შუნტური რეჟიმის საიმედო დაბრუნების ძაბვას რეალური ფაზური დამოკიდებულებების გათვალისწინებით

$$U_{\text{სდშ}} = U_{\text{სდო}} / \cos(\varphi_{\text{რშფ}} - \varphi_{\text{რი}}).$$

სარელსო წრედის მგრძობელობის კოეფიციენტი გაწყვეტილი (დაზიანებული) სარელსო ძაფის მიმართ $K_{\text{სფ}}$ -ს მიხედვით წარმოებს მიმღების შესასვლელზე ძაბვის შემცირების ეფექტის რიცხობრივი შეფასება საკონტროლო რეჟიმის დროს. იგი წარმოადგენს მიმღების საიმედო დაბრუნების $U_{\text{სდ}}$ ძაბვის დამოკიდებულებას საკონტროლო რეჟიმში

იზოლაციის კრიტიკული წინაღობისა და კრიტიკულ ადგილზე ძაფის გაწყვეტის შემთხვევაში მიმღებზე უმაღლესი შესაძლო $U_{\text{რსფ}}$

$$K_{\text{სგ}} = U_{\text{სდ}} / U_{\text{რსფ}} .$$

საკონტროლო რეჟიმი სრულდება თუ $K_{\text{სგ}} \geq 1$.

სარელსო ძაფის გაწყვეტისა და საკონტროლო რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობებისათვის მიმღების შესასვლელზე ძაბვა ტოლია $U_{\text{სდ}}$ –საიმედო დაბრუნების ძაბვისა, თუ სარელსო წრედის კვების ძაბვა ტოლია გარკვეული $U_{\text{დსგ}}$ სიდიდისა. თუ კვების ძაბვა $U_{\text{ფ}}$ იქნება $U_{\text{დსგ}}$ სიდიდეზე მეტია, მაშინ მიმღების შესასვლელზე $U_{\text{რსფ}}$ გადააჭარბებს $U_{\text{სდ}}$ ძაბვის სიდიდეს. ამგვარად, $U_{\text{დსგ}}$ – კვების წყაროს დასაშვები (მაქსიმალური) ძაბვის სიდიდეა საკონტროლო რეჟიმში.

საკონტროლო რეჟიმის შესასრულებლად საჭიროა, რომ

$$U_{\text{ფ}} \leq U_{\text{დსმ}} ; K_{\text{სგ}} = U_{\text{დსმ}} / U_{\text{ფ}} .$$

DCIII ტიპის სალიანდაგო რელეს მქონე დისკრეტული გადამწოდების

$$K_{\text{სგ}} = U_{\text{სდო}} / \left[U_{\text{დსმ}} \cos(\varphi_{\text{რსფ}} - \varphi_{\text{რი}}) \right]_{\text{max}} ,$$

სადაც $\varphi_{\text{რსფ}}$ – ესაა ფაზათა სხვაობა რელეს სალიანდაგო და ადგილობრივ ელემენტებზე ძაბვათა შორიდ საკონტროლო რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობებისათვის (გრად).

საკონტროლო რეჟიმში ფაზათა ურთიერთდამოკიდებულების გათვალისწინებით რელეს საიმედო დაბრუნების ძაბვის სიდიდე ტოლი იქნება

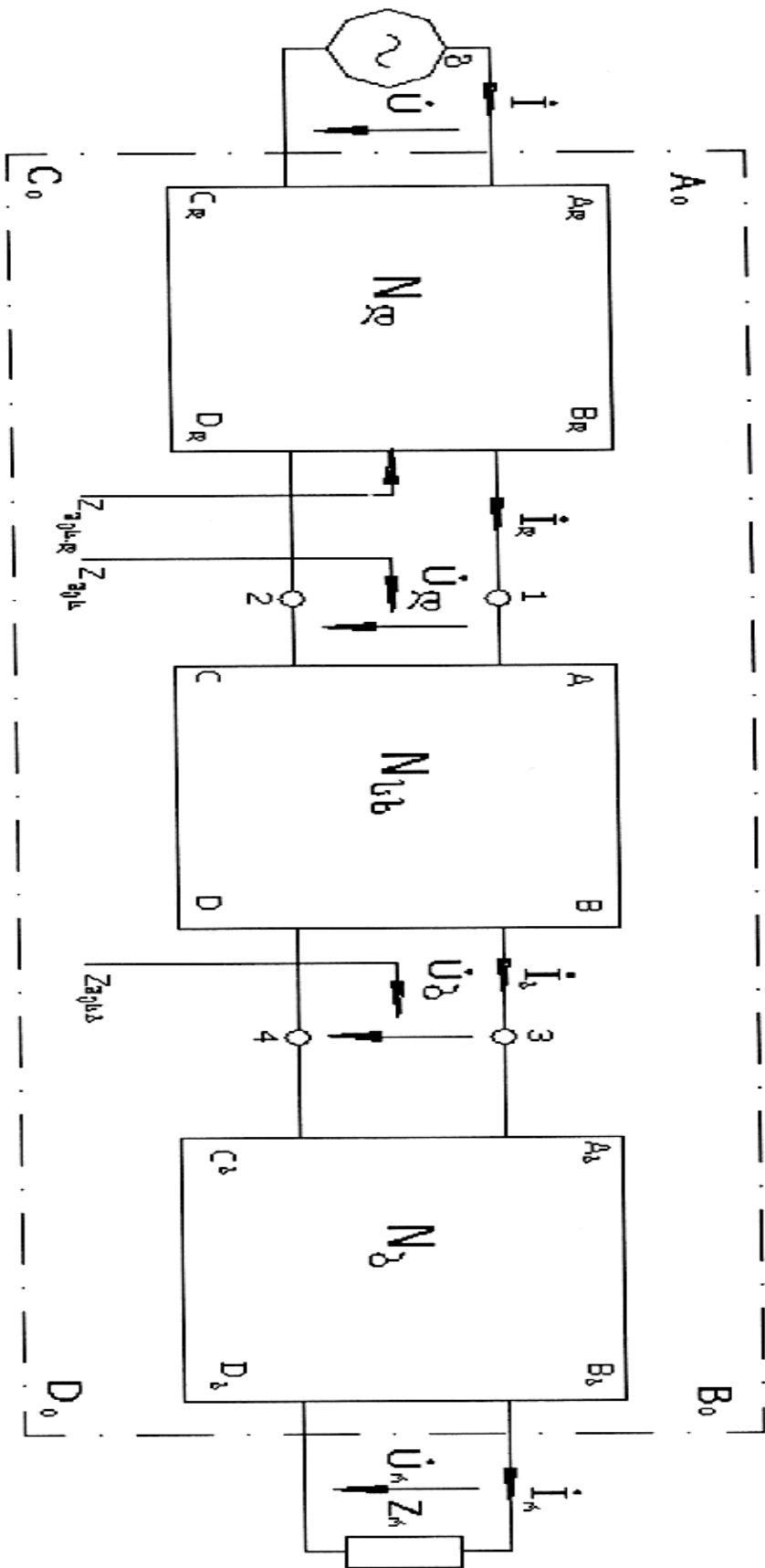
$$U_{\text{დსმ}} = U_{\text{სდო}} / \cos(\varphi_{\text{რსფ}} - \varphi_{\text{რი}}) .$$

$K_{\text{გად}}$, $K_{\text{ფ}}$; $K_{\text{სგ}}$ კრიტერიუმები გამოიყენება სარელსო წრედების სხვადასხვა რეჟიმში გაანგარიშების დროს, სარელსო წრედის აპარატურის ელემენტების პარამეტრებისა და სარელსო ხაზის ცუდი შეთანხმების შემთხვევაში. ასეთ გაანგარიშებებს უწოდებენ დეტერმინირებულს. სარელსო წრედის დეტერმინირებული გაანგარიშების შემთხვევაში კვების წყაროს ძაბვას

არეგულირებენ ისეთნაირად, რომ სარელსო წრედის რეჟიმი სრულდებოდეს სარელსო წრედის იზოლაციის წინააღმდეგ ცვლილების მთელ დიაპაზონსი $r_{\text{ის}}$ -საანგარიშოდ (ტექნიკური პირობების მიხედვით მინიმალური) უსასრულობამდე. თუ სარელსო წრედის იზოლაციის ფაქტობრივი სიდიდე $R_{\text{ოფ}}$ ექსპლოატაციის შემთხვევაში აღმოჩნდება $r_{\text{ის}}$ -ზე ნაკლები, მაშინ კოეფიციენტი $K_{\text{გად}} > 1$, შესაბამისად ვერ შესრულდება ნორმალური რეჟიმი, ანუ სარელსო წრედის ელემენტების პარამეტრების გადახრის შემთხვევაში ნორმალურიდან არასასურველ მხარეს, მიმდების შესასვლელზე ძაბვა გვექნება საანგარიშო $U_{\text{ბ}}$ -ზე ნაკლები. სინამდვილეში ელემენტების პარამეტრების ასეთი ნაკრები არ შეგვხვდება ყველა სარელსო წრედებში. ისეთი სარელსო წრედებში სადაც ელემენტების პარამეტრების მნიშვნელობები მიახლოებული იქნება ნორმალურ მნიშვნელობებთან, ან გადახრის შემთხვევაში ხელს შეუწყობენ მიმდებზე ძაბვის სიდიდის გაზრდას, მაშინ ნორმალური რეჟიმი შესრულდება დეტერმინირებული გაანგარიშები საფუძველზე მიღებული სარელსო წრედის იზოლაციის წინააღმდეგ უფრო დაბალი წინააღმდეგობის შემთხვევაშიც.

ანალიზისა და სინთეზის დროს სარელსო წრედებს წარმოადგენენ ჩანაცვლების სქემით (ნახ. 3), რომელიც შედგება სამი $N_{\text{გ}}$, $N_{\text{ბბ}}$ და $N_{\text{ბ}}$ კასკადურად მიერთებული ოთხპოლუსისაგან. $N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსს ჩანაცვლებს აპარატურას სარელსო წრედის დასაწყისში, $N_{\text{ბბ}}$ -თვითონ სარელსო ხაზის, $N_{\text{ბ}}$, კი აპარატურას სარელსო წრედის ბოლოში.

ნახაზზე აღნიშვნები ნაჩვენებია სარელსო წრედის ნორმალური რეჟიმში მუშაობისათვის, ამასთან ყველა სიდიდე არის კომპლექსური. შუნტურ და საკონტროლო რეჟიმებში სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა იქნება იგივე, მხოლოდ სარელსო ხაზი $N_{\text{ბბ}}$ ოთხპოლუსსას ექნება განსხვავებული კოეფიციენტები.



ნახ. 3. სრულსო წრედის ჩანაცვლების საერთო სქემა

ნებისმიერი ოთხპოლუსას შესასვლელზე ძაბვისა და დენის მნიშვნელობა, მაგალითად სარელსო ხაზის შესაბამის ოთხპოლუსას შესასვლელზე ტოლია:

$$\dot{U}_{\text{გ}} = A\dot{U}_{\text{ბ}} + B\dot{I}_{\text{ბ}}; \quad \dot{I}_{\text{გ}} = C\dot{U}_{\text{ბ}} + D\dot{I}_{\text{ბ}}.$$

$N_{\text{გ}}$ და $N_{\text{ბ}}$ კოეფიციენტებს განსაზღვრავენ ელექტრული წრედების თეორიაში განხილული ცნობილი მეთოდებით, სარელსო წრედის დასაწყისში და ბოლოში ჩართული აპარატურის ელემენტების პარამეტრებისა და ელექტრული სქემის გათვალისწინებით.

ოთხპოლუსის კოეფიციენტების ანგარიში.

სარელსო წრედის დასაწყისში და ბოლოში აპარატურის ჩართვის სქემა შეიძლება წარმოვადგინოთ კასკადურად მიერთებული ოთხპოლუსებით, რომლებიც ჩაანაცვლებენ წრედის ცალკეულ უბნებს წინააღმდეგობის მიმდევრობითი ან პარალელური მიერთებით (სქემა ა და ბ ცხრილი 1) და ოთხპოლუსებით, მკვებავ და შემათანხმებელ ტრანსფორმატორებს.

ა სქემაში შესასვლელზე დენის სიდიდე $I_{\text{გ}}$ ტოლია გამოსასვლელზე $I_{\text{ბ}}$ დენის სიდიდისა, ხოლო შესასვლელზე ძაბვა $U_{\text{გ}}$ ტოლია გამოსასვლელზე $U_{\text{ბ}}$ ძაბვის და Z წინააღმდეგობაზე ძაბვის ვარდნის ჯამისა, ანუ

$$U_{\text{გ}} = U_{\text{ბ}} + \dot{I}_{\text{ბ}}Z; \quad I_{\text{გ}} = I_{\text{ბ}}.$$

თუ შესასვლელ და გამოსასვლელ სიდიდეებს შორის დამოკიდებულებას წარმოვადგენთ განტოლებების სახით, მაშინ ოთხპოლუსას კოეფიციენტებს ექნება 1-ლ ცხრილში მოცემული მნიშვნელობები ($A=1$; $B=Z$; $C=0$ და $D=1$).

ბ სქემაში ძაბვის სიდიდე შესასვლელზე $U_{\text{გ}}$ ტოლია გამოსასვლელზე $U_{\text{ბ}}$ ძაბვისა, ხოლო შესასვლელი დენის სიდიდე $I_{\text{გ}}$ ტოლია გამოსასვლელზე $I_{\text{ბ}}$ დენის სიდიდისა და Z წინააღმდეგობაში გამავალი დენი სიდიდის ჯამისა, ანუ

$$U_{\text{გ}} = U_{\text{ბ}}; \quad I_{\text{გ}} = 1/ZU_{\text{გ}} + I_{\text{ბ}}.$$

სარელსო წრედის დასაწყისში და ბოლოში აპარატურის ჩართვის ცხრილი

სქემა	ოთხპოლუსების კოეფიციენტები			
	A	B	C	D
<p>A)</p>	1	Z	0	1
<p>B)</p>	1	0	1/Z	1
<p>B)</p>	$A_1 A_2 + B_1 C_2$	$A_1 B_2 + B_1 D_2$	$C_1 A_2 + D_1 C_2$	$C_1 B_2 + D_1 D_2$

ანალოგიურად ნაზ. ბ-ზე წარმოდგემილი სქემის ჩამონაცვლებელი ოთხპოლუსას კოეფიციენტებს ექნება შემდეგი, მნიშვნელობებია (ცხრილი 1) $A=1$; $B=0$; $C=1/Z$ და $D=1$.

დროსელ-ტრანსფორმატორებისა და ტრანსფორმატორების ჩამანაცვლებელი ოთხპოლუსას კოეფიციენტები განისაზღვრება ექსპერიმენტალური წესით.

ორი კასკადურად შეერთებული ოთხპოლუსას ეკვივალენტური ოთხპოლუსას კოეფიციენტები მიიღება პირველი და მეორე ოთხპოლუსას კოეფიციენტების მატრიცების გადამრავლებით ენერჯის გადაცემის მიმართულების შესაბამისად, მაგ. 1-ლი ცხრილის ნახ. გ-ზე წარმოდგენილი სქემის მიხედვით

$$\begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{vmatrix}.$$

საერთო მატრიცის პირველი სტრიქონის პირველი და მეორე ელემენტები მიიღება პირველი მატრიცის პირველი სტრიქონის გამრავლებით შესაბამისად მეორე მატრიცის პირველ და მეორე სვეტებზე, ანუ „სტრიქონი მრავლდება სვეტზე“ წესის მიხედვით. ამ შემთხვევაში კასკადურად მიერთებული ოთხპოლუსას ეკვივალენტურ ოთხპოლუსას კოეფიციენტებს ექნება შემდეგი სახე:

$$A = A_1 A_2 + B_1 C_2; \quad B = A_1 B_2 + B_1 D_2;$$

$$C = C_1 A_2 + D_1 C_2; \quad D = C_1 B_2 + D_1 D_2 .$$

ამ განტოლების მიხედვით ორი კასკადურად შეერთებული ოთხპოლუსას სქემების თანმიმდევრული გარდაქმნებით შეგვიძლია მივიღოთ $N_{\text{გ}}$ და $N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსას კოეფიციენტები.

$N_{\text{გ}}$ და $N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსას კოეფიციენტების გაანგარიშების ნიმუშად განვიხილოთ ცვლადი დენის 25 ჰც-იანი სარელსო წრედი, რომლის მკვებავ ბოლოზეც ჩართულია შემზღუდველი Z_0 რეზისტორი ($R_0 = 20,0$ ომი); მაიზოლირებელი ტრანსფორმატორი ППТ-А ტიპის $n = 9,15$ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით და ТМ დროსელტრანსფორმატორი Т-1-150 $n = 3$ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით; სარელსო ბოლოზე – T_6 დროსელტრანსფორმატორი Т-1-150 ტიპის, $n = 9,15$ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით, მაიზოლირებელი ტრანსფორმატორი ПТ ტიპის $n = 9,15$ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით და Φ ფილტრი ФП-225 ტიპის.

როგორც 1-ლი ნახაზიდან ჩანს $N_{\text{გ}}$ და $N_{\text{ბ}}$ ოთხპოლუსები შედგება ერთმანეთთან კასკადურად მიერთებული სამ-სამი პოლუსისაგან.

მკვებავ ბოლოზე ჩართულია R_0 ოთხპოლუსა კოეფიციენტებით:

$$A_R = D_R = 1; B_R = R_0 = 200 \text{ ომი}; C_R = 0.$$

მაიზოლირებელი ტრანსფორმატორის კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობები შეირჩევა დანართში მოცემული დ1.5 ცხრილიდან, ტრანსფორმატორის ტიპისა და მისი ტრანსფორმაციის n კოეფიციენტის მიხედვით. განხილული სქემისათვის TII ტიპის $n=9,15$ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით ტრანსფორმატორის ოთხპოლუსას კოეფიციენტები ამ ცხრილის მიხედვით ტოლია:

$$\left. \begin{aligned} A_{\text{აგა}} &= 9,15e^{J^{0^0}}; B_{\text{აგა}} = 2,4e^{J^{36^0}} \\ C_{\text{აგა}} &= 0,006e^{-J^{0^0}}; D_{\text{აგა}} = 0,11e^{J^{0^0}} \end{aligned} \right\}$$

$N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსას შემადგენელი ნაწილია, ასევე $T_{\text{ა}}$ დროსელ-ტრანსფორმატორის ოთხპოლუსა, რომლის კოეფიციენტებიც შეირჩევა დანართში მოცემული დ 1.6 ცხრილიდან. ჩვენი მაგალითისათვის T-1-150 ტიპის $n=3$ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის მქონე დროსელ-ტრანსფორმატორის ოთხპოლუსას კოეფიციენტები ტოლი იქნება:

$$\begin{aligned} A_{\text{დგა}} &= 3,0e^{J^{0^0}}; B_{\text{დგა}} = 0,05e^{J^{35^0}}; C_{\text{დგა}} = 0,302e^{-J^{60^0}}; \\ D_{\text{დგა}} &= 0,333e^{J^{0^0}}. \end{aligned}$$

როგორც მაგალითიდან გამოჩნდა ცხრილებიდან კოეფიციენტების შერჩევას მნიშვნელობები აღებულია ქვედა ხაზიდან იმის გათვალისწინებით, რომ ოთხპოლუსაში ენერჯის გადაცემის მიმართულებაა ტრანსფორმატორის I გრაგნილიდან მეორისაკენ.

სარელსო ბოლოზე ჩართულია $T_{\text{ბ}}$ დროსელ-ტრანსფორმატორი, რომლის რიცხვითი მნიშვნელობები შეირჩევა და 1 ცხრილიდან. ჩვენი მაგალითისათვის T-1-15 ტიპის $n=3$ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის მქონე დროსელ ტრანსფორმატორის ოთხპოლუსას კოეფიციენტების

მნიშვნელობები, მეორადი, ძირითადი გრაგნილის მხრიდან ენერჯის გადაცემის შემთხვევაში იქნება:

$$A_{DT\text{მ}} = 0,333e^{J0^0}; B_{DT\text{მ}} = 0,0525e^{J35^0}; C_{DT\text{მ}} = 0,49e^{-J60^0};$$

$$D_{DT\text{მ}} = 3,0e^{J0^0}.$$

A და C კოეფიციენტების მნიშვნელობები ერთი და იგივეა როგორც მკვებავი, ასევე სარელსო ბოლოს დროსელ-ტრანსფორმატორის ოთხპოლუსებში, ხოლო B და D კოეფიციენტების მნიშვნელობები იცვლიან ადგილებს ენერჯის გადაცემის მიმართულების გათვალისწინებით.

$N_{\text{კ}}$ და $N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსების საერთო კოეფიციენტები მიიღება ამ ოთხპოლუსების მიმართულების გათვალისწინებით.

$T_{\text{გ}}$ და $T_{\text{კ}}$ ოთხპოლუსების საერთო კოეფიციენტები მიიღება ამ ოთხპოლუსების შემადგენელი ოთხპოლუსების კოეფიციენტების მატრიცების ერთმანეთზე გადამრავლებით, რომლებიც ჩაწერილები იქნებიან თანმიმდევრობით სარელსო წრედის ელექტრული სქემის შესაბამისად ენერჯის გადაცემის გათვალისწინებით, $N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსას შემთხვევაში მარცხიდან მარჯვნივ:

$$\begin{vmatrix} A_{\text{გ}} & B_{\text{გ}} \\ C_{\text{გ}} & D_{\text{გ}} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{\text{კ}} & B_{\text{კ}} \\ C_{\text{კ}} & D_{\text{კ}} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} A_{T\text{მ}} & B_{T\text{მ}} \\ C_{T\text{მ}} & D_{T\text{მ}} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} A_{DT\text{მ}} & B_{DT\text{მ}} \\ C_{DT\text{მ}} & D_{DT\text{მ}} \end{vmatrix}$$

ჩვენი მაგალითისათვის ამ გამოსახულებაში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$A_{\text{გ}} = 34,2e^{J15^048'}; B = 8,41e^{J4^048'}; C = 0,50e^{-J62^024'};$$

$$D_{\text{კ}} = 0,368e^{-J0^012'}.$$

სარელეო ბოლოს N_{δ} ოთხპოლუსას კოეფიციენტები განისაზღვრება შემდეგი მატრიცული განტოლებისაგან

$$\begin{vmatrix} A_{\delta} & B_{\delta} \\ C_{\delta} & D_{\delta} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{DT\phi} & B_{DT\phi} \\ C_{DT\phi} & D_{DT\phi} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} A_{T\phi} & B_{T\phi} \\ C_{T\phi} & D_{T\phi} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} A_{\phi} & B_{\phi} \\ C_{\phi} & D_{\phi} \end{vmatrix}.$$

საიდანაც

$$A_{\delta} = (A_{DT\phi}A_{T\phi} + B_{DT\phi}C_{T\phi})A_{\phi} + (A_{DT\phi}B_{T\phi} + B_{DT\phi}D_{T\phi})C_{\phi};$$

$$C_{\delta} = (A_{DT\phi}A_{T\phi} + B_{DT\phi}C_{T\phi})B_{\phi} + (A_{DT\phi}B_{T\phi} + B_{DT\phi}D_{T\phi})D_{\phi};$$

$$C_{\delta} = (C_{DT\phi}A_{T\phi} + D_{DT\phi}C_{T\phi})A_{\phi} + (C_{DT\phi}B_{T\phi} + D_{DT\phi}D_{T\phi})C_{\phi};$$

$$D_{\delta} = (C_{DT\phi}A_{T\phi} + D_{DT\phi}C_{T\phi})B_{\phi} + (C_{DT\phi}B_{T\phi} + D_{DT\phi}D_{T\phi})D_{\phi}.$$

თუ N_{δ} ოთხპოლუსას შემადგენელი ოთხპოლუსების კოეფიციენტების რიცხვით მნიშვნელობებს მივიღებთ:

$$A_{\delta} = 0,0369e^{J0^0}; \quad B_{\delta} = 0,805e^{J36^012'};$$

$$C_{\delta} = 0,0178e^{-J60^0}; \quad D_{\delta} = 0,773e^{J58^036'}.$$

N_{ξ} და N_{δ} ოთხპოლუსების პარამეტრები მუდმივია და არ არის დამოკიდებული სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმებზე N_{ξ} ოთხპოლუსას პარამეტრები კი ცვალებადია, ისინი დამოკიდებულია სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმებზე და მუდმივად იცვლებიან გარემო კლიმატური პირობების ზემოქმედების შედეგად, რაც შესაბამისად იწვევს სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღობის ცვლილებას, ასევე სარელსო ხაზზე შუნტის დადება ან სარელსო ძაფის გაწყვეტა იწვევს N_{ξ} ოთხპოლუსის პარამეტრების დისკრეტული ცვლილებას.

სარელსო წრედის მთლიანი სქემა მკვებავ წყაროსა და სალიანდაგო მიმღებს შორის შეიძლება შევცვალოთ ერთი საერთო ოთხპოლუსის A_0 , B_0 , C_0 და D_0 კოეფიციენტებით (ნახ. 3). ამ კოეფიციენტების გამოთვლა

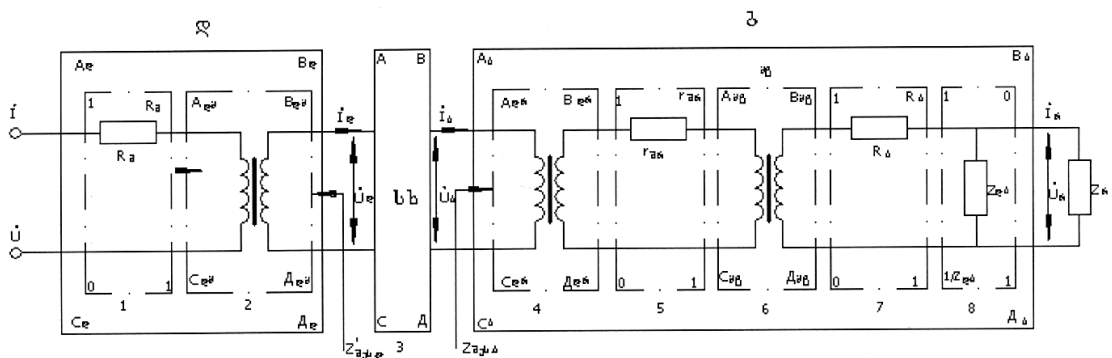
წარმოებს $N_{\text{გ}}$, $N_{\text{ბბ}}$ და $N_{\text{ბ}}$ ოთხპოლუსების კოეფიციენტების მატრიცების გადამრავლებით:

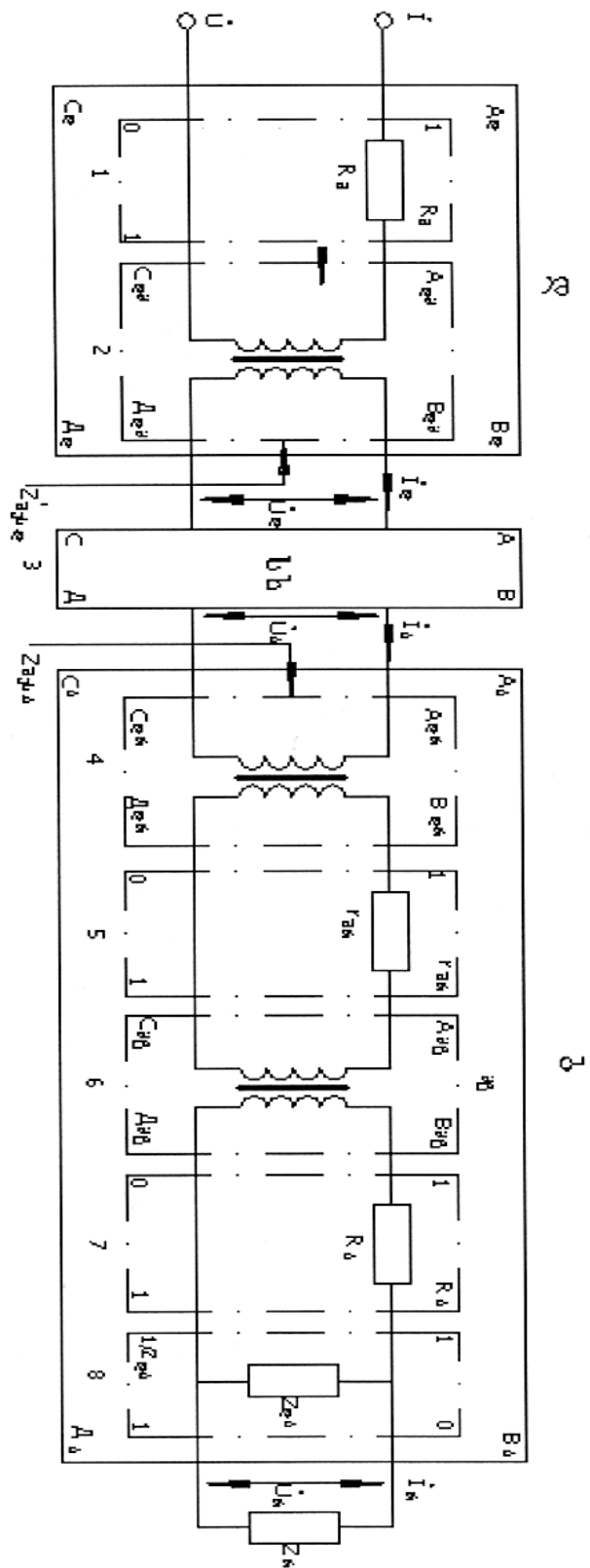
$$\begin{vmatrix} A_0 & B_0 \\ C_0 & D_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{\text{გ}} & B_{\text{გ}} \\ C_{\text{გ}} & D_{\text{გ}} \end{vmatrix} \parallel \begin{vmatrix} A_{\text{ბბ}} & B_{\text{ბბ}} \\ C_{\text{ბბ}} & D_{\text{ბბ}} \end{vmatrix} \parallel \begin{vmatrix} A_{\text{ბ}} & B_{\text{ბ}} \\ C_{\text{ბ}} & D_{\text{ბ}} \end{vmatrix},$$

მაშინ, კვების წყაროს ძაბვა და დენი ტოლი იქნება:

$$\dot{U} = A_0 \dot{U}_{\text{გ}} + B_0 \dot{I}_{\text{გ}}, \quad \dot{I} = C_0 \dot{U}_{\text{გ}} + D_0 \dot{I}_{\text{გ}}.$$

$N_{\text{გ}}$, $N_{\text{ბბ}}$ და $N_{\text{ბ}}$ ოთხპოლუსები მიჩნეულია წრფივ ოთხპოლუსებად ანუ მათი პარამეტრები არაა დამოკიდებული გამავალ დენზე. ამასთან დაკავშირებით ძაბვა და დენი სარელსო წრედის შესასვლელზე ნორმალურ, შუნტურ და საკონტროლო რეჟიმებში იცვლებიან სარელსო წრედის ბოლოში შეცვლილი ძაბვისა და დენის პროპორციულად. ეს საშუალებას გვაძლევს სარელსო წრედების ანალიზისა და ანგარიშის დროს ვისარგებლოთ შედარებით მარტივი, ე.წ. ჩანაცვლების ძირითადი სქემით (ნახ. 4, ა), იგი მიიღება სარელსო ხაზის დასაწყისში ელექტრული სქემის შეცვლით ეკვივალენტური გენერატორის მეთოდით, სარელსო წრედის ბოლოში კი მოწყობილობების სქემების შეცვლით ეკვივანტური დატვირთვის მეთოდით. ამასთან, ეკვივალენტური დატვირთვის ძაბვა $U_{\text{გ}}$ ტოლია $N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსას გამოსასვლელზე უქმი სცლის ძაბვისა (ნახ. 4, ბ). ეკვივალენტური გენერატორის შიდა წინაღობა $Z'_{\text{გსლ}}$ წარმოადგენს $N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსას უკუ შესასვლელ წინაღობას კვების წყაროს შერთული მომჭერების დროს (ნახ. 4)





ნახ. 4. ცვლადი დენის 25 სიხშირის 36 სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა

$Z_{\text{შეს.ბ}}$ წარმოადგენს $N_{\text{ბ}}$ ოთხპოლუსას შესასვლელ წინაღობას, რომლის გამოსასვლელზეც მიერთებულია სარელსო წრედის მიმღები $Z_{\text{რ}}$ შესასვლელი წინაღობით (ნახ. 3).

ოთხპოლუსას განტოლებების დახმარებით ვღებულობთ:

$$\dot{U}_{\text{ბ}} = A_{\text{ბ}} \dot{U}_{\text{რ}} + B_{\text{ბ}} \dot{I}_{\text{რ}} = (A_{\text{ბ}} + B_{\text{ბ}} / Z_{\text{რ}}) \dot{U}_{\text{რ}} = K_{\text{ფ}} \dot{U}_{\text{რ}},$$

$$\dot{I}_{\text{ბ}} = C_{\text{ბ}} \dot{U}_{\text{რ}} + D_{\text{ბ}} \dot{I}_{\text{რ}} = (C_{\text{ბ}} Z_{\text{რ}} + D_{\text{ბ}}) \dot{I}_{\text{რ}} = K_{\text{ფვ}} \dot{I}_{\text{რ}}$$

სადაც $K_{\text{ფ}} = A_{\text{ბ}} + B_{\text{ბ}} / Z_{\text{რ}}$ არის $N_{\text{ბ}}$ ოთხპოლუსის ძაბვის ვარდნის კოეფიციენტი;

$K_{\text{ფვ}} = C_{\text{ბ}} Z_{\text{რ}} + D_{\text{ბ}}$ - არის $N_{\text{ბ}}$ ოთხპოლუსას დენის ვარდნის კოეფიციენტი მაშინ

$$Z_{\text{შეს.ბ}} = \dot{U}_{\text{ბ}} / \dot{I}_{\text{ბ}} = (A_{\text{ბ}} Z_{\text{რ}} + B_{\text{ბ}}) / (C_{\text{ბ}} Z_{\text{რ}} + D_{\text{ბ}}).$$

განართული გამოსასვლელი მომჭერებიანი (ნახ. 4 ბ) $N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსას განტოლებების გამოყენებით მივიღებთ:

$$\dot{U} = A_{\text{გ}} \dot{U}_{\text{გ}}, \text{ საიდანაც } \dot{U} = \dot{U}_{\text{გ}} / A_{\text{გ}}.$$

იმის გათვალისწინებით, რომ ოთხპოლუსაში ენერჯიის გადაცემის მიმართულების და კოეფიციენტები ადგილებს იცვლიან, ხოლო $A_{\text{გ}} = K'_{\text{უძ}} - N_{\text{გ}}$ ოთხპოლუსაში ძაბვის ვარდნის უკუ კოეფიციენტი.

$$\dot{U}'_{\text{შეს.დ}} = B_{\text{დ}} \dot{I}; \quad \dot{I}'_{\text{შეს.დ}} = A_{\text{დ}} \dot{I}; \quad Z'_{\text{შეს.დ}} = \dot{U}'_{\text{შეს.დ}} / \dot{I}'_{\text{შეს.დ}} = B_{\text{დ}} / A_{\text{დ}}.$$

ჩანაცვლების ძირითადი სქემის ექვივალენტური გენერატორის ძაბვა ტოლია:

$$\dot{U}_{\text{გ}} = \dot{U}_{\text{დ}} + \dot{I}_{\text{დ}} Z'_{\text{შეს.დ}}.$$

განტოლებების გამოყენებით და იმის გათვალისწინებით, რომ $U_{\text{ბ}} = \dot{I}_{\text{ბ}} Z_{\text{შეს.ბ}}$ მივიღებთ:

$$\dot{U}_{\text{გ}} = \dot{I}_{\text{ბ}} (C Z'_{\text{შეს.დ}} Z_{\text{შეს.ბ}} + D Z'_{\text{შეს.დ}} + A Z'_{\text{შეს.ბ}} + B).$$

გენერატორის ძაბვის შეფარდებას მიმღების დენტან უწოდებენ სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემის გადაცემის წინაღობას

$$Z_{\text{გაღ}} = \dot{U} / \dot{I}_{\text{გ}} = \frac{A_0 \dot{I}_{\text{გ}} Z_{\text{გ}} + B_0 I'_{\text{გ}}}{\dot{I}_{\text{გ}}} = A_0 Z_{\text{გ}} + B_0,$$

სადაც $Z_{\text{გაღ}}$ და $Z_{\text{გაღ.კ}}$ – შესაბამისად ჩანაცვლების საერთო და ძირითადი სქემების გადაცემი წინაღობებია.

ამ გამოსახულებების თანახმად

$$Z_{\text{გაღ.კ}} = CZ'_{\text{შეს.ღ}} Z_{\text{შეს.პ}} + DZ'_{\text{შეს.ღ}} + AZ'_{\text{შეს.პ}} + B.$$

სარელსო წრედის გადაცემის წინაღობა იცვლება სარელსო ოთხპოლუსას კოეფიციენტებისაგან დამოკიდებულებით. ჩანაცვლების საერთო და ძირითადი სქემების გადაცემის წინაღობა სარელსო წრედის შუნტურ $Z_{\text{გაღ.კ}}$ და საკონტროლო $Z_{\text{გაღ.კ}}$ რეჟიმებისათვის განსაზღვრავთ იგივე გამოსახულებებით, მხოლოდ გამოიყენებენ სარელსო ოთხპოლუსების კოეფიციენტებს შუნტურ ($A_{\text{შ}}, B_{\text{შ}}, C_{\text{შ}}, D_{\text{შ}}$) და საკონტროლო ($A_{\text{კ}}, B_{\text{კ}}, C_{\text{კ}}, D_{\text{კ}}$) რეჟიმებში.

სარელსო ხაზში სიგნალების გადაცემის პირობები განისაზღვრება მისი პირველადი პარამეტრებით: რელსების ელექტრული წინაღობით და მათ შორის იზოლაციის წინაღობით, რომელსაც ეწოდება ბალასტის წინაღობა.

სარელსო ხაზი შედგება ერთმანეთთან ელექტრულად შეერთებული რელსების ცალკეული რგოლებისაგან. რგოლის სიგრძეა 12,5 ან 25 მ. გამოიყენება აგრეთვე 800 მ სიგრძის რგოლებიც (წნული). რელსები ერთმანეთთან ერთდება საპირაპირე მაერთებლებით და ზესადებებით, რომლებიც ქმნიან დენის გატარებისათვის საჭირო პარალელურ წრედს.

პირაპირების მდგომარეობის და გარემოს ტემპერატურიდან დამოკიდებულებით, ცდების საფუძველზე, დადგენილია მუდმივი დენის სარელსო ხაზის კუთრი კილომეტრული წინაღობის ცვლილებების შემდეგი საზღვრები (1 კმ სარელსო წნული): შტეფსელური შეერთებისას 0,3-0,6 ომი/კმ, ხოლო ფოლადის მისადულებელი მაერთებლებისას – 0,1-0,2 ომი/კმ. კუთრი წინაღობის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობები

გათვალისწინებულია სარელსო წრედების მუშაობის შესაბამისი რეჟიმების გაანგარიშებისას.

მოქმედი ნორმების მიხედვით, პირაპირის წინაღობა არ უნდა აღემატებოდეს 3 მ სიგრძის რელსის წინაღობას.

რელსების აქტიურ წინაღობაზე (ცვლადი დენის მიმართ) გავლენას ახდენენ დენის სიხშირე, გამტარის კვეთის ფორმა, ფოლადის გამტარობა და მაგნიტური შეღწევადობა, რომელიც დამოკიდებულია რელსებში დენის სიდიდეზე. განტოლებები, რომლებიც ზუსტად ასახავენ ცვლადი დენის მიმართებაში რელსის აქტიურ წინაღობას, მიიღება ძნელად. რელსების აქტიური წინაღობა ნეიმანის ფორმულის მიხედვით

$$R_a = 2,8\sqrt{\mu_e \rho f / U},$$

სადაც R_a – განივი კვეთის პერიმეტრია, მ

μ_e – სარელსო ფოლადის ფარდობითი მაგნიტური შეღწევადობა;

ρ – სარელსო ფოლადის კუთრი წინაღობა, ომი-მ;

f – სასიგნალო დენის სიხშირე, ჰც.

სასიგნალო დენების წარმოქმნილ სუსტი ველების არეში გაანგარიშებისას $\mu_e = 100$. საერთოდ, სარელსო ხაზი განიხილება რელსი-მიწას ორი წრედის სახით დაკავშირებულს ურთიერთინდუქციურობით M_{12} და შესაბამისი ურთიერთინდუქციურობის $Z_M = j2\pi f M_{12}$ კუთრი წინაღობით.

სარელსო ხაზში ცვლადი დენის გადინებისას წარმოიქმნება მაგნიტური ნაკადი, რომლის ნაწილიც არის ყოველი რელსის ზღვრებში, ხოლო ნაწილი – რელსებს შორის. ამის შესაბამისად, ორსადენიანი L_n ხაზის კუთრი ინდუქციურობა შეადგენს

$$L_n = L_e + 2(L_i + L_s),$$

სადაც L_e – ორსადენიანი ხაზის გარეთა ინდუქციურობა, ჰნ/კმ;

L_i – მთლიანი სარელსო ძაფის შიგა ინდუქციურობა, ჰნ/კმ;

L_3 – სარელსო ძაფის 1 კმ-ზე საპირაპირე მაერთებლების ინდუქციურობა, ჰნ/კმ

შიგა ინდუქციურობა, ისევე, როგორც რელსების აქტიური წინაღობა, დამოკიდებულია ელექტრული დენის სიხშირეზე და ფოლადის მაგნიტურ შეღწევადობაზე $L_i = 0,0955 R_a / f$, ჰნ/კმ.

ორსადენიანი ერთგვაროვანი ხაზის გარეთა კუთრი წინაღობა, ჰნ/კმ, დამოკიდებულია მხოლოდ გეომეტრიულ ზომებზე

$$L_e = 0,4 \cdot 10^{-3} \ln \frac{a-b}{b},$$

სადაც a – რელსების ღერძებს შორის მანძილია, მ;

$b = U/2\pi$ – ეკვივალენტური სადენის რადიუსია, რომელიც წრეწირის სიგრძე ტოლია რელსის განივი კვეთის პერიმეტრისა.

შესადუღებელი საპირისპირე მაერთებელის ინდუქციურობა, ექსპერიმენტული გაზომვების საფუძველზე სარელსო მარყუჟის მთლიანი ინდუქციურობის შეფასებებისას, მიიღება $1,27 \cdot 10^{-6}$ ჰნ ტოლი, ხოლო შტეფსელური მაერთებლისათვის – $1,9 \cdot 10^{-6}$ ჰნ.

მისადუღებელი პირაპირის აქტიური წინაღობა მიიღება $300 \cdot 10^{-6}$ ომი-ის ტოლი.

რელსი-მიწა წრედი დენი გადინებისას, ცვლადი მაგნიტური ველი, რომელიც წარმოიქმნება ყოველი სარელსო ძაფის ირგვლივ. მეზობელ წრედში, ააწყობს ურთიერთინდუქციის ელექტრომამომრავებელ ძალას.

ამ წრედების ურთიერთინდუქციურობა (ჰნ/კმ) ტოლია

$$M_{12} = 10^{-4} (12,982 - 2 \ln((a-b)\sqrt{of} - j \frac{\pi}{2}),$$

სადაც σ არის მიწის კუთრი გამტარობა, სიმ/მ, რომლის საშუალო მნიშვნელობაა $\sigma \approx 2,5 \cdot 10^{-3}$ სიმ/მ.

მაინდუქცირებელ რელსი-მიწა წრედში ცვლადი დენის გადინებისას წარმოიქმნება თვითინდუქციის ე.მ.ძ., რომელიც L'_e თვითინდუქციის კოეფიციენტის პროპორციულია და იწოდება სარელსო ძაფის გარეთა ინდუქციურობად:

$$L'_e = 10^{-4} (12,982 - 2 \ln(b\sqrt{\sigma f}) - j \frac{\pi}{2}).$$

წინააღმდეგობები, რომლებიც შეესაბამებიან ურთიერთ M_{12} და გარეშე L'_e ინდუქციურობების ამ მნიშვნელობებს, არ არის სუფთა ინდუქციური, არამედ არის კომპლექსური. ამ ინდუქციურობების წარმოსახვითი ნაწილების გამრავლებით $j2\pi f$ -ზე, იძლევა ნამდვილ მნიშვნელობის $\pi^2 f \cdot 10^{-4}$ (50 ჰც სიხშირის დროს ტოლია 0,05 ომი/წმ), რომელიც წარმოადგენს მიწის აქტიურ წინააღმდეგობას, როგორც ერთ-ერთი უკუ სადენს

თუ, სარელსო ძაფებს განვიხილოთ როგორც წრედის მიმდევრობით შეერთებულ ელემენტებს, რომლებსაც ახასიათებთ ურთიერთინდუქტიურობა, მივიღებთ

$$L_e = 2(L'_e - M_{12}).$$

ამ ფორმულაში ზემოთ მიღებული L'_e და M_{12} მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ L'_e -თვის ადრე მიღებულ განტოლებას.

სარელსო მარყუჯის მთლიანი კუთრი წინააღმდეგობა ცვლად დენთან მიმართებაში, ომი/კმ, იქნება:

$$z = 2(R_a + r_3 + j\pi L_n),$$

სადაც r_3 არის სარელსო ძაფის 1 კმ-ზე საპირაპირე მაერთებლების აქტიური წინააღმდეგობის, ომი/კმ.

ზემოთ მოყვანილი ფორმულების დახმარებით შესაძლებელია სარელსო ხაზის პირველადი პარამეტრების გაანგარიშება.

სასიგნალო დენის სიხშირის ზრდასთან ერთად იზრდება სარელსო ძაფების კუთრი წინააღმდეგობის მოდული და არგუმენტი. 125-1000 ჰც სიხშირის დიაპაზონში საორიენტაციო გაანგარიშებისათვის კუთრი საკილომეტრო წინააღმდეგობაა

$$|z| = K_f f,$$

სადაც $K_f = 0,01$ ომი/კმ.ჰც;

f – დენის სიხშირეა, ჰც.

პირველი და მეორე რელსების r_1 და z_2 წინაღობები ერთნაირია, ანუ ადგილი აქვს სარელსო ხაზის გრძიც ასიმეტრუას, რომლის დახასიათებაც შესაძლებელია სარელსო ხაზის გრძივი ასიმეტრიის კოეფიციენტით:

$$K_{az} = \frac{|z_1| - |z_2|}{|r_1| + |z_2|}.$$

სარელსო ხაზის გრძივი ასიმეტრია წარმოიქმნება სარელსო პირაპირის წინაღობის გაფანტვის შედეგად, რომელიც დამოკიდებულია საპირაპირე მაერთებელის წინაღობისა და მაერთებელსა და რელეს შორის გარდამავალ წინაღობაზე. საპირაპირე მაერთებლების წესივრული მდგომარეობისას, გრძივი ასიმეტრიის K_{az} კოეფიციენტი მცირეა და სარელსო ხაზები ითვლება სიმეტრიულად, ანუ $z_1 = z_2$.

მუდმივი დენისათვის რელსების მინიმალური წინაღობა ფოლადის შესადულებელი მაერთებლებისათვის მიიღება 0,1 ომი/კმ ტოლი. ცვლადი დენის სარელსო წრედებისათვის რელსების წინაღობების მინიმალური და მაქსიმალური საანგარიშო მნიშვნელობები აიღება ერთნაირი.

რელსიდან რელსში გაჟონვის დენი გამტარებში გაედინება განსხვავებული ელექტროგამტარობით. ლიანდაგის ზედა ნაშენის ლითონის დეტალებს და რელსებს ახასიათებთ ელექტროგამტარობა. ბალასტი, შპალი, მიწის ვაკისი და გრუნტი, რომლებშიც ყოველთვის არის ტენი და შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც ელექტროლიტები, სადაც ადგილი აქვს ელექტროქიმიურ რეაქციებს.

სარელსო ხაზის იზოლაციის წინაღობა წარმოადგენს განაწილებულ პარამეტრს. ჩვეულებრივად, ეს გამოისახება კუთრი წინაღობით, რომელიც ჩართულია რელსებს შორის და განკუთვნილია 1 კმ სიგრძის სარელსო ხაზისათვის. სარელსო ხაზის ნორმატიული მინიმალური კუთრი წინაღობაა 1 ომი.კმ.

ყველაზე კარგი მეტეოროლოგიური პირობები, რომლის დროსაც ხაზის იზოლაციის წინაღობა მინიმალურია, არის ზაფხულში, ჰაერის მაღალი ტემპერატურის და ტენიანობის დროს, რადგანაც ამ დროს იზრდება

ელექტროქიმიური პროცესების ინტენსიურობა. ბალასტის მარილებით დაჭუჭყიანება აუმჯობესებს ელექტროქიმიური პროცესების მიმდინარეობის პირობებს, რასაც მივყევართ იზოლაციის წინააღმდეგობის მნიშვნელოვან შემცირებისკენ. ჰაერის ტენიანობისა და გარემოს ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად მცირდება ელექტროქიმიური პროცესები და იზრდება სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღმდეგობა. ტემპერატურის უარყოფითი მნიშვნელობებისას იზოლაციის წინააღმდეგობა ტოლია. $z_0 = 10 - 100$ ომი.კმ, რაც საშუალებას იძლევა გაანგარიშებებისას მისი მნიშვნელობა ავიღოთ უსასრულობის ტოლად.

გაჟონვის დენის ნაწილი, ბალასტში და მიწაში მოხვედრისას გაედინება მასში, ამიტომ სარელსო ძაფის გაწყვეტისას ელექტრული წრედის უწყვეტობა არ ირღვევა.

სარელსო წრედების გაანგარიშება წარმოებს მუშაობის ხუთი რეჟიმისათვის: ნორმალური, შუნტური, საკონტროლო, ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის და მოკლედ შერთვის. ამ რეჟიმებისათვის ყველაზე ცუდი პირობები განისაზღვრება პირველადი პარამეტრების: $z(r)$ სარელსო ხაზის ხვედრითი წინააღმდეგობის; r_i – იზოლაციის ხვედრითი წინააღმდეგობის, - კვების წყაროს ძაბვის და p – მატარებლის შუნტის ან რელსის ელექტრული გარღვევის ადგილის კოორდინატის მიხედვით.

ნორმალური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობებია ისეთი პირობები, რომელთა დროსაც მაქსიმალურად მცირდება დისკრეტული გადამწოდის შესასვლელზე მოსული სიგნალი. ამიტომ რელეს საიმედოდ ამოქმედების ძაბვა საჭიროა განისაზღვროს კვების წყაროს ძაბვის მინიმალური მნიშვნელობისათვის გასათვალისწინებელია აპარატურის ელემენტების პარამეტრების გაფანტვის გავლენაც. დისკრეტული გადამწოდის ელემენტების პარამეტრების დასაშვები მნიშვნელობების დიაპაზონიდან გაითვალისწინება ისეთი მნიშვნელობები, რომლებიც ამცირებენ სალიანდაგო მიმღებზე მოდებული ძაბვის სიდიდეს.

ეს მნიშვნელობები დამოკიდებულია იმაზე, თუ დისკრეტული გადამწოდის ელემენტები როგორ არიან მიერთებული სალიანდაგო მიმღებთან (რელესთან) და მათ მიერ წარმოიქმნება თუ არა რეზონანსული წრედები.

ელემენტები თუ სალიანდაგო რელეს მიმართ მიმდევრობით არიან მიერთებულნი და ისინი არ წარმოქმნიან რეზონანსულ წრედს, დისკრეტული გადამწოდი საიმედოდ უნდა მუშაობდეს აღნიშნული ელემენტების წინააღობების შესაძლო მაქსიმალური მნიშვნელობების დროსაც. თუ ელემენტები სალიანდაგო რელეს მიმართ პარალელურად არიან მიერთებულნი და ისინი არ წარმოქმნიან რეზონანსულ წრედს, დისკრეტული გადამწოდი საიმედოდ უნდა მუშაობდეს აღნიშნული ელემენტების წინააღობების შესაძლო მინიმალური მნიშვნელობების დროსაც.

რთული სქემის მქონე სარელსო წრედისათვის, რომელიც შერეულად მიერთებულ რამდენიმე რეაქტიულ ელემენტებს შეიცავს, ძნელია განისაზღვროს ელემენტების პარამეტრების ისეთი კომბინაცია, რომელიც შეესაბამება ნორმალური რეჟიმის ყველაზე ცუდ პირობებს. ამ დროს მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნეს დისკრეტული გადამწოდების გაანგარიშების ალბათური მეთოდები.

გაჟონვის დენები ხასიათდებიან სარელსო ხაზის იზოლაციის $r_{\text{იზ}}$ წინააღობით ან იზოლაციის $g_{\text{იზ}} = 1/r_{\text{იზ}}$ გამტარობით.

მიღებულია რომ რელსების Z წინააღობა, სარელსო ხაზის იზოლაციის $r_{\text{იზ}}$ წინააღობა და იზოლაციის $g_{\text{იზ}} = 1/r_{\text{იზ}}$ გამტარობა განისაზღვროს კუთრი სიდიდეებით. საექსპლუატაციო პირობებისაგან დამოკიდებულებით პარამეტრები შეიძლება იცვლებოდეს მინიმალური მნიშვნელობებიდან მაქსიმალურ მნიშვნელობებამდე.

ნორმალური რეჟიმის გაანგარიშება ხდება სარელსო ძაფების მაქსიმალური r_{max} და სარელსო ხაზის იზოლაციის მინიმალური $r_{\text{იზmin}}$ წინააღობის შემთხვევისათვის.

საქართველოს რკინიგზაზე ყველა სარელსო წრედისათვის, გარდა გორაკის სარელსო წრედებისა, შუნტის ნორმალურ წინაღობად მიღებულია 0.06 ომის ტოლი წინაღობა. მახარისხებელი გორაკის სარელსო წრედებისათვის, რომლებსაც ურთულეს პირობებში უხდებათ მუშაობა. ეს ნორმატული წინაღობის მნიშვნელობა გაზრდილია 0,5 ომამდე.

გოგორწყვილის წინაღობას გააჩნია ინდუქტიური მდგენელი. თავის მხრივ, 0-დან 10 კვც-მდე სიხშირის დიაპაზონში გარდამავალ წინაღობას გააჩნია სიხშირისგან დამოუკიდებელი აქტიური მდგენელი. რადგან გარდამავალი წინაღობა აქტიური ხასიათისაა, ითვლება რომ სამატარებლო შუნტის წინაღობა აქტიურია.

დისკრეტული გადამწოდი იმგვარად უნდა იქნეს დარეგულირებული, რომ ყველაზე არახელსაყრელი შუნტური რეჟიმის პირობებშიც კი მის ნებისმიერ წერტილში ნორმატული $R_{\text{შ}} = 0.06$ ომი შუნტის დადებისას სალიანდაგო მიმღებზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა უნდა შემცირდეს საიმედოდ დაბრუნების ძაბვის მნიშვნელობამდე. ასეთ შემთხვევაში სალიანდაგო მიმღები გამოიმუშავებს უბნის დაკავებულობის ინფორმაციას.

შუნტური ეფექტის შედეგად დისკრეტული გადამწოდის მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა უნდა შემცირდეს საიმედოდ დაბრუნების ძაბვის მნიშვნელობამდე. სამატარებლო შუნტის წინაღობის გაზრდით იზრდება დაკავებული უბნის დროს მიმღებზე მოდებული ძაბვა. ამიტომ სამატარებლო შუნტის დიდი წინაღობის დროს რომ გაიცეს ინფორმაცია უბნის დაკავების შესახებ საჭიროა მიმღებს გააჩნდეს საიმედოდ დაბრუნების უფრო მაღალი ძაბვა, ანუ საიმედოდ დაბრუნების უფრო მაღალი კოეფიციენტი.

სალიანდაგო მიმღებად ელექტრომაგნიტური რელეს გამოყენების დროს იმპულსური ან კოდური დისკრეტული გადამწოდები უფრო მგრძობიარენი არინ სამატარებლო შუნტის მიმართ.

ზემოთაღნიშნულის ნათლად გაგებისათვის მოკლედ გავეცანით სალიანდაგო მიმღების ფუნქციონირების შეფასების საფუძვლებს.

დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების ელემენტების გამართულ ფუნქციონირებაზე მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული მატარებელთა უსაფრთხოდ მოძრაობა; ამიტომ მათ უნდა გააჩნდეთ მაღალი საიმედოობა უმტყუნობა, ხანგრძლივობა და შეკეთების ვარგისობა. მათ ელემენტების დაზიანებამ არ უნდა გამოიწვიოს მატარებლების მოძრაობისათვის სახიფათო მტყუნებები, კერძოდ უბნის ფაქტიური დაკავების ან სარელსო ძაფის გაწყვეტის დროს არ უნდა დაუშვას საკონტროლო სალიანდაგო უბნის თავისუფლების ყალბი ინფორმაციის ფორმირება.

ნამუშევრობა ეწოდება ობიექტის მუშაობის ხანგრძლივობას ან მოცულობას . დისკრეტულ გადამწოდებში შეიძლება გამოყენებული იქნას კონტაქტური ან უკონტაქტო მიმღებები.

მიმღებს გააჩნია რელეური მოქმედების ზღურბლური ელემენტი და შეუძლია მიიღოს ორი, კერძოდ, მუშა და ამორთული მდგომარეობა.

მუშა მდგომარეობაში, რომლის დროსაც გაიცემა სარელსო წრედის დაუკავებლობის (სითავისუფლის) ინფორმაცია, მიმღები იმყოფება იმ შემთხვევაში, როდესაც მის შესასვლელზე მოსული სიგნალის დონე აჭარბებს გარკვეულ მნიშვნელობას, რომელსაც მიმღები ამოქმედების ზღურბლი ეწოდება. ელექტრომაგნიტურ რელეში მიმღების ამოქმედების ზღურბლს წარმოადგენს გრაგნილზე მოდებული ისეთი ძაბვა, რომელიც უზრუნველყოფს რელეს ღუზას მიზიდვასა და მისი ფრონტული კონტაქტების შერთვას.

ამორთულ მდგომარეობაში, რომლის დროსაც ფორმირდება ინფორმაცია უბნის დაკავებულობის შესაბამ, მიმღები მაშინ იმყოფება, როდესაც მის შესასვლელზე მოსული სიგნალი რაღაც მნიშვნელობაზე ნაკლებია. მიმღებად ელექტრომაგნიტური რელეების გამოყენებისას განრთვის ზღურბლს წარმოადგენს გრაგნილზე მოდებული ისეთი ძაბვა, რომლის დროსაც რელე დაუშვებს ღუზას და განრთავს ფრონტულ კონტაქტებს.

მიმღების მიერ რეალიზებული ლოგიკური ფუნქცია აღვნიშნოთ როგორც f_a და იგი განსაზღვრავს შემდეგნაირად:

$$f_a = \begin{cases} 1, & \text{თუ ფრონტალური კონტაქტები შერთულია;} \\ 0, & \text{თუ ფრონტალური კონტაქტები განრთულია.} \end{cases}$$

არსებობს შემავალი სიგნალის ორი ზღურბლური მნიშვნელობა, რომელთა დროსაც მიმღები გადაირთვება ერთ-ერთი მდგომარეობიდან მეორეში. მიმღები თუ ამორფულია, მუშა მდგომარეობაში მისი გადაყვანისათვის შემავალი სიგნალი უნდა გაიზარდოს ამოქმედების ძაბვამდე, რომელიც აღინიშნება U_s სიმბოლოთი. მიმღები მუშა მდგომარეობიდან ამორტულ მდგომარეობაში ბრუნდება დაბრუნების ძაბვის დროს, რომელიც აღინიშნება როგორც $U_{\phi} (U_{\phi} < U_s)$. ამოქმედებისა და დაბრუნების ძაბვებს შორის $U_s - U_{\phi}$ სხვაობის სიდიდე დამოკიდებულია მიმღების ტიპზე. რაც უფრო მცირე ეს სხვაობა, მით უკეთესია მიმღები. მიმღებად ელექტრომაგნიტური რელეს გამოყენების შემთხვევაში ამოქმედების U_s ძაბვას ეწოდება რელეს ღუზის მიზიდვის ძაბვა, ხოლო დაბრუნების U_{ϕ} ძაბვას – ღუზის ჩამოშვების ძაბვა. მათი მნიშვნელობები აღნიშნულია რელეს ტექნიკურ პასპორტებში.

საიმედოდ მუშაობისათვის მიმღების შესასვლელზე სიგნალი რამდენადმე უნდა აღემატებოდეს U_s ძაბვას. ეს უზრუნველყოფს მიმღების ამოქმედებისათვის აუცილებელ მარაგს. მარაგის გათვალისწინებით განსაზღვრულ ამოქმედების U_a ძაბვას ეწოდება მუშა ძაბვა ანუ საიმედოდ ამოქმედების ძაბვა.

$$U_a = K' U_s,$$

სადაც $K' = U_a / U_s$ – ეწოდება მარაგის კოეფიციენტი მიმღების ამოქმედებაზე ($K' > 1$). მარაგის კოეფიციენტი ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ არსებული მადესტაბილიზებული ფაქტორების დროს დაცული იყოს მიმღების დროითი მახასიათებლები.

სალიანდაგო მიმღების დაბრუნების $U_{\text{გ}}$ ძაბვის ფარდობას მისი ამოქმედების $U_{\text{ს}}$ ძაბვასთან ეწოდება მიმღების დაბრუნების კოეფიციენტი და აღინიშნება $K_{\text{გ}}$ სიმბოლოთი, ე.ი.

$$K_{\text{გ}} = U_{\text{გ}} / U_{\text{ს}}.$$

დაბრუნების $K_{\text{გ}}$ კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია მიმღების ტიპზე, მაგრამ ყოველთვის $K_{\text{გ}} < 1$. ამასთანავე, რაც უფრო დიდია დაბრუნების კოეფიციენტი, მით უფრო უკეთესია მიმღები. კონტაქტური მიმღებისათვის $K_{\text{გ}} = 0,3 \div 0,6$, ხოლო უკონტაქტო მიმღებისათვის $K_{\text{გ}} = 0,8 \div 0,95$.

საწყის მდგომარეობაში მიმღების საიმედოდ დაბრუნებისათვის მიმღების შესასვლელზე ძაბვა $U_{\text{გ}}$ ძაბვაზე რამდენადმე დაბალი უნდა იყოს. მიმღების დაბრუნების ძაბვა განრთვაზე მარაგის გათვალისწინებით განისაზღვრება როგორც

$$U_{\text{სგ}} = K'' U_{\text{გ}},$$

სადაც $K'' = U_{\text{სგ}} / U_{\text{გ}}$ -ს ეწოდება მარაგის კოეფიციენტი მიმღების განრთვაზე ($K'' < 1$). იგი შეირჩევა მიმღების ტიპის მიხედვით. იმგვარად, რომ უზრუნველყოფილი იქნას დაკავებულობის ინფორმაციის საიმედოდ ფორმირება. მიმღებად გამოყენებული ელექტრომაგნიტური რელესათვის $K'' = 0,6$, ინდუქციური სექტორული რელესათვის – $K'' = 0,85$, იმპულსური სალიანდაგო რელესათვის კი $K'' = 0,7$.

მიმღების საიმედოდ დაბრუნების კოეფიციენტი განისაზღვრება როგორც

$$K_{\text{სგ}} = U_{\text{სგ}} / U_{\text{გ}}.$$

თუ მიმღებად გამოიყენება ელექტრომაგნიტური რელე, მაშინ მის გამოსასვლელზე სიგნალის მნიშვნელობა, რომლითაც გადაიცემა უბნის დაკავებულობის ინფორმაცია დამოკიდებულია დისკრეტული გადამწოდის კვების რეჟიმზე. აღსანიშნავია, რომ უწყვეტ რეჟიმში მომუშავე ელექტრომაგნიტურ რელესთან შედარებით მაღალია იმპულსურ რეჟიმში მომუშავე ელექტრომაგნიტური რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი.

ორელემენტური ინდუქციური რელეს დაბრუნების K_{ω} კოეფიციენტის მნიშვნელობა თითქმის ემთხვევა იმპულსური სარელსო წრედის ელექტრომაგნიტური რელეს დაბრუნების კოეფიციენტის მნიშვნელობას.

დისკრეტული გადაძვნილი ნორმალურად უნდა ფუნქციონირებდეს შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს. შუნტური რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდად ითვლება პირობები, როდესაც იზრდება სიგნალი სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე. სალიანდაგო რელეზე მოდებული ძაბვა განისაზღვრება ისეთი სიტუაციისათვის, როდესაც:

- 1) მაქსიმალურია კვების ძაბვის მნიშვნელობა;
- 2) მინიმალურია სარელსო ხაზების წინაღობა;
- 3) მაქსიმალურია იზოლაციის წინაღობა;
- 4) მინიმალურია მიმღებთან მიმდევრობით მიერთებული არარეზონანსული კონტურის ელემენტების წინაღობები;
- 5) მაქსიმალურია მიმღებთან პარალელურად მიერთებული არარეზონანსული კონტურის ელემენტების წინაღობები.

შუნტური ეფექტი დამოკიდებულია სარელსო ხაზზე შუნტის განთავსების ადგილზე. მინიმალური შუნტური მგრძობიარობის ადგილი ეწოდება ადგილს, რომელზედაც სამატარებლო შუნტის ზედდებისას ყველაზე სუსტად მჟღავნდება შუნტური ეფექტი. აღნიშნულ ადგილს შუნტური მგრძობიერების კრიტიკული ადგილსაც უწოდებენ. შუნტური რეჟიმის ერთ-ერთ ყველაზე ცუდ პირობად ითვლება შუნტის განთავსება მინიმალური შუნტური მგრძობიერების ადგილზე.

საკონტროლო რეჟიმში სარელსო ძაფებიდან რომელიმე მათგანის (ან ორივეს) გაწყვეტის გამო მცირდება სალიანდაგო მიმღებზე მოდებული ძაბვა. კვების წყაროსა და მიმღებს შორის არსებული ელექტრული წრედი საკონტროლო რეჟიმში შენარჩუნებულია, რადგან ამ დროს მიწაში წარმოიშვება გაწყვეტის ადგილის გარშემოვლით სასიგნალო დენის გატარების წრედი.

სარელსო ძაფის გაწყვეტის დროს სალიანდაგო რელეში გამავალი დენის მნიშვნელობა დამოკიდებულია რელსის გაწყვეტის ადგილსა და

სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღმდეგ. კრიტიკულად ითვლება აღნიშნული იზოლაციის წინააღმდეგობის მნიშვნელობა და გაწყვეტის ადგილი, რომელთა დროსაც მაქსიმალურია მიმღებში გამავალი დენი.

საკონტროლო რეჟიმში ყველაზე ცუდი პირობების დროს მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვა უნდა შემცირდეს საიმედო დაბრუნების $U_{სდ}$ ძაბვამდე.

საკონტროლო რეჟიმის ყველაზე ცუდ პირობებად ითვლება ისეთი პირობები, რომელთა დროსაც იზრდება:

1. მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვა;
2. კვების წყაროს მაქსიმალური ძაბვა;
3. სარელსო ძაფების მინიმალური წინააღმდეგობა;
4. სარელსო იზოლაციის კრიტიკული წინააღმდეგობა.

ზემოთ ჩამოთვლილი პირობები სრულდება მაშინ, როდესაც სარელსო ძაფის მთლიანობის დარღვევის ადგილი ემთხვევა სარელსო წრედის კრიტიკულ ადგილს.

გადატვირთვის კოეფიციენტი განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$K_{გად} = U_{მწვ} / U_{ა},$$

სადაც $U_{მწვ}$ არის ნორმალური რეჟიმის დროს მიმღებზე მოდებული ფაქტიური ძაბვა, ხოლო $U_{ა}$ – მიმღების მუშა ძაბვა.

ნორმალური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს გვაქვს მინიმალური გადატვირთვის კოეფიციენტი და იგი აღინიშნება როგორც $-K_{გად.min}$.

კვების წყაროს ძაბვისა და სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღმდეგობის მაქსიმალური მნიშვნელობების დროს გვაქვს გადატვირთვის უდიდესი ფაქტიური კოეფიციენტი, რომელიც აღინიშნება სიმბოლოთი $K_{გად.ფ.}$;

გადატვირთვის მაქსიმალურად დასაშვები კოეფიციენტი აღინიშნება სიმბოლოთი – $U_{გად.დას.}$ ($U_{გად.ფ.} < K_{გად.დას.}$).

ნორმალური რეჟიმის შესრულების პირობებია:

$$K_{გად.min} \geq 1,$$

$$K_{\text{გაღ.ფ.}} \leq K_{\text{გაღ.დას.}}$$

ცვლადი დენის დისკრეტულ გადამწოდებში სალიანდაგო მიმღებზე მოდებული ძაბვის რეგულირება შეიძლება კვების წყაროს ძაბვის ცვლილებით. ელემენტების შერჩეული და უცვლელი პარამეტრების დროს მისი მუშაობის ნორმალური, შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების შესრულება შეიძლება შევაფასოთ კვების ძაბვის მიხედვით.

ნორმალური რეჟიმებისათვის ყველაზე ცუდი პირობების დროს მიმღებზე მუშა $U_{\text{გ}}$ ძაბვის მიღება გარანტირებული უნდა იყოს კვების მინიმალური U_{min} ძაბვის შემთხვევაშიც. აქედან გამომდინარე, ნორმალური რეჟიმის შესრულების პირობას აქვს სახე:

$$U_{\text{გ}} \geq U_{\text{min}},$$

სადაც $U_{\text{გ}}$ არის კვების წყაროს ფაქტიური ძაბვა.

ფაზათმგრძობიარე მიმღებებიან დისკრეტულ გადამწოდებში აღნიშნული მიმღებების ამოქმედება დამოკიდებულია სალიანდაგო ელემენტზე არსებული სიგნალის არა მარტო ამპლიტუდაზე, არამედ ამ სიგნალის ფაზაზეც.

$$U_{\text{გაღ}} = (U_{\text{მწვ}}/U_{\text{მწ}}) \cos(\varphi_{\text{მწვ}} - \varphi_{\text{მწ}}),$$

სადაც $U_{\text{მწვ}}$ არის ნორმალურ რეჟიმში მიმღების შესასვლელზე მოდებული ფაქტიური ძაბვა, $U_{\text{მწ}}$ – მიმღების ამოქმედების ძაბვა $\varphi_{\text{მწვ}}$ – გრადუსებში გამოსახული რელეს ფაქტიური ფაზური თანაფარდობა ნორმალურ რეჟიმში.

რაც შეეხება აბსოლუტურ შუნტურ $R_{\text{გ}}$ მგრძობიარობას, იგი წარმოადგენს სამატარებლო შუნტის წინაღობას, რომლის დროსაც შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვა მცირდება მიმღების საიმედოდ დაბრუნების ძაბვამდე. რაც უფრო მაღალია აბსოლუტური შუნტური მგრძობიარობა, მით უფრო უკეთესადაა უზრუნველყოფილი შუნტური რეჟიმი.

საქართველოს მაგისტრალურ რკინიგზაზე გამოყენებული დისკრეტული გადამწოდებისათვის მიღებულია, რომ მათი შუნტური მგრძნობიარობა არ იყოს ე.წ. ნორმატულ შუნტურ მგრძნობიარობაზე ნაკლები, რომელიც 0,06 ომის ტოლია. თუ რომელიმე მათგანისათვის ეს მოთხოვნა არ სრულდება, მაშინ მათზე დაყენებული უნდა იყოს რელსებზე მოსრიალე დამატებითი საკონტაქტო მოწყობილობა, რაც უზრუნველყოფს შუნტური მგრძნობიარობის სათანადოდ შემცირებას.

ნორმალური სამატარებლო შუნტისადმი მგრძნობიარობის $K_{შ6}$ კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_{შ6} = U_{სდ} / U_{შშფ} .$$

სადაც $U_{სდ}$ არის საიმედოდ დაბრუნების ძაბვა, ხოლო $U_{შშფ}$ ნორმატული შუნტის დადებისა და შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს მიმღების შესასვლელზე მოდებული ფაქტიური ძაბვა.

შუნტური რეჟიმის შესრულების პირობაა:

$$(R \geq R = 0,06)V(K \geq 1) .$$

შუნტური რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდი პირობების შემთხვევაში უბანზე ნორმატული შუნტის ზედდების დროს სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვა უდრის საიმედოდ დაბრუნების $U_{სდ}$ ძაბვას, თუ კვების წყაროს ძაბვა გარკვეული $U_{დშ}$ ძაბვის ტოლია. კვების წყაროს ფაქტიური $U_{ფ}$ ძაბვა თუ $U_{დშ}$ ძაბვაზე მეტი იქნება, მაშინ მიმღების შესასვლელზე მოდებული $U_{შშფ}$ ძაბვა გადააჭარბებს $U_{სდ}$ ძაბვას.

შუნტური რეჟიმის დროს სრულდება შემდეგი უტოლობები:

$$U_{ფ} \leq U_{დშ} ,$$

$$K_{შ6} = U_{დშ} / U_{ფ} .$$

ორელემენტური ინდუქციური მიმღების დროს სამართლიანია ტოლობა:

$$K_{6} = U_{სდ.ინ} / [U_{სბ.შფ} \cos(\varphi_{სბ.შფ} - \varphi_{სბ.ი})] ,$$

სადაც $U_{სდ.ინ.}$ არის იდეალური ფაზური თანაფარდობების დროს ინდუქციური რელეს საიმედოდ დაბრუნების ძაბვა ვოლტებში $\varphi_{სხ.შფ.}$ ($\varphi_{სხ.ი}$) – შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს რელეს სალიანდაგო და ადგილობრივ ელემენტებზე მოდებული ძაბვების ფაქტიურ ფაზებს შორის სხვაობა.

დაზიანებული სარელსო ძაფისადმი მგრძობიარობის კოეფიციენტი $K_{დაზ.}$ განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_{დაზ.} = U_{სდ.} / U_{შკფ.},$$

სადაც $U_{სდ.}$ არის მიმღების საიმედოდ დაბრუნების ძაბვა, ხოლო $U_{შკფ.}$ – საკონტროლო რეჟიმში იზოლაციის კრიტიკული წინაღობისა და გაწყვეტის კრიტიკული ადგილის დროს მიმღებზე შესაძლო მაქსიმალური ძაბვა.

საკონტროლო რეჟიმის შესრულების პირობაა: $K_{დაზ.} \geq 1$.

საკონტროლო რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდი პირობების დროს სარელსო ძაფის გაწყვეტისას სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვა საიმედოდ დაბრუნების $U_{სდ.}$ ძაბვის ტოლი რომ იყოს, საჭიროა გადამწოდის კვების ძაბვას ჰქონდეს გარკვეული $U_{გკ.}$ მნიშვნელობა. კვების წყაროს ძაბვის ფაქტორი $U_{ფ.}$ მნიშვნელობა. თუ $U_{გკ.}$ მნიშვნელობაზე მეტი იქნება, მაშინ მიმღების შესასვლელზე მოდებული $U_{შკფ.}$ ძაბვა გადააჭარბებს $U_{სდ.}$ ძაბვას. ამგვარად, $U_{გკ.}$ არის საკონტროლო რეჟიმში კვების წყაროს დასაშვები ძაბვა.

საკონტროლო რეჟიმის შესრულების პირობებია:

$$U_{ფ.} \leq U_{გკ.}$$

$$K_{დაზ.} = U_{გკ.} / U_{ფ.}$$

ორელემენტიანი სალიანდაგო მიმღების მქონე დისკრეტული გადამწოდებისათვის სამართლიანია ტოლობა:

$$K_{დაზ.} = U_{სა.ინ.} / [U_{სხ.კფ.} \cos(\varphi_{სხ.კფ.} - \varphi_{სხ.ი})]_{\max},$$

სადაც $\varphi_{\text{ს.კ.ფ}}$ არის საკონტროლო რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს მიმღების სალიანდაგო და ადგილობრივ ელემენტებზე მოდებულ ფაქტიურ ძაბვებს შორის სხვაობა.

რეალური ფაზური თანაფარდობების გათვალისწინებით საკონტროლო რეჟიმში მიმღების საიმედოდ დაბრუნების ძაბვაა:

$$U_{\text{სდ.კ}} = U_{\text{სდ.ი}} / \cos(\varphi_{\text{ს.კ.ფ}} - \varphi_{\text{ს.ი.}}).$$

კრიტერიუმების $K_{\text{გად}}$, $K_{\text{შფ.}}$, $K_{\text{დაზ}}$ გამოყენება დისკრეტული გადამწოდების დეტერმინირებულ გაანგარიშებებში. გაანგარიშების დეტერმინირებული მეთოდის დროს კვების წყაროს ძაბვა ისეთ მნიშვნელობას აძლევენ, რომ მუშაობის ყველა რეჟიმი სრულდება სარელსო ხაზის იზოლაციის წინაღობის საანგარიშო $r_{\text{ო.ბ.ს.}}$ სიდიდან უსასრულობამდე ცვლილების მთელ დიაპაზონში. სარელსო ხაზის იზოლაციის ფაქტიური $r_{\text{ო.ფ.}}$ სიდიდე თუ ექსპლუატაციის პერიოდში აღმოჩნდა $r_{\text{ო.ბ.ს.}}$ -ზე ნაკლები, მაშინ $K_{\text{გად}} > 1$ და აქედან გამომდინარე არ შესრულდება ნორმალური რეჟიმი; ეს ნიშნავს, რომ დისკრეტული გადამწოდის სქემის ელემენტების ყველა პარამეტრები თუ გადაიხარა ნორმალური მნიშვნელობებიდან არახელსაყრელი მიმართულებით, მაშინ მიმღებზე მოდებული ძაბვა საანგარიშო $U_{\text{ა}}$ ძაბვაზე ნაკლები აღმოჩნდება.

ამ დისკრეტულ გადამწოდებში, რომლებშიც ელემენტების პარამეტრების მნიშვნელობები ახლო იქნება ნომინალურ მნიშვნელობებთან, ანუ თუ ისინი გადაიხრებიან ისეთი მიმართულებით, რომ ხელი შეუწყოს მიმღებზე ძაბვის გაზრდას, მაშინ ნორმალური რეჟიმი შესრულდება სარელსო ხაზის იზოლაციის უფრო დაბალი წინაღობის შემთხვევაშიც, ვიდრე ეს იქნა მიღებული დეტერმინირებული გაანგარიშების დროს. გარდა ამისა, ერთიდაიგივე ტიპის სხვადასხვა სალიანდაგო მიმღების ამოქმედების ძაბვები ერთნაირი არ არის და იცვლება გარკვეულ დიაპაზონში. დეტერმინირებული გაანგარიშების დროს აიღება მაქსიმალური ძაბვა,

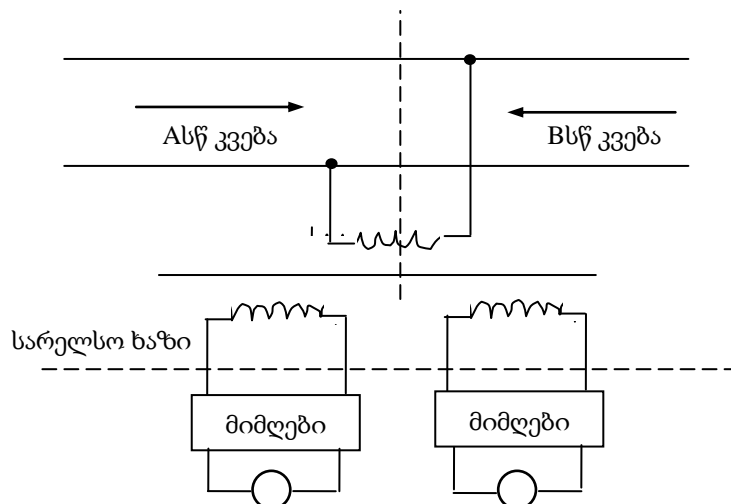
რომელიც ტექნიკური პირობებით დასაშვებია განხილული ტიპის სალიანდაგო მიმღებისათვის.

2.3. ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდები

საქართველოს რკინიგზის ფუნქციონირების წინასწარი ანალიზის საფუძველზე დასაბუთებულია, სარკინიგზო ავტომატიკის და ტელემექანიკის სისტემათა ეფექტურობის ამაღლება შეუძლებელია თანამედროვე დისკრეტული გადამწოდების გამოყენების გარეშე, რადგან არსებული სისტემები მოძველებულია, როგორც მორალურად, ისე ტექნიკურადაც.

ჩვენს მიერ განხილულია მატარებელთა მოძრაობის საგადასარბენო ინტერვალური რეგულირების გაუმჯობესებული სისტემა ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების გამოყენებით.

ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდი წარმოადგენს უპირაპირო სარელსო წრედის კლასიკური სქემას (იხ. ნახ. 5), რომელშიაც დენის ერთი წყაროდან (გენერატორიდან) ხორციელდება ორი მეზობელი სარელსო წრედის კვება.



ნახ. 5. TPLI ტიპის უპირაპირო სარელსო წრედი

ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდში გამოყენებულია სიხშირული ამპლიტუდურ-მოდულირებული სიგნალი.

მუშა სიგნალის გამოყენებული სიხშირის მიხედვით არსებობს ორი ტიპის ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდი: TPII 3 და TPII 4, რომლებსაც არსებულ გადამწოდებთან შედარებით გააჩნიათ შემდეგი უპირატესობა:

- გაზრდილია სარელსო წრედის ფიზიკური საზღვრების განსაზღვრის სიზუსტე;
- შემცირებულია სარელსო წრედზე კლიმატური ფაქტორების გავლენა, რადგან ბალასტის (იზოლაციის) აქტიური წინაღობა ნაკლებ ზეგავლენას ახდენს ხაზის პარამეტრებზე;
- მეზობელი სარელსო წრედებიდან სიგნალები საერთო წყვილით გადაიცემა, რითაც შემცირებულია კაბელის დანახარჯები.

TPII 3-ში (მესამე თაობის აპარატურა) გამტან სიხშირეებად გამოყენებულია 420, 480, 580, 720, 780 ჰერცი სიხშირე, ხოლო მოდულაციის სიხშირეებია 8 ან 12 ჰც. მაღალსიხშირულ TPII 4 სარელსო წრედებში გამოყენებული სიხშირეებია 4500, 5000, 5500 ჰც, ხოლო მოდულაციის სიხშირე 8 ან 12 ჰც.

ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდები შეიძლება გამოვიყენოთ საგადასარბენო ინტერვალური რეგულირების შემდეგ სისტემებში:

ЦАБ-АЛСО ავტობლოკირება ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდებითა და აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგებით. ამ სისტემაში მოძრაობის რეგულირების ძირითად საშუალებად გამოიყენება ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის საშუალებები, ხოლო სალიანდაგო შუქნიშნები საერთოდ არ არის. TPII 3-ის სარელსო წრედები არის იზოლირებული პირაპირების გარეშე;

ЦАБС ავტობლოკირება ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდებით, აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგებითა და სალიანდაგო შუქნიშნებით. სარელსო წრედები ბლოკ-უბნის საზღვრებში იზოლირებული პირაპირების გარეშე, იზოლირებული პირაპირები განლაგებულია ბლოკ-უბნის საზღვრებზე;

АВТС ავტობლოკირება ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებით, აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგებითა და სალიანდაგო სიგნალიზაციით. სარელსო წრედები ბლოკ-უბნის საზღვრებში იზოლირებული პირაპირების გარეშეა. იზოლირებული პირაპირები დაყენებულია ბლოკ-უბნის საზღვრებზე;

АВТ ავტობლოკირება ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებით, აპარატურის ცენტრალური განლაგებითა და სალიანდაგო შუქნიშნების არსებობით. სარელსო წრედები იზოლირებულია პირაპირების გარეშე (ТРЦ 3 და ТРЦ 4) ТРЦ 4-ის შემთხვევაში აპარატურის მიერთების წერტილი გააქვთ შუქნიშნიდან 20 მ-ის მანძილზე მოძრაობის მიმართულებით;

АВЦТ ან ЦАБ ტიპის ავტობლოკირება ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდებით აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგებითა და გასასვლელი შუქნიშნებით.

ТРЦ სარელსო წრედები იზოლირებული პირაპირების გარეშეა. აპარატურის მიერთების წერტილი შუქნიშნიდან მოძრაობის მიმართულებით 40 მ-ზეა.

ТРЦ 3 ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდების ძირითადი აპარატურის შემადგენლობაში შედის:

- სალიანდაგო გენერატორი ГП 3;
- სალიანდაგო ფილტრი ФПМ;
- სალიანდაგო მიმღები ПП;
- მათანაბრებელი ტრანსფორმატორი НТ 3.

გენერატორებს აქვთ შუქდიოდური ინდიკაცია. სალიანდაგო მიმღების ბლოკს აქვს 10 სახესხვაობა, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან სხვადასხვა გამტანი სიხშირისა და მოდულაციის სიხშირის მქონე სიგნალების მიღებით.

ТРЦ-ის ძირითადი აპარატურა:

- სალიანდაგო გენერატორი ГП 4;

- სალიანდაგო ფილტრი ФПЦ4Л;
- სალიანდაგი მიმღები ПРЦ4Л.

ტონალური სიხშირის დისკრეტულ გადამწოდებს აქვთ შემდეგი ღირსებები:

- ამალეზებულია დაცულობა წვევის დენის ჩახშობების ზემოქმედებისაგან;
- პრაქტიკულად მნიშვნელოვნად ამცირებს მოთხოვნილ სიმძლავრეს კოდურ ავტობლოკირებასთან შედარებით;
- საშუალებას იძლევა განხორციელდეს აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგება;
- გამორიცხავენ დისკრეტულ გადამწოდებს შორის ურთიერთზემოქმედებას;
- საშუალებას იძლევა სარელსო წრედებიდან გამოიროცხოს ექსპლუატაციაში ნაკლებად საიმედო იზოლირებული პირაპირები;
- ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდები გამოიყენება წვევის ნებისმიერი სახეობის დროს.

იზოლირებული პირაპირების არ არსებობისას უზრუნველყოფილია ელექტრული წვევის უკუდენის საიმედო გატარება, შემცირებულია დროსელ-ტრანსფორმატორების რიცხვი და ელ. ენერჯის დანაკარგები მატარებელთა წვევაზე. ტონალური დისკრეტული დისკრეტული გადამწოდები პასუხობენ ელ. მაგნიტური თავსდებადობის პირობებს, მუდმივი დენის როგორც ექსპლუატირებულ, ასევე პერსპექტივაში არსებულ ელექტრომოდრავი შემადგენლობისათვის, რითაც მარტივდება რკინიგზის უბნების გადაყვანა მუდმივი დენის წვევიდან ცვლადი დენის წვევაზე. დისკრეტული გადამწოდების ექსპლუატაციაში ჩართვის პროცესში მნიშვნელოვანი ყურადღება ექცევა მათი პირველადი რეგულირებისა და აწყობის პროცესებს. ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდის რეგულირებად ითვლება სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე საჭირო ძაბვის დაყენება (V_{nn}). რეგულირების დაწყებამდე აუცილებელია დავრწმუნდეთ გენერატორისა და მიმღების სიხშირეების თავსებადობაში და კვების ძაბვის დაყენების სისწორეში. რეგულირების ძირითად

ნორმატიულ სიდიდეებად ითვლება მიმღების შესასვლელში და გენერატორის გამოსასვლელში ძაბვები.

გაუმართაობის მოძებნის თავისებურებებად ითვლება, რომ მეზობელი დისკრეტული გადამწოდების კვება, როგორც წესი, ხორციელდება ერთი საერთო მკვებავი ბოლოდან, ხოლო მეზობელი ბლოკური გადამწოდების მიმღებები ირთვებიან მიმდევრობით ერთ საერთო სასიგნალო წყვილში, ეს კი უმრავლეს შემთხვევაში გვეხმარება დაზიანებაზე მიმღები მოწყობილობების რეაქციის მიხედვით გამოვავლინოთ დაზიანების ხასიათი და შესაძლო ადგილი.

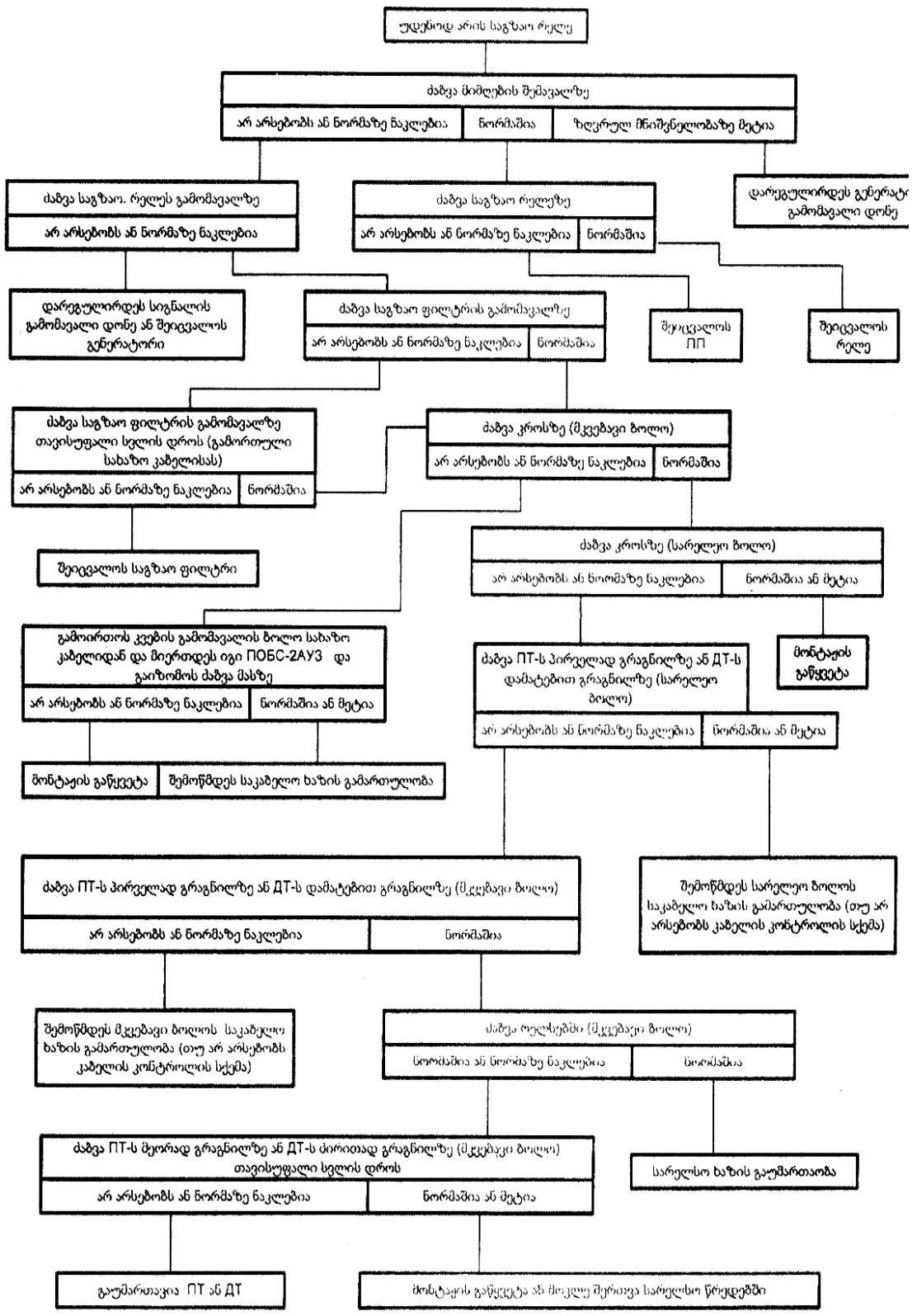
ტონალური ავტობლოკირების მოწყობილობებში მტყუნებები განისაზღვრება აპარატურის გაუმართაობით საკაბელო და სარელსო წრედებში, აგრეთვე ლოგიკური დამოკიდებულებების დარღვევით სქემებს შორის მატარებლის მიერ ბლოკ-უბნების დაკავებისა და გათავისუფლებისას.

სალიანდაგო მიმღების (III) შესაძლო გაუმართაობები და მისი აღმოფხვრის წესები მოყვანილია ნახაზზე 6.

უპირაპირო სარელსო წრედებს არა აქვთ შუნტირების მკვეთრად გამოხატული წერტილები და 420-780 ჰც დიაპაზონის სარელსო წრედებს აქვთ ბალასტის წინაღობის მდგომარეობის მიხედვით შუნტირების სხვადასხვა (ცვალებადი) წერტილები სარელსო წრედის სიგრძის 10%-ის ზღვრებში (დამატებით შუნტირების ზონა). დამატებით შუნტირების ზონის შემცირებისა და შუქნიშნის გადაკეტვის გამორიცხვის მიზნით მოძრავი მატარებლის წინ ყოველ სასიგნალო დანადგართან ეწყობა ორი მოკლე (300 მ-მდე სიგრძის) გამანაწილებელი (დამყოფი) მაღალსიხშირული სარელსო წრედი 4,5, 5 ან 5,5, კჰც-ის დიაპაზონითა და 8 ან 12 ჰც მოდულაციის სიხშირით, რომლებსაც აქვთ დამატებითი შუნტირების ზონა არაუმეტესი 15 მ. ამასთან გასასვლელი შუქნიშანი გადაიტანება 20 მ-ზე მატარებელთა მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

ТПЦ 3 ძირითადი აპარატურის შემადგენლობაში შედის:

- სალიანდაგო გენერატორი ГП 3;



ნახ. 6. სალიანდაგო მიმღების შესაძლო გაუმართაობები და მისი აღმოფხვრის წესები

- სალიანდაგო ფილტრი ΦΠΜ;
- სალიანდაგო მიმღები;
- სალიანდაგო გენერატორი ΓΠ 3;
- სალიანდაგო ფილტრი ΦΠΜ;
- სალიანდაგო მიმღები;
- გამაწონასწორებელი ტრანსფორმატორი ΥΤ 3.

სალიანდაგო გენერატორის ბლოკი არის სახესხვაობის: ΓΠ 3 8,9,11 და ΓΠ 3 11, 14, 15 ანალოგიური სახესხვაობა აქვს სალიანდაგო ფილტრის ბლოკებსაც (ΦΠΜ 8 ,9, 11 და ΦΠΜ 11, 14, 15). 8, 9, 11, 14, 15 ნომრები გენერატორების და ფილტრების აღნიშვნაში შეესაბამებიან გამტარ სიხშირეებს 420, 480, 580, 720, 780 ჰც. ამრიგად, გენერატორების პირველი სახეობის დანიშნულებაა იმ სიგნალების ფორმირება და გადაცემა, რომელთა გამტარი სიხშირეებია 420, 480, 580 ჰც. ხოლო მეორეს სიხშირეებია 580, 720 და 780 ჰც.

გენერატორებს აქვთ შუქდიოდისანი ინდიკაცია. ერთი შუქდიოდის თანაბარი ნათება მიუთითებს გასასვლელ კასკადზე კვების არსებობაზე. სხვა შუქდიოდის ციმციმა ნათება მიუთითებს მიმწოდებელი გენერატორისა და ΓΠ 3 გამაფრთხილებელი გამაძლიერებლის ბლიკის ნორმალურ მუშაობაზე.

სალიანდაგო მიმღების ბლოკს აქვს 10 სახესხვაობა რომლებშიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან სხვადასხვა გამტანი სიხშირითა და მოდულაციის სიხშირის სიგნალების მიღებით. მას შეიძლება ქონდეს შემდეგი აღნიშვნები: ΠΠ - 8/8. ΠΠ -8/12, ΠΠ- 9/8, ΠΠ-9/12, ΠΠ-11/8, ΠΠ-11/12, ΠΠ-14/12, ΠΠ-15/8, ΠΠ-15/12. მიმღების აღნიშვნაში პირველი რიცხვები მიუთითებენ მიღებული გამტანი სიხშირის ნომერს, ხოლო მეორე – მოდულაციის სიხშირეს (8 ან 12 ჰც).

მიმღებებს აქვთ შუქდიოდური ინდიკაცია. ერთ-ერთი დიოდის ანთებული მდგომარეობა მიუთითებს ელექტროკვების არსებობაზე, ორივე შუქდიოდის ციმციმა რეჟიმი შეესაბამება მუშა სიგნალის მიღებას. მიმღების დატვირთვას წარმოადგენს რელე ΑΗΙΙ2 – 1230 პარალელურად ჩართული

გრაგნილებით. ПП მიმღების კონსტრუქციის საფუძველს წარმოადგენს ДСШ რელეს შტეფსელი. აპარატურა გათვალისწინებულია როგორც საპოსტო (სასადგურო) პირობებში დასაყენებლად, ისე ავტობლოკირების კარადებში დასაყენებლად. ГП 3 გენერატორის და ФПМ ფილტრი წარმოადგენს კონსტრუქციას, რომელიც აწყობილია НШ რელეს ბაზზე. გარე ტემპერატურის მუშა დიაპაზონი ТРЦ 3 აპარატურისათვის არის შემდეგ ზღვარებში: -40°C -დან $+40^{\circ}\text{C}$ -მდე. УТ 3 მათანაბრებელი ტრანსფორმატორი იდგმება შედარებით მოკლე ტონალურ სარელსი წრედებში, როდესაც მეზობელი ტონალური სარელსო წრედების სიგრძე, რომლებიც იკვებებიან ერთი გენერატორიდან, ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან 20% და მეტით. ТРЦ 4 ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდის სარელსო წრედების ძირითადი აპარატურის შემადგელობაში შედიან:

- სალიანდაგო გენერატორი ГП 4;
- სალიანდაგო ფილტრი ФРЦ4Л;
- სალიანდაგო მიმღები ПРЦ4Л.

ГП 4 და ФРЦ4Л ბლოკებს აქვთ ერთი სახესხვაობა. თითოეული ბლოკი შიდა შეერთებების საშუალებით შეიძლება აეწყოს სამი გამტანი სიხშირიდან ერთი-ერთზე; 4,5; 5 და 5,5 კჰც.

სალიანდაგო მიმღებს ПРЦ4Л აქვს ექვსი სახესხვაობა, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან გამტანი სიხშირით და მიღებული მუშა სიგნალის მოდულაციის სიხშირით. მას შეიძლება ჰქონდეს შემდეგი აღნიშვნები: ПРЦ4Л-4/8; ПРЦ4Л-5/8; ПРЦ4Л-6/8; ПРЦ4Л-6/12. აღნიშვნაში პირველი ციფრი გვიჩვენებს გამტან სიხშირეს კჰც-ში, ხოლო მეორე – მოდულაციის სიხშირეს ჰც-ში.

ТРЦ4-ის აპარატურა გათვალისწინებულია, როგორც საპოსტო პირობებში დასაყენებლად, ისე ავტობლოკირების კარადებში დასაყენებლად. იგი შესრულებულია ტიპური კონსტრუქციის ბაზაზე. ГП-4 გენერატორი წარმოადგენს კონსტრუქციას, რომელიც აკრებილია НШ რელეს ბაზაზე. ПРЦ4Л ბლოკის კონსტრუქციის საფუძველს წარმოადგენს

ДСШ რელეს შტეფსელი (პლატა). ФПЦ4Л ფილტრი კონსტრუქციულად მოთავსებულია НМШ რელეს კორპუსში.

ТПЦ 3 გადამცემი აპარატურა შედგება:

- ПП 3 გენერატორისაგან;
- სალიანდაგო ფილტრისაგან.

ПП 3 გენერატორის დანიშნულებაა ТПЦ-ს მუშაობისათვის ამპლიტუდურ მოდულირებული სიგნალის ფორმირება და გაძლიერება.

ФПМ სალიანდაგო ფილტრი უზრუნველყოფს ПП 3 გენერატორიდან გამომავალი წრედების დაცვას სალოკომოტივო სიგნალიზაციის დენებისა და წევის დენის გავლენისაგან, აგრეთვე ატმოსფერული ჩახშობებისაგან. ФПМ ფილტრი სარელსო წრედების მუშაობის პირობების მიხედვით ფორმირებას უკეთებს მკვებავი ბოლოს უკუ შესასვლელ წინაღობას.

სალიანდაგო ფილტრი ემსახურება გენერატორის გასასვლელი წრედის გალვანურ გამოყოფას კაბელისაგან და მასზე საჭირო ძაბვების მიღებას გენერატორის შედარებით დაბალი გამოსავალი ძაბვების დროს.

გამოსასვლელი სალიანდაგო ფილტრის მიმდევრობით დაყენებულია СРЦ კონდენსატორი, რომელიც წარმოადგენს АЛС-ის გადამცემი მოწყობილობის შემათანხმებელ ელემენტს. ამპლიტუდურ-მოდულირებული სიგნალი მოხვდება საკაბელო ხაზში, ხოლო შემდეგ ПТ სალიანდაგო ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილზე. ПТ-ს მეორადი გრაგნილიდან ის მოხვდება სარელსო ხაზში, რომლის გავლის შემდეგ მივა სარელსო ბოლოს ПТ-ზე (მკვებავ ტრანსფორმატორზე).

მკვებავი და მიმღები ბოლოებისათვის აუცილებელი წინაღობის უზრუნველსაყოფად და წევის დენისაგან მათი დაცვის მიზნით მათზე შეიძლება დაყენებული იქნეს დამცავი რეზისტორები (R3) მკვებავი ПТ ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის მიმდევრობით. დისკრეტული გადამწოდის აპარატურის გადამაბვებისაგან დაცვის მიზნით მკვებავ და მიმღებ ბოლოებზე აყენებენ АВМ-2 ტიპის 15-იან გამომრთველებს და РКН-600 განმუხტველებს ან ВОЦН-220 (ან ВОЦН-380) ტიპის მათანაბრებლებს.

სიგნალი სარელსო ხაზიდან მოხვდება III სალიანდაგო მიმღებზე, რომელიც ემსახურება ამპლიტუდურ-მოდულირებულ (AM) სიგნალის მიღებას და II სალიანდაგო რელეს დენქვეშ დაყენებას ბლოკ-უბნის სითავისუფლის დროს. ტსწ-ის აპარატურის ელ. კვება ხორციელდება 50 ჰვ სიხშირის ცვლადი დენის ერთფაზიანი წყაროებიდან ПОВС-6МП ტრანსფორმატორიდან.

ფილტრის ძირითადი დანიშნულებაა ТПЦ4Л-ПЦ4 გენერატორის დაცვა ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის დენებისაგან 25-325 ჰვ დიაპაზონში, გარდა ამისა ფილტრი უზრუნველყოფს დისკრეტული გადამწოდების მუშაობის ძირითადი რეჟიმების პირობების დაცვას. მისი გამოსასვლელი წინაღობა გენერატორის შიგა წინაღობის გათვალისწინებით შეადგენს 120-160 ომს.

დაზიანებების მოძებნის სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ მეზობელი დისკრეტული გადამწოდების კვება, როგორც წესი, ხორციელდება ერთი მკვებავი ბოლოდან, ხოლო მიმღებები ირთვება მიმდევრობით ერთ საერთო სასიგნალო წყვილში. ეს კი უმრავლეს შემთხვევებში გვეხმარება დაზიანებაზე მიმღები მოწყობილობის რეაქციის მიხედვით გავიგოთ მისი ხასიათი და შესაძლო ადგილი.

მაგალითად, ბლოკ-უბნის ცრუ დაკავებისას:

– თუ საერთო მკვებავი ბოლოთი მეზობელი გადამწოდების სალიანდაგო რელეები უდენოდაა, მაშინ დაზიანება უნდა ვეძებოთ მკვებავი ბოლოს წრედში გენერატორიდან სარელსო ძაფებამდე.

– თუ სხვადასხვა მკვებავი ბოლოების მქონე მეზობელი დისკრეტული გადამწოდები მიმღებ ბოლოში ორივე სალიანდაგო რელე უდენოდაა დარჩენილი, მაშინ დაზიანება უნდა ვეძებოთ ამ გადამწოდების მიმღები ბოლოების წრედში სარელსო ძაფებიდან მიმღებების შესასვლელამდე. თუკი ძაბვა მიმღების შესასვლელში შეესაბამება სარეგულირებელი ცხრილის მონაცემებს, მაშინ საჭიროა გაისინჯოს კვების ძაბვის არსებობა 21-22 მომჭერებზე.

– თუ საერთო კვების მქონე მეზობელი გადამწოდებიდან ერთ-ერთის სალიანდაგო რელე არის უდენოდ, მაშინ საჭიროა გაისინჯოს მიმღების გამართულობა. მიმღები ითვლება დაზიანებულად, თუ სალიანდაგო რელეზე მუდმივი დენის ძაბვა ნორმატიულ ზღვარზე დაბალია. თუ მიმღები გამართულია (სალიანდაგო რელეზე ძაბვა არის 4,0-8,0 ვ-ის ფარგლებში), მაშინ დაზიანება აუცილებელია ვეძებოთ სარელსო ხაზში.

– თუ სალიანდაგო რელე უდენოდაა გადამწოდის მკვებავი ბოლოს იზოლირებულ პირაპირთან, მაშინ საჭიროა გაისინჯოს მიმღების გამართულობა. თუ ის გამართულია, მაშინ საჭიროა გაისინჯოს მკვებავი ბოლოს წრედი. მისი გამართულობის შემთხვევაში დაზიანება უნდა ვეძებოთ სარელსო ხაზში.

2.4. ტონალური სიხშირის სარელსო წრედების მომსახურების ტექნოლოგია და შემოწმების მეთოდები

ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდებისათვის გადასარბენებზე მოწმდება ძაბვების დასაშვები მნიშვნელობები სალიანდაგო გენერატორის გამოსასვლელზე. სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე, რელეს გრაგნილებზე და გადამწოდის KTLI-ზე.

U გენერატორის 31.0-37,0 ვ;

U მიმღების 16.0-19.0 ვ.

ყველა ეს მონაცემები აიღება ნორმალებიდან.

დროსელ ტრანსფორმატორის იზოლაციის წინაღობა არანაკლები 5 მ ომი.

ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილისა 25 მ ომი.

ALCH-ის დენი – 1,2 ა.

ელ. წევის დენი – 1,4 ა.

ჩასატარებელი შემოწმებები:

– გადასარბენებზე დროსელების შემაერთებლების შემოწმება – თვეში ერთხელ, სალიანდაგო ყუთებთან – კვარტალში ერთხელ;

- შუნტზე შემოწმება – 4 კვირაში ერთხელ;
- მიმღებისა და სალიანდაგო რელეს შესასვლელზე ძაბვის გაზომვა, დანარჩენი ძაბვისა – 1-ჯერ კვარტალში;
- ძაბვის გაზომვა გენერატორის გამოსასვლელზე და მკვებავ ბოლოში;
- გენერატორის მიმღები ბლოკის კვება და ALC-ის პულსაციის ძაბვა - 2-ჯერ წელიწადში;
- პოლარობის მონაცვლეობა – წელიწადში ერთხელ;
- მეზობელ გასასვლელ შუქნიშნებზე ორი წითელის არსებობა (მოწყობილობის ექსპლუატაციაში გაშვებისას).

ტონალური სიხშირიდ დისკრეტული გადამწოდების რეგულირების მეთოდიკა ექსპლუატაციაში ჩართვის წინ:

- მონტაჟის შესრულების სისწორის შემოწმება და სარეგულირებელი ელემენტების ფაქტიური პარამეტრების შესაბამისობა საპროექტო მოთხოვნებთან;

- ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდების მკვებავი ბოლოების ფილტრების აწყობა რეზონანსში;

- ძაბვის რეგულირება სალიანდაგო მიმღებების შესასვლელზე და ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდის მკვებავი ბოლოს გადასასვლელი ფილტრისა და გენერატორის შესასვლელზე.

- საკაბელო წრედების მონტაჟისა და ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდების მუშაობის რეჟიმების გამართულობის შემოწმება. აპარატურის შეცვლისას აუცილებელია გაკეთდეს რეგულირება.

ფილტრის რეგულირება ხდება მოწყობილობის ექსპლუატაციაში მიღების პროცესში. რეგულირების სისწორე მოწმდება აგრეთვე ძაბვის შედარებით ფილტრის ინდუქტურობასთან და ტევადობასთან.

სარელსო წრედების რეგულირება რეკომენდირებულია მოხდეს მშრალ გაყინულ ბალასტზე.

მიმღებზე ძაბვა დაყენებული უნდა იყოს 10%-ით ნაკლები მაქსიმალურთან შედარებით.

საკაბელო წრედების შემოწმება.

დისკრეტული გადამწოდის მიმღები და გადამწოდი წყვილები უნდა იყოს სხვადასხვა კაბელში, ეც-ს პოსტზე და ქურობებში:

- გაისინჯოს კაბელის იზოლაცია;
- შლეიფის წინაღობა უნდა იყოს არაუმეტესი 200 ომისა;
- შუნტური რეჟიმის შემოწმება შუნტის (0,06 ომი) დადებით თითოეული გადამწოდის ბოლოებზე და შუა ადგილზე.

დისკრეტული გადამწოდის მკვებავი და სარელეო ბოლოების ნებისმიერი ძარღვის გამორთვამ უნდა გამოიწვიოს სალიანდაგო რელეს უდენოდ დარჩენა.

ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებიანი ავტობლოკირების გადასარბენის ტექნიკური მომსახურეობა უნდა შეიცავდეს შემდეგ ძირითად საკითხებს:

- უბნის სარელსო წრედებში გამოყენებული აპარატურის ძირითადი მახასიათებლების აღწერა;
- ტონალურ სიხშირის დისკრეტულ გადამწოდებში გაზომვების წარმოების ტექნიკური მითითებები;
- ტონალური სიხშირის დისკრეტულ გადამწოდებში ცრუ დაკავების მიზეზების დადგენის რეკომენდაციები;
- ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდებში გაზომვები რეგისტრაციის ტექნიკური მითითებები;
- საკაბელო მაგისტრალზე მუშაობის ტექნიკური მითითებები;
- კონკრეტულ უბანზე ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდების რეგულირების მეთოდიკა;
- გაზომვების ცხრილი.

ტონალურ სიხშირის დისკრეტული გადამწოდებში გაზომვების წარმოების ტექნიკური მითითებები განკუთვნილია ამ სარელსო წრედების ექსპლუატაციაში გაშვების შემდგომ პერიდში მოწყობილობების გამართულად მუშაობის შენარჩუნებისათვის. მითითებული ნორმების შენარჩუნების შემთხვევაში მოწყობილობა ყოველთვის იქნება გამართულ მდომარეობაში.

ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდები აპარატურის პირველად რეგულირებას და აწყობას ექსპლუატაციაში ჩართვის პროცესში, აქვს განსაკუთრებული მნიშვნელობა თითოეულ კონკრეტულ უბანზე.

ამ მეთოდიკით სარელსო წრედების დარეგულირების შემდეგ ტონალური სიხშირის დისკრეტული გადამწოდების მუშაობის პირობები შეესაბამება მუშაობის ძირითადი რეჟიმების მოთხოვნებს: ნორმალურს, შუნტურსა და საკონტროლოს.

ძირითად ნორმატიულ სიდიდეს, რომელიც ექვემდებარება რეგულირებას, წარმოადენს მიმღების შესასვლელზე არსებული ძაბვა. ყველა სხვა სიდიდეების მნიშვნელობები წარმოადგენენ მიახლოებით მნიშვნელობებს, რომელთაც აქვთ დამხმარე დანიშნულება. ისინი საშუალებას გვაძლევენ შევაფასოთ სიგნალის გადაცემის მთლიანი ტრაქტის გამართულობა. გადამცემი მოწყობილობის, საკაბელო ხაზის, სარელსო ხაზის, მიმღების საკაბელო ხაზისა და სადგურზე მიმღების ჩათვლით. თუკი ნაჩვენები ურთიერთდამოკიდებულებები სრულდება, მაშინ გადაცემის ტრაქტი გამართულია და აუცილებელია აპარატურის გამართულობის შემოწმება. გადამცემი აპარატურის დაზიანება დიდ იშვიათობას წარმოადგენს.

ტონალურ სიხშირის დისკრეტული გადამწოდებში გაზომვების ჩატარების ტექნიკური მითითებები ასახავს გაზომვების პერიოდულობას:

– კვარტალში ერთხელ უნდა გაიზომოს ძაბვა თითოეული გადამწოდის სალიანდაგო მიმღების (V_{nn}) შესავლელ მომჭერებზე.

– წელიწადში ერთხელ უნდა ჩატარდეს რელეების, ტრანსფორმატორებისა და ბლოკების გარეგანი შემოწმება. ბლოკების ვიზუალური დათვალიერების დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს შემდეგი სახის უწყისივრობებს: კორპუსის მთლიანობის დარღვევა, ბლოკის საკეტების გაუმართაობა და დამღის მთლიანობის დარღვევა. ბლოკი, რომელსაც აქვს ზემოთ ნაჩვენები დარღვევებიდან თუნდაც ერთი, უნდა შეიცვალოს გამართული ბლოკით.

– კვარტალში ერთხელ სალიანდაგო რელეზე უნდა გაიზომოს მუდმივი დენის ძაბვა. ნორმალური, გამართული მიმღების შემთხვევაში, ძაბვა მის შესასვლელ მომჭერებზე უნდა იყოს 4,0-8,0 ვოლტის ფარგლებში, წინააღმდეგ შემთხვევაში მიმღები უნდა შეიცვალოს.

– წელიწადში ორჯერ უნდა გაიზომოს ბლოკების კვების ძაბვა.

გაზომვები უნდა ჩატარდეს ელ. გამზომი ხელსაწყოთი, რომლის სიზუსტის კლასი იქნება არა ნაკლები 2,5c და შიგა წინაღობა არა ნაკლები 1,3 კომ (II 4380). თუ ძაბვა მიმღების შესასვლელზე განსხვავდება ნომინალური მნიშვნელობისაგან, მაშინ უნდა გაიზომოს გენერატორის კვების ძაბვა. მისი ნომინალური მნიშვნელობებისაგან განსხვავების შემთხვევაში მიღებული უნდა იქნას ზომები გამომწვევი მიზეზების აღმოსაფხვრელად.

დარღვევების მოძებნის განსაკუთრებულობა გამოიხატება იმაში, რომ მეზობელი დისკრეტული გადამწოდების კვება, როგორც წესი, ხორციელდება ერთი საერთო მკვებავი ბოლოდან, ხოლო მათი მიმღებები ჩართულია მიმდევრობით ერთ საერთო სასიგნალო წყვილში. ეს კი უმეტეს შემთხვევაში ერთ საერთო სასიგნალო წყვილში. ეს კი უმეტეს შემთხვევაში გვადლევს საშუალებას ამა თუ იმ დაზიანებაზე მიმღები აპარატურის რეაქციის მიხედვით განვსაზღვროთ დაზიანების ადგილი და ხასიათი.

საკაბელო ქსელებში სამუშაოების შესრულების ტექნიკური მითითებები ეხება გაშვება-რეგულირების სამუშაოების შესრულების დროს საკაბელო ქსელების სწორად დამონტაჟებას და საკაბელო ქსელებში სხვადასხვა გადართვების სისწორის დაცვას, კაბელის სხვადასხვა წყვილების ძარღვების ერთმანეთში არევის გამოსარიცხავად.

ამრიგად, საქართველოს რკინიგზაზე ტონალური სიხშირის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებიანი ავტომატური ბლოკირების საგადასარბენო უბნებზე გამოყენება მნიშვნელოვნად აამაღლებს მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოებასა და საიმედოობას, გაზრდის გადასარბენების გამტარუნარიანობას, ამიტომ განხილული სისტემების დანერგვა მეტად პერსპექტიულია.

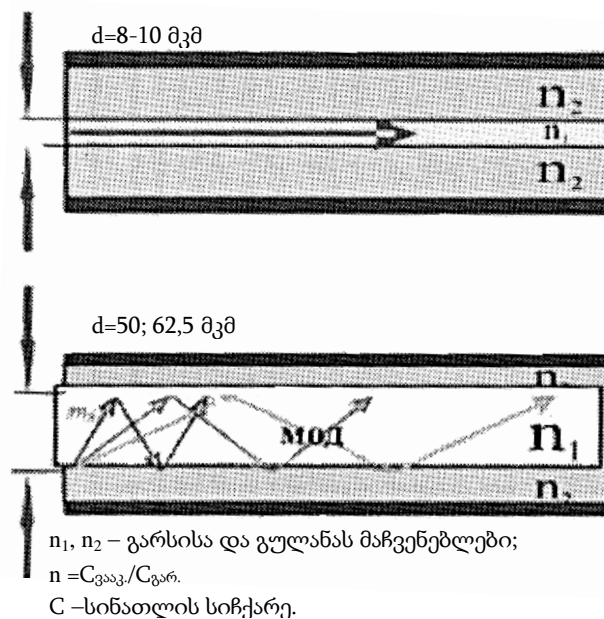
2.5. დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებში ოპტიკური ბოჭკოს გამოყენების შესაძლებლობები

ოპტიკური ბოჭკო წარმოადგენს ფიზიკური სიდიდეების ბრწყინვალე სენსორს, მათ შორის მექანიკური და ტემპერატურული, რომელიც ამავე დროს პრაქტიკულად უგრძობია ბუნებრივი და ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური ხელშეშლების მიმართ. უნდა აღინიშნოს, რომ ოპტიკური ბოჭკო საუკეთესოა გარემო სიგნალების გადასაცემად ასეულობით კილომეტრ მანძილზე.

ასობით კილომეტრზე სენსორული ხაზის აგება შესაძლებელია დამხმარე და მომსახურე ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების გარეშე.

სენსორული ხაზი ადვილად ინტეგრირდება იდეო დაკვირვების მოწყობილობებთან, რომლებიც გადასცემენ სიგნალს ოპტიკური ბოჭკოს გზით რეაგირების ცენტრში.

ნებისმიერი ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდი (სენსორი) ბოჭ – ეს არის მოწყობილობა, რომელიც შეიცავს ოპტიკურ ბოჭკოს და გარე ფიზიკური ველის გარდამქმნელს ოპტიკური გამოსხივების პარამეტრების ცვლილებებში (ამპლიტუდა, ფაზა, სიხშირე, პოლარიზაცია), რომელიც ვრცელდება ამ ოპტიკურ ბოჭკოში, მისი კონსტრუქცია ნაჩვენებია ნახ. 7.



ნახ. 7. ოპტიკური ბოჭკო

ოპტიკური ბოჭკო შეიცავს: სპეციალური ლაკით დაფარულ კვარცის გარსს და სინათლის გამტარ გულანას. ბოჭკოვანი ოპტიკის ფიზიკური პრინციპია – სინათლის მთლიანი შიდა არეკვლა ოპტიკურად მეტად მკვრივი გარემოდან (სინათლის გამტარ გულანადან), ოპტიკურად ნაკლებად მკვრივში. ოპტიკური სიმკვრივე ხასიათდება გარდატეხის მაჩვენებლით n , ვაკუუმში სინათლის სიჩქარესთან ოპტიკურ გულში.

თუ სინათლის გამტარი ღერძის დიამეტრი ათეულობით აჭარბებს სინათლის ტალღის სიგრძეს ვაკუუმში, მაშინ ასეთ ბოჭკოს ეწოდება მრავალ მოდიანი. გეომეტრიული ოპტიკის შეხედულებიდან შესაძლებელია გავრცელდეს სხვადასხვა გზა მრავალ რეჟიმიან ბოჭკოში. ყოველ რეალიზებულ გავრცელების ვარიანტს ეწოდება მოდა.

სინათლის ტალღის სიხშირის და სინათლის გამტარი ღერძის დიამეტრის დამოკიდებულებიდან გამომდინარე, მოდების რაოდენობა ოპტიკურ ბოჭკოში იცვლება ერთიდან რამოდენიმე ათასამდე.

ერთ მოდიანი სინათლის გამტარი ღერძის დიამეტრი უშვებს მხოლოდ ერთი მოდის გავრცელებას.

ერთერთი ძირითადი სინათლის მახასიათებლებიდან – კოჰერენტულობა, რომელიც დაკავშირებულია ინტერფერენციის ცნებასთან, როდესაც სინათლის ტალღის ცალკეულ ნაწილებს „ახსოვთ“, რომ ისინი არსებობენ ერთი სისტემის ატომებში.

„მახსოვრობა“ – ეს არის ცალკეული ატომური გამომსხიველების ფიქსირებული ფაზების ნაკრები. იმის და მიხედვით, როგორ სწრაფად წარმოებს ატომური გამომსხიველის ფაზის შეფერხება, განისაზღვრება ამ „მახსოვრობის“ ან კოჰერენტულობის დრო. სივრცეში კოჰერენტული ტალღების ზედდებისას წარმოიშვება ენერგიის გადანაწილება, ანუ ინტენსიურობისა – ეწოდება ინტერფერენცია.

ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდი შეიცავს სპეციალურ გარდამქმნელს, რომელიც მოთავსებულია ოპტიკური ბოჭკოს ტორსზე ან ორი ოპტიკური ბოჭკოს განაყოფზე ან სპეციალურად მომზადებულ განსაზღვრულ ადგილზე.

გარე მოქმედების გარდამქმნელები შეიძლება იყოს სხვადასხვა კონსტრუქციის და სხვადასხვა პრინციპზე მოქმედების მოწყობილობები, რომლებიც ცვლიან სინათლის ტალღის პარამეტრებს.

წერტილოვანი **ბოგ** ტიპების განსაზღვრა ხდება, როგორც წესი, გარე მოქმედების ტიპის მიხედვით: ბოჭკოვან-ოპტიკური აქსელერომეტრები, გადაადგილების გადამწოდები, წნევის გადამწოდები, ვიბრაციული გადამწოდები, ტემპერატურული გადამწოდები, **ბოგ** ელექტრული ძაბვის დენის, გაზის და ქიმიური ნივთიერებების გადამწოდები, ბოჭკოვან-ოპტიკური გიროსკოპები და სხვა.

ტემპერატურის, წნევის, ვიბრაციის და მექანიკური დეფორმაციის **ბოგ**-ის ერთერთი ახალი და უფრო პერსპექტიულ ვარიანტს წარმოადგენს ბოჭკოვანი ბრევის გისოსები. ბოჭკოვანი გისოსი წარმოადგენს ბოჭკოს ნაჭერს, რომლის სტრუქტურაში ვიწროზოლიან არეკვლას, რომლის სპექტრალური მდგომარეობა დამოკიდებულია გარე ზემოქმედებებზე.

განაწილებულ **ბოგ**-ში მთლიან სიგრძეზე ოპტიკური ბოჭკო თვითონ წარმოადგენს გარე მოქმედებების გარდამქმნელს გავრცელებული გამოსხივების პარამეტრებისა. ეს ნიშნავს, რომ შესაძლებელია შეიქმნას ოპტიკური სენსორული ხაზები სიგრძით ათობით და ასობით კილომეტრ მანძილზე.

სადღეისოდ, უმრავლესობა განაწილებული ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდებისა დაფუძნებულია ინტერფერენციულ მოვლენებზე.

თუ გავრცელებული მრავალმოდულიან ოპტიკურ ბოჭკოში ლაზერის მოდი, მომუშავე გამოსხივების უწყვეტ რეჟიმში, კოჰერენტულია, მაშინ ასეთი ბოჭკოს სინათლის გამოსასვლელზე განიხილება ინტერფერენციული სურათი. უფრო მეტიც, ოპტიკური ბოჭკოს უმნიშვნელო გაღუნვა, გამოწვეულია გარე მექანიკური ზემოქმედებით, ცვლის გავრცელებული მოდის ფაზის – იცვლება ინტერფერენციული სურათი – წარმოებს სინათლის ინტენსივობის მოდულაცია.

განვიხილოთ განაწილებული **ბოგ** ორსხივიანი ინტერფერომეტრის საფუძველზე. მოდთაშორისო ინტერფერომეტრისაგან განსხვავებით,

სადაც წარმოებს ინტერფერენცია მრავალ მოდას შორის, **ბოგ**-ის ეს ტიპები იყენებენ ორ ერთმოდინ ბოჭკოს. გამოსხივების რეჟიმი ასევე უწყვეტია. გარე მექანიკური მოქმედებები სხვადასხვანაირად ცვლიან სინათლის ტალღების ფაზებს ამ ბოჭკოებში, შედეგად ბოჭკოს ტორსზე რეგისტრირდება ინტერფერენციული ცვლილების სურათი.

ბოგ-ის ამ ტიპების აღმოჩენის პერიმეტრულ სისტემებს აქვთ სახაზო ნაწილი 60 კმ-მდე სიგრძით, რომლებიც შეიცავენ მხოლოდ პასიურ ბოჭკოვან-ოპტიკურ კაბელს და ელემენტებს. ეს მონიტორინგის სისტემები იწოდებიან, როგორც გამანაწილებელი მრავალკაბელიანი ოპტიკური სენსორული სისტემები.

განაწილებული ტემპერატურის **ბოგ**-ებში გამოიყენება ლაზერის გამოსხივების იმპულსური რეჟიმი. საკმაოდ მძლავრი სინათლის იმპულსი ვრცელდება ბოჭკოში რეზულტატში ასხივებს რამანოვსკის გაბნევას უკუ მიმართულებით. სინათლის უკუ მიმართულებით გაბნეული სპექტრალური კომპონენტების ინტენსიურობის ანალიზი შესაძლებლობას იძლევა განხორციელდეს ტემპერატურის გაზომვისა კორდინირებულად მიზნულად ოპტიკურ კაბელთან.

განაწილებული ტემპერატურის **ბოგ** შეიძლება აიგოს კოჰერენტული რეფლექტომეტრის საფუძველზე.

გადამწოდების ამ ტიპებში ასევე გამოიყენება ლაზერის გამოსხივების იმპულსური რეჟიმი. საკმაოდ მძლავრი და მაღალი ხარისხის კოჰერენტულობის სინათლის იმპულსი ვრცელდება ბოჭკოში, რეზულტატში ასხივებს რელევსკის სინათლის გაბნევას უკუ მიმართულებით. უკუ მიმართულებით გაბნეული სინათლის ინტერფერენცია შესაძლებლობას იძლევა ოპტიკურ გადამწოდზე აღმოვაჩინოთ არა მარტო გარე ზემოქმედების ფაქტი, არამედ განისაზღვროს ამ ზემოქმედების კოორდინატები რამოდენიმე მეტრის სიზუსტით.

ასეთი გადამწოდების საფუძველზე განაწილებულ ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემას შეუძლია იქონიოს სახაზო ნაწილი სიგრძით 50-70 კმ-მდე და შედგებოდეს მხოლოდ ერთი ოპტიკური კაბელისაგან, რომელიც

წარმოადგენს ზემოქმედების სენსორს და ერთდროულად კავშირგაბმულობის ხაზს.

დისკრეტული მოქმედების გადამწოდი სადღეისოდ წარმოადგენს თანამედროვე სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის ერთ-ერთ ძირითად ნაწილს. მისი საშუალებით წარმოებს მხოლოდ ბლოკ-უბნების თავისუფლების კონტროლი, შემადგენლობის მიერ ბლოკ-უბნის დაკავების კონტროლი, ინფორმაციის ავტომატური მიწოდება, როგორც წინამდებარე ბლოკ-უბნებზე, ასევე ცენტრალურ პოსტზე და ლოკომოტივზე. იგი ინფორმაციის ფორმირებას ახდენს ისეთი უმარტივესი ფაქტის დაფიქსირების გზით, როგორცაა ლიანდაგებში სასიგნალო დენის არსებობა-არარსებობა. ეს განაპირობებს მის ფუნქციონალურ შეზღუდულობას. კერძოდ, იგი აფიქსირებს ბლოკ-უბნის დაკავებას, მაგრამ ვერ იძლევა ინფორმაციას დაკავების ადგილის შესახებ. ასევე, აფიქსირებს ბლოკ-უბნის მთლიანობის დარღვევის ფაქტს, მაგრამ ვერ აზუსტებს ამ დარღვევის მიზეზს (რელსია გატეხილი თუ საპირაპირე შემაერთებელია გაწყვეტილი და ა.შ.). თუმცა სარელსო წრედის მიერ ამ შეზღუდული ფუნქციების რეალიზაციაც ტექნიკურად საკმაოდ რთული და ძვირადღირებულია. მათი საიმედოობაც დიდი არ არის და ხასიათდება ისეთი მნიშვნელოვანი ნაკლოვანებებით, როგორებიცაა არასაიმედოობა და არასტაბილურობა ბალასტის დაბალი წინაღობის გამო, დროსელ-ტრანსფორმატორებისა და სხვა საველე აპარატურის ჩართვის აუცილებლობის გამო უკუ წევის დენის კანალიზაციისა და სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მოწყობისათვის, წევის დენის საშიში ზემოქმედების წარმოშობის გამო, მოწყობილობათა სისტემის ინფორმატულობის შეზღუდვის გამო და სხვა.

თანამედროვე ციფრული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების და კომპიუტერული ტექნიკის განვითარება სარელსო წრედების ცალკეული კვანძების ტექნიკური გაუმჯობესების, მუშაობის უნარის ამაღლების, სიზუსტისა და მოქმედების შესამოწმებლად აღარ იქნება საჭირო ძვირადღირებული სტაციონალური სისტემების მოწყობა-ამენება, მათი დიდ მანძილზე გადაადგილება, შესაბამისად, შემცირდება დროითი

მოცდენები და გოგორწყვილის ცვეთის და დაზიანების გამოვლენის ხარჯები, რაც მნიშვნელოვან ეკონომიურ ეფექტს იძლევა.

ჩატარდა წინასწარი ეკონომიკური ანალიზი:

ცხრილი 2

სავარაუდო გამოთავისუფლებული ხარჯები ერთი გადასარბენისათვის (საშუალოდ ოთხი ბლოკ-უბანი, მომსახურების გარეშე)

№	კოდი	საქონლის დასახელება	ზომის ერთეული	ერთეულის ღირებულება ლარი	რაოდენობა	სავარაუდო ღირებულება
1	2	3	4	5	6	7
1	01 10 009 028	დროსელ-ტრანსფორმატორი, ДТ-0.2-1000, 5=40 ЮКЛЯ.672.113.007 ТУ ЮКЛЯ.672.113.007	ც	1350	4	5400
2	01 10 009 029	დროსელ-ტრანსფორმატორი, ДТ-0.6-1000, 5=38 ЮКЛЯ.672.113.008 ТУ ЮКЛЯ.672.113.008	ც	1500	4	6000
26	07 02 077 059	კაბელი სასიგნალო, ჰიდროფობით СВЗПу 33×0.9 ГОСТ Р 51312-99	კმ	6600	8	52800
66	01 04 014 003	ზღუდარი დროსელ-ტრანსფორმატორის ორ-გამტარიანი, ბიმეტალის (ფოლადი+სპილენძი) ДМС- 70×2-3600, 17360-02-00-03 ТУЦШ 2052-97=ც.	ც	150	10	1500
2	01 10 027 104	ტრანსფორმატორები სალიანდაგო ხანძარ-უსაფრთხო, ПОВС-ЗМПС (22324-00-00-01) ТУ 32-ЦШ 162.18-2004	№ №	190	4	760
72	01 08 012 261	რელე ტრანსმიტერული, ТШ-2000В2М; 573.46.77	ც	400	4	1600
73	01 08 012 332	ტრანსმიტერი კოდური სალიანდაგო КПТШ-515	ც	650	4	2600
76	01 08 012 336	ტრანსმიტერი ქანქარა, МТ-2М; 22199-00-00	ც	200	4	800
82	01 04 086 008	ბლოკი კონდენსატორული, БК-ДА	ც	180	4	720
83	01 04 086 009	ბლოკი მრიცხველების, БС-ДА	ც	400	4	1600
84	01 04 086 010	ბლოკი გამორიცხვის, БИ-ДА	ც	200	3	600
86	01 04 086 012	ბლოკი კონდენსატორული, КБ-4×1 ТУ 32 ЦШ 2033-2001 14703-00-00	ც	160	4	640
87	01 04 086 013	ბლოკი კონდენსატორული, КБ-4×4 ТУ 32 ЦШ 2033-2001 14704-00-00	ც	280	4	1120
8	01 10 027 126	ტრანსფორმატორი სალიანდაგო სარელეო, ჰერმეტიზირებული, ПРТ-Г (110/220) ТУ 32 ЦГ 2035-95 17272-00-00-01	65	220	4	880
სულ						77020 ლარი

ასეთი გადასარბენი მარტო საქართველოს რკინიგზაზე არის 30-მდე (30·73020=2190600 ლ), ხოლო პერსპექტივაში კიდევ 40 ასეთი უბანია.

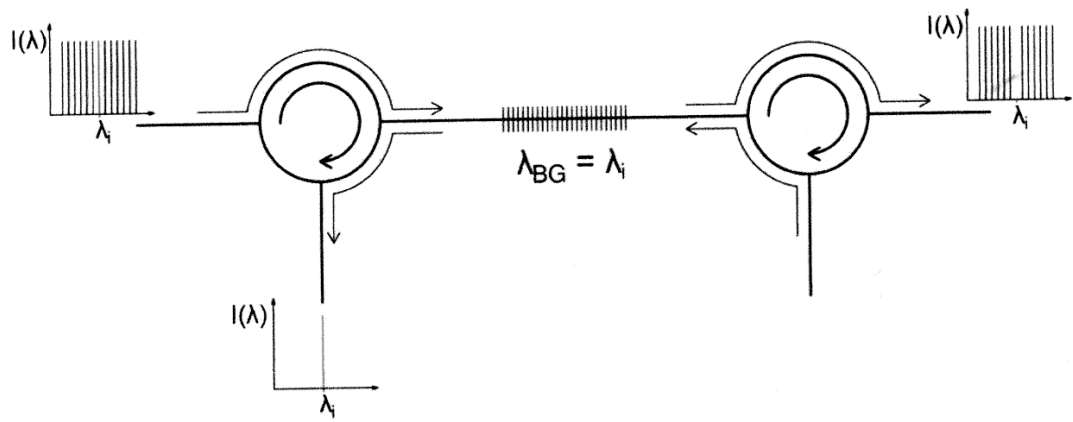
არსებული პრობლემების გადაჭრა წარმოადგენს თანამედროვე ტექნოლოგიების რალურ ასპექტებს, სადაც ნათლად არის გამოხატული ჩასატარებელი სამუშაოების დადებითი მხარეები არსებულთან შედარებით.

2.6. ბრეგის ცხაურების გამოყენება სარკინიგზო ავტომატიკასა და ტელეკომუნიკაციაში

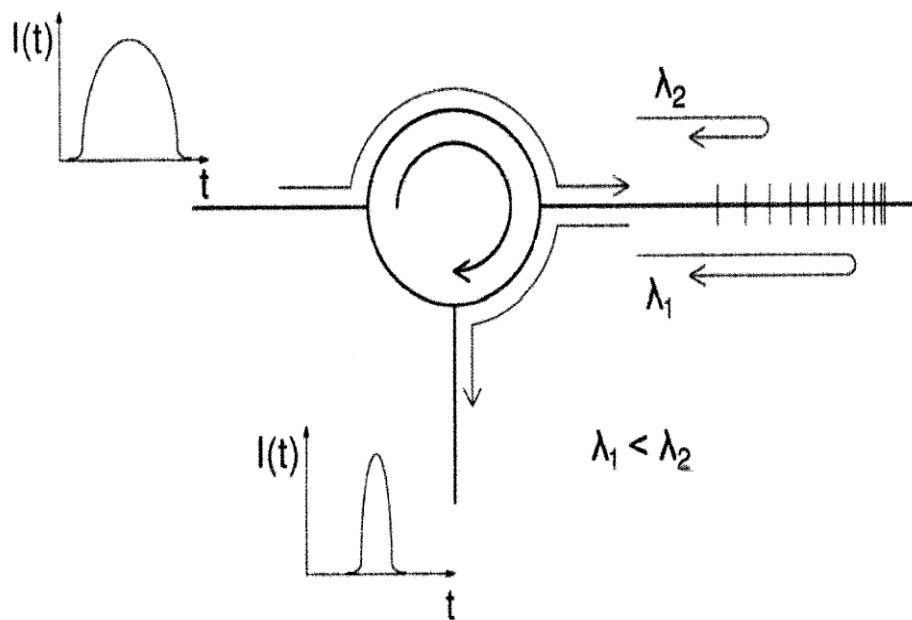
ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარის გაზრდის აუცილებლობამ, რაც განპირობებულია ტელეკომუნიკაციის საშუალებათა განვითარებით, ინფორმაციული ნაკადების გაზრდით, გლობალური საინფორმაციო სისტემებისა და მონაცემების ბაზის, აგრეთვე მომხმარებელთა რიცხვის გაფართოებით, მიგვიყვანა კავშირგაბმულობის ოპტიკურ-ბოჭკოვან ხაზებში გამოვიყენოთ ოპტიკური არხების სპექტრალური მულტიპლექსირება. ამჟამად უკვე დამუშავებულია შესაბამისი სტანდარტები კავშირგაბმულობის ხაზებისათვის, სადაც ერთი არხით გადაცემული ინფორმაციის სიჩქარე 20 გბიტ/წმ-ია, მაშინ როდესაც მათი საერთო რიცხვი 200-ს აღწევს. ასეთი ხაზის ინფორმაციის გადაცემის საერთო სიჩქარე 8 გბიტ/წმ-ს შეადგენს, რაც ძალიან დიდი სიდიდეა. ცხადია, რომ ასეთი თვალსაჩინო პროგრესი დაფუძნებულია ბოჭკოვანი ოპტიკის სისტემებისა და მათი საელემენტო ბაზის მუდმივ სრულყოფაზე. კერძოდ, ათვისებულია ინფორმაციის გადაცემისა და მიღების ჩქაროსნული სისტემები, გაფართოებულია შუქური დიოდების გატარების ზოლი და ოპტიკური მაძლიერებლების მუშაობის სპექტრალური დიაპაზონები.

კავშირგაბმულობის ასეთი ხაზების წარმატებული მუშაობისათვის საჭიროა ცალკეული სპექტრალური არხების შემყვან/გამომყვანი მოწყობილობები, რომლებიც შეიძლება აიგოს ბრეგის ცხაურებზე. ოპტიკური არხის სელექტორის (λ_N სიგრძით) ერთ-ერთი ასეთი სქემა, რომელიც აგებულია არეკვლის მაღალი კოეფიციენტის მქონე ბრეგის

გისოსის საფუძველზე და ორ ოპტიკურ ცირკულატორზე, მოყვანილია ნახ. 8-ზე.



ნახ. 8. ოპტიკური არხის სელექტორის სქემა



ნახ. 9. ცვლადპერიოდიანი ბრეგის ცხაურზე აგებული დისპერსიის კომპენსატორის ოპტიკური სქემა

ამ სქემის მნიშვნელოვანი ნაკლია ის გარემოება, რომ ინფორმაციის გადაცემის მანძილი შეზღუდულია, როგორც მიღევით, ისე დისპერსიითაც. იმისათვის, რომ გავზარდოთ ეს მანძილი აუცილებელია ბოჭკოვანი შუქსატარების დისპერსიის კომპენსირება. ეს შეიძლება მოვახერხოთ ცვლად პერიოდული ბოჭკოვანი ბრეგის ცხაურების საშუალებით, რომლის სქემა მოყვანილია ნახ. 9-ზე. ასეთ ცხაურს შეუძლია შემოიტანოს გარკვეული დროითი პაუზა იმპულსის სპექტრალურ კომპონენტებს შორის და აღადგინოს მისი საწყისი ფორმა. დღეისათვის უკვე არსებობს ცხაურები, რომელთა სიგრძე 1 მეტრზე მეტია.

ბოჭკოვანის ბრეგის ცხაურის ტალღის რეზონანსული სიგრძე დამოკიდებულია შუქსატარების გულის გარდატეხის მაჩვენებლის ეფექტურობასა და მოდულაციის პერიოდზე. არეკვლის ტალღის ცენტრალური სიგრძე განისაზღვრება ბრეგის პირობებით

$$\lambda_{\delta} = 2n_{eff} \Lambda, \quad (1)$$

სადაც λ_{δ} არის ბრეგის რეზონანსის ტალღის სიგრძე;

n_{eff} – ბოჭკოს გულის გარდატეხის მაჩვენებლის ეფექტურობა
ტალღის ცენტრალური სიგრძისათვის;

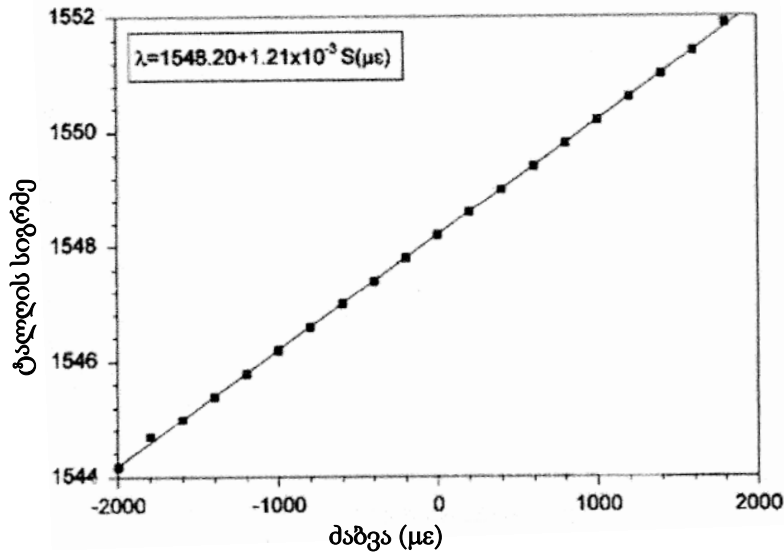
Λ – ბრეგის ცხაურის პერიოდი.

(1) გამოსახულების გამოყენებით დეფორმაციისა და ტემპერატურის ზემოქმედებით არეკვლის ტალღის ცენტრალური სიგრძის ცვალეზადობა შეიძლება ასე ჩაიწეროს:

$$\Delta\lambda_{\delta} = 2\left(\Lambda \frac{\partial n}{\partial \ell} + n \frac{\partial \Lambda}{\partial \ell}\right)\Delta\ell + 2\left(\Lambda \frac{\partial n}{\partial T} + n \frac{\partial \Lambda}{\partial T}\right)\Delta T. \quad (2)$$

ამ გამოსახულებაში პირველი შესაკრები გვიჩვენებს ბოჭკოზე დეფორმაციის ზემოქმედებას დეფორმაციისაგან (კუმშვა/გაშლა) არეკვლის ტალღის სიგრძის წანაცვლების შედეგები მოყვანილია ნახაზზე 10.

(2) გამოსახულების მეორე შესაკრები გვიჩვენებს ტემპერატურის ზემოქმედებას ბრეგის ცხაურზე.



ნახ. 10. ტალლის სიგრძის დამოკიდებულება დეფორმაციაზე

2.7. ინტერფერომეტრული გადამწოდების დამუშავება ბრეგის ბოჭკოვანი ამრეკლების გამოყენებით

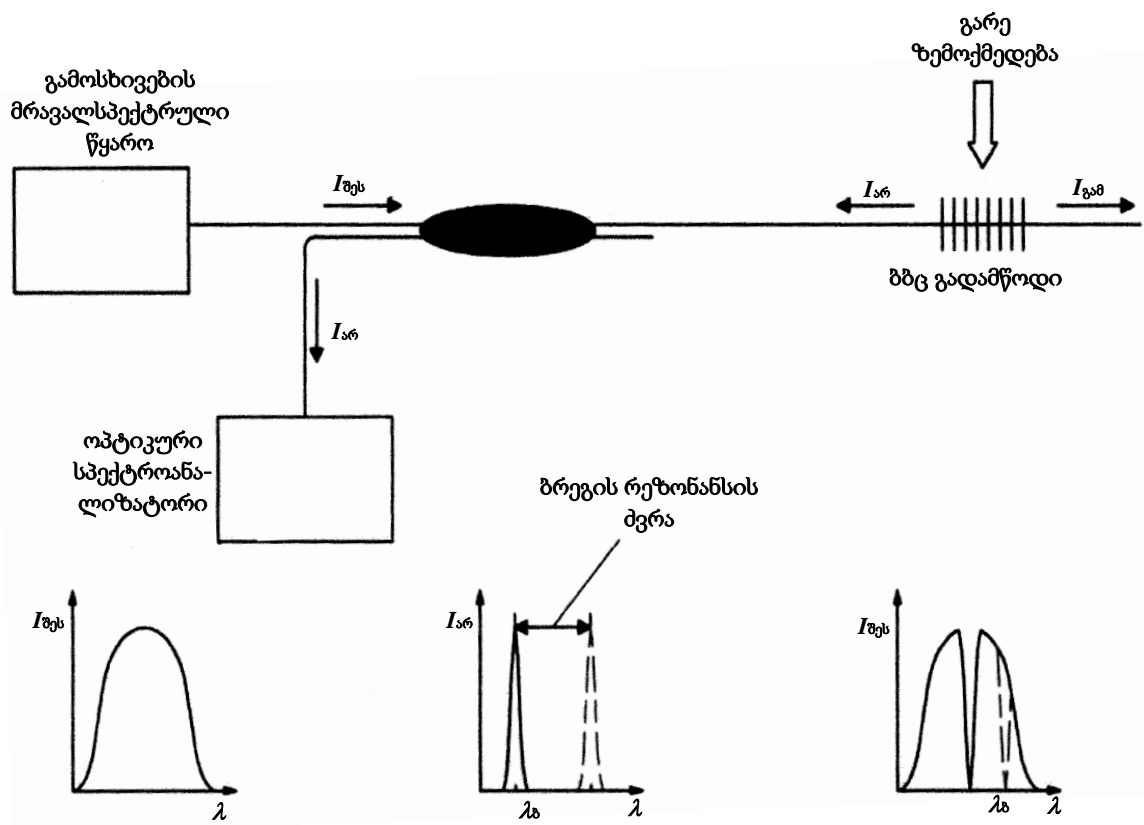
არსებობს ბრეგის ცხაურებზე სენსორული სისტემების აგების უამრავი სხვადასხვა ხერხი. ერთ-ერთი უმარტივესი გადამწოდი წარმოადგენს წერტილოვან გადამწოდს, რომელიც ოპტიკური განმამტოებლის გავლით შეერთებულია შუქური სიგნალის წყაროსთან და ანალიზატორის ბლოკთან. სიგნალი წყაროდან აირეკლება მგრძნობიარე ელემენტით. არეკვლის ტალლის სიგრძე ფიქსირდება ანალიზატორის ბლოკით. ანალიზატორი წარმოადგენს ვიწროზოლიან სპექტრომეტრს. ჩვენს შემთხვევაში გამოვიყენეთ ფაბრი-პეროს ინტერფერომეტრზე აგებული ანალიზატორი.

ავტორთა მიერ ჯგუფის 1 შემოთავაზებული ახალი ტიპის სარელსო წრედის ბლოკ-სქემაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ელემენტია ინფორმაციის დამამუშავებელი და ინდიკაციის ბლოკი 12, რომელშიც ფაბრი-პეროს ინტერფერომეტრული მეთოდის საფუძველზე წინასწარ შედგენილი ალგორითმით განისაზღვრება შესაბამისი ინფორმაცია.

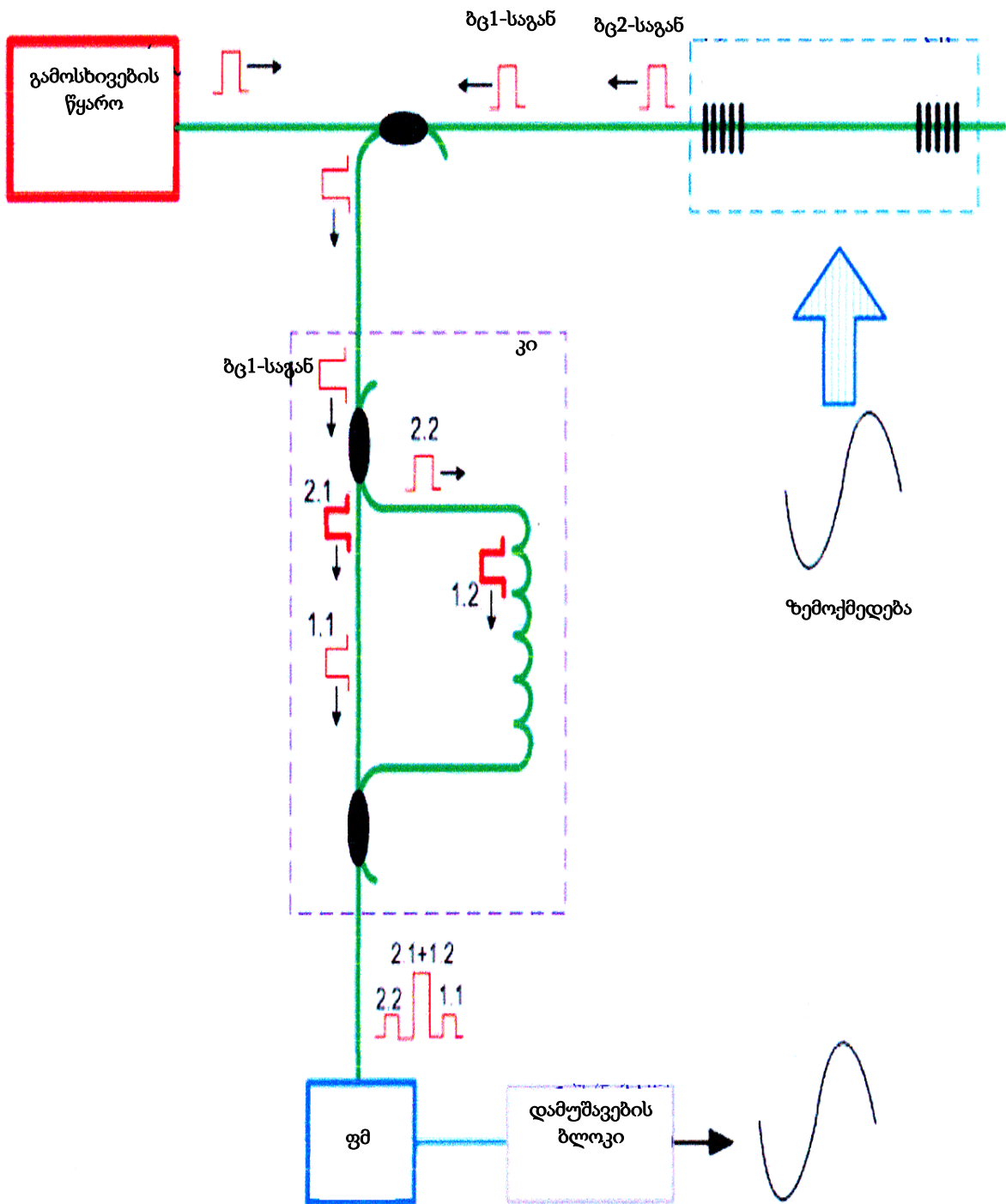
ფაზური ინტერფერომეტრულ გადამწოდების საფუძველზე აგებული განაწილებული ბოჭკოვან-ოპტიკური გამზომი კომპლექსის მოქმედების

პრინციპი ერთი ფაზური ინტერფერომეტრული გადამწოდის შემთხვევაში მოცემულია ნახაზზე 12. გადამწოდის ბც1 და ბც2 ცხაურები აირეკლავენ იმპულსური ლაზერიდან მოსულ იმპულსს ბრეგის ტალღის ერთი და იგივე სიგრძეზე. ამასთან არეკლილ იმპულსებს შორის დროითი დაყოვნება ცხაურებს შორის ჩართულ გადამწოდის მგრძობიარე ელემენტში შუქის გავრცელების ორმაგი დროის ტოლია. არეკლილი იმპულსები მიდის მაკომპენსირებელ ინტერფერომეტრზე (კი), რომელიც კიდევ ერთხელ გაყოფს მათ ორ ნაწილად.

გადამწოდის მგრძობიარე ელემენტის დეფორმაციის დროში ცვლილება გარე ზემოქმედების გამო იწვევს ინტერფერირებული იმპულსების ფაზათა სხვაობას, რაც ფოტომიმღებით გარდაიქმნება დენის ცვალებადობაში.



ნახ. 11. ბრეგის ცხაურების ბოჭკოვან-ოპტიკური უმარტივესი გადამწოდის სქემა



ნახ. 12. ვიბროაკუსტიკური მონიტორინგის ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის მოქმედების პრინციპი

ერთ ბოჭკოში გადამწოდების მასივის შექმნისათვის გამოიყენება დროითი და სპექტრალური შემჭიდროება. ბრეგის ბოჭკოვანი ცხაურების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს ერთ კაბელში გავაერთიანოთ სენსორების დიდი რაოდენობა, მაგრამ ამ შემთხვევაში ჩნდება ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის ყველა გადამწოდისათვის სიგნალების ფოტოდეტექტირების მაქსიმალური მგრძობიარობის მიღწევის პრობლემა, რაც განპირობებულია ყველა გადამწოდზე გარე ზემოქმედებების (წნევა და ტემპერატურა) განსხვავებით, აგრეთვე მაკომპენსირებელი ინტერფერომეტრებისა და გადამწოდების არაზუსტი დამზადებით.

ფოტომიმლების გამოსავალზე დენის სიდიდე განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$I(t) = A + B \cos[D \cos(\omega t) + \psi(t)], \quad (3)$$

სადაც A და B ფმ-ის შესასვლელზე სინათლის ინტენსივობის პროპორციული მუდმივებია;

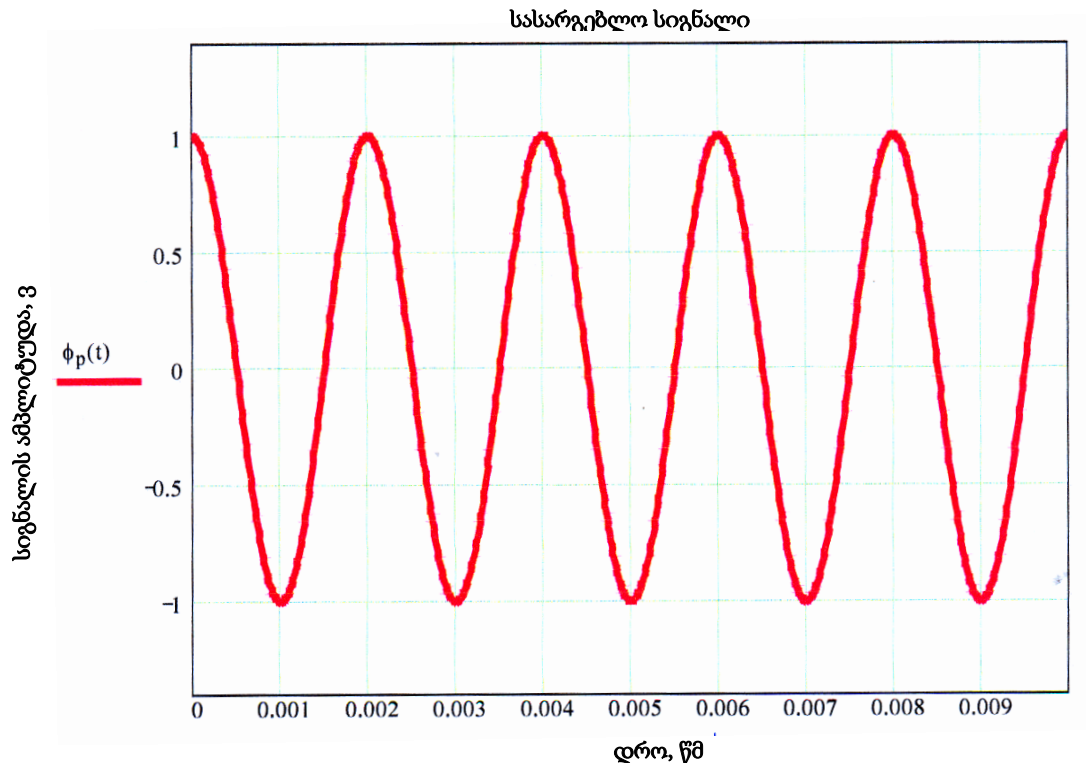
$D \cos(\omega t)$ – სასარგებლო სიგნალი;

$\psi(t)$ – ხელშემშლელი მდგენელი.

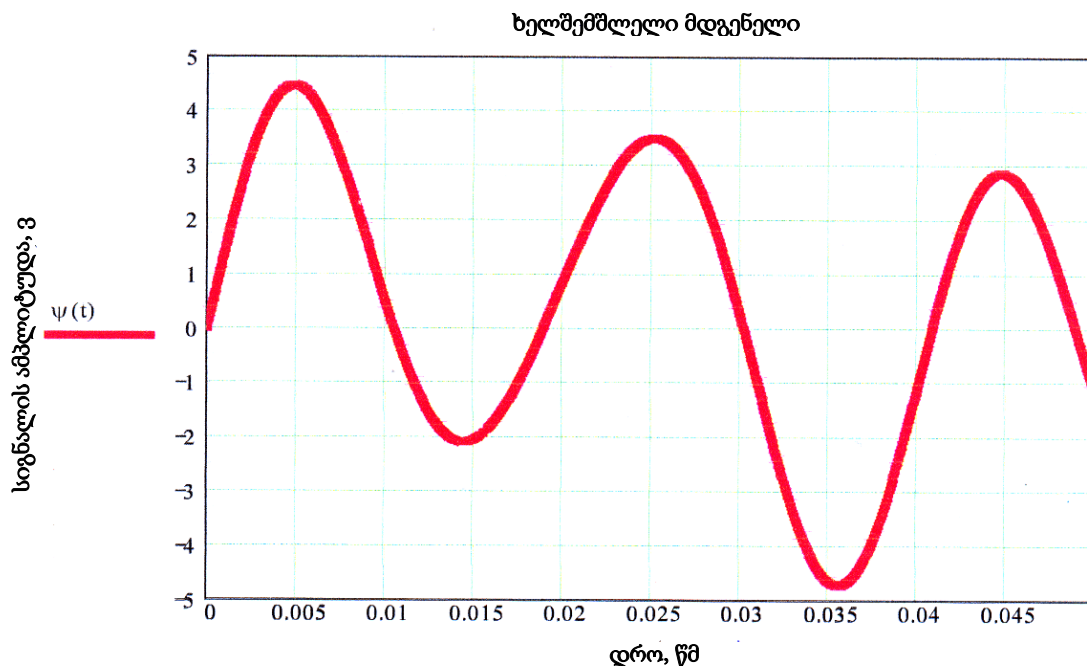
მაგალითად, თუ სასარგებლო სიგნალს აქვს ნახ. 13-ზე მოყვანილი სახე, ხოლო ხელშემშლელ მდგენელს ნახ. 14-ზე, მაშინ ფოტომიმლების გამოსავალზე დენი მიიღებს ნახ. 15-ზე მოცემულ ფორმაც.

როგორც გამოსახულებიდან ჩანს სიგნალის ფორმა საკმარისად დამახინჯებულია, ამიტომ მისი გამოყენება რკინიგზისათვის ისეთ საპასუხისმგებლო გადამწოდში, როგორცაა სარელსო წრედი პრაქტიკულად შეუძლებელია. ჩატარებულმა თეორიულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ გამოსავალი სიგნალის სპექტრში ხელშემშლა წარმოდგენილია შესაკრების სახით და შეიძლება მისი ფილტრაცია.

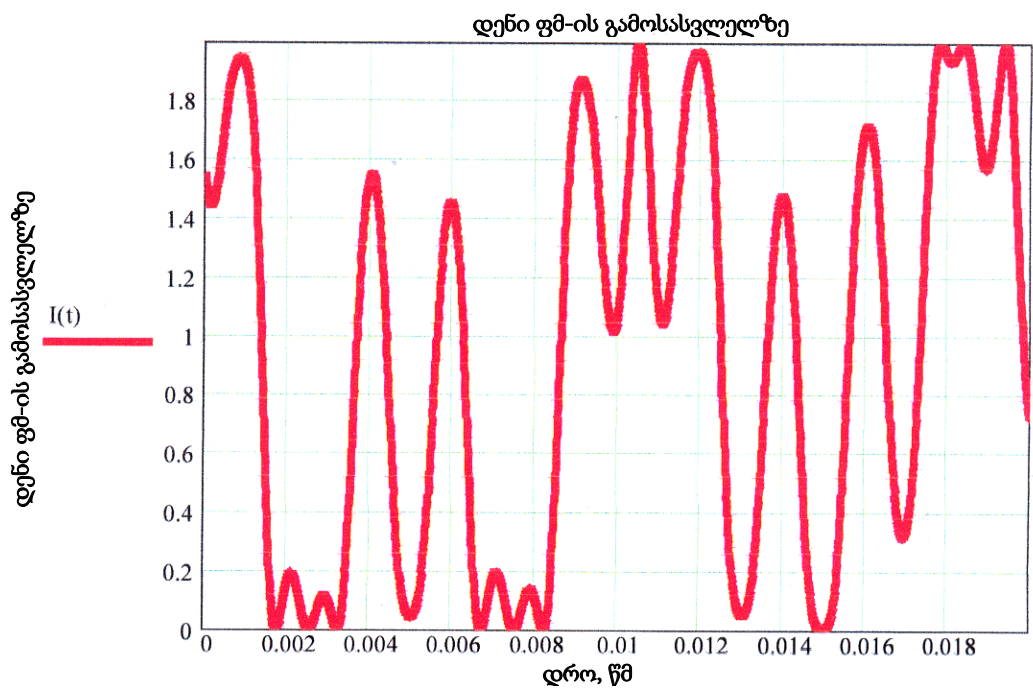
500 ჰც სიხშირის გაუფილტრავ სასარგებლო სიგნალს აქვს ნახ. 14-ზე მოყვანილი ფორმა. როგორც ნახ. 15-დან ჩანს იგი შედგება ხელშემშლელი მდგენელისაგან. ფილტრაციის შემდეგ გამოსავალი სიგნალი მიიღებს ნახ. 15-ზე მოცემულ ფორმას.



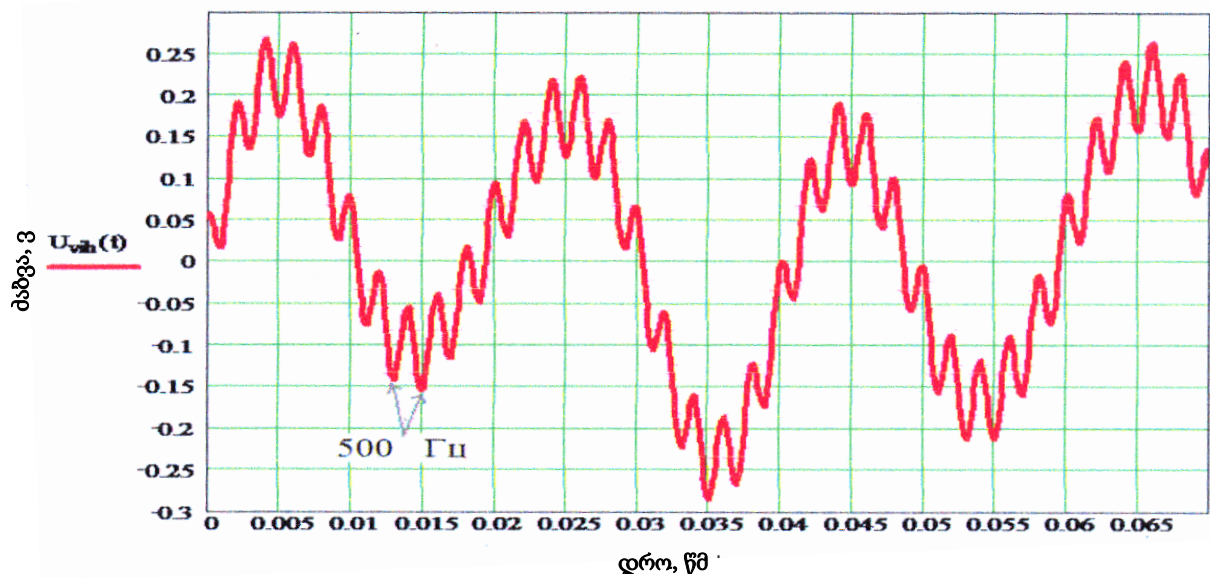
ნახ. 13. სასარგებლო სიგნალი



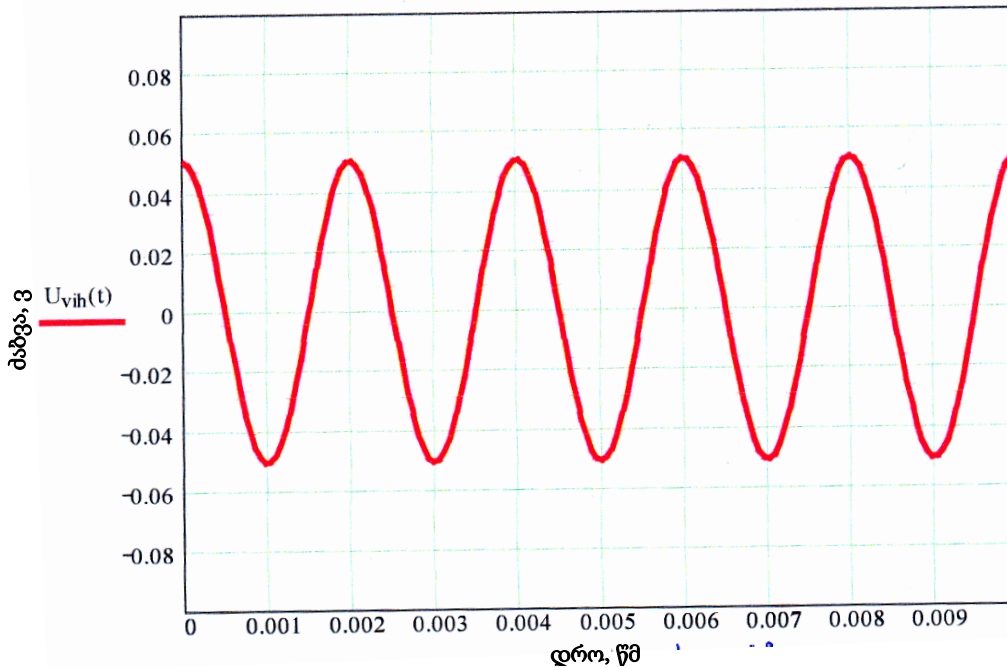
ნახ. 14. ხელშემშლელი მდგენელი



ნახ. 15. დენი ფმ-ის გამოსასვლელზე



ნახ. 16. გაუფილტრავი გამოსავალი სიგნალი



ნახ. 17. გაფილტრული გამოსავალი სიგნალი

ამრიგად, ინტერფერომეტრული გადამწოდის სიგნალის გამოყოფის მოცემული სქემა საშუალებას გვაძლევს გადავწყვიტოთ მიღების მგრძნობიარობაზე გარემოს პირობების ცვალებადობის გავლენის პრობლემა.

2.8. მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა დისკრეტულ გადამწოდების დამუშავება აპარატურის ცენტრალიზებულ განლაგების პირობებში

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობათა სრულყოფისათვის ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს. აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგების მქონე ინტერვალური რეგულირების სისტემათა დამუშავება. ამ სისტემის უპირატესობა განსაკუთრებით თვალსაჩინოა გასავლელი შუქნიშნების მტყუნებისას, როდესაც მატარებელთა მოძრაობის ორგანიზაცია ხდება ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სიგნალებით. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის კოდური

სიგნალები გადასარბენზე ვმართოთ სადგურის მორიგის პულტიდან, ე.ი. სადგურის მორიგეს შესაძლებლობა ეძლევა ჩაერთოს ინტერვალური რეგულირების პროცესში, რაც უზრუნველყოფს მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოებას.

ცნობილია იაპონიაში ტოკაიდოს ჩქაროსნულ ხაზზე მოქმედი მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემა. ამ სისტემაში მოძრაობის რეგულირება ხდება განუწყვეტელი ტიპის ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის ათნიშნაანი სიხშირის სიგნალებით და იზოლირებულ პირაპირებიანი ტონალური სიხშირის სარელსო წრედებით. მთელი აპარატურა დროსელ-ტრანსფორმატორების, გარდა მოთავსებულია სადგურებში, რომლებიც ერთმანეთისაგან დაშორებულია 15÷20 კმ-ით. აპარატურა დროსელ-ტრანსფორმატორებს უკავშირდება მრავალძარღვიანი კაბელებით. საიმედოობის ამაღლებისათვის გათვალისწინებულია გადამცემი და მიმღები აპარატურის დარეზერვება. ძირითადი აპარატურის მტყუნების შემთხვევაში სარეზერვო აპარატურა ავტომატურად ჩაერთვება.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში ბოსტონის რაიონში რკინიგზაზე გამოყენებულია მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემა, რომელიც აგებულია უპირაპირო სიხშირულ სარელსო წრედებზე. ამ შემთხვევაში საველე შუქნიშნები გამოყენებული არაა და მოძრაობის რეგულირება ხდება ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის კოდური სიგნალებით. ანალოგიური სისტემა მუშაობს დანიაშიც, კერძოდ კოპენჰაგენის უბანზე.

საფრანგეთში გამოყენებულია RABIC სისტემა. იგი აგებულია ელექტრული პირაპირების მქონე სარელსო წრედებზე და საშუალებას გვაძლევს მატარებელთა მოძრაობის რეგულირება მოვახდინოთ, როგორც სალოკომოტივო სიგნალიზაციის ათნიშნაანი სისტემით (აპარატურა განლაგებულია ცენტრაზებულად), ისე საველე შუქნიშნებით, როდესაც აპარატურა ცენტრალიზებულად განლაგებული არაა. ანალოგიური სისტემები გამოიყენება აგრეთვე შვეიციაში, გერმანიაში, ინგლისში,

რუსეთსა და სხვა ქვეყნებში. ჩვენს მიერ განხილულია ფაზამგრძნობიარე სარელსო წრედებიანი ცენტრალიზებული ავტობლოკირების ძირითადი ელემენტების, სარელსო წრედის აგების, გაანგარიშებისა და პროექტირების პრინციპები.

ცენტრალიზებული ავტობლოკირების სისტემის დანიშნულებაა ყველა კატეგორიის მატარებელთა ინტერვალური რეგულირებით მოძრაობის ორგანიზაცია ერთლიანდაგიან და ორლიანდაგიან რკინიგზებზე ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სიგნალების გამოყენებით.

სადგურებსა და გადასარბენებზე მატარებელთა მოძრაობის ავტომატური რეგულირების სისტემათა ძირითად ელემენტს წარმოადგენს დისკრეტული მოქმედების გადამწოდები, რომლებიც ურთულეს პირობებში მუშაობის გამო წარმოადგენენ სისტემის ყველაზე არასაიმედო ელემენტებს.

ცენტრალიზებული ავტობლოკირების დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების (სარელსო წრედების) დამუშავებისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ, რომ აპარატურა უნდა განლაგდეს სადგურებში, ამიტომ მიზანშეწონილია სადგურებში დავაყენოთ ერთნაირი აპარატურა, როგორც საგადასარბენო, ისე სასადგურო სარელსო წრედებისათვის. ეს საშუალებას მოგვცემს მნიშვნელოვნად გავამარტივოთ ინტერვალური რეგულირების სისტემების პროექტირება, მშენებლობა და ექსპლუატაცია.

გადასარბენებისა და სადგურებისათვის საერთო დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სქემის შერჩევას, ყველაზე პრინციპული საკითხია სარელსო წრედის სასიგნალო დენის სიხშირის შერჩევა და მაიზოლირებელი პირაპირის მოკლედ შერთვის კონტროლი.

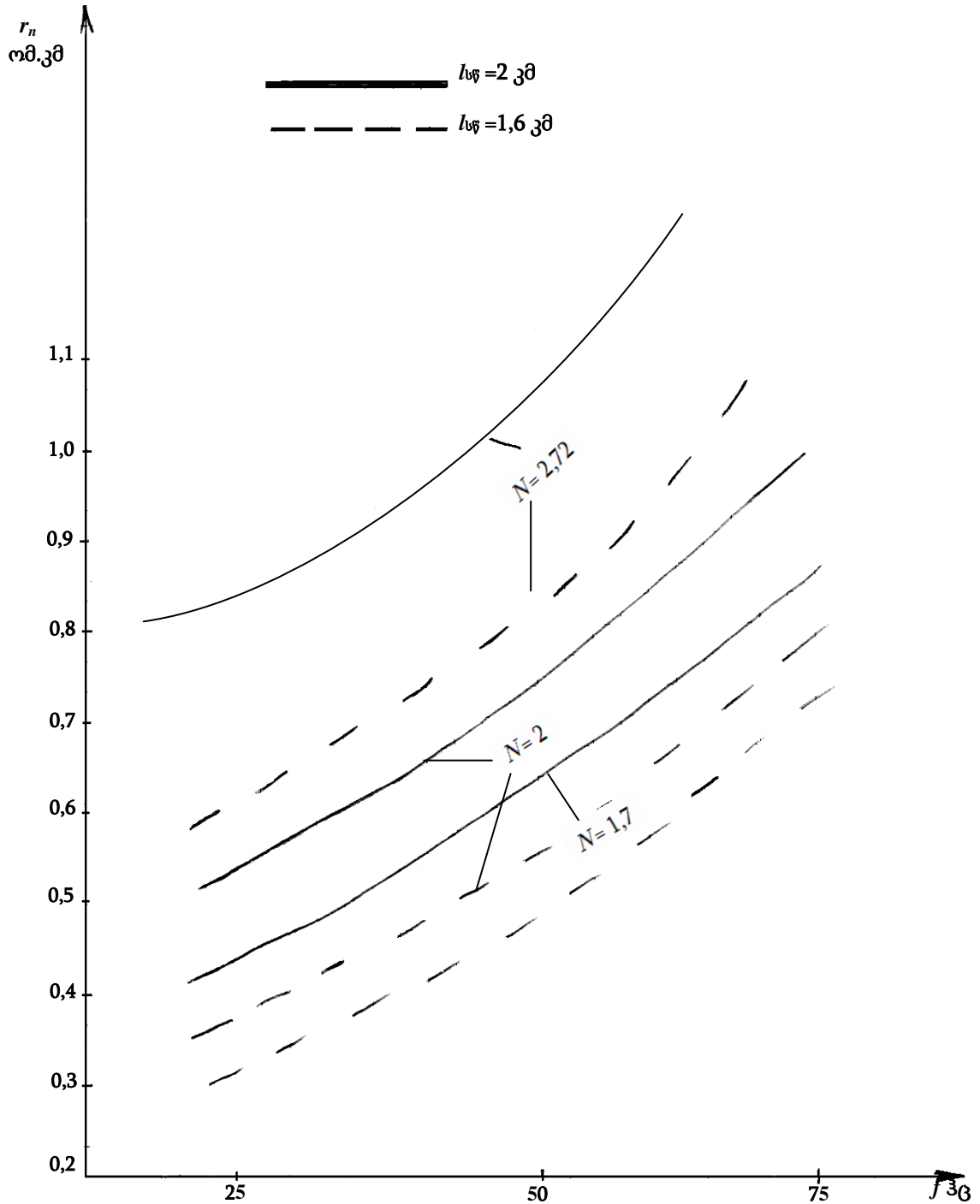
მოქმედი სარელსო წრედების ექსპლუატაციის გამოცდილებიდან, აგრეთვე თეორიული გაანგარიშებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ყველაზე მიზანშეწონილია 25 ჰც. სიხშირის გამოყენება, რადგან:

- 25 ჰც სიხშირეზე სარელსო ხაზს აქვს ნაკლები მილევა, ვიდრე მაღალ სიხშირეებზე, რაც განაპირობებს დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის საიმედო მუშაობას შემცირებული იზოლაციის წინააღმდეგობის პირობებში. 16-ე ნახაზზე ნაჩვენებია იზოლაციის წინააღმდეგობის r_n მინიმალური მნიშვნელობის დამოკიდებულება სასიგნალო დენის სიხშირესთან f სარელსო წრედის სხვადასხვა სიგრძეებისა და სხვადასხვა აპარატურული კოეფიციენტის N დროს, როდესაც უზრუნველყოფილია ყველა რეჟიმის შესრულება სეზონური რეგულირების გარეშე;
- 25 ჰც სიხშირე განსხვავდება სამრეწველო სიხშირისაგან (50 ჰც), რაც გამორიცხავს დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებზე ცენტრალიზებული ენერგომომარაგებების ზემოქმედებას;
- 25 ჰც სიხშირის სარელსო წრედები მოითხოვს უფრო მცირე სიმძლავრეს, ვიდრე მაღალი სიხშირის სარელსო წრედები;
- 25 ჰც სასიგნალო დენის სიხშირე უნივერსალურია წვევის ყველა სახეობისათვის;
- აპარატურული კოეფიციენტის სიდიდე N განისაზღვრება აპარატურის სრულყოფილების მიხედვით. დღეისათვის ფაზამგრძნობიარე მიმღებიანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებისათვის მიღებულია $N = 2,7$, ხოლო იმპულსური მიმღებისათვის $N = 1,7$, თუმცა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ აპარატურული კოეფიციენტი $N = 1,7$ შეიძლება დავუშვათ ფაზამგრძნობიარე მიმღების შემთხვევაშიც.

მაიზოლირებელი პირობების მოკლედ შერჩევის კონტროლისათვის ყველაზე საიმედოა გამოვიყენოთ მეზობელ სარელსო წრედებში ფაზათა მონაცვლეობის პრინციპი.

სადგურებსა და გადასარბენებზე იზოლირებულია პირაპირების მოკლედ შერთვის ფაზური კონტროლი ფართოდ გამოიყენება საზღვარგარეთის მრავალ ქვეყანაში. ამრიგად, საიმედო სარელსო წრედის შექმნის ამოცანა ყველაზე სრულყოფილად გადაწყდება 25 ჰც სიხშირის

სასიგნალო დენის გამოყენებისა და იზოლირებული პირაპირების მოკლედ შერთვის ფაზური კონტროლის გამოყენებით. ასეთი სარელსო წრედები შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც სადგურებში, ისე გადასარბენებზე წვეის ნებისმიერი სახეობის პირობებში.

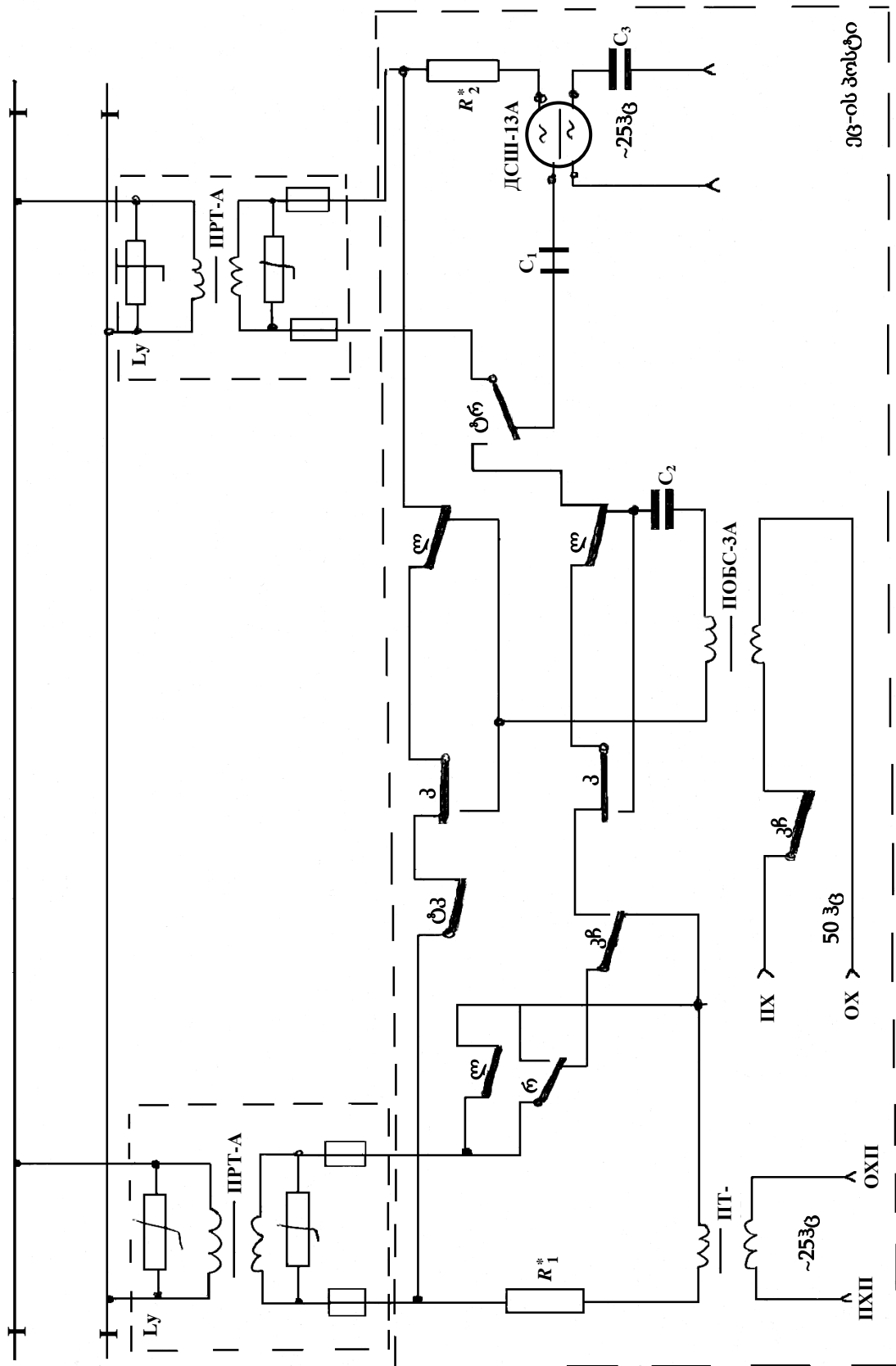


ნახ. 18. დამოკიდებულება $r_n = F(f)$

სარელსო წრედისათვის მიღებული გადაწყვეტილებები აუცილებელია შევათანხმოთ ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სისტემასთან. ამჟამად ყველა ლოკომოტივი აღჭურვილია რიცხვითი კოდური. ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მიმღები მოწყობილობებით, ხოლო პერსპექტივაში მუშავდება სხვა სახის სისტემები, ამიტომ სარელსო წრედის სქემაში აუცილებელია გავითვალისწინოთ, როგორც არსებულ, ისე პერსპექტიულ სისტემებთან შეუფერხებელი მუშაობა. ცხადია, რომ ავტონომიური წევისა და მუდმივი დენის ელექტრული წევის შემთხვევაში რიცხვითი კოდით კოდირებისას უნდა გამოვიყენოთ 50 ჰც სიხშირე, ხოლო ცვლადი დენის ელექტრული წევის შემთხვევაში 25 და 75 ჰც სიხშირე. ცენტრალიზებული ავტობლოკირების სისტემის დამუშავებისას აუცილებელია მეზობელი ლიანდაგების სარელსო ძაბვების შეერთების დროს წარმოქმნილი სახიფათო სიტუაციების გამორიცხვა. ასეთი სიტუაციები შეიძლება წარმოიქმნას მხოლოდ დროსელ-ტრანსფორმატორებისა და ლიანდაგთშორისი შემაერთებლების არსებობის დროს.

2.9. დისკრეტული გადაწყვეტილების სქემები სხვადასხვა სალოკომოტივო წევის პირობებში

წინა პარაგრაფში ჩამოყალიბებული პრინციპების გათვალისწინებით სარელსო წრედის სქემა ავტონომიური წევისათვის მოცემულია ნახაზ 19-ზე. ამ სქემაში რეგულირების ძირითად საშუალებას მხოლოდ რიცხვითი ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია წარმოადგენს. მატარებელთა მოძრაობის მიმართულების შეცვლა ხდება მიმართების რ და კ რელეთა კონტაქტებით. სარელსო წრედზე მატარებლის შესვლისას კოდირების ჩართვას და მატარებლის პირველი გოგორწყვილების მოძრაობის მიმართულებით მომდევნო სარელსო წრედზე შესვლისას კოდირების შეწყვეტას ემსახურება კკ კოდჩამრთველი რელე.



ნახ. 19. სარელსო წრედის სქემა ავტონომიური წევის დროს

მე-19 ნახაზზე მოყვანილი სქემის მიხედვით განვსაზღვროთ სარელსო ხაზიდან აპარატურის დაშორების ზღვრული შესაძლებლობები ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მოთხოვნილი დენის სიდიდის უზრუნველყოფის გათვალისწინებით. l სიგრძის სარელსო წრედისათვის შესავალ ბოლოზე მატარებლის შემოსვლისას სარელსო ხაზის დასაწყისში ძაბვასა და დენს შორის თანაფარდობა შემდეგნაირად გამოისახება:

$$U_{\text{ღ}} = BI_{\text{ღ}}; I_{\text{ღ}} = DI_{\text{ღ}}, \quad (4)$$

სადაც $B = z_{\text{ღ}} sh \gamma l$; $D = ch \gamma l$ სარელსო ოთხპოლუსას კოეფიციენტებია;

$z_{\text{ღ}} = \sqrt{z \cdot r_0}$ სარელსო ხაზის ტალღური წინაღობა; $\gamma = \sqrt{\frac{z}{r_0}}$ სარელსო ხაზის

ტალღის გავრცელების კოეფიციენტი; z , z_0 შესაბამისად სარელსო მარყუჟის კუთრი წინაღობა და იზოლაციის კუთრი წინაღობებია. $R_{\text{ღ}}$ წინაღობის საკაბელო ხაზში მიწოდებული ძაბვა $U_{\text{ღb}}$ თუ შემათანხმებელ ტრანსფორმატორს ჩავთვლით იდეალურად, ხოლო კაბელის ტევადობას უგულებელვყოთ, გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$U_{\text{ღb}} = I_{\text{ღ}} (z_{\text{ღ}} sh \gamma l + r_{\text{ღ}} ch \gamma l) n + \frac{I_{\text{ღ}} ch \gamma l}{n} R_{\text{ღ}}, \quad (5)$$

სადაც $r_{\text{ღ}}$ შემათანხმებელი ტრანსფორმატორის რელსთან მისაერთებელი გამტარების წინაღობაა;

n – ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

ტრანსფორმაციის ოპტიმალური კოეფიციენტი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$n_{\text{ობ}} = \sqrt{R_{\text{კ}} |b|}, \quad (6)$$

$$\text{სადაც } b = \frac{ch\gamma l}{z_{\delta} sh\gamma h + r_{\delta} sh\gamma l} \approx \frac{1}{z_{\delta} + r_{\delta}}.$$

თუ (6) გამოსახულებას შევიტანთ (5)-ში და მოვახდენთ გარკვეულ გარდაქმნებს მივიღებთ $R_{\text{კmax}}$ კაბელის მაქსიმალურად დასაშვები წინაღობისა და $l_{\text{კmax}}$ აპარატურიდან სარელსო ხაზის მაქსიმალური დაშორების სიდიდის გამოსათვლელ ფორმულებს

$$\begin{aligned} R_{\text{კmax}} &= \frac{U_{\text{დას}}^2}{2I_{\text{კ}}^2 |(z_{\delta} sh\gamma l + r_{\delta} ch\gamma l) ch\gamma l| (1 + \cos \varphi_b)} \approx \\ &\approx \frac{1}{2} \left| \frac{U_{\text{დას}}}{I_{\text{კ}} ch\gamma l} \right|^2 \frac{1}{|z_{\delta} + r_{\delta}| (1 + \cos \varphi_b)}; \quad l_{\text{კmax}} = \frac{R_{\text{კmax}}}{R_0}, \end{aligned} \quad (7)$$

სადაც φ_b b კომპლექსური სიდიდის არგუმენტი;

$$R_0 = 47 \frac{\text{ომი}}{\text{კმ}} \text{ საკაბელო მარყუჟის კუთრი წინაღობაა.}$$

რეალური ტრანსფორმატორების გამოყენების შემთხვევაში (მაგალითად, ПРТ-А) აუცილებელია მოკლედ შერთვის კარგების გათვალისწინება. ამ შემთხვევაში $l_{\text{კmax}}$ განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$l_{\text{კmax}} = \frac{R_{\text{კmax}} - R_{\text{ფშ}}}{R_0}, \quad (8)$$

სადაც $R_{\text{ფშ}}$ შემათანხმებელი ტრანსფორმატორის მაღალვოლტიანი გრაგნილის მოკლედ შერთვის წინაღობაა.

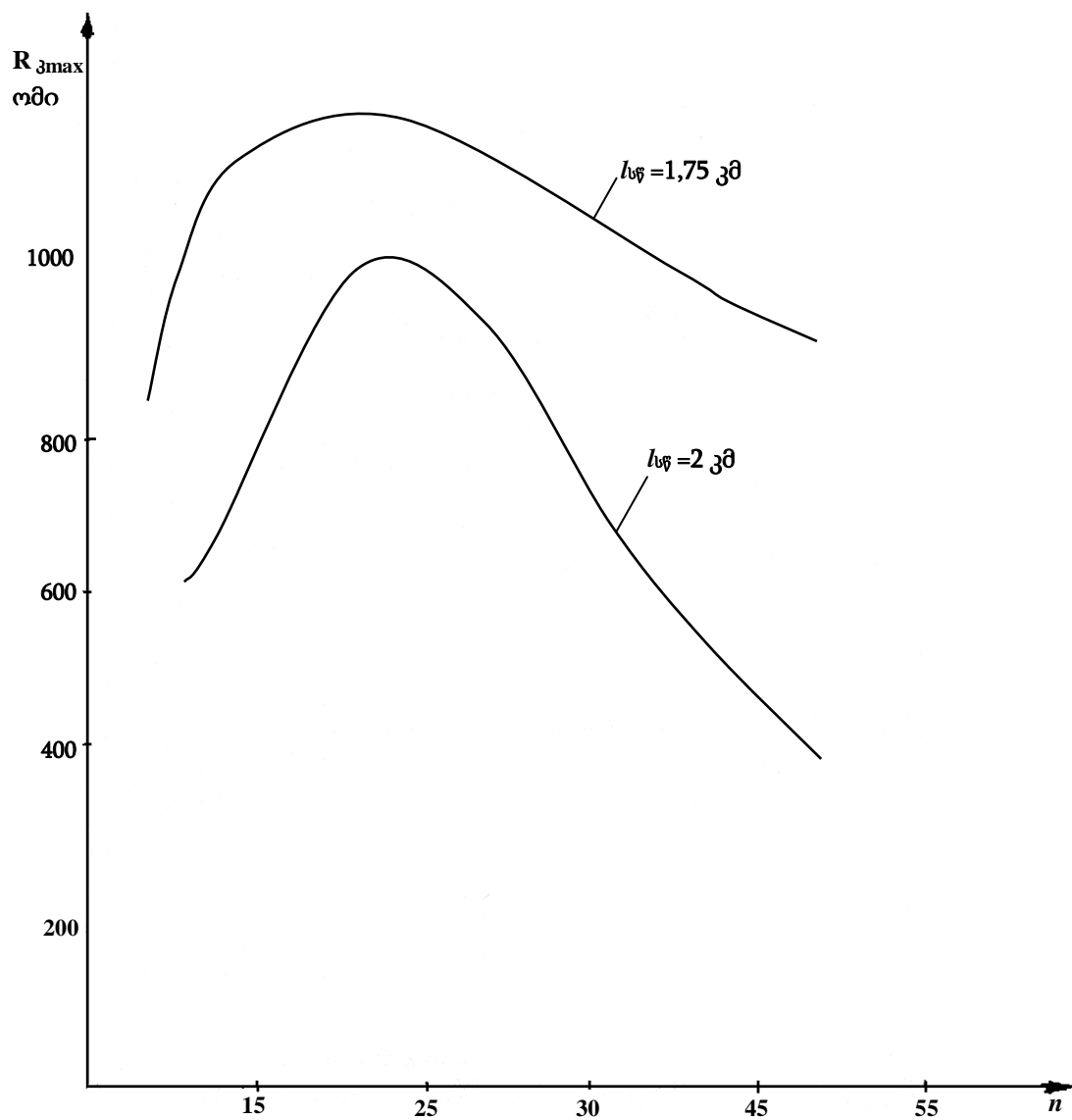
ნახაზ 20-ზე მოყვანილია $R_{\text{კmax}} = f(n)$ დამოკიდებულება, რომელიც გამოთვლილია (4) ფორმულით, როცა $U_{\text{დას}} = 220$ ვ; $r_{\delta} = 0,1$ ომი; $r_0 = 0,7$

ომი·კმ; $z = 0,8e^{j650} \frac{\text{ომი}}{\text{კმ}}$; $I_d = 1,4$ ა, ხოლო სარელსო წრედის $I_{\text{სწ}}$ სიგრძეებია

1,75 და 2კმ. მე-20 ნახაზზე მოყვანილი მრუდებიდან გამომდინარეობს, რომ შემათანხმებელ ტრანსფორმატორთა კოეფიციენტების სიდიდეთა რაციონალური მნიშვნელობები 2-ის დიაპაზონშია. კოეფიციენტების ამორჩევა უნდა განხორციელდეს აგრეთვე ბოლოების შესავალთა წინააღმდეგობების ოპტიმალური სიდიდეების იზოლაციის მუშა წინააღმდეგობის მინიმუმის კრიტერიუმის მიხედვით უზრუნველყოფის გათვალისწინებით ნორმალურ რეჟიმში, იმ პირობით, რომ სრულდება შუნტური და საკონტროლო რეჟიმებიც. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა ბოლოებზე წინააღმდეგობათა სიდიდეების ოპტიმალური მნიშვნელობები $0,3 \pm 0,36$ ომის დიაპაზონშია.

ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებებიდან გამომდინარე R_1^* და R_2^* რეზისტორების სიდიდეები, აგრეთვე ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტები ნახ. 3-ზე მოყვანილი სარელსო წრედისათვის შერჩეულია ცხრილი 2-ის მიხედვით.

სარელსო წრედის მაქსიმალური სიგრძე 2 კმ-ია. ამ დროს სარელსო წრედს არ სჭირდება სეზონური რეგულირება, მაშინაც კი, როცა იზოლაციის მუშა წინააღმდეგობა მინიმალურია.



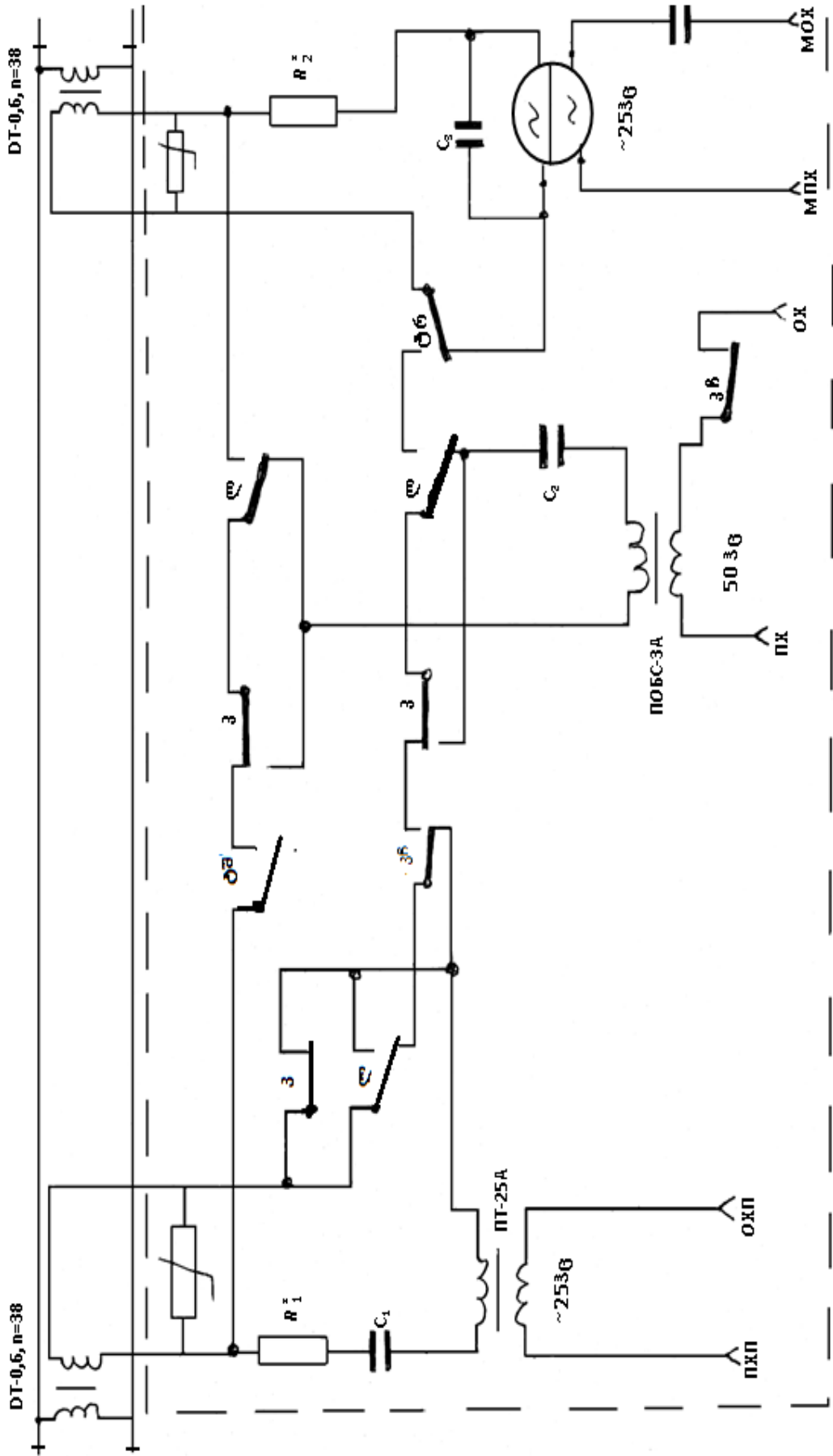
ნახ. 20. $R_{3\max} = f(n)$ დამოკიდებულება

მუდმივი დენის ელექტრული წევისათვის სარელსო წრედის სქემა მოყვანილია მე-21 ნახაზზე. სარელსო წრედის სინთეზისას ჩატარდა გამოკვლევები DT-0,6 დროსელ-ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენისათვის, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილი იქნება აპარატურის მაქსიმალური დაშორება ქვემოთ მოყვანილი შეზღუდვების შემთხვევაში: კაბელში, აგრეთვე ელემენტებზე ძაბვამ არ უნდა გადააჭარბოს 259 ვ-ს, როგორც 25, ისე 50 ჰც სიხშირეზე; ბოლოების წინაღობათა მოდულები უნდა იყოს $0,3 \pm 0,36$ ომის ფარგლებში. დადგენილია, რომ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის ოპტიმალური მნიშვნელობა 40-ის მახლობლობაშია, ამიტომ გამოიყენება DT-0,6-500M ტიპური დროსელ-ტრანსფორმატორები, რომელთა ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი $n = 38$.

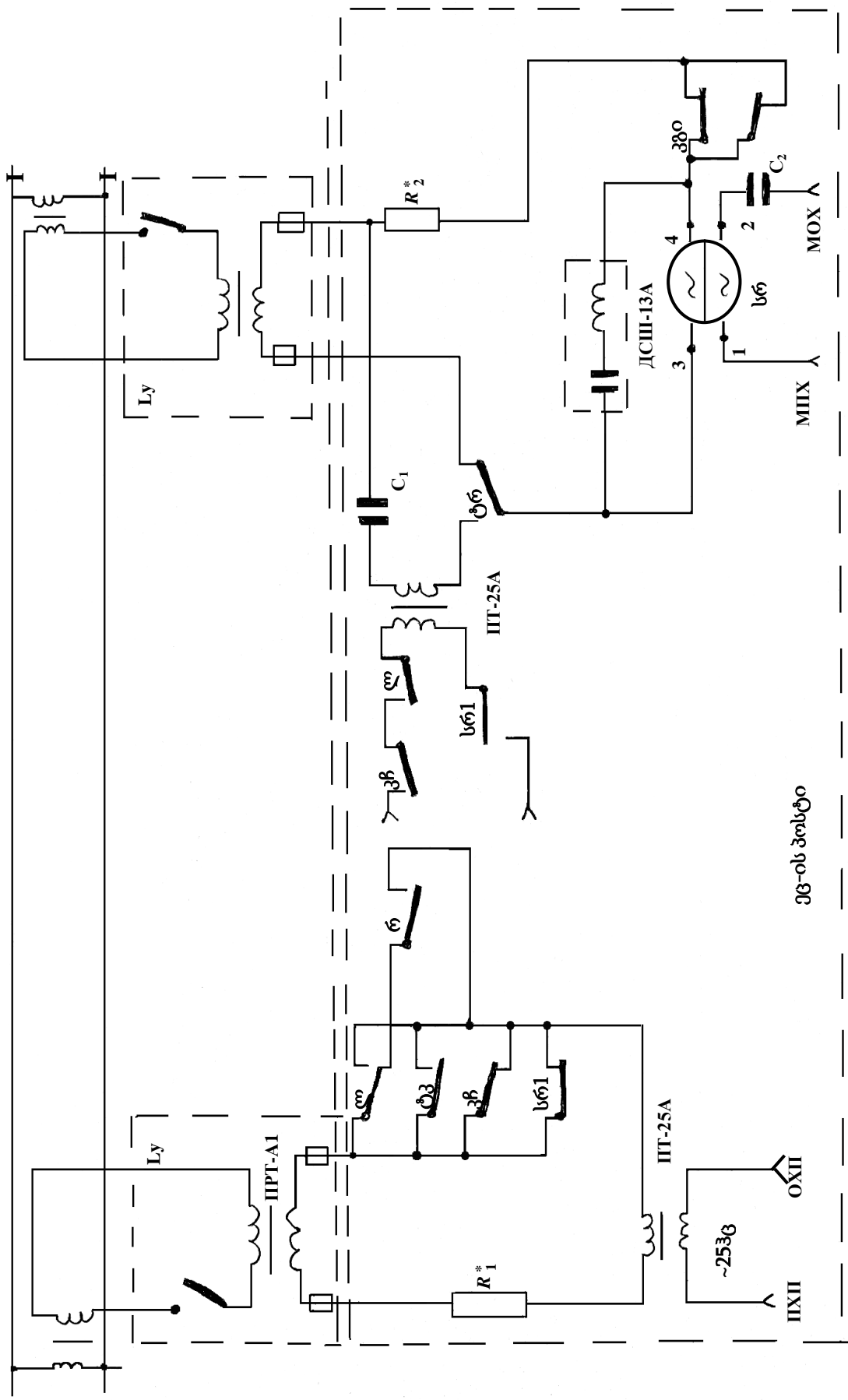
ცხრილი 3

სარელსო წრედისათვის R_1^* და R_2^* რეზისტორების სიდიდეები და ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტები

სარელსო წრედის სარელსო ბოლოს პოსტიდან დაშორება კმ	დამატებითი რეზისტორის, R_3 კაბელისა და მაიზოლირებული ტრანსფორმატორის $R_{გა}$ მ.შ. კარგების ჯამური წინაღობა, ომი		ტრანსფორ- მატორის ტრანსფორმა- ციის კოეფი- ციენტი n	სარელსო წრედის მაქსიმა- ლური სიგრძე, კმ
	$R_1^* + R_3 + R_{გა}$	$R_2^* + R_3 + R_{გა}$		
0÷3,5	350	200	34,5	2,0
3,5÷5,7	450	300	37,6	2,0
5,7÷7,8	550	400	41,5	2,0
7,8÷10	650	500	46,0	2,0
10÷12	750	600	46,0	1,75
12÷14	850	700	52	1,75



ნახ. 21. სარელსო წრედი მუდმივი დენის ელექტროლი წვეთის დროს



გვ-ის პოსტი

ნახ. 22. სარელსო წრედი სკემა ცვლადი დენის ელექტროლი წევის დროს

$R_1^* = R_2^* = R$ წინაღობები განისაზღვრება მე-4 ცხრილის მიხედვით. ცხრილიდან ჩანს, რომ სარელსო წრედის მაქსიმალური სიგრძეა 1,75 კმ, ხოლო იზოლაციის მინიმალური მუშა წინაპირობა 0,45 ომი.კმ-ია. ცვლადი დენის ელექტრული წევის დროს სარელსო წრედის სქემა ნაჩვენებია მე-22 ნახაზზე. ამ სქემის თავისებურებაა სასიგნალო დენისა და ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სიგნალების სიხშირეთა ტოლობა. სქემაში გათვალისწინებულია სალიანდაგო რელსის ყალბი ამოქმედებისაგან დაცვა სარელსო კაბელში შერთვის შემთხვევაში. ასეთი დაცვა აუცილებელია იმიტომ, რომ სარელსო კაბელის ძარღვების შეერთებისას, რომელიმე სარელსო წრედის სარელსო ბოლოდან კოდირების

ცხრილი 4

სარელსო წრედის $R_1^* = R_2^* = R$ წინაღობები

სარელსო წრედის შორეული ბოლოს პოსტიდან დაშორება კმ	R რეზისტორისა და R_3 კაბელის წინაღობათა ჯამური წინაღობა, $R_1^* + R_3$ და $R_2^* + R_3$	სარელსო წრედის მაქსიმალური სიგრძე, კმ
0÷4,25	200	1,75
4,25÷8,5	400	1,75
8,5÷12,5	600	1,75

დროს. შეიძლება მოკლედ შერთული წრედით ამოქმედდეს სხვა სარელსო წრედის სალიანდაგო რელე. დაცვა უზრუნველყოფილია სრ სალიანგო გრაგნილში რიცხვითი კოდის გრძელი ინტერვალის კვი რელეს ზურგული კონტაქტის ჩართვით. სრ სალიანდაგო რელეს ფრონტული კონტაქტი,

რომელიც ჩართულია კვი რელეს კონტაქტის პარალელურად, უზრუნველყოფს სალიანდაგო რელეს ნორმალურ მუშაობას სარელსო წრედის სითავისუფლის დროს.

სარელსო წრედის მაქსიმალური სიგრძეა 2 კმ, იზოლაციის მინიმალური მუშა წინაღობა 0,5 ომი.კმ.

სარელსო წრედის ელემენტთა პარამეტრები სარელსო ხაზის აპარატურიდან დაშორების მიხედვით მოყვანილია ცხრილში 5.

ცხრილი 5

სარელსო წრედის ელემენტთა პარამეტრები სარელსო ხაზის აპარატურიდან

სარელსო წრედის შორეული ბოლოს პოსტიდან დაშორება კმ	ტრანსფორმაციის კოეფიციენტები		R რეზისტორისა და R ₃ კაბელის ჯამური წინააღობები, R ₁ * + R ₃ და R ₂ * + R ₃ ომი	სარელსო წრედის მაქსიმალური სიგრძე, კმ
	n ₁	n ₂		
0÷8,5	12,9	20,7	400	2,0
8,5÷12,75	16	22,2	660	2,0

2.10. ფაზამგრძნობიარე მიმღებიანი დისკრეტული გადამწოდების პარამეტრების ოპტიმიზაცია მეტროპოლიტენებისათვის

ფაზამგრძნობიარე სალიანდაგო მიმღებებს შორის დამზადების ტექნოლოგიის სიმარტივეთა და ეკონომიურობით გამორჩეულია ДСШ-12 ტიპის რელეები, ამიტომ სარკინიგზო სარელსო წრედების სალიანდაგო მიმღებებად ძირითადად ამ ტიპის რელეები გამოიყენება. მეტროპოლიტენების სარელსო წრედებში სალიანდაგო მიმღებად გამოყენებულია გაცილებით ძვირადღირებული ДСШ-2 ტიპის რელეები, ამიტომ აპარატურის გადიდებული დაშორებისა და ცენტრალიზებული განლაგების პირობებში მეტად აქტუალურია განშტოებული და

განუშტოებელი სარელსო წრედების სქემათა დამუშავება DCIII-12 ტიპის რელეთა გამოყენებით. ამ ამოცანის გადაწყვეტისათვის აუცილებელია სარელსო წრედების პარამეტრების ოპტიმიზაცია, რათა DCIII-12 ტიპის სალიანდაგო მიმღების მგრძობიარობა დავიყვანოთ DCIII-2 ტიპის სალიანდაგო მიმღების დონემდე.

იმის გამო, რომ DCIII-12 რელეს ამოქმედებისა და მოშვების ძაბვა ნაკლებია DCIII-2 რელეს ანალოგიურ პარამეტრებზე სქემაში დამატებულია 1000 ომი წინაღობის R_1 რეზისტორი, ხოლო DCIII-12 ტიპის რელეს სალიანდაგო ელემენტის წინაღობა 600 ომი, რაც საშუალებას გვაძლევს A და B წერტილებში მიმღების მგრძობიარობა პრაქტიკულად გაუთანაბროთ DCIII-2 რელეს მგრძობიარობას.

ამ სქემაში სალიანდაგო მიმღების წინაღობის გაზრდა განაპირობებს სარელსო წრედის სარელეო ბოლოს შესავალი წინაღობის გაზრდას, რაც აუმჯობესებს შუნტური რეჟიმის შესრულებას, როდესაც შუნტი სარელეო ბოლოზეა და ამსუბუქებს კოდირების რეჟიმს სარელეო ბოლოდან.

მეტროპოლიტენებისათვის ახალი ფაზამგრძობიარე მიმღებიანი სარელსო წრედის სინთეზისათვის გამოყენებულია ოპტიმალური პროექტირების ერთ-ერთი მეთოდი. შემოწმებული იქნა სარელსო წრედის პარამეტრული ოპტიმიზაცია შემაერთებელი კაბელის წინაღობის მაქსიმალიზაციის მიზნით მეტროპოლიტენის სარელსო წრედების მუშაობისადმი წაყენებული შეზღუდვების პირობებში. გარდა ამისა ამ მეთოდის გამოყენებამ საშუალება მოგვცა განგვესაზღვრა ფუნქციონალური დამოკიდებულებანი სარელსო წრედის პარამეტრებს შორის, კერძოდ კაბელის წინაღობასა და სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმებს შორის, აგრეთვე ჩამოგვეყალიბებინა მოთხოვნები მისი აპარატურის მიმართ.

ახალი ფაზამგრძობიარე მიმღებიანი სარელსო წრედის ელემენტთა პარამეტრების განსაზღვრისათვის შემოთავაზებულია ოპტიმალური

პროექტირების მეთოდი, რომელიც წარმოადგენს შეზღუდვების პირობებში მათემატიკური პროგრამირების ამოცანას.

მათემატიკური პროგრამირების ამოცანა შემდეგნაირად ფორმულირდება. საჭიროა ქვემოთ მოყვანილი მიზნობრივი ფუნქციის მაქსიმიზაცია (მინიმიზაცია):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (9)$$

x_1, x_2, \dots, x_n დამოუკიდებელ კონსტრუქციულ პარამეტრებზე შეზღუდვების არსებობისას ეს შეზღუდვები დაისახება ტოლობების ან უტოლობების სახით;

$$\left. \begin{array}{l} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = g_1 \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq g_2^{\max} \\ \hline g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) > g_m^{\min} \end{array} \right\} \quad (10)$$

f მიზნობრივი ფუნქციისა და g_1, g_2, \dots, g_m შეზღუდვის ფუნქციის ერთობლიობას დასაპროექტებელი ნაკეთობის მათემატიკური მოდელი ეწოდება და გამოხატავს მასში ყველა ძირითად დამოკიდებულებას. მიზნობრივი ფუნქციისა და შეზღუდვების ფუნქციის არაწრფივობის შემთხვევაში ამოცანა დაიყვანება არაწრფივი პროგრამირების ამოცანამდე.

დისკრეტული გადამწოდის (სარელსო წრედის) ოპტიმალური პროექტირების ამოცანაში ოპტიმალურობის კრიტერიუმია შემაერთებელი კაბელის წინაღობა R_j , როგორც ნორმალურ რეჟიმში სარელსო წრედის მუშაობისას მისი ელემენტების პარამეტრთა ფუნქცია. ამ მიზნობრივ ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე:

$$R_j = F(G_{\text{კვ}}^{\max}, U_{\text{რ6}}, \dot{A}_{\text{დ6}}, \dot{B}_{\text{დ6}}, \dot{C}_{\text{დ6}}, \dot{D}_{\text{დ6}}, C_1, C_2, C_3, L_1, L_2, R_1, \dot{Z}_{\text{ა08}}, l_{\text{რ6}}). \quad (11)$$

სადაც $G_{\text{წ}}^{\max}$ მაქსიმალურად დასაშვები ძაბვაა კვების წყაროზე, მიმღები ბოლოს საკაბელო ხაზისა შესავალზე ან C_1 კონდენსატორზე, რომელიც განისაზღვრება უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნებით;

$\dot{A}_{\text{ღბ}}, \dot{B}_{\text{ღბ}}, \dot{C}_{\text{ღბ}}, \dot{D}_{\text{ღბ}}$ – დროსელ-ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი;

$U_{\text{რგ}}$ – ძაბვა რელეზე ნორმალურ რეჟიმში;

$\dot{Z}_{\text{ბგ}}$ – სალიანდაგო რელეს წინაღობა;

$l_{\text{რბ}}$ – სარელეო ხაზის სიგრძე.

რადგან $G_{\text{წ}}^{\max}$ შეზღუდვა შედის მიზნობრივ ფუნქციაში, კაბელის წინაღობა $R_{\text{კ}}$ ასე განისაზღვრება:

$$R_{\text{კ}} = \min[R_{\text{კ1}} = f_1(U_{\text{წ}} = G_{\text{წ}}^{\max}), R_{\text{კ2}} = f_2(U_{\text{კგ}} = G_{\text{წ}}^{\max}), R_{\text{კ3}} = f_3(U_{C_1} = G_{\text{წ}}^{\max})], \quad (12)$$

სადაც $U_{\text{წ}}, U_{\text{კგ}}, U_{C_1}$ – ძაბვაა კვების წყაროზე, მკვებავი ბოლოს საკაბელო ხაზის შესავალზე და C_1 კონდენსატორზე.

f_1, f_2, f_3 ფუნქციის მნიშვნელობები დამოკიდებულია სარელსო წრედის ელემენტის პარამეტრებზე და წარმოადგენს ქვემოთ მოყვანილი განტოლებების მაქსიმალურ ნამდვილ ფესვებს ($R_{\text{კ1}}$).

$$A_1 R_{\text{კ1}}^4 + B_1 R_{\text{კ1}}^3 + C_1 R_{\text{კ1}}^2 + D_1 R_{\text{კ1}} + E_1 = 0, \quad (13)$$

სადაც:

$$A_1 = |\dot{a}_1|^2;$$

$$B_1 = 2|\dot{a}_1| |\dot{b}_1| \cos(\varphi_{a_1} - \varphi_{b_1});$$

$$C_1 = |\dot{b}_1|^2 + 2|\dot{a}_1| |\dot{c}_1| \cos(\varphi_{a_1} - \varphi_{c_1});$$

$$D_1 = 2|\dot{b}_1| |\dot{c}_1| \cos(\varphi_{b_1} - \varphi_{c_1});$$

$$E_1 = |\dot{e}_1|^2 - \left| \frac{U_{\text{კვ}}}{2U_{\text{რ6}}} \right|.$$

$\varphi_{a_1}, \varphi_{b_1}, \varphi_{c_1}, \dot{a}_1, \dot{b}_1, \dot{c}_1$ კომპლექსური რიცხვების არგუმენტებია და შესაბამისად ტოლია:

$$\dot{a}_1 = \frac{1}{Z} \dot{C}_{\text{ღბ}} (2\dot{D}_{\text{ღბ}} + \dot{C}_{\text{ღბ}} + \dot{Z}_{\text{რ}});$$

$$b_1 = \frac{1}{Z} [2(\dot{A}_{\text{ღბ}} (\dot{D}_{\text{ღბ}} + \dot{C}_{\text{ღბ}} Z_{\text{რ}}) + \dot{B}_{\text{ღბ}} + \dot{C}_{\text{ღბ}} + (\dot{Z} + \dot{Z}_L + \dot{Z}_{C1})(\dot{C}_{\text{ღბ}} + \dot{D}_{\text{ღბ}} + 0,5\dot{C}_{\text{ღბ}}^2 \cdot \dot{Z}_{\text{რ}})];$$

$$\dot{c}_1 = \frac{1}{Z} [\dot{A}_{\text{ღბ}} (2\dot{B}_{\text{ღბ}} + \dot{A}_{\text{ღბ}} \dot{Z}_{\text{რ}}) + (\dot{A}_{\text{ღბ}} \cdot \dot{D}_{\text{ღბ}} + \dot{A}_{\text{ღბ}} \cdot \dot{C}_{\text{ღბ}} \cdot \dot{Z}_{\text{რ}} + \dot{B}_{\text{ღბ}} \dot{C}_{\text{ღბ}})(\dot{Z} + \dot{Z}_L + \dot{Z}_{C1}) + \dot{C}_{\text{ღბ}} \dot{Z}_{C1} (2\dot{D}_{\text{ღბ}} + \dot{C}_{\text{ღბ}} \dot{Z}_{\text{რ}}) \times (\dot{Z} + \dot{Z}_L)];$$

$$A_2 R_{j1}^4 + B_2 R_{j2}^2 + C_2 R_{j2}^2 + D_2 R_{j2} + E_2 = 0, \quad (14)$$

სადაც

$$A_2 = |\dot{a}_2|^2;$$

$$B_2 = 2|\dot{a}_2| |\dot{b}_2| \cos(\varphi_{a_2} - \varphi_{b_2});$$

$$C_2 = |\dot{b}_2|^2 + 2|\dot{a}_2| |\dot{b}_2| \cos(\varphi_{a_2} - \varphi_{c_2});$$

$$D_2 = 2|\dot{b}_2| |\dot{c}_2| \cos(\varphi_{b_2} - \varphi_{c_2}).$$

ამ განტოლებების ამოხსნა შესაძლებელია კომპიუტერის საშუალებით რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით.

3. დასკვნა

1. გაანგარიშებებში საიმედოობის თეორიის გამოყენებით შემოთავაზებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სინთეზის მეთოდის, რაც იძლევა მტყუნებათა მინიმუმამდე დაყვანის შესაძლებლობას.
2. დამუშავებულია ახალი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ინფორმაციის გაშიფრვისა და ინდიკაციის ბლოკის სქემა, სადაც ფაბრი-პეროს ინტერფერომეტრული მეთოდის საფუძველზე წინასწარ მოცემული ალგორითმით განისაზღვრება შესაბამისი ინფორმაცია.
3. დამუშავებულია დისკრეტული გადამწოდების სქემები აპარატურის ცენტრალური განლაგების პირობებში სხვადასხვა ელექტრული წევისათვის.
4. მოცემულია ფაზამგრძნობიარე მიმღებიანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების ოპტიმალური პარამეტრები.
5. მიღებულია დისკრეტული გადამწოდების მუშაობის რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმები, როგორც სალიანდაგო, ისე სალოკომოტივო მიმღებების მიხედვით.
6. დამუშავებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების პრაქტიკული სქემები, რომელთა რეალიზაცია განაპირობებს ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ეფექტურობის ამაღლებას, მტყუნებათა დაახლოებით 10% შემცირებას და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. М. Гоцадзе, И. Джавшанашвили. Разработка дискретных датчиков для системы интервального регулирования движения поездов. Научно-технический журнал «Транспорт». ISSN 1512-0910, № 1-2(69-70), 2018, с.5-8.
2. М. Гоцадзе, И. Джавшанашвили, Н. Мгебришвили, А. Дундуа. Оптоволоконные интерферометрические датчики на решетках Брэгга для рельсовых цепей нового типа. Научно-технический журнал «Транспорт». ISSN 1512-0910, № 1-2(65-66), 2017, с. 12-18.
3. М. Гоцадзе, И. Джавшанашвили, Л. Пхакадзе. Методика определения факторного анализа надежности рельсовых цепей при применении новой элементной базы. Научно-технический журнал «Транспорт». ISSN 1512-0910, № 3-4(59-60), 2015, с. 21-23.
4. იოსებ ჯავშანაშვილი. სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ხელსაწყოთა გადამეტაბვებისაგან დაცვის სქემების სტრუქტურა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 84-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა თეზისების კრებული. თბილისი, 2017 წ. გვ. 205.
5. იოსებ ჯავშანაშვილი. ინტერფერომეტრული გადამწოდების დამუშავება ახალი ტიპის სარელსო წრედედებისთვის. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა თეზისების კრებული. თბილისი, 2018 წ. გვ. 261.
6. М. Гоцадзе, И. Джавшанашвили, Л. Пхакадзе, А. Нодия. Разработка усовершенствованной методики расчета рельсовых цепей. Научно-технический журнал «Транспорт». ISSN 1512-0910, № 1-2(57-58), 2015, с.12-14.
7. მ. გოცაძე, მ. მერებაშვილი. საფეხუროვანი რეგულირების სარელსო წრედის გაანგარიშების მეთოდიკა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი“, № 3-4(47-48), თბილისი, 2013. გვ. 12-17.
8. მ. გოცაძე, ლ. ფხაკაძე. მარშრუტების მართვისა და ინფორმაციული უზრუნველყოფის მართვის პრობლემები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი“, №1-4(53-56), 2014, გვ. 7-8.
9. Мгебришвили Н., Имнаишвили Л., Гоцадзе М., Дурдуа А., Квачадзе Н. Построение волоконно-оптических датчиков в железнодорожной автоматике на основе Брэгговских решеток. Журнал «Транспорт» № 1-4(53-56), Тбилиси, 2014. с. 3-9.
10. ა. დუნდუა. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემები. I ნაწ. თბილისი, 2009. 258 გვ.
11. ა.დუნდუა. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემები. ნაწ. II. თბილისი, 2013. 478 გვ.
12. Гоцадзе М., Мгебришвили Н., Имнаишвили Л., Дундуа А., Нодия А. Рельсовые цепи нового типа для безопасного движения поездов. Научно-технический журнал «Транспорт», № 1-2(45-46), 2012, 7-9 с.

13. Брылеев А.М., Шишляков А.В., Кравцов Ю.А. Устройство и работа рельсовых цепей. М., Транспорт, 1965, 275 с.
14. Аркатов В.С., Кравцов Ю.А., Степенский Б.М. Рельсовые цепи. М., Транспорт, 1990, 295 с.
15. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., Наука, 1964, 397 с.
16. Аркатов В.С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог. М., Транспорт, 1982, 253 с.
17. Advanced signaling for Boston rapid transit lines. Kailwag Jaz, 1997, 123, N 18, 698-700 p.
18. Herma R., Jardeb. Vehicular traffic tlow, Sci, Amer., 209, N 6 (Dec. 1973), 35-34.
19. Begersdorff Rolf. Linienformige Lugbeeinflussung der S. Bahn Kopenhagen. Fahrscienen ubertragen 15 Informationen. Verkehr und Tech, 1972, 25, N 9, 378-380.
20. Delpy Albert. Der Zentralbbich. Eine neue form des selbstlockg fur Fernbahnen Signal und Draht, 1968, 60, N 6, 91-96.
21. Лисенков В.М. Безопасность технических средств в системах управления движения поездов. М., Транспорт, 1992. 192 с.
22. Дмитриенко И.Е. Техническая диагностика и автоконтроль железнодорожной автоматики и телемеханики. М., Транспорт, 1986. 144 с.
23. Щиголев С.А., Хохряков Г.В., Шевцов В.А. Модифицированный датчик для системы УКП СО // Энергосберегающие технологии на железнодорожном транспорте / Сборник научных трудов. Екатеринбург, УрГАПС. 1995, с.168-173.
24. Щиголев С.А., Сергеев Б.С., Хохляков Г.В., Ульянов А.В. Теоретические основы работы путевого датчика типа ДРЭП // Совершенствование информационных систем на железнодорожном транспорте / Сб. научных трудов. Екатеринбург, УрГАПС. 1999, с.220-229.
25. Иванов, Мгебришвили Н., Жигулевцева М. Устройство для измерения давления. А.С. № 1191764 СССР. Б.И. № 42, 11.85.
26. Мгебришвили Н., Тевзадзе З. Устройство для счета осей и подвижных единиц железнодорожного подвижного состава. А.С. № 1418149. СССР. Б.И. № 31, 08.88.
27. Мгебришвили Н., Гургенидзе М. Устройство для счета осей и подвижных единиц железнодорожного подвижного состава. А.С. № 2003540. Патент Российской федерации. Б.И. № 43-44, 11, 93.
28. Мгебришвили Н., Ростиашвили И. Устройство для счета осей и подвижных единиц железнодорожного подвижного состава. А.С. № 1214. Патент Грузии. Б.И. № 15(24), 97.
29. ნ. მღებრიშვილი, ი. როსტიაშვილი, ა. კოსენკო. მოძრავი ერთეულების სიჩქარისა და განვლილი მანძილის საზომი მოწყობილობა (ქარ) „სტუ-ს 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი ღია სამეცნიერო კონფერენცია“. თბილისი, 2002, გვ. 58-59.

30. ნ. მღებრიშვილი, ქ. ქუთათელაძე, გ. არველაძე. მოძრავი შემადგენლობის ამომცნობი სისტემა მრავალფუნქციონალური ინტელექტუალური გადამწოდის გამოყენებით (ქარ). სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „მშენებლობა და XXI საუკუნე“ გვ. 203-211, თბილისი, 2005, გვ. 57-59.
31. ნ. მღებრიშვილი, ქ. ქუთათელაძე, ი. როსტიაშვილი. მოძრავი შემადგენლობის ინტერვალური რეგულირების ინტელექტუალური გადამწოდების გამოყენებით (ქარ). ჟურნალი „ტრანსპორტი“. № 4, გვ. 18-21.
32. Kutateladze K., Davitashbili N., Barkan N., Mgebrishvili N., Nadiradze T., Tatanashvili M. On the of intellectualization of railway sensors (Eng). „Problems of Mrchanics“ – International scientific journal, № 4(21), Tbilisi, 2005, pp. 37-44.
33. ნ. მღებრიშვილი, ქ. ბარკანი, გ. იზბინსკი, მ. ტატანაშვილი. მოძრავი შემადგენლობის გოგორწყვილების ცვეთის დიაგნოზირების ხერხი და მისი განხორციელების მოწყობილობა (ქარ). საქართველოს პატენტი P4513, 2008.
34. Mgebrishvili N. Multifunctional Sensor-Based Monitoring System for Identifying Vehicle Chatactetistics (Eng), 2008 ASME, JRC 2008-63041 Joint Rail Conference-Wilmington, De. USA, 22-24 April, 2008. www.asmeconferences.org/JRC2008/.
35. Mgebrishvili N., Sharashenidze G., Moistsrapishvili M. Mathematical Justification of the New Method of Determination of Wheel Pair’s Damage (eng). Proceedings of RTDF 2009, ASME Rail Transportation Division Fall Technical Conference, Worthington, TX, USA, RTDF 2009-18007, October 20-21, 2009, www.asmeconferences.org/JRC2009/.
36. Методика выбора показателей для оценки надежности сложных технических систем. М., изд-во стандартов, 1972, 44 с. Мухигулашвили Н.Ю., Мухин Л.В. К вопросу разработки математического аппарата рельсовых цепей при повреждении изолирующего стыка. // Труды ГТУ №7(363), Тбилиси, 1990, с. 90-92.
37. Мухигулашвили Н.Ю., Мухин Л.В. К вопросу разработки математического аппарата рельсовых цепей при повреждении изолирующего стыка // Труды ГТУ № 7(373), Тбилиси: 1990, с. 90-92.
38. Мухигулашвили Н.Ю., Хитаришвили Г.В. Исследование влияния климатических условий на работу рельсовых цепей. // Труды ГТУ №7(363), Тбилиси, 1990, с. 90-95.
39. Мухигулашвили Н.Ю. Математическая модель информативных признаков рельсовой цепи при повреждении изолирующего стыка. // Труды ГТУ №6(379), Тбилиси, 1990, с. 86-89.
40. Мухигулашвили Н.Ю. Методика определения сопротивления передачи основной схеьы замещения исследуемой рельсовой цепи при коротком замыкании изолирующего стыка // Труды ГТУ, №7(380), Тбилиси, 1991, с.83-86.

41. Мухигулашвили Н.Ю., Тевзадзе З.С., Иашвили Т.Г. Анализ работы рельсовых цепей с обучаемыми классификаторами состояния. // Труды ГТУ № 2(395), Тбилиси, 1993, с. 66-69.
42. Нечипоренко В.И. Структурный анализ и методы построения надежных систем. М., «Советское радио», 1968, 258 с.
43. Никитин А.Б. Оценка загрузки дежурных портов электрической централизации. Тезисы докладов НТК «Роль молодых ученых и специалистов в ускорении научно-технического прогресса». Свердловск: 1987. с. 25-26.
44. Никитин А.Б., Тевзадзе З.С., Гоцадзе М.А. Распределение зон управления железнодорожного оперативного персонала. // Научные труды ГТУ №7(363), Тбилиси, 1990, с. 10-15.
45. Переборов А.С., Гацев Н.З., Фкдотов А.Е., Качмарская О.К. Демографическая ситуация и проблемы развития отрасли. // Автоматика, телемеханика и связь. № 10, 1979.
46. Перникис Б.Д., Ягудин Р.Ш. Предупреждение и устранение неисправности в устройствах СЦБ. М., «Транспорт», 1984.
47. Половко А.М. Основы теории надежности. М., «Наука». 1965, 446 с.
48. Радиотехнические устройства железнодорожного транспорта. М., Транспорт, 1985.
49. Развитие системы ТО проводной и радиосвязи на ж.д. транспорте. Отчет по НИИ ЛИИЖТ, Рук. Волков М.В.
50. Разработка прогрессивных методов ТО устройств в дистанциях сигнализации и связи. Отчет ОНИИР ЛИИЖТ, Л., ЛИИЖТ, 1972. Руководитель Листов В.Н., отв. исп. Брейдо А.И.
51. Резервы роста производительности труда на железнодорожном транспорте. Под ред. Бирюкова Н.И., М., Транспорт, 1977.
52. Бенц Б., Ферстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализов. М., 1983.
53. Рылеев А.М., Питанов Е.П., Тарасов Е.М. Возможность решающих функций на основе полинома Колмогорова-Габера при классификации режимов Р.Ц. Куйбышевский институт инженеров ж/д транспорта. Куйбышев, 1988, 12 с. Док. в ЦНИИ ТЭП, МПС № 4 и 5.
54. Рябинин И.А. Основы теории и расчета надежности судовых электроэнергетических систем // Изд. 2-е – Л., «Судостроение», 1971, 456 с.
55. Савченко И.Е., Землемов С.В., Строговский И.И. Железнодорожные станции и узлы. М., Транспорт, 1980, 1980, 476 с.
56. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Дундуа А.А. Унифицированный самоконтролирующий конечный автомат. // Труды ГПИ, № 5(317), сб. «Рост пропускной способности ж/д транспорта». Тбилиси, 1987, с. 28-33.
57. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Дундуа А.А. Использование специфических свойств кодов и с постоянным весом для диагностирования отказов в дискретных устройствах ж/д автоматики и телемеханики. //

- Труды ГПИ, № 5(317), сб. «Рост пропускной способности ж/д транспорта». Тбилиси, 1987, с.33-37.
58. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока. М., Электроиздат, 1985.
59. Скляревич А.Н. Надежность систем с накоплением нарушений. Рига: «Зинатне», 1969, 210 с.
60. Советский энциклопедический словарь. М., Сов. энциклопедия, 1982.
61. Стриж Н.И., Авилов Ю.И. Автоматика, телемеханика и связь. М., Транспорт, 1974, с. 24-26.
62. Супрун П.П., Супрун А.П. Способ определения степени загрязнения балластного слоя железнодорожного пути. Пат. 2169918, Россия: опубл. 27.06.2001.
63. Тарасов Е.М., Белоногов А.С., Куров М.Б. Рельсовая цепь. Пат. 2173277 Россия, МПК⁷В61 L 23/16. Самар. ин-т инж. ж-д транспорта, №99111187/28: Заявл. 31.05.1999. Опубл. 10.09.2001.
64. Тевзадзе З.С., Мухигулашвили Н.Ю., Никитин А.Б. Анализ содержания труда узловых диспетчеров. // Труды ГТУ. № 2(395). Тбилиси, 1994, с. 66-69.
65. Тевзадзе З.С., Гоцадзе М.А. Обоснование этапов автоматизации информационного обеспечения узловых диспетчеров. // Труды ГТУ, №7(363), Тбилиси, 1990, с. 15-19.
66. Харламович И.В. Ускорение научно-технического прогресса – основа дальнейшего развития транспорта. // Автоматика, телемеханика и связь, №4, 1985.
67. Черновыи А.А., Лукьященко В.И., Котин Л.В. Надежность сложных систем. М., «Советское радио», 1972, 304 с.
68. Черкесов Г.Н. Надежность технических систем с временной избыточностью. М., «Советское радио», 1974, 296 с.
69. Шахулянец Г.М. Железнодорожный путь. М.: Транжелдориздат, 1961.
70. Шашков А.Г. Терморезисторы и их применение. М., Энергия, 1967, 320 с.
71. Шевлюгин В.М. Проблемы использования накопителей энергии в системах тягового электроснабжения. Автореферат кандидатской диссертации. М., 2000, 24 с.
72. Широков А.М. Надежность радиоэлектронных устройств. М.: «Высшая школа», 1972, 272 с.
73. Шишонок Н.А., Репкин В.Ф., Барвинский Л.Л. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники. М., «Советское радио», 1964, 52 с.
74. Шмырев А.Г. Справочник по железнодорожной автоматике и телемеханике. М., Транспорт, 1970.
75. Шоп Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. М., «Советское радио», 1970, 288 с.
76. Экономика железнодорожного транспорта. Под ред. Дмитриева В.А. и Мулюкина Ф.П. М., Транспорт, 1985.

77. Ястребенецкий М.А., Соляник Б.Л. Определение надежности аппаратуры промышленной автоматики в условиях эксплуатации. М., «Энергия», 1968, 128 с.
78. Dummer G.W. Electronic equipment reliability. McGraw-Hil., N.Y., 1960.
79. Girard E., Ranlt J.-C. A programming technique for software reliability. – „IEEE Sump. Comput. Software Reliability, New York City, 1973“, N.Y., 1973, p. 44-50.
80. N. Mgebrishvili, G. Sharashenidze, M. Moistsrapishvili, N. Gogoshvili. Mathematical justification of the new method of determination of wheel Pair’s and Rail’s damage. Proceedings of RTDF2009 ASME Rail Transportation Division Fall Technical Conference October 20-21, 2009. Ft. Worth, Texas.
81. Greene K., Cinibuck W. Quantities safety analysis. “Proc. Ann. Reliab. and Maintain. Sump. San-Francisco, Calif., 1972”, New York, 1972, p. 218-221.
82. Harris V., Tall M.M. Prediction of electronic equipment reliability. “Electrical Engineering”, 1955, XI, vol. 74.
83. Klass P.J. Cycling tests increase reliability factor. “Aviation Week”, Sept. 1960, 5, vol. 3, N 10.
84. Peattic G.F., Adams J.D., Carrel S.L., George T.D., Valck M.H. Elements of semiconductor – device reliability. “Proc. IEEE”, 1974, vol. 2, N 2, p. 149-168.
85. Peck D.S., Zierdt C.H. The reliability of semiconductor devices in the Bess System. “Proc. IEEE” 1974, vol. 62, N 2, p. 185-211.
86. Reynolds F.H. Termally accelerated aging semiconductor components. “Proc. IEEE”, 1974, vol. 62, N 2, p. 212-222.
87. Safford G.B., Incouye M.S. Preventing rquapment vibration failures. “Electrinics”, 1958, N 5.
88. Stevens C.F. A sequential test for compsting component reliabilites. “IRE Trans. of reliability and Quality Control”, 1957, PGRQC-9, XI.
89. Wuerfell H.L. Reliability theory and vital engineering. “Interpretations Proceedings ig the 1956”.
90. Herbert D.W. Reliability predictions – ate they worth it. “”Pror. Techn. Programme INTERNEPCON U.K., 73. Int. Electron. Packag. and Prod. Conf., Brighton, 1973”. Surbiton, 1973, p. 97-105.
91. Earles D.R. LCC-commercial application ten years ten of life cycle costing. – Proc. 1975. Annu. Reliability and Mainrtainability Supm., Wachington, D.C., 1975”, S. I, 1975, p. 74-85.