

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

იოსებ ჯავშანაშვილი

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა
საიმედოობის ამაღლება გაუმჯობესებული დისკრეტული
გადამწოდების გამოყენებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა „ტრანსპორტი“ 0407

თბილისი, 2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სარკინიგზო ტრანსპორტის დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი

მერაბ გოცაძე

რეცენზენტები:

ასოცირებული პროფესორი

ნინო მუხიგულაშვილი

აკადემიური დოქტორი

კახაბერ გუდიაშვილი

დაცვა შესდგება 2019 წლის „25“ „თებერვალს“ „15⁰⁰“ საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო კოლეგიის სხდომაზე

მისამართი: 0175, თბილისი, მ. კოსტავას ქ. 77, I კორპუსი, აუდიტორია

№ „444“

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცენტრალურ სამეცნიერო ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის-სტუ-ს ვებ გვერდზე.

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული
მდივანი, პროფესორი

ნ. ნათბილაძე

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა. საქართველოს ევროკულ-აზიის სატრანსპორტო ბაზარზე ინტეგრაციამ, რაც დაკავშირებულია ევროკა-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 წინააღმდეგობის 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 საიმედოობის 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.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანია სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა საიმედოობის ამაღლება გაუმჯობესებული დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების გამოყენებით.

შესრულებულ ნაშრომში დასახული მიზნის მიღწევისათვის დასმული იქნა შემდეგი ამოცანები:

- ახალი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ინფორმაციის გაშიფრვისა და ინდიკაციის ბლოკის სქემის დამუშავება;
- გაანგარიშებებში საიმედოობის თეორიის გამოყენებით დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სინთეზის მეთოდის დამუშავება;
- დისკრეტული გადამწოდების სქემების დამუშავება აპარატურის ცენტრალიზებული განლაგების პირობებში სხვადასხვა ელექტრული წვევისათვის;
- ფაზამგრძნობიარე მიმღებიანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების ოპტიმალური პარამეტრების განსაზღვრა;
- დისკრეტული გადამწოდების მუშაობის რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმების დადგენა, სალიანდაგო და სალოკომოტივო მიმღებების მიხედვით;

– დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების პრაქტიკული სქემების დამუშავება.

კვლევის მეთოდები. 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.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე. პირველადაა დამუშავებული ახალი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ინფორმაციის გაშიფრვისა და ინდიკაციის ბლოკის სქემა, სადაც ფაბრი-პეროს ინტერფერომეტრული მეთოდის საფუძველზე წინასწარ მოცემული ალგორითმით განისაზღვრება შესაბამისი ინფორმაცია.

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

დადგენილია დისკრეტული გადამწოდების მუშაობის რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმები, როგორც სალიანდაგო, ისე სალოკომოტივო მიმდებების მიხედვით, რაც განაპირობებს დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის საიმედო და ეფექტურ მუშაობას.

სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება. 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.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული და განხილულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 84-ე და 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე (თბილისი 2016, 2017 წ.წ), სარკინიგზო ტრანსპორტის

№510 დეპარტამენტის სხდომებზე და კოლოკვიუმებზე (2016, 2017, 2018წ.წ.).

პუბლიკაციები. დისერტაციის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო ნაშრომი.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. დისერტაცია შედგება შესავალის, 2 ნაწილის, 2 თავის, დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვლისაგან. ნაშრომი წარმოდგენილია 121 გვერდზე, მათ შორის 5 ცხრილი და 22 ნახაზი.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

რეზიუმეში მოცემულია შესრულებული სამუშაოს ძირითადი შედეგები და პრაქტიკული ღირებულებები.

შესავალში დასაბუთებულია თემის აქტუალურობა და მოკლედ არის გადმოცემული დისერტაციის არსი.

ლიტერატურის მიმოხილვაში განხილულია დარგის ცნობილი მეცნიერებისა და სპეციალისტების დასმული პრობლემისადმი მოძღვნილი პუბლიკაციები, რომელთა ანალიზმა დგვანახა, 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 წინაღობის ცვლილების გავლენა დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების მუშაობის სიზუსტეზე.

ამ საკითხებს ეძღვნება ფ. ბარვილის, ო. პოუპეს, ჟ. დიუმერის, ჟ.საფორდის, ი. კრავცოვის, ა. ბრილევის, ბ. სტეპენსკის, ი. კოტლიარენკოს, მ. გურგენიძის. მ. გოცაძის, 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. ამ თვალსაზრისით საყურადღებოა ავტორთა ჯგუფის (მ.გოცაძე, ნ. მღებრიშვილი, ლ. იმნაიშვილი, ა. დუნდუა, ა. ნოდია) ნაშრომი „ახალი ტიპის სარელსო წრედები მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობისათვის“, სადაც განხილულია ბოჭკოვან-ოპტიკური სარელსო წრედი რელსზე მჭიდროდ მიკრული ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის გამოყენებით.

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, ქ. ჰარდვიკის, ი. კრავცოვის, ბ. სტეპენსკის, ვ. საპოჟნიკოვის, ვლ. საპოჟნიკოვის. ი. ზენკოვიჩის, მ. გოცაძის, ზ. თევზაძის 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.

შედეგებისა და მათი განსჯის ნაწილში მოცემულია სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა საიმედოობის

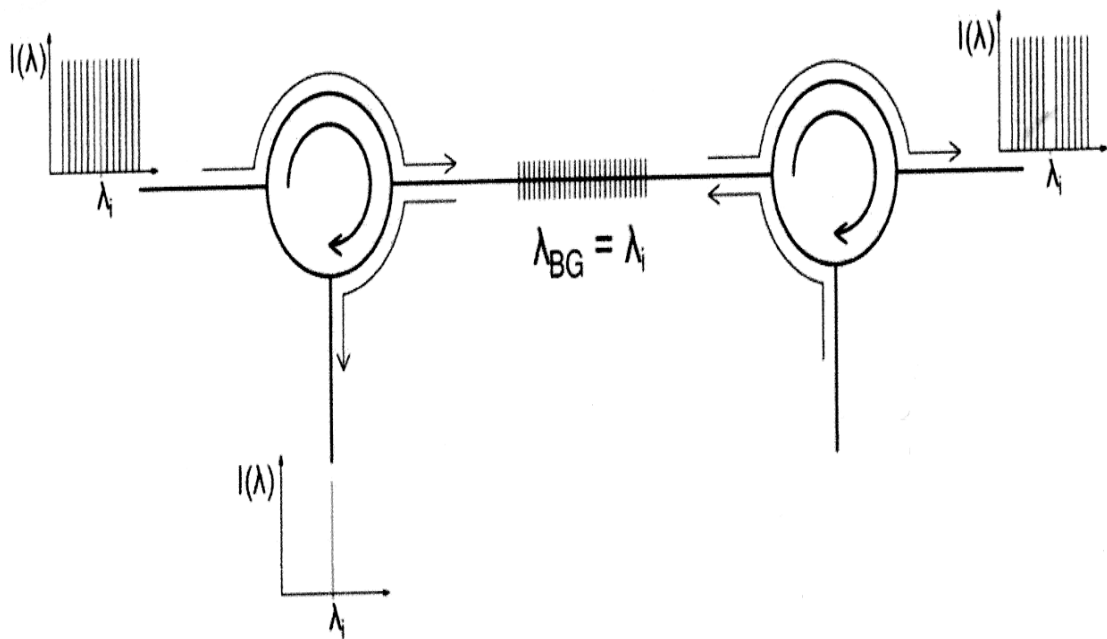
ამაღლებისათვის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების და მათი გაანგარიშების სრულყოფილი მეთოდის დამუშავების საკითხები.

ნაშრომში დამუშავებულია ავტორთა ჯგუფის (მ. გოცაძე, ნ. მღებრიშვილი, ლ. იმნაიშვილი, ა. დუნდუა, ა. ნოდია) მიერ შემოთავაზებული ახალი ტიპის სარელსო წრედის ყველაზე მნიშვნელოვანი ელემენტის (ინფორმაციის დამამუშავებელი და ინდიკაციის ბლოკი) სქემა, სადაც ფაბრი-პეროს ინტერფერომეტრული მეთოდის საფუძველზე წინასწარ შედგენილი ალგორითმით განისაზღვრება შესაბამისი ინფორმაცია.

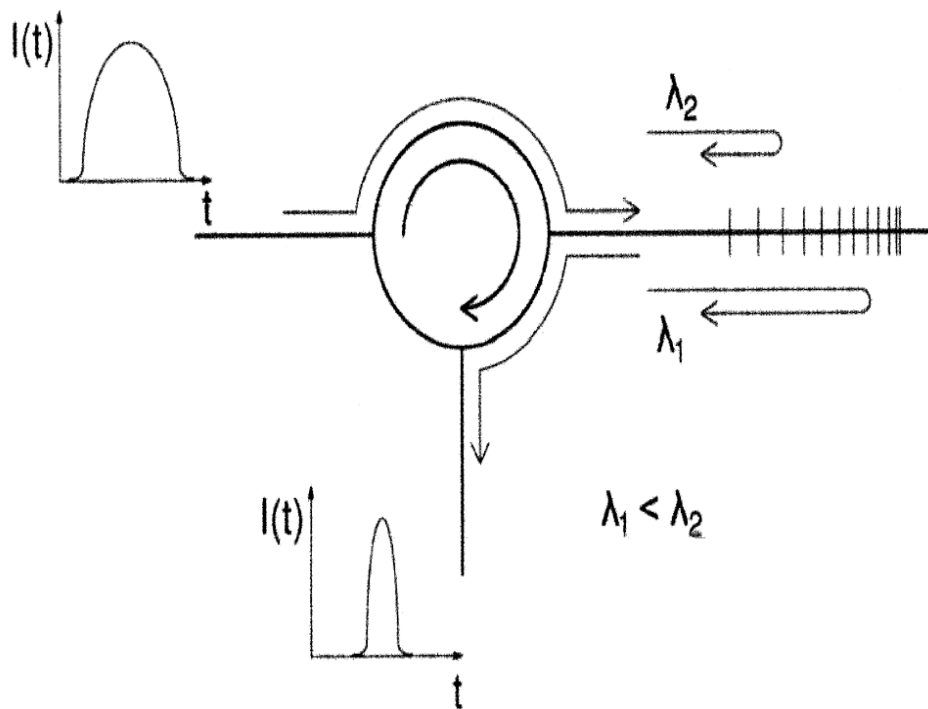
ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარის გაზრდის აუცილებლობამ, რაც განპირობებულია ტელეკომუნიკაციის საშუალებათა განვითარებით, ინფორმაციული ნაკადების გაზრდით, გლობალური საინფორმაციო სისტემებისა და მონაცემების ბაზის, აგრეთვე მომხმარებელთა რიცხვის გაფართოებით, მიგვიყვანა კავშირგაბმულობის ოპტიკურ-ბოჭკოვან ხაზებში გამოვიყენოთ 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 მამლიერებლების 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 ნახაზზე 1. ამ სქემის მნიშვნელოვანი ნაკლია ის გარემოება, რომ ინფორმაციის გადაცემის მანძილი შეზღუდულია, როგორც მიღებით, ისე დისპერსიითაც. იმისათვის, რომ გავზარდოთ ეს მანძილი აუცილებელია ბოჭკოვანი შუქსატარების დისპერსიის კომპენსირება. ეს შეიძლება მოვახერხოთ ცვლად პერიოდიანი ბოჭკოვანი ბრეგის ცხაურების საშუალებით, რომლის სქემა მოყვანილია ნახაზზე 2. 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.



ნახ. 1. ოპტიკური არხის სელექტორის სქემა



ნახ. 2. ცვლადპერიოდური ბრეგის ცხაურზე აგებული დისპერსიის კომპენსატორის ოპტიკური სქემა

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

არეკვლის ტალღის ცენტრალური სიგრძე განისაზღვრება ბრეგის პირობებით

$$\lambda_0 = 2n_{eff} \Lambda, \quad (1)$$

სადაც λ_0 არის ბრეგის რეზონანსის ტალღის სიგრძე;

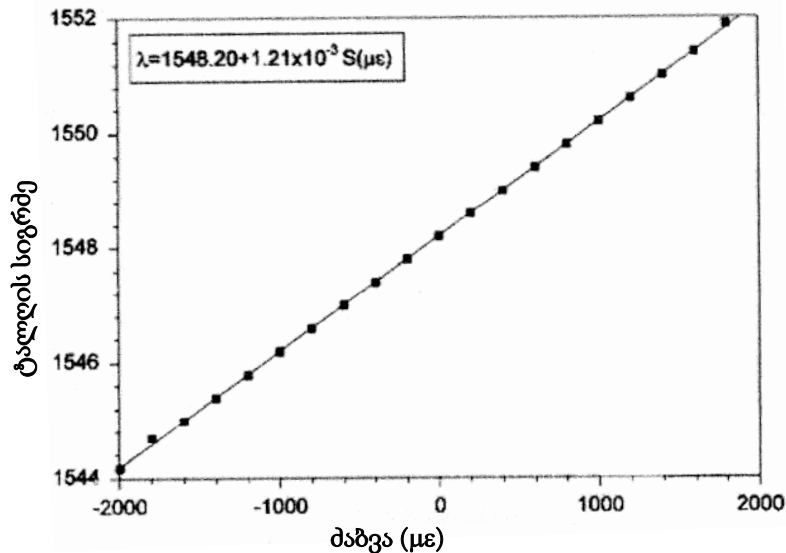
n_{eff} – ბოჭკოს გულის გარდატეხის მაჩვენებლის ეფექტურობა
ტალღის ცენტრალური სიგრძისათვის;

Λ – ბრეგის ცხაურის პერიოდი.

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

$$\Delta\lambda_0 = 2\left(\Lambda \frac{\partial n}{\partial \ell} + n \frac{\partial \Lambda}{\partial \ell}\right)\Delta\ell + 2\left(\Lambda \frac{\partial n}{\partial T} + n \frac{\partial \Lambda}{\partial T}\right)\Delta T. \quad (2)$$

ამ გამოსახულებაში პირველი შესაკრები გვიჩვენებს ბოჭკოზე დეფორმაციის ზემოქმედებას. დეფორმაციისაგან (კუმშვა/გაშლა) არეკვლის ტალღის სიგრძის წანაცვლების შედეგები მოყვანილია ნახაზზე 3.



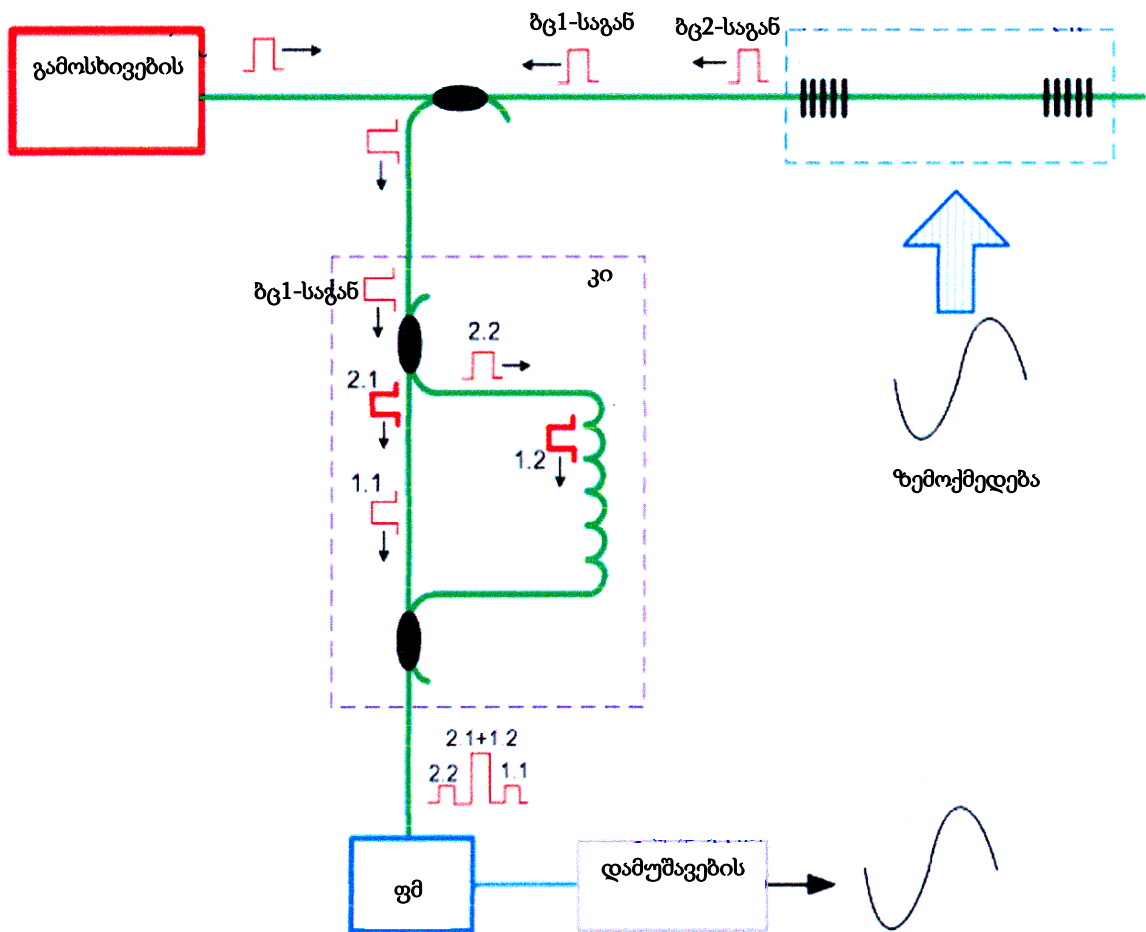
ნახ. 3. ტალღის სიგრძის დამოკიდებულება დეფორმაციაზე

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

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

ფაზური ინტერფერომეტრულ გადამწოდების საფუძველზე აგებული განაწილებული ბოჭკოვან-ოპტიკური გამზომი კომპლექსის მოქმედების პრინციპი ერთი ფაზური ინტერფერომეტრული გადამწოდის შემთხვევაში

მოცემულია ნახაზზე 4. 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 მგრძნობიარე ელემენტში შუქის გავრცელების ორმაგი დროის ტოლია. არეკლილი იმპულსები მიდის მაკომპენსირებელ ინტერფერომეტრზე (კი), რომელიც კიდევ ერთხელ გაყოფს მათ ორ ნაწილად.



ნახ. 4. ვიბრო-აკუსტიკური მონიტორინგის ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის მოქმედების პრინციპი

გადამწოდის მგრძნობიარე ელემენტის დეფორმაციის დროში ცვლილება გარე ზემოქმედების გამო იწვევს ინტერფერირებული

იმპულსების ფაზათა სხვაობას, რაც ფოტომიმლებით გარდაიქმნება დენის ცვალებადობაში.

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 მგრძნობიარობის მიღწევის პრობლემა, რაც განპირობებულია ყველა გადამწოდზე გარე ზემოქმედებების (წნევა და ტემპერატურა) განსხვავებით, აგრეთვე მაკომპენსირებელი ინტერფერომეტრებისა და გადამწოდების არაზუსტი დამზადებით.

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 ათნიშნის 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 ამალღებისათვის გათვალისწინებულია გადამცემი და მიმღები აპარატურის დარეზერვება. ძირითადი აპარატურის მტყუნების შემთხვევაში სარეზერვო აპარატურა ავტომატურად ჩაირთვება.

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 ათნიშნიანი სისტემით (აპარატურა განლაგებულია ცენტრაზებულად), ისე საველე შუქნიშნებით, როდესაც აპარატურა ცენტრალიზებულად განლაგებული არაა. ანალოგიური სისტემები გამოიყენება აგრეთვე შვეციაში, გერმანიაში, ინგლისში, რუსეთსა და სხვა ქვეყნებში.

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 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 სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების პროექტირება, მშენებლობა და ექსპლუატაცია.

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

მოქმედი სარკინიგზო დისკრეტული გადამწოდების ექსპლუატაციის გამოცდილებიდან, აგრეთვე თეორიული გაანგარიშებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ყველაზე მიზანშეწონილია 25 ჰც. სიხშირის გამოყენება.

25 ჰც სიხშირეზე სარელსო ხაზს აქვს ნაკლები მილევა, ვიდრე მაღალ სიხშირეებზე, რაც განაპირობებს დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის საიმედო მუშაობას შემცირებული იზოლაციის წინააღმდეგობის პირობებში. ნახაზზე 5 ნაჩვენებია იზოლაციის წინააღმდეგობის r_n მინიმალური მნიშვნელობის დამოკიდებულება სასიგნალო დენის სიხშირესთან f დისკრეტული გადამწოდის სხვადასხვა სიგრძეებისა $l_{\text{გვ}}$ და სხვადასხვა აპარატურული კოეფიციენტის N დროს, როდესაც უზრუნველყოფილია ყველა რეჟიმის შესრულება სეზონური რეგულირების გარეშე.

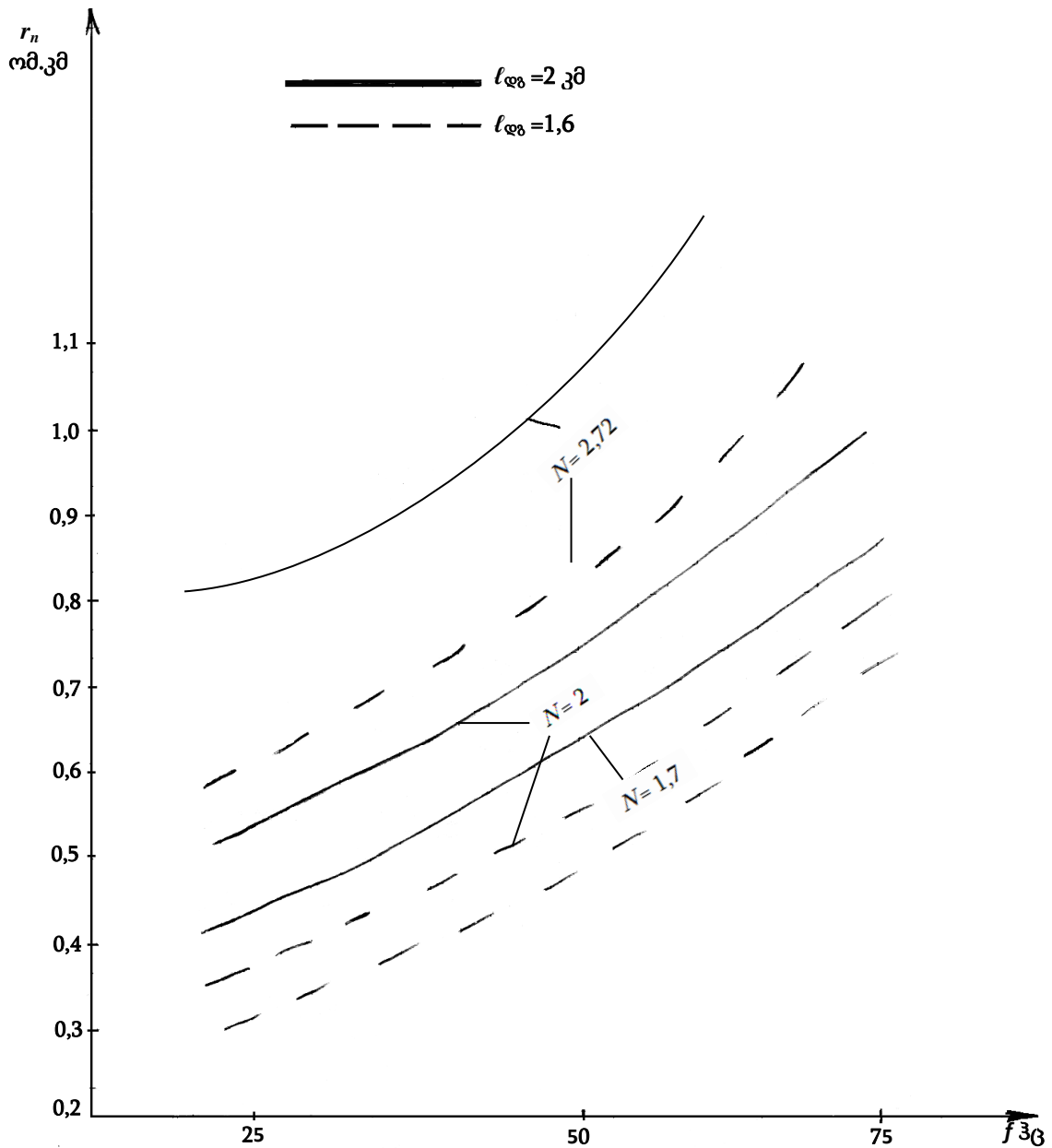
25 ჰც სიხშირე განსხვავდება სამრეწველო სიხშირისაგან (50 ჰც), რაც გამორიცხავს დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებზე ცენტრალიზებული ენერგომომარაგებების ზემოქმედებას.

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 ფაზამგრძობიარე მიმღების შემთხვევაშიც.



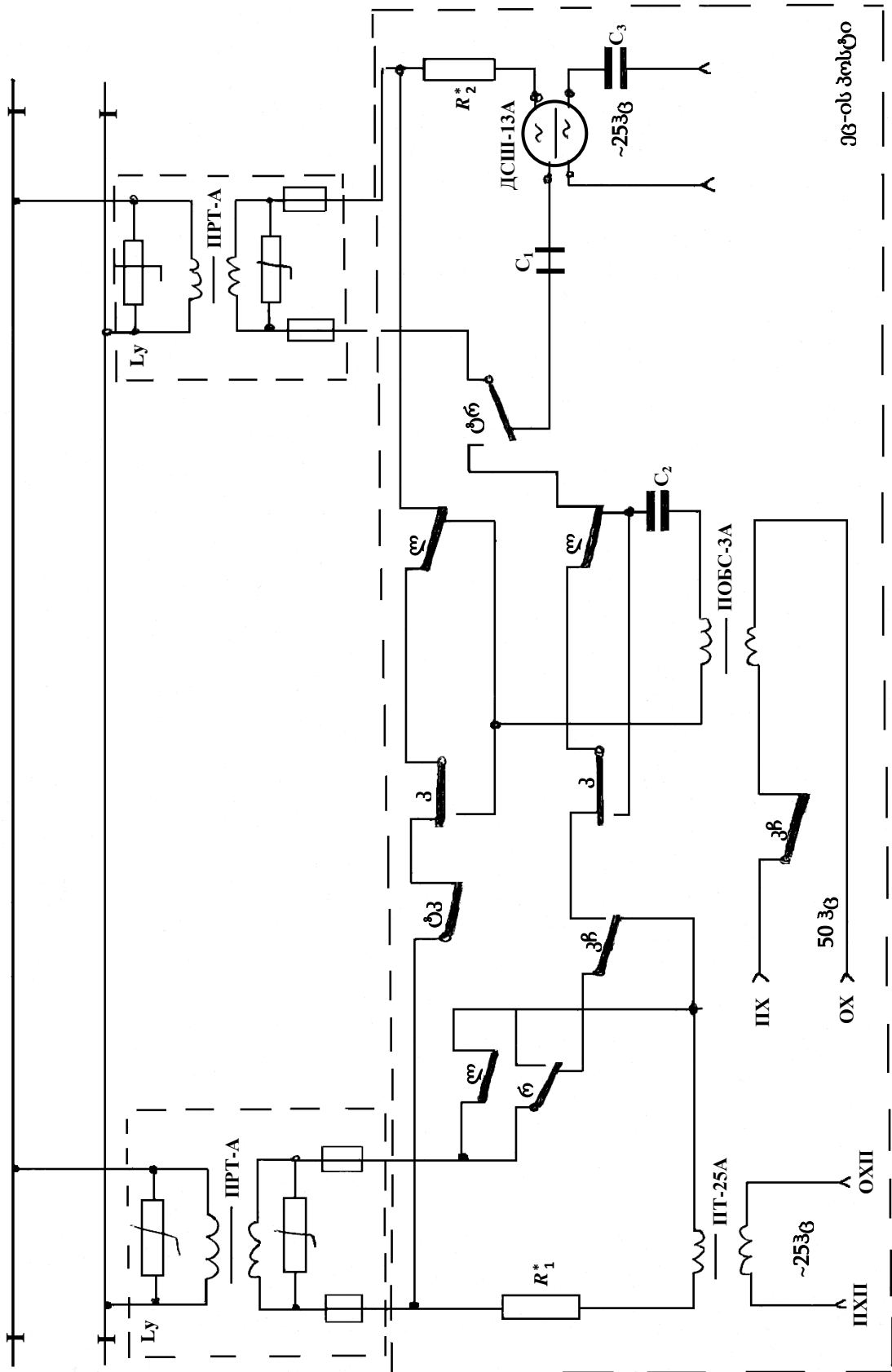
ნახ. 5. დამოკიდებულება $r_n = F(f)$

მაიზოლირებელი პირაპირების მოკლედ შერთვის კონტროლისათვის ყველაზე საიმედოა გამოვიყენოთ მეზობელ სარელსო წრედებში ფაზათა მონაცვლეობის პრინციპი.

სადგურებსა და გადასარბენებზე იზოლირებული პირაპირების მოკლედ შერთვის ფაზური კონტროლი ფართოდ გამოიყენება საზღვარგარეთის მრავალ ქვეყანაში. ამრიგად, საიმედო დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის შექმნის ამოცანა ყველაზე სრულყოფილად გადაწყდება 25 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენის გამოყენებისა და იზოლირებული პირაპირების მოკლედ შერთვის ფაზური კონტროლის გამოყენებით. ასეთი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდები შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც სადგურებში, ისე გადასარბენებზე წევის ნებისმიერი სახეობის პირობებში.

დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებისათვის მიღებული გადაწყვეტილებები აუცილებელია შევთანხმდეთ ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სისტემასთან. ამჟამად ყველა ლოკომოტივი აღჭურვილია რიცხვითი კოდური. ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მიმღები მოწყობილობებით, ხოლო პერსპექტივაში მუშავდება სხვა სახის სისტემები, ამიტომ დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის სქემაში აუცილებელია გავითვალისწინოთ, როგორც არსებულ, ისე პერსპექტიულ სისტემებთან შეუფერხებელი მუშაობის შესაძლებლობა. 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.

ჩამოყალიბებული პრინციპების გათვალისწინებით დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის სქემა ავტონომიური წევისათვის მოცემულია ნახაზზე 6. ამ სქემაში რეგულირების ძირითად საშუალებას მხოლოდ რიცხვითი ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია წარმოადგენს.



ნახ. 6. დისკრეტული მოწყობების გადამწოდის სქემა ავტონომიური წვევის დროს

მატარებელთა მოძრაობის მიმართულების შეცვლა ხდება მიმართების რ და კ რელეთა კონტაქტებით. დისკრეტულ გადამწოდზე მატარებლის შესვლისას კოდირების ჩართვას და მატარებლის პირველი გოგორწყვილების მოძრაობის მიმართულებით მომდევნო გადამწოდზე შესვლისას კოდირების შეწყვეტას ემსახურება პჩ კოდჩამრთველი რელე.

მე-5 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:

$$U_{\text{გ}} = BI_{\text{გ}}; I_{\text{გ}} = DI_{\text{ბ}}, \quad (3)$$

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

$z_{\text{გ}} = \sqrt{z \cdot r_0}$ 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. $R_{\text{გ}}$ წინაღობის საკაბელო ხაზში მიწოდებული ძაბვა $U_{\text{გბ}}$ თუ შემათანხმებელ ტრანსფორმატორს ჩავთვლით იდეალურად, ხოლო კაბელის ტევადობას უგულებელვყოთ, გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$U_{\text{გბ}} = I_{\text{გ}} (z_{\text{გ}} sh \gamma l + r_{\text{გ}} ch \gamma l) n + \frac{I_{\text{გ}} ch \gamma l}{n} R_{\text{გ}}, \quad (4)$$

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

n – ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

ტრანსფორმაციის ოპტიმალური კოეფიციენტი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$n_{\text{ოპტ}} = \sqrt{R_{\text{გ}} |b|}, \quad (5)$$

$$\text{სადაც } b = \frac{chyl}{z_{\delta} shyh + r_{\delta} shy} \approx \frac{1}{z_{\delta} + r_{\delta}}.$$

თუ (5) გამოსახულებას შევიტანთ (4)-ში და მოვახდენთ გარკვეულ გარდაქმნებს მივიღებთ R_{jmax} კაბელის მაქსიმალურად დასაშვები წინაღობისა და l_{jmax} აპარატურიდან სარელსო ხაზის მაქსიმალური დაშორების სიდიდის გამოსათვლელ ფორმულებს

$$R_{jmax} = \frac{U_{\text{გაბ}}^2}{2I_j^2 |(z_{\delta} shy + r_{\delta} chyl)chyl| (1 + \cos \varphi_b)} \approx \frac{1}{2} \left| \frac{U_{\text{გაბ}}}{I_j^2 chyl} \right|^2 \frac{1}{|z_{\delta} + r_{\delta}| (1 + \cos \varphi_b)}; \quad l_{jmax} = \frac{R_{jmax}}{R_0}, \quad (6)$$

სადაც φ_b b კომპლექსური სიდიდის არგუმენტი;

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

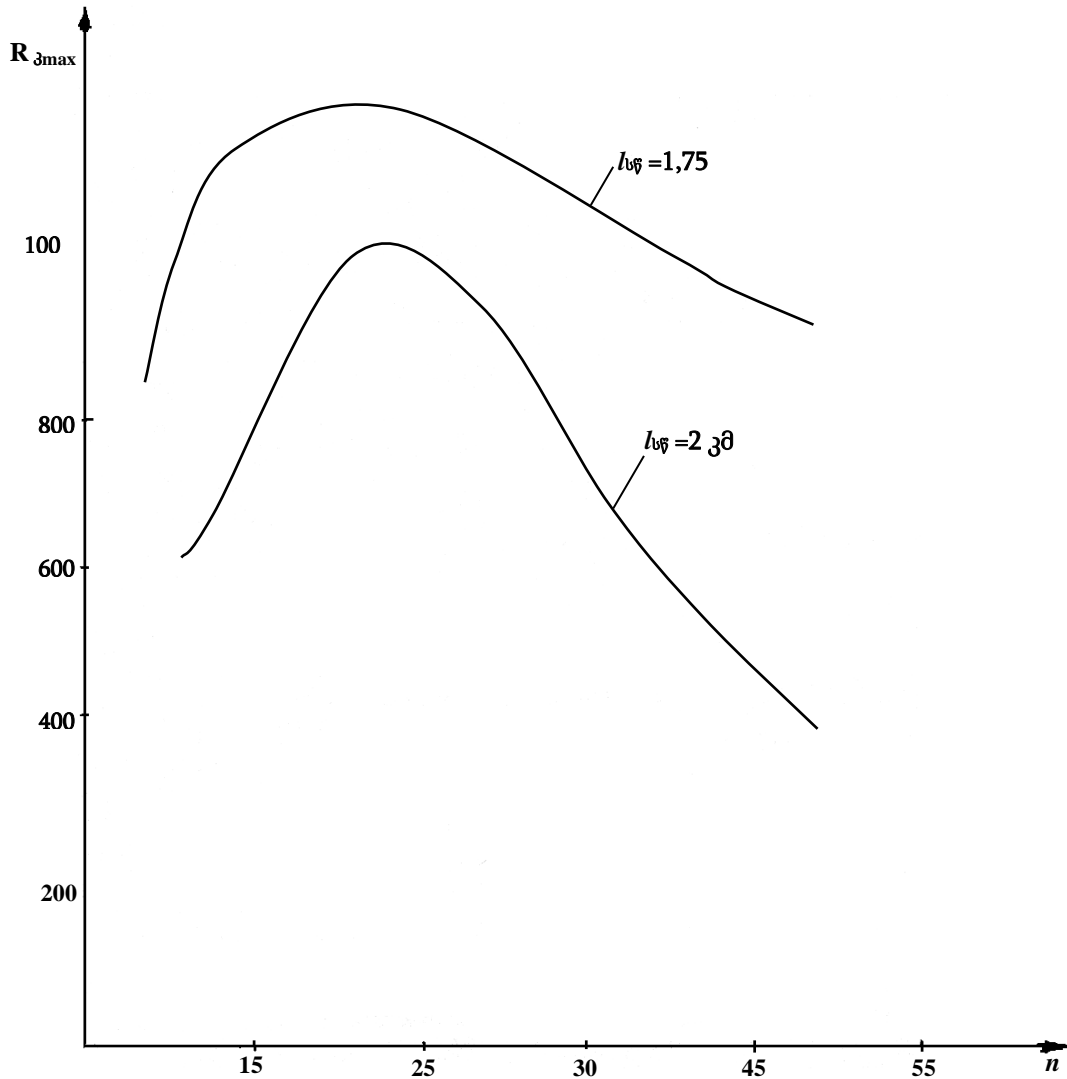
რეალური ტრანსფორმატორების გამოყენების შემთხვევაში (მაგალითად, ПРТ-А) აუცილებელია მოკლედ შერთვის კარგების გათვალისწინება. ამ შემთხვევაში l_{jmax} განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$l_{jmax} = \frac{R_{jmax} - R_{\text{გგ}}}{R_0}, \quad (7)$$

სადაც $R_{\text{გგ}}$ შემათანხმებელი ტრანსფორმატორის მაღალვოლტიანი გრაგნილის მოკლედ შერთვის წინააღობაა.

ნახაზზე 7 მოყვანილია $R_{jmax} = f(n)$ დამოკიდებულება, რომელიც გამოთვლილია (6) ფორმულით, როცა $U_{\text{გაბ}} = 220$ ვ; $r_{\delta} = 0,1$ ომი; $r_0 = 0,7$ ომი·კმ; $z = 0,8e^{j650} \frac{\text{ომი}}{\text{კმ}}$; $I_j = 1,4$ ა, ხოლო სარელსო წრედის $l_{\text{სფ}}$ სიგრძეებია 1,75 და 2კმ. ნახაზზე 6 მოყვანილი მრუდებიდან გამომდინარეობს, რომ შემათანხმებელ ტრანსფორმატორთა კოეფიციენტების სიდიდეთა რაციონალური მნიშვნელობები $25 \div 30$ დიაპაზონშია. კოეფიციენტების ამორჩევა უნდა განხორციელდეს აგრეთვე ბოლოების შესავალთა წინააღობების ოპტიმალური სიდიდეების იზოლაციის მუშა წინააღობის

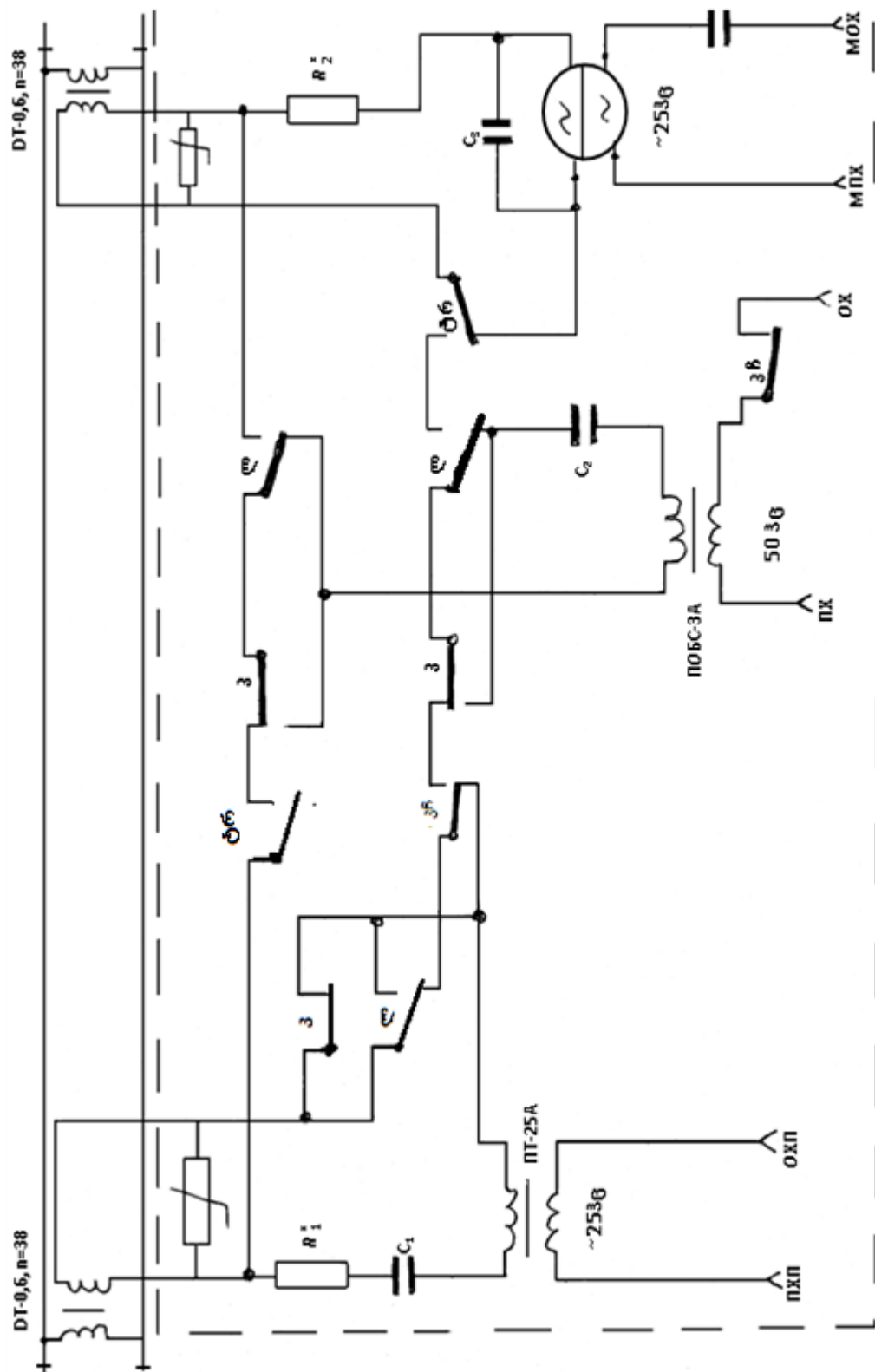
მინიმუმის კრიტერიუმის მიხედვით უზრუნველყოფის გათვალისწინებით ნორმალურ რეჟიმში, იმ პირობით, რომ სრულდება შუნტური და საკონტროლო რეჟიმებიც. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა ბოლოებზე წინაღობათა სიდიდეების ოპტიმალური მნიშვნელობები $0,3 \pm 0,36$ ომის დიაპაზონშია.



ნახ. 7. $R_{კmax} = f(n)$ დამოკიდებულება

სარელსო წრედის მაქსიმალური სიგრძე 2 კმ-ია. ამ დროს დისკრეტული მოქმედების გადამწოდს არ სჭირდება სეზონური რეგულირება, მაშინაც კი, როცა იზოლაციის მუშა წინაღობა მინიმალურია.

მუდმივი დენის ელექტრული წევისათვის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის სქემა მოყვანილია ნახაზზე 8. სარელსო წრედის სინთეზისას ჩატარდა გამოკვლევები DT-0,6 დროსელ-ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის



ნახ. 8 სარელსო წრედი მუდმივო დენის ელექტროლი წვეის დროს

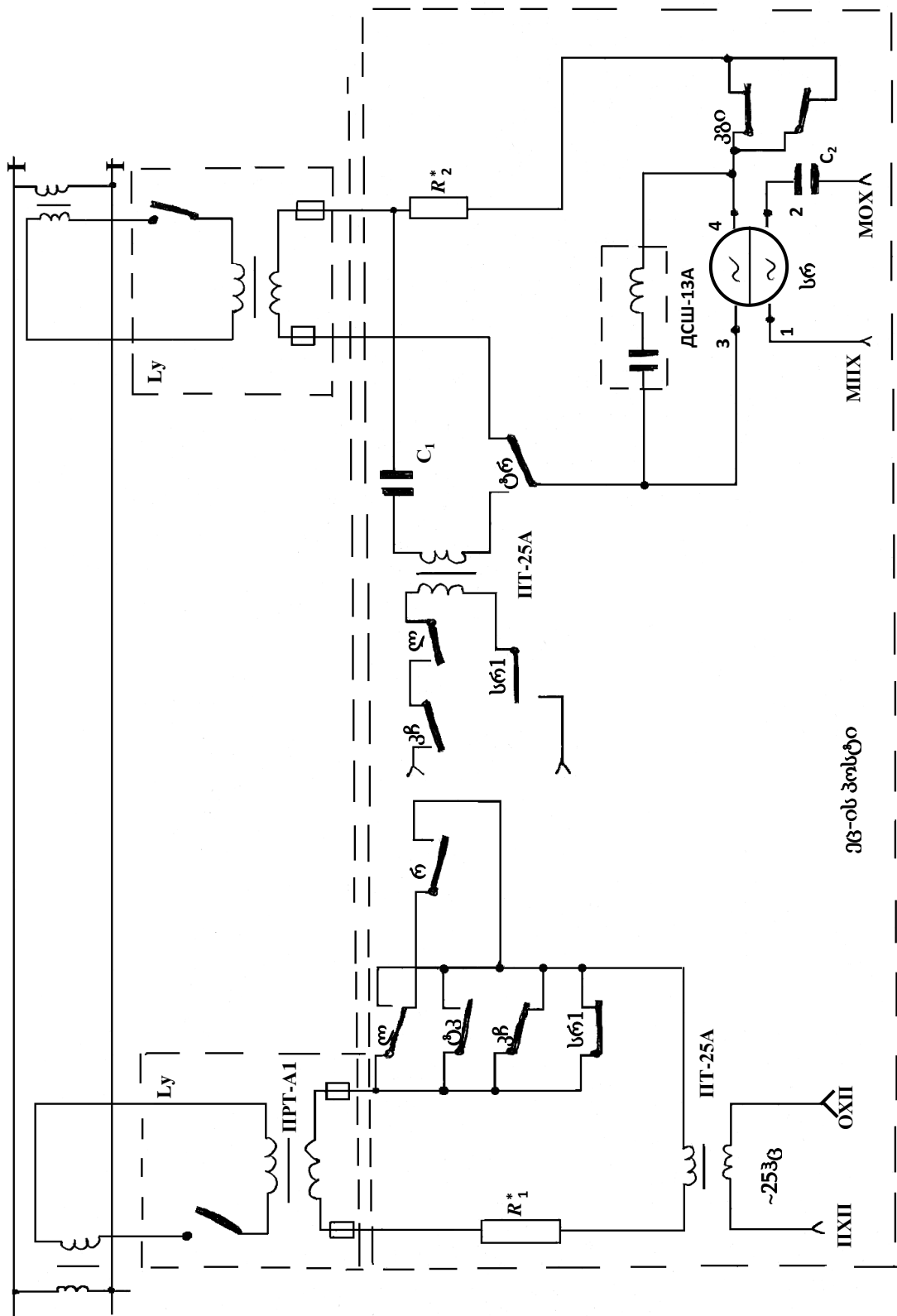
კოეფიციენტის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენისათვის, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილი იქნება აპარატურის მაქსიმალური დაშორება.

დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის მაქსიმალური სიგრძეა 1,75 კმ, ხოლო იზოლაციის მინიმალური მუშა წინაპირობა 0,45 ომი.კმ-ია.

ცვლადი დენის ელექტრული წვევის დროს სარელსო დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ნაჩვენებია ნახაზზე 9. ამ სქემის თავისებურებაა სასიგნალო დენისა და ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სიგნალების სიხშირეთა ტოლობა. სქემაში გათვალისწინებულია სალიანდაგო რელეს ყალბი ამოქმედებისაგან დაცვა სარელეო კაბელში შერთვის შემთხვევაში. ასეთი დაცვა აუცილებელია იმიტომ, რომ სარელეო კაბელის მარღვების შეერთებისას, რომელიმე სარელსო წრედის სარელეო ბოლოდან კოდირების დროს. შეიძლება მოკლედ შერთული წრედით ამოქმედდეს სხვა დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის სალიანდაგო რელე. დაცვა უზრუნველყოფილია სრ სალიანდაგო რელეს სალიანდაგო 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.

დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის მაქსიმალური სიგრძეა 2 კმ, იზოლაციის მინიმალური მუშა წინაღობა 0,5 ომი.კმ.

ფაზამგრძნობიარე სალიანდაგო მიმღებებს შორის დამზადების ტექნოლოგიის სიმარტივეთა და ეკონომიურობით გამორჩეულია ДСШ-12 ტიპის რელეები, ამიტომ სარკინიგზო დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის სალიანდაგო მიმღებებად ძირითადად ამ ტიპის რელეები გამოიყენება. მეტროპოლიტენების დისკრეტული მოქმედების გადამწოდებში სალიანდაგო მიმღებად გამოყენებულია გაცილებით ძვირადღირებული ДСШ-2 ტიპის რელეები, ამიტომ აპარატურის გადიდებული დაშორებისა და



ნახ. 9. დისკრეტული მოქმედების გადაწყობის სქემა ცვლადი დენის ელემენტული წევის დროს

ცენტრალიზებული განლაგების პირობებში მეტად აქტუალურია განშტოებული და განუშტოებელი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სქემათა დამუშავება DCIII-12 ტიპის რელეთა გამოყენებით. ამ ამოცანის გადაწყვეტისათვის აუცილებელია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების 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 დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის სარელეო ბოლოს შესავალი წინაღობის გაზრდას, რაც აუმჯობესებს შუნტური რეჟიმის შესრულებას, როდესაც შუნტი სარელეო ბოლოზეა და ამსუბუქებს კოდირების რეჟიმს სარელეო ბოლოდან.

მეტროპოლიტენებისათვის ახალი ფაზამგრძობიარე მიმღებიანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის სინთეზისათვის გამოყენებულია ოპტიმალური პროექტირების ერთ-ერთი მეთოდი. შემოწმებული იქნა სარელსო წრედის პარამეტრული ოპტიმიზაცია შემაერთებელი კაბელის წინაღობის მაქსიმალიზაციის მიზნით მეტროპოლიტენის დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის მუშაობისადმი წაყენებული შეზღუდვების პირობებში. გარდა ამისა ამ მეთოდის გამოყენებამ საშუალება მოგვცა განგვესაზღვრა ფუნქციონალური დამოკიდებულებანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის პარამეტრებს შორის, კერძოდ კაბელის

წინააღმდეგობასა და სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმებს შორის, აგრეთვე ჩამოგვეყალიბებინა მოთხოვნები მისი აპარატურის მიმართ.

ახალი ფაზამგრძობიარე მიმღებიანი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ელემენტთა პარამეტრების განსაზღვრისათვის შემოთავაზებულია ოპტიმალური პროექტირების მეთოდი, რომელიც წარმოადგენს შეზღუდვების პირობებში მათემატიკური პროგრამირების ამოცანას.

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

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (8)$$

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

$$\left. \begin{array}{l} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = g_1 \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq g_2^{\max} \\ \hline g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) > g_m^{\min} \end{array} \right\} \quad (9)$$

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 ამოცანად.

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

$$R_j = F(G_{j\text{წ}}^{\max}, U_{\text{რ6}}, \dot{A}_{\text{ღ6}}, \dot{B}_{\text{ღ6}}, \dot{C}_{\text{ღ6}}, \dot{D}_{\text{ღ6}}, C_1, C_2, C_3, L_1, L_2, R_1, \dot{Z}_{\text{მომ}}, l_{\text{რ6}}). \quad (10)$$

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

$\dot{A}_{\text{ღ6}}, \dot{B}_{\text{ღ6}}, \dot{C}_{\text{ღ6}}, \dot{D}_{\text{ღ6}}$ – დროსელ-ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი;

$U_{\text{რ6}}$ – ძაბვა რელეზე ნორმალურ რეჟიმში;

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

$l_{\text{რ6}}$ – სარელეო ხაზის სიგრძე.

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

$$R_j = \min[R_{j1} = f_1(U_{j\text{წ}} = G_{j\text{წ}}^{\max}), R_{j2} = f_2(U_{j\text{მ}} = G_{j\text{წ}}^{\max}), R_{j3} = f_3(U_{C1} = G_{j\text{წ}}^{\max})], \quad (11)$$

სადაც $U_{j\text{წ}}, U_{j\text{მ}}, U_{C1}$ – 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_{j1}).

$$A_1 R_{j1}^4 + B_1 R_{j1}^3 + C_1 R_{j1}^2 + D_1 R_{j1} + E_1 = 0, \quad (12)$$

სადაც $A_1 = |\dot{a}_1|^2$;

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_2 R_{\text{კ1}}^4 + B_2 R_{\text{კ2}}^2 + C_2 R_{\text{კ2}}^2 + D_2 R_{\text{კ2}} + E_2 = 0, \quad (13)$$

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.

ძირითადი დასკვნები

1. გაანგარიშებებში საიმედოობის თეორიის გამოყენებით შემოთავზებულია დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების სინთეზის მეთოდოლოგია, რაც იძლევა მტყუნებათა მინიმუმამდე დაყვანის შესაძლებლობას.
2. დამუშავებულია ახალი დისკრეტული მოქმედების გადამწოდის ინფორმაციის გაშიფრვისა და ინდიკაციის ბლოკის სქემა, სადაც ფაზრი-

პეროს ინტერფერომეტრული მეთოდის საფუძველზე წინასწარ მოცემული ალგორითმით განისაზღვრება შესაბამისი ინფორმაცია.

3. დამუშავებულია დისკრეტული გადამწოდების სქემები აპარატურის ცენტრალური განლაგების პირობებში სხვადასხვა ელექტრული წევისათვის.
4. მოცემულია ფაზამგრძობიარე 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.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში

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 გადამეტაბებისაგან 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 წრედებისთვის. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა თეზისების კრებული. თბილისი, 2018 წ. გვ. 261.

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 discrete action transducer block scheme of decryption and indication is developed, where based on the Fabry-Perout 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-Perout 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 methods of calculation of discrete action transducers have been developed where the parameters of the apparatus elements are not considered as the determined values, but as random ones.

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.