

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლაშა ფხაკაძე

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა
ეფექტიანობის ამაღლება დისკრეტული მოქმედების
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 ლაშა ფხაკაძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ეფექტიანობის ამაღლება დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების გამოყენებით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

2019 წ.

ხელმძღვანელი:

პროფესორი

მ. გოცაძე

რეცენზენტი:

ასოცირებული პროფესორი

ა. დუნდუა

რეცენზენტი:

პროფესორი

თ. მელქაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2019 წელი

ავტორი: ლაშა ფხაკაძე

დასახელება: „სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ეფექტიანობის ამაღლება დისკრეტული მოქმედების გადამწოდების 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 გამოყენებულ 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

მატარებელთა მოძრაობის გრაფიკის უზრუნველყოფასა და უსაფრთხო გადაადგილების გარანტიას ანხორციელებს მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემა, რომლის საელემენტო ბაზა განუწყვეტლივ განიცდის სრულყოფას რკინიგზის გამტარუნარიანობისა და გადაზიდვისუნარიანობის გაზრდის მიზნით.

რკინიგზების ექსპლუატაციის საწყის ეტაპზე მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემები აგებული იყო რელეურ-კონტაქტური აპარატურის გამოყენებით, რომელთა ტექნიკური მომსახურება დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ადამიანურ და მატერიალურ რესურსებთან. გადასარბენებზე ინტერვალური მოძრაობის ყველაზე სრულყოფილ სისტემას წარმოადგენს ავტობლოკირება, რომლის მუშაობის საიმედოობისა და მდგრადობის გაზრდისათვის დაინერგა ძირითადი ხელსაწყოების მუშაობის კონტროლი, შემოღებული იქნა მატარებლის სიჩქარის კონტროლი შესასვლელი სიგნალის დროულად გაღების მიზნით და სხვ. სტატისტიკა გვიჩვენებს, რომ მიუხედავად მატარებელი ღონისძიებებისა დაზიანებათა 69,2% მოდის მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა ისეთ ელემენტებზე, როგორებიცაა სარელსო წრედები, საისრე ამძრავები და შუქნიშნები. ამ ელემენტების მართვისა და კონტროლის სქემები აგებულია რელეურ-კონტარტურ საელემენტო ბაზაზე, ხოლო კავშირი ხორციელდება საკაბელო ქსელებით.

მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემებში უკონტაქტო ელემენტების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ სისტემის ფუნქციონალური შესაძლებლობები, ავამაღლოთ სწრაფმოქმედება და საიმედოობა, შევამციროთ ხარჯები პროექტირებაზე, მშენებლობასა და ექსპლუატაციაზე, უნიფიცირებული და სტანდარტული გავხადოთ ძირითადი კვანძები, მაგრამ უკონტაქტო ელემენტების გამოყენებით გამოწვეულმა მტყუნებამ არ შეიძლება საფრთხე შეუქმნას მოძრაობის უსაფრთხოებას.

რკინიგზის ტრანსპორტზე ინტერვალური რეგულირების სისტემებში ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენება მოითხოვს პრაქტიკულად მთლიანად არსებული რელეურ-კონტაქტური აპარატურა, მაგრამ შეუძლებელია დროის მოკლე პერიოდში რკინიგზის მთელ ქსელზე ამ აპარატურის მიკროპროცესორული სისტემებით ჩანაცვლება, ამასთან ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენება დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ტექნიკურ სირთულეებთან, რაც თხოულობს როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული ასპექტების ახლებურად დამუშავებას. მეთოდოლოგიური საფუძვლების შექმნას, ამიტომ ამ მიმართულებით კვლევების ჩატარება და პრობლემის გადაწყვეტა მეტად აქტუალური საკითხია.

დარგის ცნობილი მეცნიერებისა და სპეციალისტების მიერ გამოქვეყნებული ლიტერატურული მასალების გაცნობისა და ანალიზის შემდეგ დადგენილია, რომ მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოებასა და

ორგანიზაციას ანხორციელებს მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების შემდეგი სისტემები: ავტომატური ბლოკირება, ნახევრად ავტომატური ბლოკირება და დისპეჩერული ცენტრალიზაცია.

უკანასკნელ პერიოდში გამოქვეყნებული შრომების მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მიუხედავად ჩატარებული კოლოსალური მოცულობის სამეცნიერო-პრაქტიკული სამუშაოებისა, დღეისათვის ჯერ კიდევ გადაუწყვეტელია ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენებასთან დაკავშირებული მთელი რიგი მნიშვნელოვანი საკითხები, რაც ადასტურებს წარმოდგენილ ნაშრომში განხილული პრობლემების აქტუალობას.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემებში ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენებასთან დაკავშირებული თეორიული და პრაქტიკული საკითხი.

დისერტაციის მიზანია:

- მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების არსებული სისტემების ანალიზი, მათი საელემენტო ბაზისა და მოქმედების პრინციპის მიხედვით;
- რკინიგზის აღმასრულებელი ობიექტების (შუქნიშნები, საისრო ამძრავები, სარელსო წრედები, ელექტრომექანიკური რელეები) მართვის სქემების სრულყოფა ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენებით;
- მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა ელემენტების გაანგარიშების გაუმჯობესებული მეთოდის დამუშავება, სადაც აპარატურის ელემენტთა პარამეტრები განხილულია არა როგორც დეტერმინირებული სიდიდეები, არამედ როგორც შემთხვევითი სიდიდეები.

დასახული მიზნის მისაღწევად ნაშრომში დამუშავებულია და გადაწყვეტილია შემდეგი საკითხები:

- მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების არსებული სისტემების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ კაბელების რაოდენობა 30%-მდე, მონტაჟის და გაწყობა-ამუშავების ხარჯები 50%-მდე, ხოლო სისტემის ღირებულება 20 %-მდე;
- დამუშავებულია შუქნიშნის მართვის უკონტაქტო საკონტროლო მოწყობილობა შუქნიშნის, საკაბელო ხაზისა და ცენტრალური პოსტის გალვანური განმხოლოებით;
- დამუშავებულია თვითრეგულირებადი სარელსო წრედი მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემისათვის ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენებით;
- დამუშავებულია თვითრეგულირებადი სარელსო წრედის გაანგარიშების მეთოდიკა;
- დამუშავებულია ახალი საელემენტო ბაზის მქონე სარელსო წრედების გაანგარიშების გაუმჯობესებული მეთოდიკა, სადაც აპარატურის ელემენტთა პარამეტრები განხილულია არა როგორც დეტერმინირებული სიდიდეები, არამედ როგორც შემთხვევითი სიდიდეები;

- დადგენილია, რომ შემთხვევითი სიდიდეებია, როგორც სალიანდაგო მიმღების მახასიათებლები, ასევე იზოლაციის წინაღობა, შუნტის წინაღობა და კვების წყაროს ძაბვა;
- დამუშავებულია მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა საიმედოობის ფაქტორული ანალიზის განსაზღვრის მეთოდიკა ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენების პირობებში.

სადისერტაციო ნაშრომში გამოყენებულია მეცნიერული კვლევის თეორიული და ექსპერიმენტული მეთოდები. სარელსო წრედებისა და საიმედოობის თეორიების საფუძველზე დამუშავებულია მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა ელემენტების გაანგარიშების გაუმჯობესებული მეთოდიკა. გამოყენებულია, აგრეთვე მათემატიკური სტატისტიკის თანამედროვე მეთოდები.

ნაშრომში პირველადაა დამუშავებული და წარმოდგენილი თვითრეგულირებადი სარელსო წრედი, რომელიც მთლიანად ცვლის სეზონური რეგულირების არსებულ სისტემას. ასეთი სარელსო წრედი საშუალებას იძლევა რეგულირება მოვახდინოთ თეორიულად 0-დან ∞ -მდე ხოლო პრაქტიკულად შეუზღუდავი დიაპაზონის ფარგლებში.

დამუშავებული და შემოთავაზებულია ახალი თვითრეგულირებადი სარელსო წრედის გაანგარიშების მეთოდიკა.

შემოთავაზებულია შუქნიშნის მართვის უკონტაქტო საკონტროლო მოწყობილობა.

Abstract

Providing of train traffic schedule and guarantee of safe traffic of trains is performed by trains interval regulating system, whose element base is continuously undetermined the improvement to increase railway capacity and capability.

The interactive regulatory systems of trains on the initial stage of railway operation were constructed using relay-contact equipment, technical maintenance of that is connected to significant human and material resources. The most complete system of interval motion on spans in is presented by the block for increasing in the reliability and stability of the work t has been implemented the basic devices operation control, and the control of the train speed was introduced in order to timely open the input signal and so forth. The statistics show that 69.2% of the failures that have been occurred despite the carried out actions comes on trains traffic such interval regulatory systems as track circuits, switches drives and traffic lights. The control of these elements and control circuits are constructed on the relay-contact element base, and the communication is carried out by cable networks.

In the train movement interval regulation systems using of contactless elements gives the possibility to increase the functional capabilities of the system, improve the speed and reliability, reduce the costs on design, construction and operation, makes an uniform and standard the units, but caused due the application of the contactless elements failures will not create the threat for the safety of traffic.

Railway transport interval regulation systems require the use of a new base element base almost entirely replace the current of relay-contact equipment, but it is not possible to replace it in a short period of time in the entire railway network microprocessor systems, in addition the application of new element base in most of the cases is associated with considerable technical difficulties that requires the development of theoretical as well as practical aspects of the process in a new way, thus to conduct research in this direction and solve the problem is a very topical issue.

After studying and analyzing the literary materials published by the famous science and specialists of the field it is established that the train safety and organization are carried out by the train's interval regulation following systems: automatic blocking, semi automatic blocking and dispatch centralization.

According to the latest published works, we can conclude that despite the carried out e colossal volume of the scientific-practical papers, there are still a number of important issues related to the use of the new element base, which confirms the actuality of the problems discussed in the present work.

In the thesis are considered the theoretical and practical issues related to the application of a new element base in the interval regulatory systems of train traffic.

The aim of thesis is to:

- Analysis of existing interval regulation systems of trains, according to their element base and validity principle;
- Improvement of control circuits of railway executive facilities (traffic lights, switch drives, track circuits, electromechanical relays) using new element base;
- Development of improved methods of calculation of elements of the trains interval regulating system, where the parameters of the device elements are considered not as the determined values, but as random ones.

In order to achieve the objective, in the work has been developed and solved the following issues:

- Based on the analysis of current trains traffic interval regulatory systems, is determined that the application of a new element base will reduce the number of cables up to 30%, installation and developing costs up to 50% and cost of system up to 20%;
- The contactless control device for traffic lights has been developed for the traffic lights, cable line and the central post galvanic disconnection;
- Is developed the trains traffic interval regulating system of self-regulated track circuit using a new element base;
- Is developed the calculation methodology of self-regulated track circuit;
- Improved methods of calculation of track circuits with a new element base are developed where the parameters of the device elements are considered not as the determined values, but as random ones;
- It is determined that the random values are the rail receiver's characteristics, as well as isolation resistance, shunt resistance and power supply voltage;
- The methodology for determining the factor analysis of the reliability of the train traffic interval regulatory systems has been developed due the application of new element base.

Theoretical and experimental methods of scientific research are used in the dissertation work. Improved methods of calculation of elements of the train traffic interval regulating system have been developed on the basis of track circuits and reliability theories. Modern methods of mathematical statistics are also used.

In the work firstly is developed and presented a self-regulated track circuit that completely changes the existing system of seasonal regulation. Such a track circuit gives the possibility to theoretically regulate from 0 up to ∞ and in practically for unlimited range.

Methodology for calculation of the new self-regulated track circuit is developed and proposed.

The contactless control device for traffic lights is offered.

შინაარსი

შესავალი	12
1. ლიტერატურის მიმოხილვა	16
2. შედეგები და მათი განსჯა	26
2.1. ინტერვალური რეგულირების საგადასარბენო სისტემების ანალიზი.....	26
2.2. ახალი საელემენტო ბაზის მქონე სარელსო წრედების ალბათური გაანგარიშების მეთოდის დამუშავება	35
2.3. შუქნიშნის მართვის უკონტაქტო სქემის დამუშავება	42
2.4. თვითრეგულირებადი სარელსო წრედის დამუშავება	45
2.5. მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების ცნობილი სისტემების ანალიზი.....	60
2.6. ინტერვალური რეგულირების სისტემების ფუნქციონირებისა და აღდგენადობის ხარისხის გამოკვლევა	67
2.7. საგადასარბენო ინტერვალური რეგულირების სისტემის მუშაობის ალგორითმის დამუშავება.....	73
2.8. ღერძების მთვლელი გადაძვლების დამუშავება	77
2.9. ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენების პერსპექტივები მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემებში	84
2.10. მოძრავი შემადგენლობის ღერძებისა და მოძრავი ერთეულების მოწყობილობათა შესწავლა.....	88
2.11. ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენების პერსპექტივების დადგენა მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სასადგურო სისტემებში	102
3. დასკვნა	114
გამოყენებული ლიტერატურა	120

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. პარამეტრების რიცხვითი მახასიათებლები გარემონტებული რელეებისათვის	41
ცხრილი 2. შემთხვევითი სიდიდეების რიცხვითი მახასიათებლები .	41
ცხრილი 3. კონტროლის მოწყობილობის ღერძების მთვლელი სისტემისათვის საშიში მტყუნებების კრიტერიუმები	92
ცხრილი 4 (რეჟიმი 1)	95
ცხრილი 5 (რეჟიმი 2)	95
ცხრილი 6 (რეჟიმი 3, 1 ეტაპი)	95
ცხრილი 7 (რეჟიმი 3, ეტაპი 2)	96

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1. შემთხვევითი სიდიდეების ალბათობათა განაწილების სიმკვრივეთა მრუდები	37
ნახ. 2. შუქნიშნის მართვის უკონტაქტო სქემა	43
ნახ. 3. სარელსო წრედის ბლოკ-სქემა	45
ნახ. 4. $r'_{ij} = f(\beta)$ დამოკიდებულების მრუდები	59
ნახ. 5. მოწყობილობის ალს-სარ ფუნქციონალური სქემა	63
ნახ. 6. მოძრავი შემადგენლობის ღერძებისა და მოძრავი ერთეულების მთვლელი მოწყობილობის ბლოკ-სქემა	89
ნახ. 7. სალიანდაგო გადამწოდის პროცესორის ფუნქციონირების ალგორითმის ბლოკ-სქემა	100
ნახ. 8. JZSD-770 სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის სტრუქტურული სქემა	107
ნახ. 9. ALISTER სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის სტრუქტურული სქემა	109
ნახ. 10. ESTWL90 სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის ბლოკ-სქემა	111
ნახ. 11. უსაფრთხო SELMIS მოდულის სტრუქტურული სქემა	113
ნახ. 12. SIMIS W სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის სტრუქტურული სქემა	116
ნახ. 13. SMILE სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის სტრუქტურული სქემა	117

შესავალი

მატარებლების მოძრაობის გრაფიკის უზრუნველყოფასა და უსაფრთხო გადაადგილების გარანტიას ანხორციელებს მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემა, რომლის საელემენტო ბაზა განუწყვეტლივ განიცდის სრულყოფას რკინიგზის გამტარუნარიანობისა და გადაზიდვისუნარიანობის გაზრდის მიზნით.

რკინიგზების ექსპლუატაციის საწყის ეტაპზე მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემები აგებული იყო რელეურ-კონტაქტური აპარატურის გამოყენებით, რომელთა ტექნიკური მომსახურება დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ადამიანურ და მატერიალურ რესურსებთან. გადასარბენებზე ინტერვალური მოძრაობის ყველაზე სრულყოფილ სისტემას წარმოადგენს ავტობლოკირება, რომლის მუშაობის საიმედოობისა და მდგრადობის გაზრდისათვის დაინერგა ძირითადი ხელსაწყოების მუშაობის კონტროლი, შემოდებული იქნა მატარებლის სიჩქარის კონტროლი შესავალი სიგნალის დროულად გაღების მიზნით და სხვ. სტატისტიკა გვიჩვენებს, რომ მიუხედავად გატარებული ღონისძიებებისა დაზიანებათა 69,2% მოდის მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა ისეთ ელემენტებზე, როგორებიცაა სარელსო წრედები, საისრე ამძრავები და შუქნიშნები. ამ ელემენტების მართვისა და კონტროლის სქემები აგებულია რელეურ-კონტაქტურ საელემენტო ბაზაზე, ხოლო კავშირი ხორციელდება საკაბელო ქსელებით.

მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემებში უკონტაქტო ელემენტების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ სისტემის ფუნქციონალური შესაძლებლობები, ავამაღლოთ სწრაფმოქმედება და საიმედოობა, შევამციროთ ხარჯები პროექტირებაზე, მშენებლობასა და ექსპლუატაციაზე, უნიფიცირებული და სტანდარტული გავხადოთ ძირითადი კვანძები, მაგრამ უკონტაქტო ელემენტების მტყუნებამ არ შეიძლება საფრთხე შეუქმნას მოძრაობის უსაფრთხოებას.

რკინიგზის ტრანსპორტზე ინტერვალური რეგულირების სისტემებში

ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენება მოითხოვს პრაქტიკულად მთლიანად შეცვალეთ არსებული რელეურ-კონტაქტური აპარატურა, მაგრამ შეუძლებელია დროის მოკლე პერიოდში რკინიგზის მთელ ქსელზე ამ აპარატურის მიკროპროცესორული სისტემებით ჩანაცვლება, ამასთან ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენება დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ტექნიკურ სირთულეებთან, რაც თხოულობს როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული ასპექტების ახლებურად დამუშავებას, მეთოდოლოგიური საფუძვლების შექმნას, ამიტომ ამ მიმართულებით კვლევების ჩატარება და პრობლემის გადაწყვეტა მეტად აქტუალური საკითხია.

წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში დასმულია და გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

- მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების არსებული სისტემების ანალიზი, მათი საელემენტო ბაზისა და მოქმედების პრინციპის მიხედვით;
- რკინიგზის აღმასრულებელი ობიექტების (შუქნიშნები, სასრო ამძრავები, ელექტრომექანიკური რელეები) მართვის სქემების სრულყოფა ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენებით;
- მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა ელემენტების გაანგარიშების გაუმჯობესებული მეთოდიკის დამუშავება, სადაც აპარატურის ელემენტთა პარამეტრები განხილულია არა როგორც დეტერმინირებული სიდიდეები, არამედ როგორც შემთხვევითი სიდიდეები.

ნაშრომში გამოყენებულია კვლევის თეორიული და ექსპერიმენტული მეთოდები. სარელსო წრეებისა და საიმედოობის თეორიების საფუძველზე დამუშავებულია მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა ელემენტების გაანგარიშების გაუმჯობესებული მეთოდიკა.

სამუშაოს მეცნიერული სიახლეა, რომ მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების არსებული სისტემების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ კაბელების რაოდენობა 30%-მდე,

მონტაჟისა და გაწყობა-ამუშავების ხარჯები 50%-მდე, ხოლო სისტემის ღირებულება 20%-მდე.

დამუშავებულია შუქნიშნის მართვის უკონტაქტო საკონტროლო მოწყობილობა შუქნიშნის, საკაბელო ხაზისა და ცენტრალური პოსტის გალვანური განმხოლოებით.

დამუშავებულია თვითრეგულირებადი სარელსო წრედი მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემისათვის ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენებით.

დამუშავებულია თვითრეგულირებადი სარელსო წრედის გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

დამუშავებულია ახალი საელემენტო ბაზის მქონე სარელსო წრედების გაანგარიშების გაუმჯობესებული მეთოდოლოგია, სადაც აპარატურის ელემენტთა პარამეტრები განხილულია არა როგორც დეტერმინირებული სიდიდეები, არამედ, როგორც შემთხვევითი სიდიდეები. დადგენილია, რომ შემთხვევითი სიდიდეებია, როგორც სალიანდაგო მიმღების მახასიათებლები, ასევე იზოლაციის წინაღობა, შუნტის წინაღობა და კვების წყაროს ძაბვა.

დამუშავებულია მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა საიმედოობის ფაქტორული ანალიზის განსაზღვრის მეთოდოლოგია ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენების პირობებში.

საქართველოს რკინიგზაზე ამჟამად მიმდინარეობს მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების რელეურ-კონტაქტური სისტემების ჩანაცვლება მიკროპროცესორული სისტემებით, მაგალითად ბათუმი-მახინჯაურის უბანი, რაც საშუალებას იძლევა შევამციროთ მონტაჟისა და გაწყობა-ამუშავების ხარჯები 50%-მდე, კაბელების რაოდენობა 30%-მდე, ხოლო სისტემის ღირებულება 20%-მდე, ამიტომ დისერტაციაში მიღებულ შედეგებს გააჩნია მნიშვნელოვანი პრაქტიკული დანიშნულება.

2000 წლიდან დღემდე საქართველოს რკინიგზაზე ჩატარებული დაკვირვებების სტატისტიკა გვიჩვენებს, რომ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობათა დაზიანებები მნიშვნელოვნადაა

შემცირებული, მაგრამ ამ დაზიანებებით გამოწვეული მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა ნორმალური მუშაობის დარღვევები საერთო დაზიანებათა თითქმის ნახევარს შეადგენს, რაც კიდევ ერთხელ მიუთითებს საელემენტო ბაზის განახლების აუცილებლობაზე.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

რკინიგზის ექსპლუატაციის საწყის ეტაპზე მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემები აგებული იყო რელეურ-კონტაქტური აპარატურის გამოყენებით, რომელთა ტექნიკური მომსახურება დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ადამიანურ და მატერიალურ რესურსებთან.

მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემებს მიეკუთვნება ავტომატური ბლოკირება, ნახევრად ავტომატური ბლოკირება, გადასასვლელებზე ავტომატური გადამღობი მოწყობილობები, დისპეტჩერული ცენტრალიზაცია, ხოლო სადგურებში ისრებისა და სიგნალების ელექტრული ცენტრალიზაცია.

გადასარბენებზე ავტომატური ბლოკირების სისტემების აპარატურა, რომელიც უზრუნველყოფს რკინიგზის დიდ მონაკვეთზე მატარებელთა მოძრაობის რეგულირებას, განლაგებულია რკინიგზის გასწვრივ და მუშაობს სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში.

სასადგურო მოწყობილობების სარელეო აპარატურა განთავსებულია სადგურის ტერიტორიაზე არსებულ ელექტრული ცენტრალიზაციის პოსტებზე, ხოლო აღმასრულებელი ორგანოები სავსე მოწყობილობებია.

ეს საკითხები განხილულია ო. პოუპეს, ა. ბრილევის, მ. ნოვიკოვის, ა. დუნდუას და ა. ნოდის შრომებში.

თავისი ფუნქციონირებისათვის საგადასარბენო და სასადგურე სისტემების ბაზები საჭიროებენ ერთი ტიპის კვანძებს და ელემენტებს, ისეთებს, როგორცაა – სარელსო წრედები, ოპტიკური სიგნალიზაციის ხელსაწყოები (შუქნიშნები) და სხვა.

გამოყენებული ლიტერატურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ განხილული სისტემები შეიძლება მივაკუთვნოთ რთული სისტემების კლასს, რომლებიც თავის მხრივ შედგებიან საერთო წრედით გაერთიანებული ფუნქციონალური ელემენტების, ბლოკებისა და კვანძების დიდი რიცხვისაგან. ამ მოწყობილობების ძირითად დანიშნულებას წარმოადგენს გადასარბენებსა და სადგურებზე მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების ამაღლება,

სარკინიგზო მონაკვეთებისა და სასადგურე აუცილებელი გამტარუნარიანობით უზრუნველყოფა, მონაკვეთებზე მატარებლების მოძრაობის სიჩქარის გაზრდა. შესაბამისად ამ მოწყობილობების საიმედო მუშაობა დიდად განსაზღვრავს გადაყვანა-გადატანის პროცესის ხარისხს. ამ მოწყობილობების საიმედოობის უზრუნველყოფა მოითხოვს ტექნიკის მუშაობაში შეფერხებებისა და მტყუნებების, მიზეზებისა და ფაქტორების ცოდნასა და ანალიზს, სისტემის გამძლეობისა და მდგრადობის მარაგის, სხვადასხვა გარე ზემოქმედებისა და კლიმატური პირობების ცვალებადობის შემთხვევაში ნორმალური ფუნქციონირების უნარის შეფასებას.

თანამედროვე ტექნიკურ სისტემაში გაუმართაობები, როგორც წესი, იმ შეცდომების შედეგია, რომლებიც დაშვებული იქნენ პროექტირების, დამზადების, აგებისა და ექსპლუატაციის დროს. პრინციპში კარგად დაპროექტებულმა, ხარისხიანად დამზადებულმა, დეტალურად გამოცდილმა და სწორად გამოყენებულმა აპარატურამ მუშაობისას არ უნდა გვიმტყუნოს. თუმცა პრაქტიკა ამას არ ადასტურებს.

გაუმართაობები და მათ მიერ გამოწვეული მტყუნებები შეიძლება დავეყოთ ორ ჯგუფად:

- გაუმართაობები, განპირობებულნი პრინციპულ სქემაში ან მოწყობილობების კონსტრუქციაში შეცდომებით, სქემების დამზადებისა და მონტაჟის პროცესში ნაკეთობათა ხარისხის ზუსტი კონტროლით. ეს გაუმართაობები გამოწვეულნი არიან საორგანიზაციო-ტექნიკური მიზეზებით, ისინი შეიძლება აღმოიფხვრან დაპროექტებისა და წარმოების კულტურის დონის ამაღლებისა და ხარისხზე კონტროლის გამკაცრების ხარჯზე.
- მოწყობილობებში გაუმართაობების აღმოჩენისას, თუკი მათი დაპროექტება, შემოწმება და ტექნიკური წესების მოთხოვნები დაკმაყოფილებულია, ამ შემთხვევაში გაუმართაობები გამოწვეულია დროში ელემენტთა პარამეტრების ცვლილების, მექანიკური ცვეთისა და მათი მოძველების გამო.

რიგ შემთხვევაში გაუმართაობები შეიძლება გამოწვეული იყოს საერთო სქემის ნაწილის ბოლომდე დაუმუშავებლობის შედეგად, როდესაც მოწყობილობების დაპროექტება და შემუშავება წარმოებს ტექნიკური დიაგნოსტიკის მოთხოვნების გათვალისწინების გარეშე. ეს ვლინდება დასაპროექტებელი სისტემის დიაგნოსტიკური მოდელის შემუშავების არარსებობის შემთხვევაში, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა განგვესაზღვრა სისტემის შრომისუნარიანობის პირობები, მისი ქცევა ცალკეული ელემენტებისა და კვანძების მტყუნებისას. პროექტირების სისტემებში ცნობები საკონტროლო წერტილების განლაგების შესახებ ჩვეულებრივ არ არის. პარამეტრების გაზომვით მომსახურე პერსონალს მექანიკური რეგულირებით შეუძლია აღმოფხვრას მოსალოდნელი მტყუნება მინიმალურ ვადებში. წამოყენებული სისტემები არ არიან სათანადოდ უზრუნველყოფილნი შესაბამისი ინსტრუმენტებით, გაუმართაობების მოძიებისა და აღმოფხვრის წესებით და ა.შ.

საგადასარბენო მოწყობილობების დაპროექტებისას მიზანშეწონილი იქნებოდა მათი შრომისუნარიანობის პროგნოზირების შესაძლებლობის გათვალისწინება. ამავე დროს დიაგნოსტიკის თაობაზე შემუშავებული წინადადებები უნდა ეთანხმებოდეს დასანერგი სისტემის კონსტრუქციულ თავისებურებებს და სრულად პასუხობდეს რემონტვარგისიანობის მოთხოვნის დონეს.

ამ წინადადებებს შეიძლება მივაკუთვნოთ ინფორმაციული პროგრამების შემუშავება, რომლებიც ხელს უწყობენ წარმოქმნილი გაუმართაობების მოძრაობას, როგორც მექანიკური, ხელით შემოწმების, ასევე ჩართული დიაგნოსტიკური და საკონტროლო გადამეორების შემთხვევაში, რომლებიც გვაწვდიან პირველად ინფორმაციას კონტროლირებადი ობიექტის ნორმალური მდგომარეობის დარღვევის შესახებ.

ეს თემატიკა გაჭუქებულია ჟ. საფორდის, ჯ. ადამსის, ი. კრავცოვის, ბ.სტეპენსკის, ვ. საპოჟნიკოვის, ნ. მუხიგულაშვილის, ა. ბერიძის, მ. გურგენიძისა და გ. ლომთათიძის შრომებში [].

საგადასარბენო მოწყობილობების მუშაობის საიმედოობის ასამაღლებლად ჩატარებული მთელი რიგი საორგანიზაციო და ტექნიკური ღონისძიებების მიუხედავად, რომელსაც მიეკუთვნება აპარატურის გეგმიური და პროფილაქტიკური რემონტი, ტექნიკური პერსონალის მიერ ტექნიკური შინაარსის წესებისა და მეთოდების შესწავლა, ამ ტექნიკის მუშაობაში კვლავ ადგილი აქვს მტყუნებებს; ხოლო გაუმართაობების ლოკალიზაციის დრო გაუმართლებლად დიდი რჩება.

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

სუბიექტურ ფაქტორებს შეიძლება მივაკუთვნოთ რემონტისა და მომსახურების უხარისხობა, მომსახურე პერსონალის მიერ დაშვებული შეცდომები, რემონტისა და პროფილაქტიკის ორგანიზაციისათვის საჭირო, ზუსტი რეკომენდაციების არ არსებობა.

აღნიშნული მიზეზებისა და რიგი სხვა ფაქტორების გამო მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების საგადასარბენო სისტემებსა და ელემენტებს ექსპლუატაციის პროცესში გააჩნიათ დაზიანების არასწორი ფუნქციონირებისა და მტყუნების გარკვეული ალბათობა.

თავის ნაშრომში ნ. მუხიგულაშვილი დაზიანების ანალიზის საფუძველზე აღნიშნავს, რომ აუცილებელია სხვადასხვა სისტემებში კვანძებისა და ბლოკების საიმედოობის განსაზღვრა. მუშაობისას დგება ამოცანა, რომ მტყუნების ანალიზის საფუძველზე განვსაზღვროთ სხვადასხვა სისტემების კვანძებისა და ბლოკების საიმედოობა, რათა ავტომატურ კონტროლსა და დიაგნოსტიკას დაუქვემდებაროთ უფრო საპასუხისმგებლო და ნაკლებად საიმედო ელემენტები.

ვ. ჰარისის, ვლ. საპოჟნიკოვის, ი. დმიტრიენკოს, მ. გოცაძის, ნ. გოგიშვილისა და ნ. მღებრიშვილის მიერ ჩატარებული გამოკვლევების

საფუძველზე დადგენილია, რომ ყველა მოწყობილობას გააჩნია დაზიანებების მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომლებიც განპირობებულია არიან როგორც ელემენტთა მოძველებითა და ცვეთით, ასევე მომსახურე პერსონალის შეცდომებით, რომელთა ნაწილზეც მოდის მტყუნებათა მთელი რიცხვის 50%-ზე მეტი. ამიტომ უფრო მიზანშეწონილია ავტომატური კონტროლისა და დიაგნოსტიკის ისეთი საშუალებების დანერგვა, რომლებიც საშუალებას მოგვცემენ განვახორციელოთ მტყუნებების პროგნოზირება, მოულოდნელი მტყუნებების საიმედო და დროული ფიქსაცია და გამოვრიცხოთ მომსახურე პერსონალის მიზეზით გამოწვეული მტყუნებები. ამავე ავტორების მიერ დადგენილია, რომ ამ სისტემების ცალკეული ელემენტები და კვანძები სხვადასხვა საიმედოობის არიან. ელემენტთა მტყუნებების მახასიათებლები შეიძლება გამოვიყენოთ პროფილაქტიკური სამუშაოების ორგანიზაციისას, აგრეთვე ამ მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკის სისტემაში კონტროლირებადი პარამეტრების რაციონალური რაოდენობის განსაზღვრისათვის.

საგადასარბენო მოწყობილობების მტყუნებების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მათი მუშაობისუნარიანობის დარღვევა განპირობებულია ისეთი ელემენტების არასაკმარისი საიმედოობით, როგორცაა სარელსო წრედები, სალიანდაგო რელეებ, ელექტროამძრავები, სარელეო ბლოკები, საკაბელო ხაზები, მცველები და სხვა.

მომრეობის უსაფრთხოების პირობების მიხედვით მატარებელთა მომრეობის ინტერვალური რეგულირების სისტემის გამოსავალზე მიღებული ინფორმაცია უნდა იყოს აბსოლუტურად უტყუარი, მაგრამ ეკონომიკური თვალსაზრისით ავტობლოკირების სისტემებში გამოიყენება გადაცემული ინფორმაციის დამახინჯებასთან ბრძოლის ისეთი ზომები, რომელთა დროს გამორიცხულია შუქნიშანზე ნებადამრთველი ჩვენების გაჩენა ამკრძალავის ნაცვლად. ამავე დროს გადაცემის ტრაქტის დაბრკოლება უნდა იწვევდეს შუქნიშანზე ნაკლებად ნებადამრთველი (მაგალითად, ყვითელი მწვანის ნაცვლად) ან ამკრძალავი (წითელი) სიგნალის მიღებას.

ავტობლოკირების უსადენო სისტემებში, რომლებშიც კავშირგაბმულობის ხაზებად გამოიყენება სარელსო წრედები, სელექციის მეთოდი და სიგნალის პარამეტრები აირჩევა სპეციფიკური მოთხოვნების გათვალისწინებით. ამიტომ ასეთ სისტემაში პრაქტიკულად შეუძლებელია ელემენტარული პოლარული პარამეტრების გამოყენება, რომლებიც ძირითადად სადენებია სისტემებში. უსადენო (კოდური) ავტობლოკირების მოწყობილობებში ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია სიგნალის შემდეგი ოთხი პარამეტრი: რიცხვითი, იმპულსურ-სიხშირული, სიხშირული და ფაზური.

თუკი სადგურებს შორის ლოგიკური კავშირი ეწყობა მიმართულების შეცვლისა და გადასარბენის კონტროლის თითო ორსადენიანი სქემით, მაშინ მიმართულების შეცვლის შესახებ დისკრეტული ინფორმაცია გადაიცემა ამ ტელემექანიკური არხის საშუალებით მარტივი ხარისხული სელექციის მეთოდით.

რკინიგზის ტრანსპორტის ეფექტური მუშაობის გაუმჯობესების მნიშვნელოვანი რეზერვი მდგომარეობს მატარებლის მოძრაობის პროცესის ავტომატიზაციაში, ინტერვალური რეგულირების თანამედროვე სისტემების გამოყენების საფუძველზე, რომლებსაც გააჩნიათ გაფართოებული ფუნქციონალური შესაძლებლობები.

ვ. საპოჟნიკოვი, ვლ. საპოჟნიკოვი, ა. დუნდუა, თ. მელქაძე, მ. გოცაძე და ვ. კონონოვი აღნიშნავენ, რომ ფუნქციონალური შესაძლებლობების გაფართოება, აპარატურის საიმედოობის ამაღლება და სარელსო წრედების გამართული ფუნქციონირება, მათი პარამეტრების ცვალებადობისა და წევის დენის ელექტრომაგნიტური ზემოქმედების პირობებში შესაძლებელია თანამედროვე მიკროელექტრონული ელემენტების ბაზის გამოყენებით.

მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტი მიიღწევა, ავტობლოკირების აპარატურის უნიფიკაციის ხარჯზე, ცალკეული მოდულების ტექნიკური რეალიზაციის, მეთოდებით ფუნქციონალ კონსტრუქციული გადაწყვეტით და გამოყენებული ახალი საელემენტო ბაზით. უნიფიკაცია ამცირებს

ნაკეთობის ნომენკლატურა და ინტერვალური რეგულირების სისტემების ეფექტური მომსახურების შესაძლებლობას იძლევა.

იზოლაციის წინაღობის ფართო ზღვრებში ცვლილებისას, სარელსო წრედების მუშაობის მდგრადობის ამაღლების მიზნით ექსპლუატაციური ხარჯების შემცირებისათვის შემუშავებულია ავტობლოკირების მიკრო-პროცესორული უნიფიცირებული სისტემა AB-YE. ის გამოირჩევა სასიგნალო წერტილებში ელექტრომაგნიტური რელეებისა და სხვა ელექტრომექანიკური ხელსაწყოების არ არსებობით, დისტანციური კონტროლისა და აპარატურის სადიაგნოსტიკო ქვესისტემებითა და სასიგნალო წერტილის ტექნიკური პარამეტრების დისტანციური ცვლილებისა და აწყოების შესაძლებლობით, AB-YE სისტემაში გათვალისწინებულია ექსპლუატაციაში მყოფი ავტობლოკირების ნებისმიერი სისტემის ფუნქციების რეალიზაციის შესაძლებლობა პროგრამული უზრუნველყოფის შეცვლის გზით. სისტემის მუშაობისათვის საჭიროა არა უმეტეს ორი წყვილი საკაბელო ძარღვისა.

AB-YE-ს სასიგნალო წერტილის შემადგებლობაში შედი მიკრო-პროცესორული მიმღებ-გადამცემი (ППМ) და დამცველშემათანხმებელი მოწყობილობა სარელსო ხაზთან (УЗС РЛ), მიმღებთან (УЗС ПРЛ) და გადამცემთან (УЗС ПРД).

AB-YE ავტობლოკირების სისტემის მუშაობა შესაძლებელია უპირაპირო სარელსო წრედებითაც. ამ შემთხვევაში ყოველი ბლოკუბნის ზღვრებში ეწყობა ორი სარელსო წრედი, მათი მკვებავი ბოლო მოთავსებულია ბლოკუბნის შუაში, ხოლო მიმღები ბოლოები კი სასიგნალო წერტილებთან. სარელსო ხაზს აპარატურა მიუერთდება დამცავი და შემათანხმებელი მოწყობილობების საშუალებით. მიმღებ-გადამცემის შესასვლელი სარელსო წრედს უერთდება УЗС ПРМ-ის საშუალებით.

AB-YE სისტემაში საკონსტროლო სიგნალებად გამოიყენება სიგნალები ორმაგი ფაზასხვაობითი მანიპულაციით. ინფორმაციის გადასაცემად გამოიყენება ბაუერის მოდიფიცირებული კოდის კომბინაციები, ინფორმაციის ორი ბიტი გადაეცემა ერთდროულად სიგნალის ფაზების ცვლილებით 0, -90,

+90 ან 180. გადაცემული ბიტებიდან ერთ-ერთი მიეკუთვნება სინქრონ ჯგუფს (CF), მეორე კი კოდურ კომბინაციას. კოდური კომბინაცია შეიცავს ინფორმაციას გამშვები შუქნიშნის მაჩვენებლებისა და სარელსო ხაზის მდგომარეობის შესახებ. სულ გამოიყენება ოთხი გადამტანის და რვა სინქრონჯგუფი. ერთლიანდაგიანი გადასარბენის ერთ ლიანდაგზე გამოიყენება სიხშირეები φ_1 და φ_3 , მეორეზე კი φ_2 და φ_4 . ერთლიანდაგიან გადასარბენებზე გამოიყენება ორი სიხშირე: φ_1 და φ_3 ან φ_2 და φ_4 . ყველა შემთხვევაში სიგნალები ერთნაირი გადამტანი და სინქრონჯგუფებიდან მეორდება სამი ბლოკუბნის შემდეგ. გადასარბენის შემზღუდავ სადგურებზე დაყენებულია მიმღებ-გადამცემები და პერსონალური კომპიუტერები.

გადასარბენიდან სადგურებზე გადაეცემა ინფორმაცია მატარებლის მდგომარეობაზე, შუქნიშნების ჩვენებებზე, სარელსო წრედებში ძაბვის სიდიდეზე და სასიგნალო წერტილების აპარატურის გამართულობაზე. მიღებული მონაცემები აისახება სადგურის პერსონალური კომპიუტერის მონიტორებზე. მისი დახმარებით გადასარბენის სასიგნალო წერტილებზე განისაზღვრება სარელსო ხაზების კონტროლის სიგნალების ძაბვის მნიშვნელობები. ყოველი ტექნოლოგიური სიტუაციისათვის. ამას გარდა ქსელით გადაეცემა მმართველი ბრძანებები მოძრაობის მიმართულების შეცვლისა და კოდირების ჩართვის შესახებ.

სადგურებზე დაყენებული მიმღებ-გადამცემები აკავშირებენ AB-YE სისტემას ცენტრალიზაციის სქემასთან. ეს მიმღებ-გადამცემები გაერთიანებული არიან სპეციალიზირებულ კომპიუტერულ ქსელში. ქსელის ყოველი კომპონენტი შეერთებულია ორ მეზობელთან. შეტყობინება გაცემული ქსელის ნებისმიერი კომპონენტის მიერ გადაეცემა ყველა დანარჩენი კომპონენტების შესავალზე.

ქსელის ყოველ კომპონენტს აქვს თავისი უნიკალური რეგასაფეხურიანი მისამართი.

ავტობლოკირების სასიგნალო წერტილის მუშაობის ტექნოლოგიური ალგორითმი რეალიზებულია მიკროკონტროლერზე. მიკროკონტროლერი

ახორციელებს შუქნიშნის ჩვენების შერჩევას მიღებული კოდური კომბინაციისა და ნათურის ძაფების მთლიანობის შესაბამისად, მართავს ორმაფიანი ნათურების ძაფების გადართვას, ფორმირებას უკეთებს KPII და AIC კოდურ კომბინაციებს, რომლებიც გადაეცემა სარელსო წრედებით მომდევნო სასიგნალო წერტილს, ახორციელებს კოდირების წინასწარ ჩართვასა და მიმართულების შეცვლას.

სიგნალებისა და ტექნოლოგიური ალგორითმების დამუშავება პროგრამულ დონეზე იძლევა ავტობლოკირების ნებისმიერი სისტემის რეჟიმის რეალიზების საშუალებას პროგრამის შეცვლის გზით.

ექსპლუატაციაში არსებულ მიკროპროცესორულ სისტემას ავტობლოკირების სისტემასთან შედარებით, აქვს შემდეგი უპირატესობები:

- რელეს უქონლობისა და ხელსაწყოების რაოდენობის შემცირების გამო ტექნიკურ მომსახურებაზე შრომის უფრო დაბალი ხარჯი;
- ნაკლები მასალატევადობა;
- ორარხიანი სტრუქტურის გამოყენების გზით გაზრდილი საიმედოობა;
- სასიგნალო წერტილის აპარატურის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის ხარჯის შემცირება;
- სარელსო წრედების ფუნქციონირების გაზრდილი საიმედოობა სარელსო ხაზების იზოლაციის წინააღმდეგობის, ტემპერატურისა და გარემოს ტენიანობის, აგრეთვე ელექტროკვების წყაროები ძაბვის ცვალებადობის პირობებში;
- სასიგნალო წერტილების აპარატურის მტყუნების დროულად აღმოჩენისა და აღმოფხვრის შესაძლებლობა.

ამრიგად, ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა საიმედო ფუნქციონირების შესაძლებლობებს და მათი გამოყენება მეტად პერსპექტიულია, მაგრამ რკინიგზის ტრანსპორტზე მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემებში ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენება მოთხოვს პრაქტიკულად მთლიანად შეცვალაოთ რელეურ-კონტაქტური აპარატურა

მიკროპროცესორული აპარატურით, თუმცა მ. გოცაძე, ნ. მღებრიშვილი და ლ. იმნაიშვილი თავიანთ შრომებში აღნიშნავენ, რომ შეუძლებელია დროის მოკლე პერიოდში რკინიგზის მთელ ქსელზე ამ ღონისძიებების ერთდროულად გატარება, ამიტომ ამ მიმართულებით კვლევების ჩატარება და პრობლემათა გადაწყვეტა მეტად აქტუალური საკითხია.

2. შედეგები და მათი განსჯა

2.1. ინტერვალური რეგულირების საგადასარბენო სისტემები

გადასარბენი ეწოდება რკინიგზის ხაზის ნაწილს, ხაზის ნაწილს, რომელიც ორივე მხრიდან შემოსაზღვრულია განმაცალკავებელი პუნქტებით. გადასარბენზე მატარებელთა მოძრაობის მარგანიზებელმა სისტემამ საჭიროა გამორიცხოს ერთიდაიგივე ლიანდაგზე ურთიერთშემხვედრი მიმართულებით მატარებლების მოძრაობის შესაძლებლობა, ერთიდაიგივე ლიანდაგზე ერთმანეთის მიყოლებით მოძრავ მატარებლებს შორის დაიცვას მათი შეჯახების თავიდან ასაცილებლად აუცილებელი სივრცითი ინტერვალი.

ავტომატიკის სისტემას, რომელიც უზრუნველყოფს ზემოთაღნიშნული პირობების შესრულების ეწოდება მატარებლების მოძრაობის რეგულირების საგადასარბენო სისტემა.

გადასარბენზე მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემა რთული სისტემაა და შედგება ცალკეული ქვესისტემებისაგან.

ინტერვალური რეგულირების სისტემის ძირითადი ქვესისტემებია:

- ნახევრადავტომატური ბლოკირება;
- ავტომატური ბლოკირება;
- ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სისტემა მოძრაობის ავტომატური რეგულირებით.

ინტერვალური რეგულირების სისტემის დამატებითი ქვესისტემებია:

- გადასასვლელების სიგნალიზაციისა და ავტომატური გადაღობვის ქვესისტემა;
- მატარებლების მოძრაობის ავტომატური სადისპეტჩერო კონტროლის ქვესისტემა.

ნახევრადავტომატური ბლოკირება ეწოდება მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემას, როდესაც მთელი

გადასარბენი ერთი ბლოკ-უბანია, რომელზედაც ერთდროულად მხოლოდ ერთი მატარებლის მოძრაობაა შესაძლებელი და მატარებელთაშორისი ინტერვალი იმ დროის ტოლია, რომელიც მატარებელს სჭირდება გადასარბენის გასავლელად.

ამ სისტემაში ერთმანეთის მიმყოლი მატარებლები სივრცულად დაშორებულია გადასარბენის სიგრძის ტოლი მანძილით, რაც ზრდის ინტერვალს და ამცირებს რკინიგზის უბნების გამტარობის უნარს. ნახევრადავტომატური ბლოკირება უახლოესი 7-10 წლის განმავლობაში მოსალოდნელი არ არის გადაზიდვების მოცულობის მნიშვნელოვანი ზრდა.

ნახევრადავტომატური ავტობლოკირების ნაკლს წარმოადგენს ის გარემოება, რომ აღნიშნული სისტემის დროს, გადასარბენზე არ ეწყობა სარელსო წრედები; ამის გამო არ კონტროლდება გადასარბენზე რელსების მთლიანობა, რაც მაგისტრალურ გზაზე ავარიათა ალბათობას მკვეთრად ზრდის. აღნიშნული ნაკლის აღმოსაფხვრელად ჩვეულებრივი სარელსო წრედების გამოყენება ეკონომიკურად გაუმართლებელია (უბნის დაბალი გამტარობის გამო). ამიტომ დამუშავებულ იქნა სპეციალური, შედარებით დაბალი ღირებულების მქონე, უპირაპირო სარელსო წრედი. იმ უბნებზე, რომლებზედაც 7-10 წლიანი პერსპექტივით მოსალოდნელია გადაზიდვების მოცულობის მკვეთრი ზრდა, ნახევრადავტომატური ბლოკირების დანერგვას ეკონომიკურად გაუმართლებელია.

ავტობლოკირება ეწოდება მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემას, რომლის დროსაც გადასარბენი იყოფა ბლოკ-უბნებად და ამ უბნების საზღვრებთან იდგმება ავტომატურად მოქმედი შუქნიშნები. თითოეული ბლოკ-უბნის ფარგლებში ეწყობა ელექტრული სარელსო წრედი, რომელიც გამოიყენება როგორც ბლოკ-უბნის მდგომარეობის გადამწოდად. ასევე სარელსო ძაფების მთლიანობის გასაკონტროლებლად. ავტობლოკირებულ შუქნიშნებს ეწოდება **გასასვლელი შუქნიშნები**.

ავტობლოკირება წარმოადგენს მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების ყველაზე გავრცელებულ და პერსპექტულ სისტემას.

ავტობლოკირების დროს თითოეულ გასავლელ შუქნიშანთან ოდგმება რელეური და საბატარეო კარადები. პირველ მათგანში განთავსებულია შუქნიშნის ნათურების მართვისათვის აუცილებელი აპარატურა, ხოლო მეორეში – აღნიშნული აპარატურისა და სარელსო წრედების კვებისათვის აუცილებელი კვების წყაროები.

შუქნიშნების ერთმანეთთან დაკავშირებულია საჰაერო ან საკაბელო სახაზო წრედებით. ავტობლოკირების მოწყობილობები კვებას იღებენ 10 კვ ძაბვის მქონე მაღალი ძაბვის სამფაზა ხაზისაგან. ამისათვის ძალოვან საყრდენებზე იდგმება კაბელით რელეურ კარადასთან დაკავშირებული დამადაბლებელი სახაზო ტრანსფორმატორები.

ავტობლოკირების აპარატურა მოძრავი მატარებლის ზემოქმედებით ანხორციელებს გასავლელი შუქნიშნების ავტომატურ გადართვას. თითოეული გასავლელი შუქნიშნის სასიგნალო ჩვენება მოცემულ შუქნიშანთან მოახლოვებული მატარებლის მემანქანეს მიუთითებს წინ მიმავალი მატარებლის კოორდინატებს. ავტობლოკირების დროს გამოიყენება და ოთხნიშნა სიგნალიზაცია. ამასთანავე, ოთხნიშნიანი ავტობლოკირება რეკომენდებულია გამოყენებული იქნას საგარეუბნო უბნებზე.

სამნიშნა სიგნალიზაციის ავტობლოკირების დროს გასავლელი შუქნიშნებით გადაიცემა შემდეგი სასიგნალო ჩვენებები:

- მწვანე შუქი – ნებადართულია დადგენილი სიჩქარით მოძრაობა შემდეგი შუქნიშანი ღიაა, წინ თავისუფალია ორი ან მეტი ბლოკ-უბანი;
- ყვითელი შუქი – ნებადართულია მოძრაობა გაჩერების მზადყოფნით, შემდეგი შუქნიშანი დახურულია.
- წითელი შუქი – სდექ, სიგნალის გავლა აკრძალულია.

ოთხნიშნა სიგნალიზაციის ავტობლოკირების დროს გასავლელი შუქნიშნებით გადაიცემა შემდეგი სასიგნალო ჩვენებები:

- მწვანე შუქი – ნებადართულია დადგენილი სიჩქარის მოძრაობა, წინ თავისუფალია სამი ან მეტი ბლოკ-უბანი;

– ერთად მნათი ერთი ყვითელი და ერთი მწვანე შუქი წინ თავისუფალია ორი ბლოკ-უბანი;

– ერთი ყვითელი შუქი – წინ თავისუფალია ერთი ბლოკ-უბანი;

– წითელი შუქი – სდექ, სიგნალის გავლა აკრძალულია.

რთული პროფილის მქონე ელემენტებზე დასაყენებელ გასასვლელ შუქნიშნებზე დაყენებული უნდა იყოს თეთრი ფერის ამრეკლავი ნიშნიანი ფარის სახის პირობითი ნებადამრთველი სიგნალი. ამრეკლავ ნიშანს აქვს ასო T – ფორმა. ეს სიგნალი ნებას აძლევს სატვირთო მატარებელს 20 კმ/სთ სიჩქარით და დაუყოვნებელი გაჩერების მზადყოფნით გაიაროს წითელი შუქიანი შუქნიშანი.

შუქნიშანზე წითელი შუქის ნათებისას ან შუქნიშნის განუსაზღვრელი ჩვენების დროს მემანქანემ უნდა გააჩეროს მატარებელი. იგი თუ ხედავს, ან მათ ღუ იცის, რომ მომდევნო ბლოკ-უბანი დაკავებულია მატარებლით მაშინ ეკრძალება მოძრაობა ბლოკ-უბნის განთავისუფლებამდე; მემანქანემ თუ არ იცის მატარებლის არსებობა მომდევნო ბლოკ-უბანზე, იგი ვალდებულია გაჩერების შემდეგ აუშვას მუხრუჭები და, ამ ხნის განმავლობაში თუ არ აინთო ნებადამრთავი სიგნალი, მატარებელი წაიყვანოს 20 კმ/სთ-ზე არაუმეტესი სიჩქარით, განსაკუთრებული ყურადღებითა და დაუყოვნებელი გაჩერების მზადყოფნით.

სადგურის შესასვლელი შუქნიშნის წინ არსებულ გასასვლელ შუქნიშანს ეწოდება **წინაშესასვლელი შუქნიშანი**. მას გააჩნია უფრო გაფართოებული სიგნალიზაცია. კერძოდ, გადაედო ზემოთ აღნიშნული სიგნალებისა, წინაშესასვლელ შუქნიშანზე არსებობს შემდეგი სიგნალები:

ერთი ყვითელი ციმციმა შუქი – მოძრაობა ნებადართულია დადგენილი სიჩქარით, შესასვლელი შუქნიშანი ღიაა და მოითხოვება მისი გავლა შემცირებული სიჩქარით, მატარებელი მიიღება გვერდით ლიანდაგზე;

ერთი მწვანე ციმციმა შუქი – მოძრაობა ნებადართულია დადგენილი სიჩქარით, შესასვლელი შუქნიშანი ღიაა და მოითხოვება მისი გავლა 80

კმ/სთ-ზე არაუმეტესი სიჩქარით, მატარებელი მიიღება სადგურის მთავარ ლიანდაგზე.

ავტობლოკირების მოწყობილობები აკონტროლებს რელსების მთლიანობას. ლიანდაგის დაზიანების შემთხვევაში დაზიანებულ რელსიანი ბლოკ-უბნის გადამღობ შუქნიშანზე ჩაერთვება წითელი სიგნალი, რომელიც მოითხოვს მატარებლის გაჩერებას.

ავტობლოკირებიან უბანზე შუქნიშნების ცუდი ხილვადობის დროს შესაძლებელია მატარებელმა დაარღვიოს მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მოთხოვნა და გაიაროს დახურული შუქნიშანი. უსაფრთხოების ასამაღლებლად ავტობლოკირებასთან ერთად გამოიყენება რიცხვითი ან სიხშირული კოდის ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სისტემა.

ინტერვალური რეგულირების სისტემების ინტენსიური განვითარების კვალობაზე მუშავდება ავტობლოკირების ახალი სისტემები, რომელთაგანაც განვიხილავთ ცენტრალიზებული ავტობლოკირებისა და კოორდინატული ავტობლოკირების სისტემებს.

ცენტრალიზებული ავტობლოკირება ეწოდება ავტობლოკირების სისტემას, რომელშიც არ გამოიყენება გასავლელი შუქნიშნები, ხოლო მართვის მთელი აპარატურა განთავსებულია არა გადასარბენებზე არსებულ სარელეო კარადებში, არამედ გადასარბენის მომიჯნავე სადგურებში. გადასარბენებზე დატოვებულია მხოლოდ ტრანსფორმატორები ან დროსელ-ტრანსფორმატორები, რომლებიც სადგურებთან დაკავშირებულია მხოლოდ საკაბელო ხაზებით. ცენტრალიზებულ ავტობლოკირებაში ძირითადად გამოიყენება სიხშირული ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია, ხოლო სარეზერვოდ რიცხვითი ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია. გადასარბენებზე არსებული ყველა სარელსო წრედი იკვებება სადგურში არსებული საერთო კოდური სალიანდაგო ტრანსმირერიდან. კოდირება იწყება მატარებლის მიერ მოცემული სარელსო წრედის დაკავების მომენტიდან, ხოლო კოდის

შინაარსი განსაზღვრავს იმ სარელსო წრედების რაოდენობა, რომლებიც არსებობს ურთიერთმიმყოფ მატარებლებს შორის.

დამუშავებულია და ინერგება ცენტრალიზებული ავტობლოკირების ორი სისტემა:

ა) მაიზოლირებელი პირაპირებით ფორმირებული შეზრუდული სარელსო წრედებიანი ცენტრალიზებული ავტობლოკირება;

ბ) უპირაპირო შეუზღუდავი სარელსო წრედებიანი ცენტრალიზებული ავტობლოკირება.

რადგანაც ცენტრალიზებულ ავტობლოკირებაში არ არსებობს გასავლელი შუქნიშნები და მკაფიოდ არ არის ფიქსირებული ბლოკ-უბნების საზღვრები, ამიტომ მემანქანე მატარებლის ტარებისას უნდა იხელმძღვანელოს სალოკომოტივო შუქნიშნის ჩვენებებით. ასეთ პირობებში მემანქანემ უნდა გამოიჩინოს განსაკუთრებული სიფხიზლე, რათა არ დაუშვათ დაკავებულ უბანზე შესვლა. მემანქანის მუშაობის გასაადვილებლად და მოცემული უბნის საზღვარზე მატარებლის გასაჩერებლად სამომსახურეო მუხრუჭების დროულად ასამოქმედებლად ცენტრალიზებული ავტობლოკირების სისტემის მოწყობილობებს ემატება მუხრუჭების ავტომატური მართვის მოწყობილობები. ინტერვალური რეგულირების ამ ახალი სისტემის უფრო სწრაფად დანერგვის მიზნით აუცილებელია მისი აპარატურის წარმოების ტექნოლოგიის სრულყოფა.

ცენტრალიზებულ ავტობლოკირების სისტემაში კოდირება შეიძლება ჩაირთოს როგორც ავტომატურად, ასევე პულტ ტაბლოდან სადგურის მორიგის მიერ ლიანდაგზე წინააღმდეგობის წარმოქმნის შემთხვევაში სადგურის მორიგეს შეუძლია ნებისმიერი სარელსო წრედში ამორთოს ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სიგნალები. ამით გამოირიცხება ავარიული სიტუაციების წარმოშობის ალბათობა და მაღლდება მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოება.

ჩქაროსნული მოძრაობის მაგისტრალურ ხაზებზე ინტერვალური რეგულირება ხდება ოთხნიშნიან სიგნალიზაციის მქონე ავტობლოკირებით,

რომელსაც ემატება მრავალნიშნანი ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია; ამ უკანასკნელის დროს გამოიყენება სიხშირული კოდირება, ხოლო სალოკომოტივო შუქნიშანზე გათვალისწინებულია მრავალნიშნა სიგნალიზაცია.

200 კმ/სთ სიჩქარის მქონე ჩქაროსნულ მატარებლებს გააჩნიათ გრძელი სამუხრუჭო მანძილები, ამიტომ ავტობლოკირება და ოთხნიშნა ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია ვერ უზრუნველყოფენ ასეთი კატეგორიის მატარებლების მოთხოვნილ ინტერვალში რეგულირებას. სალოკომოტივო შუქნიშანზე სასიგნალი ჩვენება ფერით ან ამ ფერის ფონზე არსებული რიცხვით უჩვენებს სიჩქარეს, რა სიჩქარითაც მატარებელმა შეიძლება გაიაროს წინმდებარე შუქნიშანი. თუ ფაქტიური სიჩქარე აჭარბებს დასაშვებ სიჩქარეს, მაშინ ჩაირთვება სამომსახურეო დამუხრუჭება და ფაქტიური სიჩქარე მცირდება დასაშვებ სიჩქარემდე. ამკრძალავ სიგნალთან გასავლელ შუქნიშანთან მიახლოებისას სალოკომოტივო შუქნიშანზე ჩნდება სიგნალი, რომელიც აჩვენებს მემანქანეს შეამციროს სიჩქარე ამკრძალავი სიგნალის მქონე შუქნიშნის წინ მის სრულ გაჩერებამდე.

კოორდინატული ავტობლოკირება ეწოდება ავტობლოკირების ნაირსახეობას, რომელშიც არ გამოიყენება როგორც შუქნიშნები, ასევე სარელსო წრედები. გადასარბენზე მატარებლის ადგილმდებარეობის (კოორდინატები) განსაზღვრის ფუნქციას ასრულებენ ლიანდაგის გასწვრივ შპალების ან მიწის ზედაპირზე დაგებული იზოლირებული შლეიფები. მათი გადაჯვარედინებით ფორმირდება გადასარბენზე მატარებლების ადგილმდებარეობის კოორდინატების გამოსათვლელი ელემენტარული უბნები. აღნიშნული უბნები წარმოადგენენ საშუალებდ რგოლებს, რომელთა დახმარებითაც სათანადო სიგნალები გადაიცემა:

ა) ლოკომოტივიდან სასადგურო მოწყობილობებში;

ბ) სასადგურო მოწყობილობებიდან – ლოკომოტივზე სისტემას ეწოდება **სალიანდაგო არხი**. არსებობს სალიანდაგო არხების მოწყობის სხვადასხვა ხერხები.

შლეიფებით აღჭურვილია რკინიგზის უბანი იყოფა დაახლოებით 10-20 სიგრძის სახაზო ზონებად. მატარებლის დისკრეტული სიჩქარე განისაზღვრება გადაჯვარედინებული შლეიფის დახმარებით. ეს ხდება მატარებლის მიერ დროის ერთეულში გავლილი გადაჯვარედინების სიგნალების ნულოვანი დონის მქონე წერტილების დათვლის გზით. მატარებლის კოორდინატები განისაზღვრება უზნის დასაწყისიდან მატარებლის მდებარეობის ადგილამდე გადაჯვარედინებების დათვლით.

ინტერვალური რეგულირების კოორდინატულ სისტემაში სხვადასხვა სალოკომოტივებიდან მიღებული ინფორმაციები და ანალიზდება. კოორდინატების სხვაობათა გამოთვლის გზით განისაზღვრება ერთმანეთს მიმყოფ მატარებლებს შორის არსებული ფაქტიური მანძილი. ამით გამოიმუშავდება ბრძანება უკან. მოძრავი მატარებლის დასაშვები სიჩქარის შესახებ, რომელიც გარდაიქმნება სიხშირულ კოდურ სიგნალად და კავშირის ინდუქციური არხით გადაიცემა შლეიფში. ამ უკანასკნელიდან აღნიშნულ სიხშირულ სიგნალს ანტენის საშუალებით აღიქვამს სისტემის სალოკომოტივო მოწყობილობები, რომლებიც მათი გაშიფვრის შემდეგ სალოკომოტივო შუქნიშანზე ჩართავენ სათანადო ფერის შუქს და სათანადო დაფაზე დააფიქსირებენ მატარებლის მოძრაობის დასაშვებ სიჩქარეს. ურთიერთმიმყოფი მატარებლების დაახლოებისა და მათ შორის არსებული მანძილის შემცირების კვალობაზე ინტერვალური რეგულირების მოწყობილობები გამოიმუშავებენ ბრძანებას დასაშვები სიჩქარის შემცირების შესახებ. სალოკომოტივო შუქნიშანზე თუ გაჩნდება სიგნალი, რომელიც ფაქტიურ სიჩქარეზე უფრო ნაკლები სიჩქარით მოძრაობის უფლებას იძლევა, სამომსახურეო დამუხრუჭება და ფაქტიური სიჩქარე შემცირდება დასაშვებ სიჩქარემდე. ინტერვალური რეგულირების კოორდინატულ სისტემას შეიძლება დაემატოს სარელსო წრედები, რათა გაკონტროლდეს რელსების მთლიანობა, რათა ავტობლოკირებითა და ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციით აღჭურვილი უზნების დონეზე უზრუნველყოფილი იქნეს მატარებლების მოძრაობის სრული უსაფრთხოება.

გადასარბენზე მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემის დამატებით ქვესისტემებად, განიხილება გადასასვლელებზე ავტომატური გადამღობი ქვესისტემა და მატარებლების მოძრაობის ავტომატური სადისპეტჩერო კონტროლის სისტემა.

ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სისტემა ეწოდება სისტემას, რომლითაც იმ გასასვლელი შუქნიშნის ჩვენება, რომელსაც უახლოვდება მატარებელი, მემანქანის კაბინაში ავტომატურად გადაიცემა და სალოკომოტივო შუქნიშანზე აინთება სასიგნალო ნათურა, რომელიც იმეორებს ზემოაღნიშნულ ჩვენებას.

საქართველოს რკინიგზაზე გავრცელებულია ოთხნიშნა ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სისტემა.

ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მოწყობილობები ფუნქციონირებენ არა მარტო გადასარბენებზე, არამედ მატარებლის გავლისას სადგურის მთავარ და გვერდით ლიანდაგებში. მემანქანის კაბინაში არსებულ სალოკომოტივო შუქნიშანზე გაჩნდება სასიგნალო ნათება, რომელიც იმეორებს სადგურის შესასვლელ და გასასვლელ შუქნიშნებზე არსებულ ჩვენებებს.

ავტომატური გადამღობი სისტემა ეწოდება სისტემას, რომელიც ეწყობა გადასასვლელებზე და წარმოადგენს ერთ დონეზე საავტომობილო გზებისა და ლიანდაგების გადაკვეთის ადგილზე დასაყენებელი ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების კომპლექსს. ეს მოწყობილობები ავტომატურად იმართება მოძრავი მატარებლების მიერ და კრძალავენ ავტოტრანსპორტის მოძრაობას გადასასვლელზე ამ უკანასკნელთან მატარებლის მოახლოებიდან მის სრულ განთავისუფლებამდე პერიოდში.

მატარებლების მოძრაობის ავტომატური სადისპეტჩერო კონტროლის სისტემა ეწოდება სისტემას, რომელიც სამატრებლო დისპეტჩერ საშუალებას აძლევს დროის ყოველ მომენტში იცოდეს მატარებლების ადგილმდებარეობა, აგრეთვე საკონტროლო უბანში განთავისუფლებული სადგურების შესასვლელ და გამოსასვლელ შუქნიშნებზე არსებული სიგნალები. ეს

მნიშვნელოვნად ამსუბუქებს დისპეტჩერის მუშაობის პირობებს, აძლევს მას საშუალებას მაღალი სიჩქარეებისა და ინტენსიური მოძრაობის დროს მოქნილად მართოს მატარებლების მოძრაობა.

2.2. ახალი საელემენტო ბაზის მქონე სარელსო წრედების ალბათური გაანგარიშების მეთოდის დამუშავება

სარელსო წრედების რეჟიმების გაანგარიშებისას მიღებულია, რომ აპარატურის ელემენტთა პარამეტრები ჩავთვალოთ დეტერმინირებულ სიდიდეებად, რაც არ შეესაბამება რეალურ სიტუაციას. სინამდვილეში ელემენტთა პარამეტრები (მათ შორის მიმღების მახასიათებლებიც) წარმოადგენენ შემთხვევით სიდიდეებს, ასევე შემთხვევითი სიდიდეებია იზოლაციის წინაღობა, შუნტის წინაღობა და კვების წყაროს ძაბვა. ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით სარელსო წრედების გაანგარიშების სრულყოფისათვის შემოთავაზებულია მუშაობის რეჟიმის ალბათური გაანგარიშების მეთოდი.

დამუშავებულია სარელსო წრედების ალბათური გაანგარიშების მეთოდიკა და მიღებულია სარელსო წრედების მუშაობის რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმები, როგორც სალიანდაგო, ისე სალოკომოტივო მიმღებების მიხედვით, აგრეთვე მოცემულია შემთხვევითი ფაქტორების ზემოქმედებისაგან სარელსო წრედების დაცულობის კრიტერიუმები სალიანდაგო და სალოკომოტივო მიმღებების მიხედვით.

ანაწილების კანონების განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ ან ანალიზური მეთოდი, კერძოდ სტატისტიკური ლინეარიზაციის მეთოდი, ან სტატისტიკური მოდელირების მეთოდი. სარელსო წრედების გამოკვლევის ამოცანის ალბათურად გადაწყვეტის გათვალისწინებით სალიანდაგო მიმღების მიხედვით სარელსო წრედების მუშაობის ნორმალური, შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების მაჩვენებლებად შემოღებულია შემდეგი კრიტერიუმები:

P_f – ნორმალური რეჟიმის შესრულების ალბათობა;

$P_{\text{შ}}$ – შუნტური რეჟიმის შესრულების ალბათობა;

$P_{\text{კ}}$ – საკონტროლო რეჟიმის შესრულების ალბათობა.

მოცემულია ამ კრიტერიუმების განსაზღვრის მეთოდიკა ერთელემენტური და ფაზამგრძობიარე მიმღების მქონე სარელსო წრედებისათვის, რადგან $I_{\text{გ}}$, $I_{\text{შკრ}}$, $I_{\text{კ}}$ წარმოადგენს მნიშვნელოვანი რაოდენობის n დამოუკიდებელი შემთხვევითი არგუმენტების ფუნქციას, ამიტომ მოსალოდნელია, რომ ეს სიდიდეები და აგრეთვე $I_{\text{გmin}}$ და $I_{\text{კ}}$ დენის სიდიდეები განაწილებულ იყოს ნორმალური კანონის მიხედვით.

მიმღების შესავალზე დენების შემთხვევითი სიდიდეების სიმკვრივეთა განაწილების გამოსახულებებს ექნებათ შემდეგი სახე:

$$f(I_{\text{გmin}}) = \frac{1}{K_{\text{min}}^u u \sigma_{\text{გ}} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(I_{\text{გmin}}^* - K_{\text{min}}^u u \bar{y}_{\text{გ}})^2}{2(K_{\text{min}}^u u \sigma_{\text{გ}})^2}}; \quad (1)$$

$$f(I_{\text{შკრmin}}) = \frac{1}{K_{\text{min}}^u u \sigma_{\text{შკრ}} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(I_{\text{შკრmin}}^* - K_{\text{min}}^u u \bar{y}_{\text{შკრ}})^2}{2(K_{\text{min}}^u u \sigma_{\text{შკრ}})^2}}, \quad (2)$$

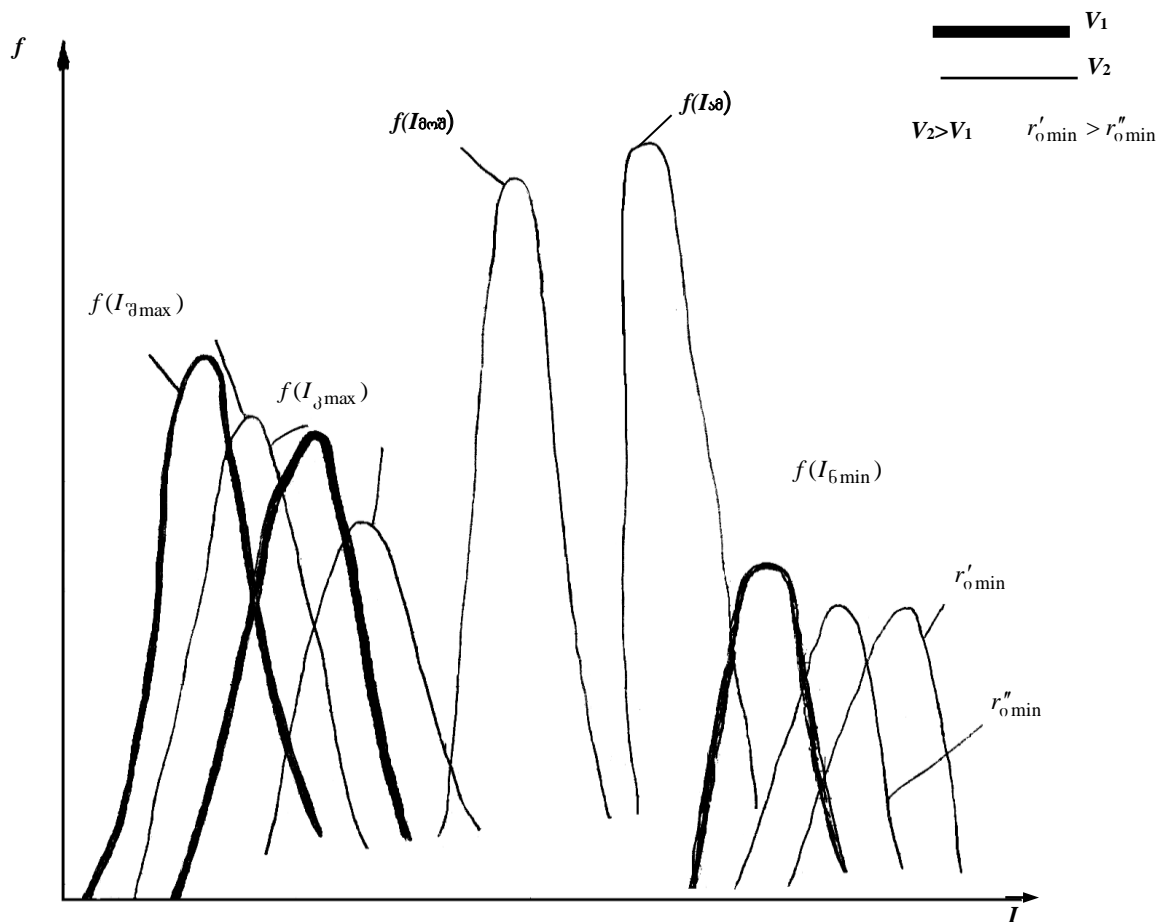
$$f(I_{\text{კmin}}) = \frac{1}{K_{\text{min}}^u u \sigma_{\text{კ}} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(I_{\text{კmin}}^* - K_{\text{min}}^u u \bar{y}_{\text{კ}})^2}{2(K_{\text{min}}^u u \sigma_{\text{კ}})^2}}. \quad (3)$$

ამ გამოსახულებებში $\bar{y}_{\text{გ}}$, $\bar{y}_{\text{შკრ}}$, $\bar{y}_{\text{კ}}$, $\sigma_{\text{გ}}$, $\sigma_{\text{შკრ}}$, $\sigma_{\text{კ}}$, $I_{\text{გ}}$, $I_{\text{შკრ}}$, $I_{\text{კ}}$ გამტარობების მათემატიკური მოლოდინი და საშუალოკვადრატული გადახრებია.

სარელსო წრედის მდგომარეობის განმსაზღვრელ ხელსაწყოს წარმოადგენს ამპლიტუდური სელექტორი, რომელიც შეიძლება იყოს როგორც უკონტაქტო, ისე კონტაქტიანი. სელექტორის ამოქმედების $I_{\text{სმ}}$ და მოშვების $I_{\text{მოსმ}}$ ზღურბლები შემთხვევითი სიდიდეებია $f(I_{\text{სმ}})$ და $f(I_{\text{მოსმ}})$ განაწილების სიმკვრივეებით.

პირველ ნახაზზე მოყვანილია დენების შემთხვევითი სიდიდეების ალბათობათა განაწილების სიმკვრივეები ნორმალურ, შუნტურ და საკონტროლო რეჟიმებში კვების ძაბვის ორი V_1 და V_2 მნიშვნელობებისათვის,

აგრეთვე დისკრეტული გადამწოდის ამპლიტუდური სექტორის მოშვებისა და $I_{\text{მ.შ}}$ და ამოქმედების ზღურბლების $I_{\text{ს.გ}}$ სიმკვრივეთა განაწილების მიახლოებითი მრუდები.



ნახ. 1. შემთხვევითი სიდიდეების ალბათობათა განაწილების სიმკვრივეთა მრუდები

ერთელემენტიანი მიმღების მქონე სარელსო წრედის ნორმალური შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების შესრულების პირობა შემდეგნაირად ჩაიწერება:

$$I_{6\min} - I_{სმ} > 0;$$

$$I_{მომ} - I_{მომ\max} > 0;$$

$$I_{მომ} - I_{კ} > 0.$$

აქედან გამომდინარე ნორმალური, შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების ზემოთ მოყვანილი კრიტერიუმები განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებებით:

$$P_6 = P(I_{6\min} - I_{სმ}); \quad (4)$$

$$P_მომ = P(I_{მომ\min} - I_{მომ\max}); \quad (5)$$

$$P_კ = P(I_{მომ} - I_{კ}). \quad (6)$$

აღბათობა იმისა, რომ ამოქმედების ზღურბლის რაღაც მნიშვნელობა იმყოფება $dI_{სმ}$ სიგანის მცირე ინტერვალში ტოლია $dI_{სმ}$ ელემენტის ფართობისა, ე.ი.

$$P\left(I_{სმ0} - \frac{dI_{სმ}}{2} < I_{სმ} < I_{სმ0} + \frac{dI_{სმ}}{2}\right) = f(I_{სმ})dI_{სმ}.$$

აღბათობა იმისა, რომ $I_{6\max}$ სიდიდე აჭარბებს $I_{სმ0}$ ამოქმედების ზღურბლის რაღაც მნიშვნელობას, განისაზღვრება გამოსახულებით

$$P(I_{6\min} > I_{s\theta}) = \int_{I_{s\theta}}^{\infty} f(I_{6\min}) dI_{6\min} .$$

ალბათობა იმისა, რომ ამოქმედების ზღურბლის მნიშვნელობა $I_{s\theta}$ იმყოფება $dI_{s\theta}$ ინტერვალში, ხოლო $I_{6\min}$ აჭარბებს ამ ინტერვალით დასახულ სიდიდეს იმ პირობით, რომ $I_{s\theta}$ და $I_{6\min}$ შემთხვევითი სიდიდეები დამოუკიდებელია, იქნება

$$f(I_{s\theta})_{s\theta} = \int_{I_{s\theta}}^{\infty} f(I_{6\min}) dI_{6\min} .$$

ამრიგად, ნორმალური რეჟიმის შესრულების ალბათობა არის ალბათობა იმისა, რომ $I_{6\min}$ აჭარბებს $I_{s\theta}$ ამოქმედების ზღურბლს $I_{s\theta}$ -ის ყველა შესაძლო მნიშვნელობისათვის და აქედან გამომდინარე, ექნება შემდეგი სახე:

$$P_6 = \int_0^{\infty} f(I_{s\theta}) \left[\int_{I_{s\theta}}^{\infty} f(I_{6\min}) dI_{6\min} \right] dI_{s\theta} . \quad (7)$$

ანალოგიურად შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ ნორმალური რეჟიმის შესრულების ალბათობა გამოითვლება შემდეგი გამოსახულებით

$$P_6 = \int_0^{\infty} f(I_{s\theta}) \left[\int_0^{I_{6\min}} f(I_{s\theta}) dI_{s\theta} \right] dI_{6\min} . \quad (8)$$

ამავე მეთოდით შეიძლება გამოვიყვანოთ გამოსახულებები შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების შესრულების ალბათობათა გამოთვლისათვის

$$P_{\text{შ}} = \int_0^{\infty} f(I_{\text{მოშ}}) \left[\int_0^{I_{\text{მოშ}}} f(I_{\text{შmax}}) dI_{\text{შmax}} \right] dI_{\text{მოშ}} \cdot \quad (9)$$

$$P_{\text{კ}} = \int_0^{\infty} f(I_{\text{მოშ}}) \left[\int_0^{I_{\text{მოშ}}} f(I_{\text{კ}}) dI_{\text{კ}} \right] dI_{\text{მოშ}} \cdot \quad (10)$$

აღსანიშნავია, რომ რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმებისათვის მიღებულ გამოსახულებებში, როგორც მდგენელი, შედის ამავე რეჟიმების შესრულების კრიტერიუმები დეტერმინირებული სიდიდეების შემთხვევაში ($n_{\text{გ}}, n_{\text{შ}}, n_{\text{კ}}$). ამ შემთხვევაში თუ არ ხდება ელემენტთა პარამეტრებისა და ამპლიტუდური სელექტორის ზღურბლების გაფანტვა, ე.ი.

$$\sigma_{\text{გ}} = \sigma_{\text{შკრ}} = \sigma_{\text{კ}} = \sigma_{\text{სმ}} = \sigma_{\text{მოშ}} = \nu_{\text{გ}} = \nu_{\text{შკრ}} = \nu_{\text{კ}} = \nu_{\text{სმ}} = \nu_{\text{მოშ}} \mathbf{0},$$

შემოთავაზებული კრიტერიუმები ფიზიკური არსით თანხვედრა ცნობილ კრიტერიუმებს. მართლაც ამ შემთხვევაში ნორმალური, შუნტური და საკონტროლო რეჟიმები აუცილებლად შესრულება ($P_{\text{გ}} = P_{\text{შ}} = P_{\text{კ}} = 1$) როცა $n_{\text{გ}} > 1$, $n_{\text{შ}} > 1$, $n_{\text{კ}} > 1$, რადგან $\Phi(\infty) = 1$, და არ შესრულება ($P_{\text{გ}} = P_{\text{შ}} = P_{\text{კ}} = 1$), როცა $n_{\text{გ}} < 1$, $n_{\text{შ}} < 1$, $n_{\text{კ}} < 1$, რადგან $\Phi(-\infty) = 0$.

ცნობილია, რომ ფაზამგრძნობიარე მიმღების პარამეტრები განაწილებულია ნორმალური კანონით. ამ პარამეტრების რიცხვითი მახასიათებლები, როგორც ახალი, ისე გარემონტებული რელეებისათვის მოყვანილია ცხრილში 1

პარამეტრების რიცხვითი მახასიათებლები გარემონტებული
რელეებისათვის

რიცხვითი მახასიათებლები	პარამეტრები						
	$u_{პა1}$ ვ	$u_{სა1}$ ვ	$u_{მოშ}$ ვ	$ z_{ლ} $ ომი	$\varphi_{ლ}$ გრად.	$ z_{ს} $ ომი	$\varphi_{ს}$ გრად.
m	7,57	11,77	7,04	401	72,1	1372	72,2
σ	0,28	0,448	0,25	9,8	1,1	38	1,1

ამ შემთხვევითი სიდიდეების რიცხვითი მახასიათებლები ექსპლუატაციის ნორმატიული პერიოდის შემდეგ მოყვანილია ცხრილში 2.

შემთხვევითი სიდიდეების რიცხვითი მახასიათებლები

რიცხვითი მახასიათებლები	პარამეტრები		
	$u_{პა2}, ვ$	$u_{სა2}, ვ$	$u_{მოშ2}, ვ$
m	8,2	12,6	6,72
σ	0,405	0,56	0,41

აღსანიშნავია, რომ ადგილობრივი და სალიანდაგო ელემენტების მოდული და არგუმენტი საექსპლოატაციო დროის განმავლობაში პრაქტიკულად უცვლელია.

მკვებავი და სარელიო ბოლოების დროსელ-ტრანსფორმატორების ოთხპოლუსთა კოეფიციენტებისათვის მიღებულია შემდეგი გამოსახულებები:

$$A_{\text{ა}} = \left(1 + \frac{z_1}{z_2}\right)n; \quad B_{\text{ა}} = \left(z_1 + z_3 + \frac{z_1 z_2}{z_2}\right)n;$$

$$C_{\text{ა}} = \frac{1}{z_2} \cdot \frac{1}{n}; \quad D_{\text{ა}} = \left(1 + \frac{z_3}{z_2}\right) \cdot \frac{1}{n};$$

$$A_{\text{ბ}} = \left(1 + \frac{z_3}{z_2}\right) \cdot \frac{1}{n}; \quad B_{\text{ბ}} = \left(z_1 + z_3 + \frac{z_1 z_3}{z_2}\right)n;$$

$$C_{\text{ბ}} = \frac{1}{z_2} \cdot \frac{1}{n}; \quad D_{\text{ბ}} = \left(1 + \frac{z_1}{z_2}\right)n.$$

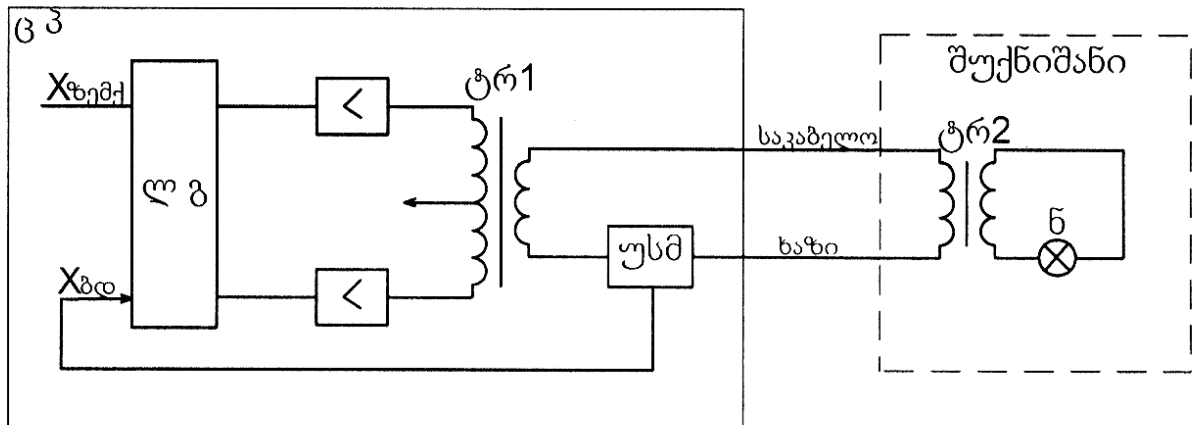
2.3. შუქნიშნის მართვის უკონტაქტო სქემის დამუშავება

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის უკონტაქტო სისტემების დამუშავებისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება აღმასრულებელი ობიექტების (შუქნიშნები, საისრო ამძრავები, ელექტრომექანიკური რელეები) მართვის სქემებს.

მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემისათვის ჩვენს მიერ დამუშავებულია შუქნიშნის მართვის პრინციპული სქემა, რომელიც მოცემულია ნახაზზე 2. ამ სქემაში გამოყენებულია შუქნიშნის, საკაბელო ხაზისა და ცენტრალური პოსტის (ცპ) გაღვანური განმხილოება.

ლოგიკურ გარდამქმნელში (ლგ) ლოგიკური სიგნალები „1“ და „0“ კოდირდება იმპულსური სიგნალებით, რომელთა შორის უნდა იყოს მინიმუმ ერთი დროითი ინტერვალი, მაგალითად თუ ლოგიკური სიგნალი

„1“ კოდირდება პირველი t_1 ან მეორე t_2 დროით ტაქტში, მაშინ სიგნალი „0“-ის კოდირება ხდება მესამე 3 ან მეოთხე 4 დროით ტაქტში.



ნახ. 2. შუქნიშნის მართვის უკონტაქტო სქემა

ასეთი კოდირების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს ვუზრუნველყოთ სქემის მუშაობის დინამიური რეჟიმი, როდესაც ყველა ელემენტი მუშაობს იმპულსურ რეჟიმში. ლგ-ის სქემაზე ზემოქმედების არ არსებობისას ($X_{ფემქ}=0$) სქემის შესავალზე t_3 ან t_4 დროით ტაქტში გვაქვს იმპულსური სიგნალი (ლოგიკური „0“), ამიტომ ინფორმაციის გაძლიერებისა და გადაცემის ელემენტები ინარჩუნებენ „0“ მდგომარეობას. მარშრუტის გამზადებისას ($X_{ფემქ}=1$) ლგ-ის სქემა გადადის მდგომარეობაში „1“, ამასთან ლგ-ის სქემის გამოსავალი იმპულსური სიგნალი ახდენს მაძლიერებლების ამოქმედებას, საიდანაც სიგნალი საკაბელო ხაზით გადაეცემა აღმასრულებელ ობიექტს და ჩართავს შუქნიშნის ნ ნათურას. სასიგნალო შუქნიშანზე ჩვენების ამორჩევა ხდება ლგ-ის სქემით, სადაც მოწმდება ამ მარშრუტით მატარებლის მოძრაობის უსაფრთხოების ყველა პირობა.

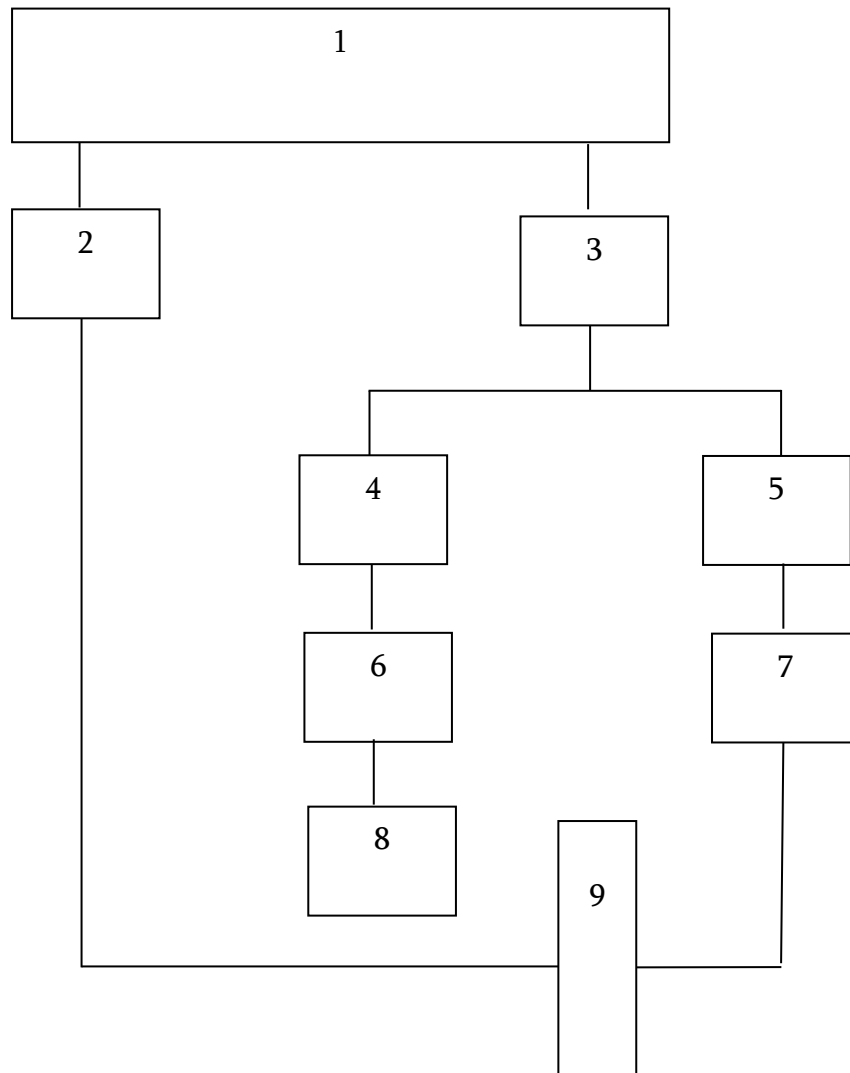
რადგან გამოსავალი სიგნალის სიმძლავრე საკმარისი არ არის შუქნიშნის ნათურის ჩასართავად, ამიტომ მის გასაძლიერებლად გამოიყენება დროითი და ამპლიტუდურის გაძლიერება. ლგ-ის სქემის გამოსავალი სიგნალის გაზრდისათვის გამოიყენება სტატიკური ტრიგერი, ხოლო ამპლიტუდის გაზრდისათვის ამპლიტუდური ორკასკადიანი მაძლიერებელი.

ტრიგერის გამოსავალი სიგნალი გაძლიერდება ტრანზისტორული მაძლიერებლით და მიეწოდება ტრ1 ტრანსფორმატორს, რომელიც მუშაობს ჰისპერეზისის მთლიან მარყუჟზე. ტრ1 ტრანსფორმატორის მეორედ გრაგნილში შუქნიშნთან განლაგებული ტრ2 ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის მიმდევრობით ჩართულია უკონტაქტო საკონტროლო მოწყობილობა (უსმ).

უსმ-ის მოწყობილობა დაფუძნებულია საკაბელო ხაზში დენის სიდიდის ფიქსირებაზე უქმი სვლისა და ნომინალური დატვირთვის რეჟიმებში, როცა შუქნიშნის ნათურის ძაფი გავარვარებულია და ანათებს. თუ ნათურა გადამწვარია სქემა გადადის უქმი სვლის რეჟიმში და უსმ-ის ამოქმედება არასაკმარის დენის სიდიდის გამო შეუძლებელია. ამრიგად დამუშავებული სქემა აკმაყოფილებს შუქნიშნის მართვის შეწყობილობებისა და შუქნიშნის ნათურების მდგომარეობის კონტროლისათვის წაყენებულ ყველა მოთხოვნას.

2.4. თვითრეგულირებადი სარელსო წრედის დამუშავება

შემოთავაზებული სარელსო წრედის ბლოკ-სქემა მოცემულია ნახაზზე 3.



ნახ. 3. სარელსო წრედის ბლოკ-სქემა

თვითრეგულირებადი სარელსო წრედის ბლოკ-სქემა შესდგება: 1. სარელსო ხაზი (სხ); 2. კვების წყარო (კწ); 3. ძაბვის სიხშირედ გარდამქმნელი (მსგ); 4. საინფორმაციო არხის ფილტრები (იაფ); 5. საკონტროლო არხის ფილტრები (საფ); 6. საინფორმაციო ფილტრების ჩამრთველი (იფჩ); 7. საკონტროლო მიმღებები (კმ); 8. საინფორმაციო მიმღები (იმ); 9. ავტომატური რეგულირების ბლოკი (არბ).

თვითრეგულირებადი სარელსო წრედი მუშაობს შემდეგნაირად: ძაბვა კვების წყაროდან 2 სარელსო ხაზის 1 გავლით გადაეცემა ძაბვის სიხშირედ გარდამქმნელს 3, საიდანაც საინფორმაციო 4 და საკონტროლო 5 არხების ფილტრების გავლით მიეწოდება საინფორმაციო ჩამრთველსა 6 და საკონტროლო მიმღებებს 7. თუ სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმების პირობები შესრულებულია და სარელსო წრედი არ საჭიროებს რეგულირებას საინფორმაციო ჩამრთველი ჩართავს საინფორმაციო მიმღებს 8 და შუქნიშანზე აინთება შესაბამისი სიგნალი. როდესაც სარელსო წრედის მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში წრედის პარამეტრების ცვალებადობა იწვევს ყალბი ჩვენების გაჩენას, საკონტროლო მიმღებები 7 გადასცემს სიგნალს ავტომატური რეგულირების ბლოკს 9, რომელიც გამოიმუშავებს შექმნილი სიტუაციის შესაბამის სიგნალს და მოახდენს ზემოქმედებას კვების წყაროზე 2 მანამ, სანამ სარელსო წრედი არ დაუბრუნდება ნორმალურ მდგომარეობას. უნდა აღინიშნოს, რომ რეგულირება შეზღუდულია კვების წყაროს სიმძლავრით, რაც უზრუნველყოფს შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების აუცილებელ შესრულებას.

ახალი სარელსო წრედების სქემების დამუშავებისა და არსებული სქემების კვლევის პროცესი მათი ექსპლუატაციის მრავალგვარი პირობების გათვალისწინებით წარმოადგენს ანალიზისა და სინთეზის ელემენტების ორგანულ შეხამებას.

ანალიზის განზოგადებულ მეთოდებს მიეკუთვნება მეთოდები, რომლებიც ზოგადი სახით გამოხატავენ (ანალიზურად ან გრაფიკულად) სარელსო წრედების რეაქციას სხვადასხვა შემავალ ზემოქმედებაზე ან

რომლებიც საშუალებას იძლევიან გავითვალისწინოთ წრედის რეაქცია რამდენიმე ერთდროულ ზემოქმედებაზე.

სინთეზის განზოგადებულ მეთოდებს შეიძლება მივაკუთვნოთ მეთოდები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს გადაწყვიტოთ სარელსო წრედების სქემათა ოპტიმიზაციის ამოცანა.

განზოგადებული მეთოდების საფუძველს წარმოადგენს ჩანაცვლების სქემა და სარელსო წრედების მათემატიკური აღწერა, რომელიც მოიცავს მამხოლოებელპირაპირებიან ყველა სახის წრედს, ხოლო კონკრეტული სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემა და მათემატიკური აღწერა შეიძლება განვიხილოთ როგორც ზოგადი სქემისა და აღწერის კერძო შემთხვევა. სარელსო წრედების თანამედროვე თეორია ეყრდნობა კლასიკური ანალიზური და გრაფო-ანალიზური მეთოდების, აგრეთვე მათემატიკური პროგრამირების მეთოდების ჰარმონიულ შეხამებას.

დისკრეტული მოქმედების სწრაფმოქმედი გამომთვლელი მანქანების გამოჩენასთან ერთად შესაძლებელი გახდა სარელსო წრედების სინთეზისა და ანალიზის დროს მათემატიკური პროგრამირების მეთოდების გამოყენება, სადაც საწყის ეტაპზე საჭიროა სარელსო წრედის მათემატიკური აღწერა და იმ კრიტერიუმების დასახვა, რომელთა მინიმუმის ან მაქსიმუმის პოვნაა აუცილებელი. კრიტერიუმებად შეიძლება გამოდგეს სარელსო წრედის მაქსიმალური სიგრძე, ელექტროენერგიის მინიმალური ხარჯი, დეფიციტური მასალების მინიმალური დანახარჯები და სხვა, მაგრამ მთავარი კრიტერიუმია სარელსო წრედის სიგრძე. იგი განისაზღვრება სარელსო წრედების ნორმალური, შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების უზრუნველყოფის პირობიდან. ამ რეჟიმების შესრულება დამოკიდებულია სარელსო წრედის ბოლოების შემავალი წინააღმდეგობების სიდიდეზე. შუნტური რეჟიმის გასაუმჯობესებლად წინააღმდეგობა უნდა გაიზარდოს, ხოლო საკონტროლო რეჟიმისათვის კი აუცილებლად უნდა შემცირდეს. ამ შეუსაბამობის გადაწყვეტა წარმოადგენს სარელსო წრედის სინთეზის ძირითად ამოცანას.

სარელსო წრედების საიმედოობისა და მუშაობის უნარიანობის ამალგა განსაკუთრებით პრობლემატურია ბალასტის იზოლაციის დაბალი წინააღმდეგობის მქონე სარელსო წრედებისათვის, ამიტომ ქვემოთ განხილულია ახალი თვითრეგულირებადი სარელსო წრედის დამუშავებისა და ფუნქციონირების პერსპექტივები თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით.

ექსპლუატაციის პირობებში სარელსო წრედების რეგულირებისათვის დამუშავებულია სპეციალური ცხრილები, რომლებიც გაანგარიშებულია $r_0 = 1$ ომი იზოლაციის წინააღმდეგ, მაგრამ ცნობილია, რომ სარელსო წრედების მნიშვნელოვანი ნაწილი მუშაობს გაცილებით დაბალი იზოლაციის წინააღმდეგობის პირობებში. ასეთი სარელსო წრედების ექსპლუატაციის დროს სარეგულირებელი ცხრილებით ნორმალური რეჟიმის დამყარებისას, ხშირად ირღვევა შუნტური და საკონტროლო რეჟიმები, რაც საფრთხეს უქმნის მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების დაცვას.

სარელსო წრედის მუშაობის უნარიანობის პირობიდან გამომდინარეობს, რომ კვების წყაროს ძაბვის E_0 მნიშვნელობის დროს სარელსო წრედი მუშაობის უნარიანობა $g_0 \neq \infty$ ომი კმ-ს ფარგლებში. ამ დიაპაზონში უზრუნველყოფილია სარელსო წრედის მუშაობის ყველა რეჟიმი. იზოლაციის წინააღმდეგობის r_{01} -მდე შემცირებისას (გამტარობა g_{01}) ნორმალური რეჟიმის უზრუნველსაყოფად უნდა დავაყენოთ E_1 ძაბვა, მაგრამ ამ დროს იცვლება სარელსო წრედის მუშაობის უნარიანობის ზღვარი. ეს განპირობებულია იმით, რომ თუ იზოლაციის წინააღმდეგობა იქნება r_{02} -ზე (გამტარობა g_{02}) მეტი, შუნტური და საკონტროლო რეჟიმები არ სრულდება, რაც დაუშვებელია მოძრაობის უსაფრთხოების თვალსაზრისით. ცხადია, რომ კვების წყაროს თითოეულ მნიშვნელობას შეესაბამება მუშაობის უნარიანობის თავისი გარკვეული საზღვრები. მხოლოდ ამ საზღვრებშია უზრუნველყოფილი სამივე სამუშაო რეჟიმი გარკვეული სიგრძისა და შესაბამისი კვების წყაროს სარელსო წრედისათვის.

როცა $g_o = \infty \frac{1}{\text{ომი.კმ}}$ -ს კვების წყაროს ძაბვა განისაზღვრება შუნტური

რეჟიმის შესრულების პირობიდან

$$E_0 = \frac{U'_{\text{ბაშ}} |Z_{\text{ბაშ}}|}{|Z_o|}, \quad (11)$$

სადაც $U'_{\text{ბაშ}}$ სალიანდაგო მიმღების საიმედოდ ჩამოვარდნის ძაბვაა;

$Z_{\text{ბაშ}}$ – გადაცემის წინააღმდეგობა შუნტურ რეჟიმში.

ნორმალურ რეჟიმში სალიანდაგო რელეზე ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა, როცა კვების წყაროს ძაბვაა E_0 იქნება:

$$U_{\text{max}} = \frac{E_0 |Z_o|}{|Z_{\text{ბაშ min}}|}, \quad (12)$$

სადაც $|Z_{\text{ბაშ min}}|$ გადაცემის წინააღმდეგობაა ნორმალურ რეჟიმში, როცა $g_o = \infty$.

i -ური იზოლაციის წინააღმდეგობის დროს კვების წყაროს ჩართვა აგრეთვე განისაზღვრება შუნტური რეჟიმის შესრულების პირობიდან

$$E_i = \frac{U'_{\text{ბაშ}} |Z_{\text{ბაშ}}|}{|Z_o|}, \quad (13)$$

სადაც $Z_{\text{ბაშ}}$ – გადაცემის წინააღმდეგობაა i -ური იზოლაციის წინააღმდეგობის დროს.

E_i ძაბვის დროს სალიანდაგო რელეზე, ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა ნორმალურ რეჟიმში იქნება

$$U_{\max i} = \frac{E_i |Z_0|}{|Z_{\partial si}|}, \quad (14)$$

სადაც $Z_{\partial si}$ გადაცემის წინააღმდეგობაა ნორმალურ რეჟიმში i -ური იზოლაციის წინააღმდეგ დროს, მაშინ

$$\frac{U_{\max i}}{U_{\max}} = \frac{E_i |Z_{\partial \min}|}{E_0 |Z_{\partial si}|}. \quad (15)$$

თუ (15)-ში შევიტანთ (11), (12) და (13) მნიშვნელობებს, მცირედენი გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ

$$E_{\max i} = \frac{|Z_{\partial \partial si}|}{|Z_{\partial si}|} U'_{\text{ნამ}}. \quad (16)$$

თუ განვიხილავთ $Z_{\partial \partial si}$ -სა და $Z_{\partial si}$ -ს დამოკიდებულებას g_0 -სთან დავინახავთ რომ ფარდობა $\frac{|Z_{\partial \partial si}|}{|Z_{\partial si}|}$ იზოლაციის წინააღმდეგობის შემცირებასთან

ერთად მცირდება, ე.ი. მცირდება ნორმალურ რეჟიმში სალიანდაგო რელეზე მაქსიმალურად დასაშვები ძაბვა. (16)-დან გამომდინარეობს, რომ კვების წყაროს ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის სარელსო წრედის მუშაობის-უნარიანობის ერთ-ერთი ზღვარი დამოკიდებულია ნორმალურ რეჟიმში სალიანდაგო რელეზე მაქსიმალურად დასაშვებ ძაბვაზე. მუშაობის-უნარიანობის მეორე, ზღვარი განისაზღვრება სალიანდაგო რელის ამოქმედების ძაბვით. სწორედ ეს ამოცანა უნდა გადაიჭრას თვით რეგულირების მქონე სარელსო წრედების საშუალებით.

ცნობილია, რომ რაც მეტია გადამეტვირთვა ნორმალურ რეჟიმში, მით უფრო უარესია საკონტროლო რეჟიმის შესრულების პირობები. სარელსო წრედის მუშაობის-უნარიანობის ზედა ზღვარი განისაზღვრება ნორმალურ რეჟიმში სალიანდაგო რელეზე მაქსიმალურად დასაშვები

ძაბვის სიდიდით. ამ ძაბვას ვუწოდოთ სალიანდაგო რელეს მეორედ ჩამოვარდნის ძაბვა და აღვნიშნოთ $U''_{\text{წამ}}$. ამრიგად სალიანდაგო რელეს თითქოს აქვს ორი ჩამოვარდნის ძაბვა $U'_{\text{წამ}}$ და $U''_{\text{წამ}}$, თანაც $U'_{\text{წამ}}$ მუდმივი სიდიდეა, ხოლო $U''_{\text{წამ}}$ იცვლება ბალასტის იზოლაციის ცვალებადობასთან ერთად, რომელიც წარმოადგენს მუშაობისუნარიანობის ზედა ზღვარს.

თვითრეგულირების სარელსო წრედების კვების წყაროს ძაბვის გადართვა ხდება ავტომატურად სარელსო წრედის მუშაობის ყველა რეჟიმის აუცილებელი შესრულების პირობების გათვალისწინებით.

თვითრეგულირებადი სარელსო წრედების გაანგარიშებისათვის ჯერ უნდა შევარჩიოთ შესავალი წინაღობები თითოეული სიგრძის სარელსო წრედის ბოლოებისათვის. შემდეგ განისაზღვრება რეგულირების საწყისი ძაბვა, როდესაც სარელსო წრედი მუშაობისუნარიანია იზოლაციის წინაღობის r'_{06} -დან $r''_{06} = \infty$ ომი.კმ-მდე ცვალებადობის ფარგლებში. განისაზღვრება აგრეთვე იზოლაციის წინაღობის ის მნიშვნელობა, როდესაც გამომუშავდება საკონტროლო სიგნალი.

საწყისი საფეხური განისაზღვრება შუნტურ რეჟიმში შესრულების პირობიდან, იმის გათვალისწინებით, რომ სარელსო წრედის მუშაობისუნარიანობის ზედა ზღვარია $r''_{06} = \infty$, მაშინ

$$E_{0\max} = \frac{U'_{\text{წამ}} |Z_{\text{გაწმ6}}|}{|Z_{\text{გეს6}}|}, \quad (17)$$

სადაც $U'_{\text{წამ}}$ სალიანდაგო მიმღების ჩამოვარდნის ძაბვაა;

$Z_{\text{გეს6}}$ – გადაცემის წინააღმდეგობა შუნტურ რეჟიმში, როცა

$$r''_{06} = \infty;$$

$Z_{\text{გეს6}}$ – აპარატურის შესავალი წინააღმდეგობა სარელსო წრედის ბოლოში.

მუშაობისუნარიანობის ქვედა ზღვარი უნდა ვიპოვოთ ნორმალური რეჟიმის შესრულების პირობიდან გამომდინარე, ე.ი. სალიანდაგო რელეზე ძაბვა r'_{06} -ის დროს ტოლი უნდა იყოს რელეს ამოქმედების $U'_{სმ}$ ძაბვისა

$$E_{0min} = \frac{U'_{სმ} Z'_{გან}}{|Z'_{შესბ.}|}, \quad (18)$$

სადაც $Z_{გან}$ გადაცემის წინააღმდეგობაა ნორმალურ რეჟიმში r'_{06} -ის დროს.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $E_{0max} = K_{გ} E_{0min}$, მაშინ მარტივი გარდაქმნების შედეგად (18) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$|Z'_{გან}| = \frac{K_{გ}}{K_{წ}} |Z''_{გაშბ_0}|, \quad (19)$$

სადაც $K_{გ}$ სალიანდაგო რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი;

$K_{წ}$ – კვების წყაროს არასტაბილურობის კოეფიციენტი.

ეს ფორმულა საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ სარელსო წრედის მუშაობისუნარიანობის ქვედა ზღვარი.

სარელსო წრედის მუშაობისუნარიანობის ამალეებისათვის საკონტროლო მიმღები უნდა ამოირთოს ადრე, ვიდრე სალიანდაგო მიმღები, ამიტომ

$$U'_{წსმკ} = \beta U'_{სმლ}, \quad (20)$$

სადაც $U'_{წსმკ}$ იზოლაციის წინააღმდეგობის შემცირების დროს საკონტროლო მიმღების ჩამოვარდნის ძაბვა;

β – საკონტროლო მიმღების მარაგის კოეფიციენტი.

იზოლაციის წინააღმდეგობა, რომლის დროსაც ჩამოვარდება საკონტროლო მიმღები (რეგულირების საწყისი საფეხური) შეიძლება ვიანგარიშოთ განტოლებიდან

$$U'_{\text{ნამკ}} = \frac{E_{0\text{max}} |Z'_{\text{შესკ}}|}{Z'_{\text{გამკ}}}, \quad (21)$$

სადაც $Z'_{\text{გამკ}}$ გადაცემის წინააღმდეგობაა ნორმალურ რეჟიმში, როცა იზოლაციის წინააღმდეგობა $Z_{\text{იმკ}}$,

თუ (17) შევიტანთ (21)-ში და გარდავქმნით მივიღებთ

$$|Z'_{\text{გამკ}}| = \frac{K}{K} |Z''_{\text{გამგ}}|. \quad (22)$$

ამ განტოლებიდან განისაზღვრება იზოლაციის წინააღმდეგობის მნიშვნელობა, რომლის დროსაც უდენოდ დარჩება საკონტროლო მიმღები, თუ დაყენებულია რეგულირების საწყისი საფეხური.

რეგულირების თითოეული საფეხურისათვის არსებობს სალიანდაგო რელეზე მაქსიმალურად დასაშვები ძაბვა ნორმალურ რეჟიმში, რომლის მნიშვნელობაც დამოკიდებულია სარელსო წრედის მუშაობისუნარიანობის ზედა ზღვარზე. რეგულირების საწყის საფეხურზე

$$U''_{\text{ნამგ}} = \frac{E_{0\text{max}} |Z'_{\text{შესკ}}|}{Z''_{\text{გამგ}}}, \quad (23)$$

სადაც $U''_{\text{ნამგ}}$ ნორმალურ რეჟიმში სალიანდაგო რელეს მაქსიმალური დასაშვები ანუ მეორედ ჩამოვარდნის ძაბვაა რეგულირების საწყის საფეხურზე

$Z''_{\text{გამგ}}$ – ნორმალურ რეჟიმში გადაცემის წინააღმდეგობა, როცა $r'_{\text{ოგ}} = \infty$.

რეგულირების საწყისი საფეხურის შემთხვევაში ძაბვის სიხშირედ გარდამქმნელის გამოსავალზე იქნება შემდეგი სიდიდეები:

ა) მუშაობისუნარიანობის ქვედა ზღვარზე:

$$f_{\text{სმლ}} = \alpha U'_{\text{სმლ}}, \quad (24)$$

$r'_{\text{ოკ}}$ იზოლაციის წინააღმდეგობის დროს

$$f'_{\text{ნსმკ}} = \alpha \cdot \beta \cdot U'_{\text{სმლ}}. \quad (25)$$

ბ) მუშაობისუნარიანობის ზედა ზღვარზე

$$f''_{\text{ნსმ0}} = \alpha \cdot U''_{\text{ნსმ0}}, \quad f''_{\text{ნსმკ0}} = \alpha \cdot U''_{\text{ნსმ0}}, \quad (26)$$

მაშინ საინფორმაციო არხის ზოლური ფილტრის გატარების ზოლი იქნება

$$\Delta f_{\text{ზ.ფი0}} = f''_{\text{ნსმ0}} - f'_{\text{სმლ}}. \quad (27)$$

ხოლო საკონტროლო არხისათვის

$$\Delta f_{\text{ზ.ფკ0}} = f''_{\text{ნსმ0}} - f'_{\text{ნსმკ}}. \quad (28)$$

საკონტროლო სიგნალის მიღების შემდეგ $r'_{\text{ოკ}}$ იზოლაციის წინააღმდეგობის დროს უნდა დავაყენოთ რეგულირების ახალი საფეხური. ამისათვის უნდა ამოვირჩიოთ სარელსო წრედის მუშაობისუნარიანობის ზედა ზღვარი

$$r''_{\text{ოკ}} = \varepsilon_0 r'_{\text{ოკ}}, \quad (29)$$

სადაც ε_0 სარელსო წრედის მუშაობისუნარიანობის გაზრდის კოეფიციენტი რეგულირების საწყის საფეხურზე.

რეგულირების ახალი საფეხურის ძაბვა განისაზღვრება იმ პირობით, რომ შესრულებული უნდა იყოს შუნტური რეჟიმის პირობები მუშაობისუნარიანობის ზედა ზღვარზე

$$E_{1\max} = \frac{U'_{\text{ნამ}} |Z_{\text{გაშ61}}|}{Z_{\text{შესბ}}}, \quad (30)$$

სადაც $Z_{\text{გაშ61}}$ გადაცემის წინააღმდეგობაა შუნტურ რეჟიმში, როცა იზოლაციის წინააღმდეგობაა r''_{01} .

გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ:

$$E_{1\max} = \frac{|Z''_{\text{გაშ61}}|}{|Z''_{\text{გაშ6ა}}|} E_{0\max}. \quad (31)$$

რეგულირების ახალი საფეხურის დროს სარელსო წრედის მუშაობისუნარიანობის ქვედა ზღვარი განისაზღვრება ნორმალური რეჟიმის შესრულების პირობებიდან

$$E_{1\min} = \frac{U'_{\text{ამდ}} |Z'_{\text{შა1}}|}{Z_{\text{შესბ}}}. \quad (32)$$

აქედან მივიღებთ, რომ

$$|Z'_{\text{შა1}}| = \frac{|Z''_{\text{გაშ61}}|}{|Z''_{\text{გაშ60}}|} |Z'_{\text{გა6}}|. \quad (33)$$

ამ განტოლებიდან განისაზღვრება r'_{01} .

ნორმალურ რეჟიმში სალიანდაგო რელეზე დასაშვები მაქსიმალური ძაბვა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$U''_{\text{ნამ1}} = \frac{U'_{\text{ნამ}} |Z_{\text{გაშნ1}}|}{|Z''_{\text{გა1}}|}. \quad (34)$$

ძაბვის ამ მნიშვნელობაზე სალიანდაგო მიმღები დარჩება უდენოდ, ამიტომ უნდა ავიღოთ

$$U''_{\text{ნამკ1}} = \eta U''_{\text{ნამ1}}. \quad (35)$$

იზოლაციის წინააღმდეგობა, რომლის დროსაც უდენოდ დარჩება საკონტროლო მიმღები განისაზღვრება შემდეგი განტოლებიდან:

$$U''_{\text{ნამ1}} = \frac{E_{1\text{max}} |Z_{\text{შესბ}}|}{|Z''_{\text{გა1კ}}|}, \quad (36)$$

სადაც $Z''_{\text{გა1კ}}$ ნორმალურ რეჟიმში გადაცემის წინააღმდეგობაა $r''_{01კ}$ -ის დროს.

(36)-დან შეგვიძლია მივიღოთ

$$|Z'_{\text{გა1კ}}| = \frac{K_{\text{კდ1}}}{\eta} |Z''_{\text{გაშნ1}}|, \quad (37)$$

სადაც $K_{\text{კდ1}} = \frac{U'_{\text{ნამ}}}{U''_{\text{ნამ1}}}$ საკონტროლო მიმღების დაბრუნების კოეფიციენტი.

ამ განტოლებიდან განისაზღვრება $r''_{01კ}$.

რეგულირების ახალი საფეხურის დროს ძაბვის სიხშირედ გარდამქმნელის გამოსავალზე გვექნება:

ა) მუშაობისუნარიანობის ზედა ზღვარზე:

$$f''_{\text{ნსმ1}} = \alpha U''_{\text{ნსმ1}}$$

ბ) $r''_{\text{ი1j}}$ იზოლაციის წინააღმდეგობისას:

$$f''_{\text{ნსმ1}} = \alpha \eta U''_{\text{ნსმ1}}$$

საინფორმაციო არხის გატარების ზოლი იქნება

$$\Delta f_{\text{ზფიას1}} = f''_{\text{ნსმ1}} - f'_{\text{ამლ}}, \quad (38)$$

ხოლო საკონტროლო არხის გატარების ზოლი:

$$\Delta f_{\text{ზფკას1}} = f''_{\text{ნსმ1}} - f'_{\text{ნსმკ}}, \quad (39)$$

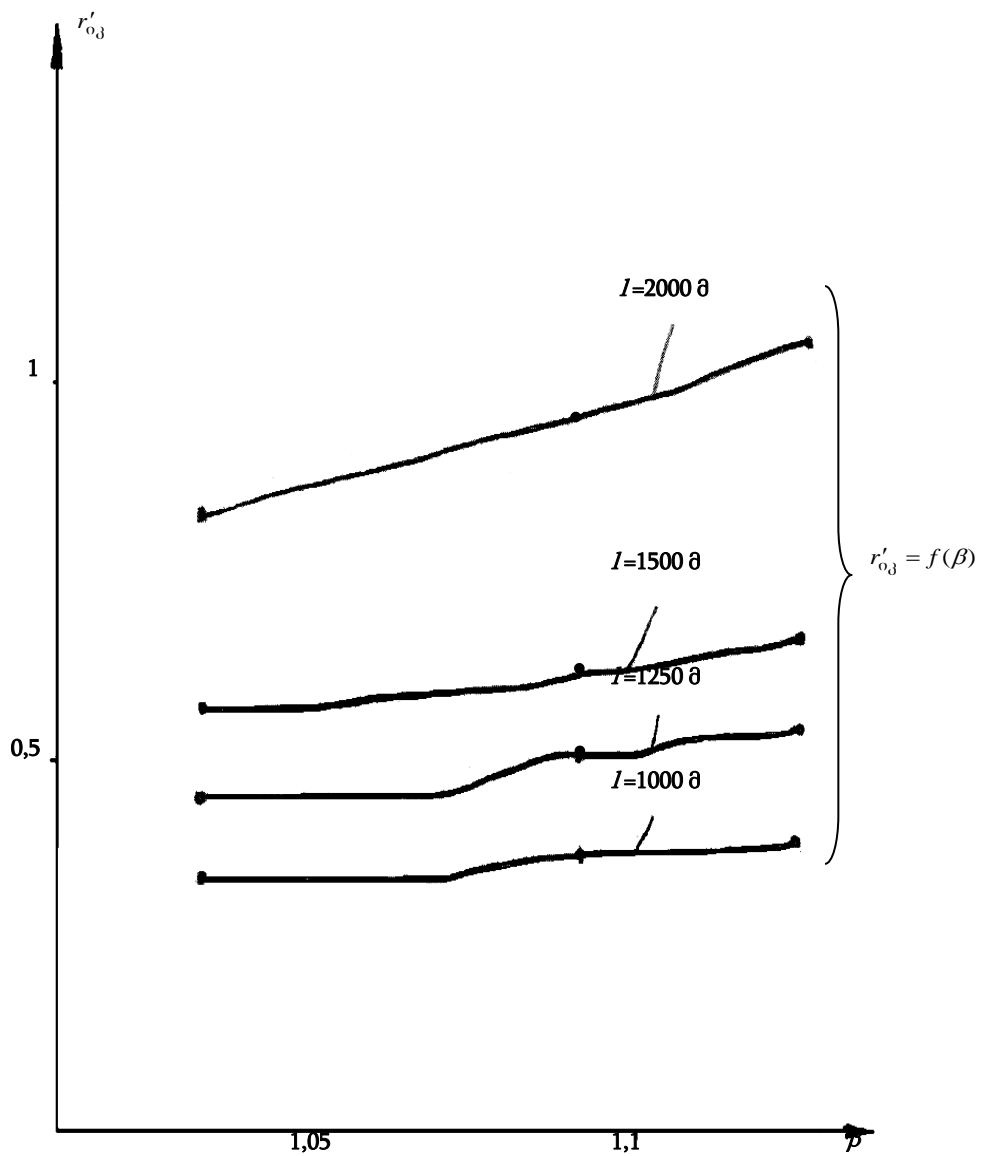
დამუშავებული ალგორითმის მიხედვით ჩატარდა თვითრეგულირებადი სარელსო წრედების თეორიული გამოკვლევა β და ε კოეფიციენტების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის.

გამოკვლევული იქნა 25 ჰერცი სიხშირის 1000, 1250, 1500 და 2000 მეტრი სიგრძის სარელსო წრედები მუდმივი დენის ელექტრული წევის დროს.

გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ კვების წყაროს ძაბვისა და იზოლაციის წინააღმდეგობის ნებისმიერი მნიშვნელობისას არსებობს ისეთი ძაბვა სალიანდაგო რელეზე, რომლის ზევითაც შუნტური რეჟიმი დაცული აღარაა, ამიტომ სარელსო წრედის მუშაობისუნარიანობის ზედა ზღვარი განისაზღვრება ნორმალურ რეჟიმში სალიანდაგო რელეზე დასაშვები მაქსიმალური ძაბვის მიხედვით.

როდესაც იზოლაციის წინააღმდეგობა უახლოვდება მუშაობის-უნარიანობის ქვედა ზღვარს (იზოლაციის წინააღმდეგობა r'_{03}), უდენოდ რჩება საკონტროლო მიმღები, რაც დამოკიდებულია $U_{\text{ნამკ}}$ საკონტროლო მიმღების ჩამოვარდნის ძაბვაზე და რადგან $U'_{\text{ნამკ}} = \beta U'_{\text{ამლ}}$, აგრეთვე დამოკიდებულია β კოეფიციენტზე. ნახ. 4-ზე მოყვანილია დამოკიდებულება r'_{03} იზოლაციის წინააღმდეგობასა და β კოეფიციენტებს შორის. ამ დამოკიდებულებიდან ჩანს, რომ β -ს გადიდებით იზრდება r'_{03} -ს მნიშვნელობაც.

მუშაობისუნარიანობის საზღვრების მაქსიმალურად გაფართოებისათვის β -ს უნდა ჰქონდეს რაც შეიძლება მცირე მნიშვნელობა, ამასთან დაუშვებელია, რომ $r''_0 \leq r'_{03}$, რადგან ასეთ შემთხვევაში შეუძლებელია გავაკონტროლოთ იზოლაციის წინააღმდეგობის მუშაობისუნარიანობის ზედა ზღვართან მიახლოება. ამრიგად β კოეფიციენტის გაზრდას ერთის მხრივ მივყავართ რეგულირების საფეხურების რიცხვის შემცირებამდე, მაგრამ მეორე მხრივ სარელსო წრედის მუშაობისუნარიანობის საზღვრების მაქსიმალური გაფართოებისათვის აუცილებელია ამ კოეფიციენტის შემცირება, ამიტომ β კოეფიციენტის ოპტიმალური მნიშვნელობის შერჩევა თვითრეგულირების სარელსო წრედების სინთეზის უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს. β კოეფიციენტის შერჩევასა უნდა გავითვალისწინოთ სიხშირის გარდამქმნელსა და ზოლური ფილტრების მახასიათებლები.



თვითრეგულირების სარელსო წრედების თეორიულმა გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ თვითრეგულირების გამოყენება განსაკუთრებით ეფექტურია გრძელ სარელსო წრედებში. ამ შემთხვევაში, როგორც თეორიული გამოკვლევები გვიჩვენებს მუშაობისუნარიანობა 70%-მდე იზრდება.

2.5. მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების ცნობილი სისტემები

სამამულო პრაქტიკაში გამოიყენება მატარებლის მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების ორი სახის გადასარბენი სისტემა: ეს არის ავტობლოკირება და ნახევრადავტომატური ბლოკირება.

მსგავსი სისტემების აგება და ექსპლოატაცია ყოფილი საბჭოთა კავშირის სარკინიგზო ქსელში 30-იანი წლების დასაწყისში დაიწყო. ავტობლოკირებისა და ნახევრადავტომატური ბლოკირების დანერგვამ მაქსიმალურ ტემპებს 60-იან წლებში მიაღწია. ყოფილი საბჭოთა კავშირის საგზაო ქსელში ექსპლოატაციაში გამვებული მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემების დიდი ნაწილი სამამულო წარმოების იყო და ხელსაწყომშენებლობის სპეციალიზირებულ ქარხნებში მზადდებოდა.

უდიდესი ღვაწლი მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემების თეორიის შექმნასა და განვითარებაში, მათი ტექნიკური რეალიზაციის მეთოდების დამუშავებაში მიუძღვის მოსკოვის, ლენინგრადის, ყოფილი საკავშირო დაქვემდებარების სამეცნიერო სკოლებს, სხვადასხვა უმაღლეს სასწავლებლებსა და საპროექტო-საკონსტრუქტორო ორგანიზაციებს, მათ შორის საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს. ამ ნაშრომებმა საფუძველი ჩაუყარეს სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციისა და ბლოკირების მოწყობილობებისა და სისტემების სამამულო სკოლის შექმნას, რამაც განაპირობა რკინიგზის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემებისა და მოწყობილობების კვლევის მაღალი დონე და სარკინიგზო ტრანსპორტის პროგრესი.

შექმნილი იქნა ავტობლოკირების სხვადასხვა სისტემები: სარკინიგზო გზების ავტომატური წევის მქონე მონაკვეთებისათვის მუდმივი დენის ავტობლოკირება, მუდმივი და ცვლადი დენის ელექტრული წევის მქონე ან ელექტროფიკაციას დაქვემდებარებული მონაკვეთებისათვის ცვლადი დენის რიცხვითი კოდური ავტობლოკირება.

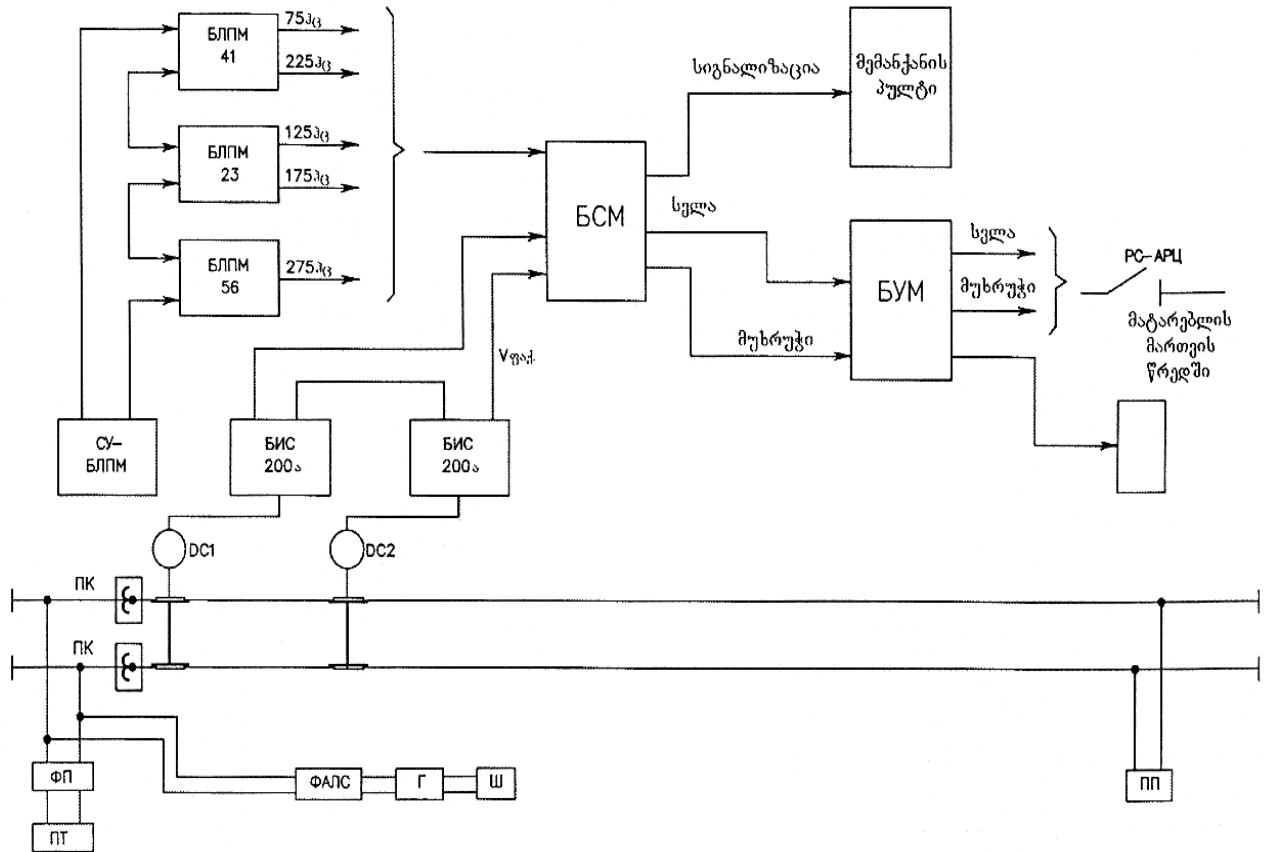
70-იანი წლების ბოლოს შეიქმნა სიხშირული ავტობლოკირება. მოგვიანებით შემუშავდა ცენტრალიზებული ავტობლოკირების სისტემები უნიფიცირებული თვითკონტროლირებადი ავტობლოკირებით (YCAE და YCAE-M), აგრეთვე ავტობლოკირება ბალასტის იზოლაციის დაბალი წინააღმდეგობის მქონე მონაკვეთებისათვის, ავტობლოკირებები ტონალური სარელსო წრედებით და სხვა.

ახალი სისტემების შექმნასთან ერთად იხვეწებოდა, სრულყოფილი ხდებოდა მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების არსებული სისტემები. საიმედოობის მდგრადობის ზრდის, ხოლო ენერგო და მასალატევადობის, აგრეთვე მოწყობილობების შენახვაზე საექსპლოატაციო ხარჯების შემცირების მიმართულებით. ასეთი სისტემების რიცხვს მიეკუთვნება აგრეთვე კოდურ-ელექტრონული ბლოკირება (KЭБ-1 და KЭБ-2) და რიცხვითი კოდური ავტობლოკირების მიკროპროცესორული სისტემა (AB-4IE). რკინიგზის მუშაობის თანამედროვე ეკონომიკური პირობები და მიკროელექტრონიკის სწრაფი განვითარება მოითხოვს თვისობრივად ახალი და უფრო ფართო ფუნქციონალური შესაძლებლობების მქონე თანამედროვე საელემენტო ბაზაზე აგებული მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემების შექმნის აუცილებლობას, ამიტომ შეიქმნა ისეთი გაუმჯობესებული სისტემები, როგორცაა მიკროელექტრონული ავტობლოკირება (AB-E1) და ავტობლოკირება აპარატურის დეცენტრალიზებული განლაგებითა და სარელსო წრედებით იზოლირებული პირაპირების გარეშე (AB-E2). შემუშავდა და იწერებოდა ნახევრადავტომატური ბლოკირების სისტემები. რიგ შემთხვევებში გადასარბენებზე გამტარუნარიანობის ასამაღლებლად ეწყობოდა ნახევრადავტომატური (მომსახურე) და ავტომატური ბლოკპოსტები.

საქართველოს გზების ქსელის დიდი ნაწილი აღჭურვილია ავტობლოკირების მოწყობილობებით, რადგანაც სწორედ ისინი უზრუნველყოფენ მონაკვეთების მაქსიმალურ გამტარუნარიანობას და მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარის მიღწევას მინიმალურ მატარებელთა-

შორის ინტერვალში. ნახევრადავტომატური ბლოკირების მოწყობილობებით აღჭურვილი იყო, როგორც წესი, ნაკლებადმოქმედი მონაკვეთები. გადაზიდვების მოცულობის შემცირებამ გამოიწვია სადგურების, სალოკომოტივო და სავაგონო პარკების რიცხვის, აგრეთვე საგზაო სამუშაოების მოცულობების შემცირება და ა.შ., რის გამოც მოხდა საექსპლოატაციო ხარჯების შედარებითი შემცირება მთელს რკინიგზის ტრანსპორტზე. თუმცა ეს არ შეეხო ავტობლოკირების მოწყობილობებს მისი ტექნიკური საშუალებების შენახვის ხარჯების ნაწილში.

ავტობლოკირების მოწყობილობები (სასიგნალო დანადგარები და სახაზო ნაგებობები) შედგებიან დიდი რაოდენობის მასალატევადი ელემენტებისაგან, რომლებიც შეიცავენ დეფიციტურ მასალებს მნიშვნელოვანი მოცულობით: გადასახვევ სპილენძს, სატრანსფორმატორო ფოლადს და ზოგიერთ ძვირფას ლითონს. მათ რიცხვს მიეკუთვნება საგზაო დროსელ-ტრანსფორმატორები, სხვადასხვა სახის ტრანსფორმატორები და კაბელები, რეაქტორები, რელეები, სარელსო შემაერთებლები, ენერგომომარაგების გრძივი ხაზები და ა.შ. მაგალითად, სპილენძის ხარჯი თითოეულ სასიგნალო დანადგარზე შეადგენს რამდენიმე ათეულ კილოგრამს. დროის ტექნოლოგიური ნორმები გადასარბენი მოწყობილობების მომსახურებაზე და მომსახურე პერსონალის ნორმირებული შემადგენლობა პრაქტიკულად არ ითვალისწინებს საექსპლოატაციო ხარჯების შემცირებას მოძრაობის სიდიდის შემცირებისას, რაც ტექნიკურად სრულიად გამართლებულია. სადგურების რაოდენობის შემცირებას მივყავართ ელექტრონული ცენტრალიზაციის და არა ავტობლოკირების ლიკვიდაციისაკენ.



ნახ. 5. მოწყობილობის ალს-სარ ფუნქციონალური სქემა

ასეთ პირობებში მიზანშეწონილი ხდება მოძრაობის მოცულობის სიდიდის მიხედვით მატარებლის მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემების გადაყვანა ავტობლოკირებიდან ნახევრადავტომატურ ბლოკირებაზე. ამ ღონისძიების ეკონომიკური ეფექტი აშკარაა. მაგალითად, ავტობლოკირების დროს ორლიანდაგიან გადასარბენზე, რომლის სიგრძეა 40 კმ, საშუალოდ 2000 მეტრიან ბლოკ-უბანზე მოქმედებს 40 სასიგნალო დანადგარი (მოწყობილობა). ნახევრადავტომატური ბლოკირების დროს

სასიგნალო დანადგარები, სარელსო წრედები და ენერგომომარაგების გრძივი ხაზები პრაქტიკულად არ არსებობს.

ავტობლოკირების არსებულ სისტემებში, ისევე როგორც ელექტრულ ცენტრალიზაციაში, ძირითად ელემენტს, რომელიც ახორციელებს გზის მონაკვეთზე მატარებლის არსებობის კონტროლს და უზრუნველყოფს მოძრაობის უსაფრთხოებას, წარმოადგენს სარელსო წრედი. ბოლო ხანებში მათი მტყუნების ფარდობითი წილი გაიზარდა და ისინი მნიშვნელოვანწილად გახდნენ სიგნალიზაციისა და ცენტრალიზაციის ბლოკირების სისტემების მუშაობის საიმედოობის განმსაზღვრელნი. ტრადიციული მეთოდებით პრაქტიკულად შეუძლებელია მიღწეული იქნეს სარელსო წრედების საექსპლოატაციო საიმედოობის მნიშვნელოვანი ამაღლება, რაც განპირობებულია მათი მუშაობის პრინციპით. სარელსო წრედების მუშაობისუნარიანობის გაუმჯობესების ცნობილი მეთოდები მდგომარეობს: მათი სიგრძის შემცირებაში „ტრანსლაციის“ წერტილების ორგანიზების გზით ბლოკუბნებზე, ანუ გრძელი სარელსო წრედების „დანაწევრებას“ უფრო მოკლე მონაკვეთებად. ეს კი იწვევს გადასარბენებზე აპარატურის რაოდენობის 2-3-ჯერ გაზრდას, ხოლო გადასარბენების ნახევრად-ავტომატური ბლოკირების მოწყობილობებით აღჭურვისას, სარელსო წრედები არ გამოიყენება და ბლოკირების მოწყობილობების მუშაობის საიმედოობის უზრუნველყოფასთან დაკავშირებული პრობლემები არ წარმოიშვება.

ნახევრადავტომატური ბლოკირებით ავტობლოკირების შეცვლისას მცირდება მასალატევადი და ძვირადღირებული აპარატურის გამოყენება, რაც იწვევს მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების მოწყობილობების საიმედოობის ამაღლებასა და საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირებას. ცხადია, რომ გადაზიდვების პროცესის უფრო რაციონალური ორგანიზაცია შესაძლებელია ავტომატური ბლოკირების მოწყობილობებით აღჭურვილი გზის მონაკვეთების შემცირების ხარჯზე.

ამკარა უპირატესობის მიუხედავად, რომლებიც განსაკუთრებულად თვალსაჩინოა სარკინიგზო ტრანსპორტის თანამედროვე ეკონომიკური

მდგომარეობისას, ნახევრადავტომატური ბლოკირების მოწყობილობები რიგი მიზეზების გამო გზებზე შეზღუდულად გამოიყენება, უპირველეს ყოვლისა ამის ახსნა შესაძლებელია იმით, რომ არ არსებობს სრული შემადგენლობით მატარებლის სადგურში შემოსვლის სარწმუნო კონტროლის საშუალება.

ნახევრადავტომატური ბლოკირების სისტემებში მატარებლების შემოსვლის კონტროლი ხორციელდება სადგურის მორიგის მიერ (ელექტრული ცენტრალიზაციის არსებობის პირობებში) და ამის გარდა, მორიგის მიერ მეისრის პოსტზე (ისრების და სიგნალების საგასაღებო ურთიერთდამოკიდებულების პირობებში). ამ დროს შესაძლებელია სიტუაციები, როცა ადამიანს არ შეუძლია სარწმუნოდ შეამოწმოს მდგომარეობა, ამიტომ მატარებლის არასრული შემადგენლობით შემოსვლის ალბათობა საკმაოდ დიდია. ასე მაგალითად, შპს „საქართველოს რკინიგზის“ მონაცემებით, 2016 წელს საგზაო ქსელში დარეგისტრირებულია შემადგენლობის თვითგადახსნის 72 შემთხვევა და 63 შემთხვევა ავტოდამჭერის ჩახსნისა. 2017 წელს ამ მაჩვენებელმა შეადგინა შესაბამისად 92 და 70 შემთხვევა. აქედან გამომდინარე, ნახევრადავტომატური ბლოკირების დროს მატარებლის შემოსვლის კონტროლის არსებული ტექნოლოგია, როცა გადაწყვეტილებას სადგურში მატარებლის სრული შემადგენლობით შემოსვლის შესახებ იღებს სადგურის ოპერატიული პერსონალი, ვერ უზრუნველყოფს მოძრაობის საჭირო უსაფრთხოებას.

მეორე მიზეზი ნახევრადავტომატური ბლოკირების შეზღუდული გამოყენებისა გზების ქსელში მდგომარეობს იმაში, რომ არ ხერხდება მისი შეთავსება დისპეტჩერული ცენტრალიზაციის მოწყობილობებთან, რადგან მატარებლის დისპეტჩერს არ გააჩნია ობიექტური ინფორმაცია სადგურში მატარებლის სრული შემადგენლობით შემოსვლის შესახებ და სადგურის მორიგეების დახმარების გარეშე მას არ შეუძლია მატარებლის მოძრაობის მართვა. ამგვარად, დისპეტჩერული ცენტრალიზაციის დანერგვის ძირითადი ეკონომიკური მიზანი - სადგურების მორიგეების შემცირება - არ შეიძლება რეალიზებული იქნას ნახევრადავტომატური ბლოკირების დროს.

ნახევრადავტომატურ ბლოკირებაზე ჰიპოთეტიკური გადასვლის დროს საჭიროა აგრეთვე გათვალისწინებული იქნას რომ დროთა განმავლობაში რკინიგზით მგზავრებისა და ტვირთების გადაზიდვების მოცულობა შეიძლება გაიზარდოს. გადაზიდვების ეს ცვლილებები სადღეისოდ სავსებით შესაძლებელია, მაგალითად მსოფლიო ბაზარზე კონიუნქტურის შეცვლის შემთხვევაში. კერძოდ, ამაზე შეიძლება არსებითად იმოქმედოს იმპორტული ტვირთების ტრანსკავკასიურ გადაზიდვებზე დადებულმა კონტრაქტებმა. ეს გარკვეულწილად განსაზღვრავს ავტობლოკირების ეკონომიკურად არამომგებიანი სისტემების შენარჩუნების ერთ-ერთ მიზეზს მაგისტრალურ გზებზე. ამ მიმართულებით ყველაზე რაციონალურია საგზაო ბლოკირების ჰიპოთეტიკური სისტემა, აუცილებლობის შემთხვევაში ბლოკ-მონაკვეთების ცვალებადი რიცხვით, ანუ მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემა გამტარუნარიანობის ოპერატიულად ცვლადი მახასიათებლებით.

მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების მოწყობილობებით საზღვარგარეთის სარკინიგზო გზების აღჭურვისა და დამუშავების მიმართულების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ უმეტესად ისინი სრულდება იმ პირობებიდან გამომდინარე, რომელსაც განსაზღვრავს მატარებლების მოძრაობის სიხშირე.

ასე მაგალითად, გერმანიაში, საფრანგეთში, დიდ ბრიტანეთში და იაპონიაში არაინტენსიური მოძრაობის მონაკვეთებზე საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება რადიოელექტრონული ბლოკირების სისტემა, რომლის დროსაც, ნახევრად-ავტომატური ბლოკირების სამამულო სისტემების მსგავსად, გადასარბენზე შეიძლება იყოს მხოლოდ ერთი მატარებელი.

2.6. ინტერვალური რეგულირების სისტემების ფუნქციონირებისა და აღდგენადობის ხარისხის გამოკვლევა

ჩვენს მიერ განხილული სისტემები შეიძლება მივაკუთვნოთ რთული სისტემების კლასს, რომლებიც თავის მხრივ შედგებიან საერთო წრედით გაერთიანებული ფუნქციონალური ელემენტების, ბლოკებისა და კვანძების დიდი რიცხვისაგან. ამ მოწყობილობების ძირითად დანიშნულებას წარმოადგენს გადასარბენებსა და სადგურებზე მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების ამაღლება, სარკინიგზო მონაკვეთებისა და სასადგურე აუცილებელი გამტარუნარიანობით უზრუნველყოფა, მონაკვეთებზე მატარებლების მოძრაობის სიჩქარის გაზრდა. შესაბამისად ამ მოწყობილობების საიმედო მუშაობა დიდად განსაზღვრავს გადაყვანა-გადატანის პროცესის ხარისხს.

სარკინიგზო ტრანსპორტზე გამოყენებული ინტერვალური რეგულირების სისტემები იყოფიან საგადასარბენო და სასადგურე სისტემებად. პირველ მათგანს ჩვეულებრივ მიაკუთვნებენ ავტომატურ და ნახევრადავტომატურ ბლოკირებას, გადასასვლელებზე ავტომატურ გადამლობ მოწყობილობებს, დისპეტჩერულ კონტროლს. სასადგურე მოწყობილობების ძირითად სახეს წარმოადგენენ ისრებისა და სიგნალების ელექტრული ცენტრალიზაცია. გადასარბენზე ავტობლოკირების სისტემების აპარატურა, რომელიც უზრუნველყოფს რკინიგზის დიდ მონაკვეთზე მატარებლების მოძრაობის რეგულირებას, განლაგებულია რკინიგზის გასწვრივ და მუშაობის სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში.

სასადგურე მოწყობილობების სარელეო აპარატურა განთავსებულია უშუალოდ სასადგურე შენობებში (ელექტრული ცენტრალიზაციის პოსტებზე), ხოლო ელექტრული ცენტრალიზაციის შემსრულებელი ორგანოები სავსე მოწყობილობებია.

თავისი ფუნქციონირებისათვის საგადასარბენო და სასადგურე სისტემების ბაზები საჭიროებენ ერთი ტიპის კვანძებს და ელემენტებს,

ისეთებს, როგორცაა – სარელსო წრედები, ოპტიკური სიგნალიზაციის ხელსაწყოები (შუქნიშნები) და სხვა.

თანამედროვე ტექნიკურ სისტემაში გაუმართაობები, როგორც წესი, იმ შეცდომების შედეგია, რომლებიც დაშვებული იქნენ პროექტირების, დამზადების, აგებისა და ექსპლუატაციის დროს. პრინციპში კარგად დაპროექტებულმა, ხარისხიანად დამზადებულმა, დეტალურად გამოცდილმა და სწორად გამოყენებულმა აპარატურამ მუშაობისას არ უნდა გვიმტყუნოს. თუმცა პრაქტიკა ამას არ ადასტურებს.

გაუმართაობები და მათ მიერ გამოწვეული მტყუნებები შეიძლება დავეყოს ორ ჯგუფად:

1. გაუმართაობები, განპირობებულნი პრინციპულ სქემაში ან მოწყობილობების კონსტრუქციაში შეცდომებით, სქემების დამზადებისა და მონტაჟის პროცესში ნაკეთობათა ხარისხის ზუსტი კონტროლით. ეს გაუმართაობები გამოწვეულნი არიან საორგანიზაციო-ტექნიკური მიზეზებით, ისინი შეიძლება აღმოიფხვრან დაპროექტებისა და წარმოების კულტურის დონის ამაღლებისა და ხარისხზე კონტროლის გამკაცრების ხარჯზე.
2. მოწყობილობებში გაუმართაობების აღმოჩენისას, თუკი მათი დაპროექტება, შემოწმება და ტექნიკური წესების მოთხოვნები დაკმაყოფილებულია, ამ შემთხვევაში გაუმართაობები გამოწვეულია დროში ელემენტთა პარამეტრების ცვლილების, მექანიკური ცვეთისა და მათი მოძველების გამო.

რიგ შემთხვევაში გაუმართაობები შეიძლება გამოწვეული იყოს საერთო სქემის ნაწილის ბოლომდე დაუმუშავებლობის შედეგად, როდესაც მოწყობილობების დაპროექტება და შემუშავება წარმოებს ტექნიკური დიაგნოსტიკის მოთხოვნების გათვალისწინების გარეშე. ეს ვლინდება დასაპროექტებელი სისტემის დიაგნოსტიკური მოდელის შემუშავების არარსებობის შემთხვევაში, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა განგვესაზღვრა სისტემის შრომისუნარიანობის პირობები, მისი ქცევა ცალკეული ელემენტებისა და კვანძების მტყუნებისას. პროექტირების სისტემებში

ცნობები საკონტროლო წერტილების განლაგების შესახებ ჩვეულებრივ არ არის. პარამეტრების გაზომვით მომსახურე პერსონალს მექანიკური რეგულირებით შეუძლია აღმოფხვრას მოსალოდნელი მტყუნება მინიმალურ მოკლე ვადებში. წამოყენებული სისტემები არ არიან სათანადოდ უზრუნველყოფილნი შესაბამისი ინსტრუმენტებით, გაუმართაობების მოძიებისა და აღმოფხვრის წესებით და ა.შ.

საგადასარბენო მოწყობილობების დაპროექტებისას მიზანშეწონილი იქნებოდა მათი შრომისუნარიანობის პროგნოზირების შესაძლებლობის გათვალისწინება. ამავე დროს დიაგნოსტიკის თაობაზე შემუშავებული წინადადებები უნდა ეთანხმებოდეს დასანერგი სისტემის კონსტრუქციულ თავისებურებებს და სრულად პასუხობდეს რემონტვარგისიანობის მოთხოვნის დონეს.

ამ წინადადებებს შეიძლება მივაკუთვნოთ ინფორმაციული პროგრამების შემუშავება, რომლებიც ხელს უწყობენ წარმოქმნილი გაუმართაობების მოძრაობას, როგორც მექანიკური, ხელით შემოწმების, ასევე ჩართული დიაგნოსტიკური და საკონტროლო გადამეთოდების შემთხვევაში, რომლებიც გვაწვდიან პირველად ინფორმაციას კონტროლირებადი ობიექტის ნორმალური მდგომარეობის დარღვევის შესახებ.

საგადასარბენო მოწყობილობების მუშაობის საიმედოობის ასამაღლებლად ჩატარებული მთელი რიგი საორგანიზაციო და ტექნიკური ღონისძიებების მიუხედავად, რომელსაც მიეკუთვნება აპარატურის გეგმიური და პროფილაქტიკური რემონტი, ტექნიკური პერსონალის მიერ ტექნიკური შინაარსის წესებისა და მეთოდების შესწავლა, ამ ტექნიკის მუშაობაში კვლავ ადგილი აქვს მტყუნებებს; ხოლო გაუმართაობების ლოკალიზაციის დრო გაუმართლებლად დიდი რჩება.

ეს მრავალი ობიექტური და სუბიექტური ფაქტორით აიხსნება. პირველი სახის ფაქტორები განპირობებულნი არიან საგადასარბენო მოწყობილობების რთულ კლიმატურ პირობებში მუშაობით, რკინიგზის ვაკისის გასწვრივ მათი ტერიტორიული განლაგებით. მექანიკური

ზემოქმედებისადმი, მაგალითად ვიბრაციისადმი, მატარებლების მოძრაობით გამოწვეული რყევისადმი და ა.შ. დაქვემდებარებით.

სუბიექტურ ფაქტორებს შეიძლება მივაკუთვნოთ რემონტისა და მომსახურების უხარისხობა, მომსახურე პერსონალის მიერ დაშვებული შეცდომები, რემონტისა და პროფილაქტიკის ორგანიზაციისათვის საჭირო, ზუსტი რეკომენდაციების არ არსებობა.

აღნიშნული მიზეზებისა და რიგი სხვა ფაქტორების გამო საგადასარბენო სისტემებსა და ელემენტებს ექსპლუატაციის პროცესში გააჩნიათ დაზიანების არასწორი ფუნქციონირებისა და მტყუნების გარკვეული ალბათობა.

მუშაობის მსხველდობისას, დაზიანების ანალიზის საფუძველზე მიზნად ვისახავთ სხვადასხვა სისტემებში კვანძებისა და ბლოკების საიმედოობის განსაზღვრას. მუშაობისას დგება ამოცანა, რომ მტყუნების ანალიზის საფუძველზე განვსაზღვროთ სხვადასხვა სისტემების კვანძებისა და ბლოკების საიმედოობა. იმისათვის, რომ დაუქვემდებაროთ ავტომატურ კონტროლსა და დიაგნოსტიკას უფრო საპასუხისმგებლო და ნაკლებად საიმედო ელემენტები.

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ ყველა მოწყობილობას გააჩნია დაზიანებების მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომლებიც განპირობებულნი არიან როგორც ელემენტთა მოძველებითა და ცვეთით, ასევე მომსახურე პერსონალის შეცდომებით, რომელთა ნაწილზეც მოდის მტყუნებათა მთელი რიცხვის 50%-ზე მეტი. ამიტომ უფრო მიზანშეწონილია ავტომატური კონტროლისა და დიაგნოსტიკის საშუალებების დანერგვა, რომლებიც საშუალებას მოგვცემენ განვახორციელოთ თანდათანობითი მტყუნებების პროგნოზირება, მოულოდნელი მტყუნებების საიმედო და დროული ფიქსაცია და გამოვრიცხოთ მომსახურე პერსონალის მიზეზით გამოწვეული მტყუნებები.

დადგენილია, რომ ამ სისტემების ცალკეული ელემენტები და კვანძები სხვადასხვა საიმედოობის არიან. ელემენტთა მტყუნებების

გათვლილი მახასიათებლები შეიძლება გამოვიყენოთ პროფილაქტიკური სამუშაოების ორგანიზაციისას, აგრეთვე ამ მოწყობილობების ტექნიკურ დიაგნოსტიკის სისტემაში კონტროლირებადი პარამეტრების რაციონალური რაოდენობის განსაზღვრისას.

საგადასარბენო მოწყობილობების მტყუნებების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მათი მუშაობისუნარიანობის დარღვევა განპირობებულია ისეთი ელემენტები არასაკმარისი საიმედოობით, როგორცაა სარელსო წრედი, სალიანდაგო, სასიგნალო რელე, ელექტროამძრავები, სარელეო ბლოკები, საკაბელო ხაზები, მცველები და სხვა.

მტყუნებების დროს მოწყობილობების დროული აღდგენის მნიშვნელობა განპირობებს მათი აღდგენადობის მეთოდებისა და ხერხების შემუშავების აუცილებლობას ავტომატური კონტროლისა და დიაგნოსტიკის საშუალებების დანერგვის გზით.

სარელსო წრედების მუშაობის შესახებ ობიექტური და უტყუარი ინფორმაციის მისაღებად დაკვირვებების შედეგად შესწავლილია:

- სხვადასხვა მეურნეობის მიზეზებით გამოწვეული სარელსო წრედების დაზიანებები;
- სარელსო წრედების ელემენტების მტყუნებების გადანაწილება;
- სარელსო წრედში მტყუნებების რიცხვის ცვალებადობის დინამიკა.

სარელსო წრედების დაზიანებები 2000 წლიდან დღემდე შემცირებულია დაახლოებით 30%-ით მაგრამ, სარელსო წრედების გაუმართაობის მიზეზითაა გამოწვეული სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობების ნორმალური მუშაობის დარღვევათა რიცხვი საერთო დაზიანებათა თითქმის ნახევარი.

რკინიგზა ექსპლუატაციის პერიოდში ხასიათდება ტვირთის გადაზიდვისა და მგზავრთა გადაყვანის ხარისხის მუდმივი ზრდით.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემა უშუალოდ უზრუნველყოფს მატარებლის მოძრაობის უსაფრთხოებას.

ახლანდელ დროში სარკინიგზო მაგისტრალი ხასიათდება მაღალი ცვეთით. ამ სისტემის ნაკლი ისაა, რომ იგი ქმნის საშიში სიტუაციების

წინაპირობას, უსაფრთხოების მოძრაობა განისაზღვრება ბევრი ფაქტორებით და მიზანმიმართული მუშაობით ყველა სფეროში. ეს ფაქტორები აუცილებელია მუშაობის, ტექნიკური გადაიარაღების და სტრატეგიის რეალიზაციის ფორმირებისას. ეს მიმართულია შემდეგი ამოცანებისაკენ:

მუშაობის ალგორითმის დახვეწა არსებულ სტაციონარულ, სალოკომოტივო მექანიზმსა და უსაფრთხოების სისტემებში. მისი უსაფრთხოებისა და საიმედოობის ამაღლება;

პირველ რიგში კარდინალურად უნდა გაუმჯობესდეს ტექნიკური საშუალებები სარელსო წრედში. კონტროლის სისტემების და დიაგნოსტიკის დახმარებით, არხების საშუალებით ინფორმაციის გადაცემა, სიგნალის ჩვენება და თანამედროვე მეთოდით უსაფრთხოების დამუშავება;

ინტერვალური რეგულირების სისტემების უსაფრთხოების მდგომარეობა მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში რკინიგზის ტრანსპორტზე;

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს „ადამიანის ფაქტორს“ უსაფრთხოების მიზნით მართვის ავტომატიზაციის პროცესის ხარჯზე.

აუცილებლად საჭიროა მივალწიოთ ტექნიკური უსაფრთხოების გაუმჯობესებას ახალი სისტემის კომპლექსური გამოყენებით და რკინიგზის მონაკვეთებზე ახალ ახალი სისტემების ტექნოლოგიური გაუმჯობესებით. ასევე საჭიროა ახალი ტექნოლოგიების ამაღლება და მისი ექსპლუატაციაში ჩაშვება საჭიროა მაჩვენებლების მისაღწევად საერთაშორისო სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად.

უნდა გაუმჯობესდეს ტექნიკური საშუალებები მისი ფუნქციონალური დანიშნულების თანახმად (ჩქარი და შენელებული მოძრაობა, მძიმე და დიდშემადგენლობიანი მატარებლების მოძრაობა, სადგურები დიდი მოცულობის სამატარებლო-სამანევრო სამუშაოებითა და ნაკლებად მომუშავე ხაზებით).

მომრაობის უსაფრთხოების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დღეისდღეობით გამოყენებული ტექნიკური საშუალებები მოძველებულია არა მარტო პირდაპირი გაგებით, არამედ მორალურადაც.

გადასარბენზე საყვირის მიცემის მთავარი მიზეზი, რომელიც გვხვდება ძირითადად სადგურებში, დაკავშირებულია „ადამიანის ფაქტორების“ მოქმედებასთან, რომლის საშუალებითაც შეიძლება თავიდან იქნას აცილებული მოსალოდნელი უბედურება. მოქმედი სისტემები ისეთია დღეს, რომ კარდინალურად შეუძლებელია შეამცირონ დაზიანებების რიცხვი. სარელეო საელემენტო ბაზა მოითხოვს დიდ ხარჯს მომსახურებაზე.

2.7. საგადასარბენო ინტერვალური რეგულირების სისტემის მუშაობის ალგორითმი

ავტობლოკირება წარმოადგენს საგადასარბენო ინტერვალური რეგულირების ყველაზე სრულყოფილ თანამედროვე სისტემას.

შეტყობინებათა გადაცემის ხერხის მიხედვით ავტობლოკირება მიეკუთვნება ინფორმაციის უწყვეტგადამცემიანი ციკლური მოქმედების სისტემებს, რომლებშიც უწყვეტად გადაცემულ შეტყობინებათა ცვლილება ხდება მხოლოდ გადამწოდებიდან ახალი ინფორმაციის მიღების დროს. შუქნიშნებით გადაცემული ოპერაციული შეტყობინებები მოძრაობის უსაფრთხოებაზე მოქმედების ხარისხის მიხედვით არაეკვივალენტურია. ყველაზე მეტად პასუხსაგებ ძირითად შეტყობინებას, რომელზედაც იგება ბლოკირების სისტემა, ავტობლოკირებაში წარმოადგენს შეტყობინება გასავლელ შუქნიშანს იქით პირველ ბლოკ-უბნის დაკავების შესახებ (ამკრძალავი ჩვენება), რომელიც მემანქანისაგან თხოულობს მატარებლის გაჩერებას. შეტყობინება ამ შუქნიშნის წინ შემდეგი ბლოკ-უბნის (ერთის სიგნალიზაციის სამნიშნა და ორის-სიგნალიზაციის ოთხნიშნა სისტემის დროს) თავისუფალი და წესივრული მდგომარეობის შესახებ, რომლებიც იწვევენ შუქნიშანზე ერთ-ერთი ნებადართული ჩვენების მიღებას,

წარმოადგენს დამატებით ინფორმაციას, რაც აიოლებს მემანქანის მიერ მატარებლის ტარების სწორი რეჟიმის ამორჩევას.

ტექნიკური ნიშან-თვისებისა და შესასრულებელი ფუნქციების მიხედვით ავტომატურ ბლოკირებას მიაკუთვნებენ პირდაპირკავშირიან ტელემართვის სისტემებს. მართვის ობიექტს ან ავტობლოკირების ბოლო რგოლს წარმოადგენს სასიგნალო ხელსაწყო-გასავლელი შუქნიშანი, რომელიც კოდირებული სახით (ფერებისა და სასიგნალო შუქების შეუღლების მიხედვით) გადასცემს ინფორმაციას წინამდებარე სალიანდაგო (საბლოკირო) უბნების მდგომარეობის შესახებ. ამ ინფორმაციის საშუალებით აღწევენ მატარებელთა მოძრაობის ავტომატურ ინტერვალურ რეგულირებას. ავტობლოკირების საფუძველს შეადგენს მოსაზღვრე გასავლელ შუქნიშნებს შორის ცალმხრივი ავტომატური კავშირები. კავშირების სტრუქტურა და მათი განხორციელებისათვის პრაქტიკულად გამოუყენებელი ტექნიკური საშუალებანი განისაზღვრება ავტობლოკირების, როგორც სპეციალური დანიშნულების ცალმხრივი ტელემექანიკური სისტემის სხვადასხვა სპეციფიკურ თავისებურებებით.

მოძრაობის უსაფრთხოების პირობების მიხედვით ავტობლოკირების სისტემის გამოსავალზე მიღებული ინფორმაცია უნდა იყოს აბსოლუტურად უტყუარი, მაგრამ ეკონომიკური თვალსაზრისით ავტობლოკირების სისტემებში გამოიყენება გადაცემული ინფორმაციის დამახინჯებასთან ბრძოლის ისეთი ზომები, რომელთა დროს გამორიცხულია მხოლოდ ძირითადი ინფორმაციის გადასვლა დამატებითში. ე.ი. გამორიცხულია შუქნიშანზე ნებადამრთველი ჩვენების გაჩენა ამკრძალავის ნაცვლად. ამავე დროს გადაცემის ტრაქტის ყველა, მათ შორის კავშირგაბმულობის ხაზია დაზიანებაც ან ინფორმაციის დამახინჯებული დაბრკოლებები უნდა იწვევდეს შუქნიშანზე ნაკლებად ნებადამრთველი (მაგალითად, ყვითელი მწვანის ნაცვლად) ან ამკრძალავი (წითელი) შუქის მიღებას. მაგრამ მატარებელთა მოძრაობის სიჩქარისა და ინტენსიურობის გაზრდასთან დაკავშირებით, ავტობლოკირების სუსტი დაბრკოლება დაცულობისა და

მდგომარეობის გამო შუქნიშანზე უფრო ამკრძალავ ჩვენებათა მიღება არ შეიძლება ჩაითვალოს სისტემის დადებით მხარედ, ამიტომ აუცილებელია ამაღლდეს მოქმედები საიმედოობა, გამოირიცხოს გადაცემული ინფორმაციის დამახინჯების შესაძლებლობა.

კავშირგაბმულობის ერთი ხაზით რამდენიმე შეტყობინების დროის მიხედვით მიმდევრობითი გადაცემის აუცილებლობა უსაფრთხოების მოთხოვნათა დაცვით, გარდაუვალს ხდის სელექციის მეთოდების გამოყენებას განსაკუთრებით, როცა სისტემა იგება ერთადერთი ორსადენიანი ფიზიკური არხის – სარელსო ხაზის გამოყენებით. სელექციის რაციონალური მეთოდების ამორჩევასა საჭიროა გათვალისწინებული იქნას ავტობლოკირების ზემოთმოყვანილი თავისებურებანი, აგრეთვე სისტემის ეკონომიურობის, სიმარტივისა და მოქმედების საიმედოობის მოთხოვნები. სელექციის ნებისმიერი ამორჩეული მეთოდის დროს აუცილებელია შეტყობინებები ელექტრული სიგნალებით გადაიცემა კოდირებული ხაზით. რადგანაც ავტობლოკირების მოწყობილობებში მცირეპოზიციური ობიექტების მართვა ხდება. ამიტომ აუცილებელი შეტყობინებანი შეიძლება გადაიცეს ელემენტარული სიგნალებით, ელემენტარული სიგნალების შემთხვევაში შეიძლება გამოყენებულ იქნას სელექციის ორი, ყველაზე მეტად მარტივი და საიმედო მეთოდი: მარტივი ხარისხობრივი ამორჩევა, რომელიც ემყარება სიგნალის რამდენიმე პარამეტრთა სხვადასხვა მნიშვნელობების შეწყვილებისა და გამოიყენება მრავალარხიან სისტემებში.

ავტობლოკირების უსადენო სისტემებში, რომლებშიც კავშირგაბმულობის ხაზებად გამოიყენება სარელსო წრედები, სელექციის მეთოდი და სიგნალის პარამეტრები აირჩევა სპეციფიკური მოთხოვნების გათვალისწინებით. ამიტომ ასეთ სისტემაში პრაქტიკულად შეუძლებელია ელემენტარული პოლარული პარამეტრების გამოყენება, რომლებიც ძირითადია სადენებიან სისტემებში. უსადენო (კოდური) ავტობლოკირების მოწყობილობებში ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია სიგნალის შემდეგი

ოთხი პარამეტრი: რიცხვითი, იმპულსურ-სიხშირული, სიხშირული და ფაზური.

სადგურებს შორის ლოგიკური კავშირი უნდა შეიცავდეს: სადგურის შემცველ მოწყობილობებს, გადასარბენის მდგომარეობის კონტროლის მოწყობილობებს, მიმართულების შეცვლის სახაზო არხს.

არსებობს სადგურის შემრთველი მოწყობილობების რეალიზაციის სხვადასხვა ხერხი, რომლებიც დამოკიდებულია გამოყენებულ ხელსაწყოთა ტიპზე, სახაზო არხის აგების ხერხზე და ა.შ. ამ შემთხვევაში განმსაზღვრელს წარმოადგენს სახაზო არხების აგების ხერხები. ორივე სახაზო არხი შეიძლება მოწყობილ იქნას თითო ორსადენიანი სახაზო წრედით მისი შემჭიდროების სხვადასხვა მეთოდების (მაგ. დროითი, სიხშირული და ა.შ.) გამოყენებით ან თითოეული არხისათვის შეიძლება გამოყოფილ იქნას ინდივიდუალური წრედი. განხილული დამოკიდებულების შესრულების ხერხების შერჩევის დროს, უპირველეს ყოვლისა, ხელმძღვანელობენ მათი მუშაობის საიმედოობისა და უმტყუანობის მოთხოვნილებებით. ამასთან ერთად, გარკვეულ როლს ასრულებს ეკონომიკური მაჩვენებლებიც. განვიხილოთ ლოგიკური კავშირის რეალიზაციის ორი ვარიანტი: ა) თითო საერთო ორსადენიანი წრედით და დროებითი შემჭიდროებით ბ) ინდივიდუალური ორსადენიანი წრედებით.

თუკი სადგურებს შორის ლოგიკური კავშირი ეწყობა მიმართულების შეცვლისა და გადასარბენის კონტროლის თითო ორსადენიანი სქემით, მაშინ მიმართულების შეცვლის შესახებ დისკრეტული ინფორმაცია გადაიცემა ამ ტელემექანიკური არხის საშუალებით მარტივი ხარისხული სელექციის მეთოდით სიგნალის პოლარული ნიშნების გამოყენებით. გადასარბენის შესამოწმებლად გამოიყენება ამპლიტუდური ნიშანი. შემრთველი მოწყობილობების სარეალიზაციოდ ორივე სადგურზე ჩართულია სამ-სამი ძირითადი რელე: გკრ – გადასარბენის კონტროლის, მრ – მიმართულების შეცვლისა და დამხმარე ანუ მმართველი დრ რელეები, აგრეთვე მათი გამმეორებლები. პოლარიზებულ სისტემიანი სამპოზიციური კომბინირებული მრ რელე აფიქსირებს მოძრაობის მიმართულების შეცვლის შესახებ

მიღებულ ინფორმაციებს და ასრულებს ძირითად საბლოკირებელ დამოკიდებულებას – გამოსავალ შუქნიშნებს მიმღებ სადგურში შერთავს და გამგზავნს სადგურში კი განრთავს. დამხმარე ნეიტრალური დრ რელე წარმოადგენს ტელემექანიკის არხის შიფრატორს და სახაზო გადამცემს. იგი აგრეთვე ემსახურება მიმღებ სადგურზე მიმართულების რელეს გამორთავს. მოძრაობის მიმართულების შესაცვლელად ამუშავებს იმპულსს მიმღები სადგურის მორიგე აგზავნის მიმართულების შეცვლის ან გამოსავალი შუქნიშნის სასიგნალო კნოპზე ხელის დაჭერით, რასაც ის ინარჩუნებს მოძრაობის მიმართულების შეცვლის ციკლის დროს (2-3 წმ) განმავლობაში გამოსავალი შუქნიშნის გაღებამდე. დისპეტჩერული ცენტრალიზაციის დროს გამოსავალი შუქნიშნის სასიგნალო კნოპს ცვლის მმართველი სასიგნალო რელე, რომელიც ამოქმედდება კოდური მოწყობილობებიდან.

2.8. ღერძების მთვლელი გადამწოდების დამუშავება

გადამწოდების ზოგიერთი ჯგუფი ინფორმაციას იძლევა ღერძების მთვლელი გადამწოდების გამომავალი ძაბვის ამპლიტუდური მოდულაციის გზითა და ღერძის მოძრაობის შესახებ ინფორმაციული სიგნალების ფორმირებით. მათ რიცხვს მიეკუთვნება ინდუქციური ტიპის გადამწოდები. გადამწოდის მგრძობიარე ელემენტს წარმოადგენს ინდუქციურობის კოჭი, რომლის პარამეტრები იცვლება მათზე ბორბლის მოძრაობისას. კოჭები იკვებება ცვლადი დენით. გადამწოდის გამოსავალი სიგნალი არის ძაბვის ამპლიტუდა.

ამპლიტუდური მოდულაციის გამოყენებით ღერძების მთვლელ გადამწოდებს აქვთ იგივე ნაკლი რაც მაგნიტური ტიპის გადამწოდებს. მათ მიერ გადაცემული ინფორმაცია მახინჯდება ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების მოქმედებით, აქედან გამომდინარე, არ არის უზრუნველყოფილი ღერძების შესახებ ინფორმაციის დიდ მანძილზე გადაცემა (ასეული მეტრი, კილომეტრები).

ასეთ მანძილებზე ინფორმაციული შეტყობინების გადაცემის საჭიროება გამოწვეულია გადასარბენის დაკავებულობის კონტროლის სისტემის აქტიური დანერგვით ღერძების მთვლელი გადამწოდების საფუძველზე. ამ სისტემების დროს გადამწოდებს აყენებენ სადგურის საზღვრებზე, ხოლო სადგურის ბლოკებს განალაგებენ შენობაში.

გადამწოდის სიგნალის დიდ მანძილზე საიმედო გადაცემისათვის იქმნება „დამთვლელი პუნქტი“. მასში ღერძების მთვლელი გადამწოდების სიგნალები გარდაიქმნება კოდური ან სიხშირულ-დროითი ჯგუფის დაბრკოლებისაგან დაცულ სიგნალებად და გადაიცემა სადგურში.

განვიხილოთ კომპანია „SIEMENS“-ის დამთვლელი პუნქტი P43.

გადამწოდი წარმოადგენს ინდუქტივობის ორ კოჭას, რომლებიც მონტაჟებიან რელსის ყელის სხვადასხვა მხარეს, ერთმანეთის პირდაპირ. კოჭების სიგრძეა 600 მმ და ისინი სპეციალური ანტივიბრაციული კაბელით უერთდებიან გარდაქმნის ბლოკს, რომელიც რელსიდან რამოდენიმე მეტრშია განლაგებული. ბლოკში ფორმირდება კოჭების კვების ძაბვა და ღერძების მთვლელი გადამწოდების გამომავალი ძაბვა გარდაიქმნება დაბრკოლებისგან დაცულ სიგნალად.

გადამწოდის ზემოთ გოგორწყვილის არარსებობის შემთხვევაში ინდუქტიურობის კოჭების გამომავალი ძაბვა გარდაიქმნება იმპულსების ორ სიხშირულ თანამიმდევრობად. მიმდევრობების მაფორმირებლების გამოსასვლელები შესაბამისობაში მოდიან „დამთვლელი პუნქტის“ კვების შემაერთებელ გამტარებთან. სისტემის სასადგურო ნაწილში ორი სიხშირული მიმდევრობა ერთმანეთისაგან იყოფა ფილტრებით.

გადამწოდის ზემოთ ბორბლის მოძრაობისას იცვლება ურთიერთინდუქციის კოეფიციენტი და მოძრაობის მიმართულების მიხედვით ქრება ერთი ან მეორე სიხშირული მიმდევრობა. „დამთვლელი პუნქტის“ მაფორმირებლები თიშავენ სიხშირულ მიმდევრობას მოძრაობის პროცესში ან გაჩერების დროს. სადგურის ღერძების დამთვლელელებში განისაზღვრება სიხშირული სიგნალის გაქრობა, რის მიხედვითაც დგინდება მოძრაობის მიმართულება და წარმოებს ღერძების დათვლა.

სამამულო სისტემებში „დამთვლელი პუნქტები“ იქმნება მიკროპროცესორული ტექნიკის გამოყენებით. ეს იძლევა ღერძების შესახებ ინფორმაციის კოდური ამანათების სახით გადაცემის შესაძლებლობას, ამასთან მაკორექტირებელი კოდების გამოყენება პრაქტიკულად გამორიცხავს გადაცემის შეცდომების წარმოქმნას.

არსებულ „დამთვლელ პუნქტებს“, რომლებიც იყენებენ ღერძების მთვლელ გადამწოდებს ამპლიტუდური მოდულაციით, გააჩნიათ აპარატურის დიდი მოცულობა. ის განლაგებულია გადამწოდის გვერდით. ზოგიერთ სისტემაში აპარატურის მასა აღემატება 30 კგ-ს, ხოლო სამონტაჟო და გაშვება-გამართვის სამუშაოები მოითხოვენ მნიშვნელოვან დანახარჯებს. პუნქტების მომსახურებისა და გაუმართაობის აღმოსაფხვრელად აუცილებელია მაღალი კვალიფიკაციის სპეციალისტები. საზღვარგარეთის სისტემის „დამთვლელი პუნქტის“ ღირებულება შეადგენს რამოდენიმე ათას დოლარს.

ინფორმაციული და საექსპლუატაციო მაჩვენებლების მნიშვნელოვანი მოგება მიიღწევა ღერძების მთვლელი გადამწოდებში სიხშირული პარამეტრული მოდულატორების გამოყენებით.

ჩვენს მიერ შერჩეული იქნა მრავალფუნქციური გადამწოდი სიხშირულ-მოდულირებული გამოსასვლელი სიგნალით. მსგავსი გადამწოდების გამოყენება საქართველოს რკინიგზაზე დიდ მოგებას იძლევა, რადგან მას სხვა სასარგებლო ფუნქციების შესრულებაც შეუძლია. მას არ აქვს დიდი გაზარიტები (210×80×30 მმ), მისი მასაა 700 გრამი და შეიცავს 14 ტრანზისტორს. გადამწოდი მუშაობისუნარიანია ფართო ტემპერატურულ დიაპაზონში (-50...+65C), ვიბრაციის მიმართ მდგრადია და ჰერმეტიული, მისი დაყენება ხდება მუხლებში, შპალებს შორის. გადამწოდის ფართო ზედაპირი ორიენტირებულია ქიმის მოძრაობის ზონისკენ 1,5 კგ მასის სამაგრი მოწყობილობების საშუალებით. მცირე მოხმარებული სიმძლავრე (2 ვტ) და დენის გამომავალი იმპულსები, 50 მა-ზე მეტი, იძლევიან გადამწოდის დაყენების საშუალებას სისტემიდან 5 კმ-მდე მანძილზე. გადამწოდის სისტემასთან მიერთებისათვის საკმარისია კაბელის

ორი ძარღვი. ამ ძარღვებით მიეწოდება კვება და გადაიცემა ინფორმაციული სიგნალი. გადამწოდის დაყენება შეიძლება რამოდენიმე წუთში და ექსპლუატაციის დროს პრაქტიკულად მომსახურებას არ საჭიროებს.

სიგნალის მოდულაციისათვის გამოვიყენეთ ორი ელექტრონული გენერატორი. გენერატორების ინდუქტიურობის მცირე კოჭები განლაგებულნი არიან გადამწოდის ფართო ზედაპირის გასწვრივ, ქიმის მოძრაობის ზონასთან ახლოს და ერთმანეთისაგან დაცილებულნი არიან რამდენიმე სანტიმეტრით. გადამწოდის ზემოთ მოძრავი ქიმი ცვლის გენერატორების სიხშირეებს და იწვევს გადამწოდის მართკუთხა იმპულსების გამოსასვლელი სიხშირეების ცვლილებას. გადამწოდის სქემური გადაწყვეტილება ისე არის შესრულებული, რომ სიხშირულ მოდულაციასთან ერთად წარმოებს გამომსვლელი იმპულსის ხანგრძლივობის მოდულაცია. ეს დამატებით ზრდის მრავალფუნქციური გადამწოდის დაბრკოლებისაგან დაცვას და ინფორმატიულობას.

გამომსასვლელი სიხშირული გადამწოდის ზემოთ ბორბლის ღერძის მდგომარეობაზე დამოკიდებულების გამოყენება აფართოებს გადამწოდის ინფორმაციულ თვისებებს, რადგანაც მოძრაობის პროცესში ხდება მათი ურთიერთგანლაგების შეფასება.

დამუშავებული გადამწოდების კონტურთა გადაცემის ჯამური კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$K = K_{inp} K_{mag} K_{out} ,$$

გამოსახულება ანალიზურად აღწერს გადამწოდის ამპლიტუდურ და ფაზოსიხშირულ მახასიათებელს.

ზოგადად, ამპლიტუდურ-სიხშირულ მახასიათებელს შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა ფორმა. თუ ვარგისიანობა K_{inp} და K_{out} შესამჩნევად დიდია და ურთიერთშორის თანაზომადია, ხოლო კონტურთა რეზონანსული სიხშირეები განსხვავებულია, მაშინ მახასიათებელის მრუდს

ექნება რადიოტექნიკაში ცნობილი „ორკუზიანი“ სახე. მოცემული შემთხვევისათვის გვაქვს $K_{inp} \ll K_{out}$, ამიტომაც ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლების ფორმას აქვს „ერთკუზა“ სახე, ხოლო მისი ფერის დახრილობა და გამვების ზოლი მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია $K_{inp} \ll K_{out}$ სიდიდის მაჩვენებელზე.

გადამწოდის მუშაობის არამდგრადობის ერთ-ერთ მიზეზს წარმოადგენს მისი აწყობის სირთულე კაბელის სხვადასხვა სიგრძის დროს და მათი მახასიათებლების ცვლილება.

როგორც ჩატარებული ანალიზიდან ჩანს, ეს ძირითადად განისაზღვრება გამომავალი კონტურის ვარგისიანობით, კერძოდ, out მცირეოდენმა ცვლილებამ შეიძლება მიგვიყვანოს გამომავალი ძაბვის $K_{inp} \ll K_{out}$ მნიშვნელოვან ცვლილებამდე. ანალოგიური დასკვნა შეიძლება გაკეთდეს ფაზოსიხშირული მახასიათებლებისათვის.

ანალიტიკური გამოკვლევებით დადგინდა, რომ გადამწოდის მუშაობის სტაბილურობის გაზრდის რეალურ საშუალებას წარმოადგენს K_{out} სიდიდე, რომელიც დამოკიდებულია გამომავალი კონტურის რეაქციული პარამეტრების ცვლილებაზე. (9) ტოლობის შესაბამისად, K_{out} -ის დადაბლება შეიძლება მიღწეულ იქნას K_{out} წინალობის და C_1 ტევადობის შემცირებით, ან L_1 ინდუქციურობის გაზრდით.

გადამწოდის დიფერენციალურ სქემაში ჩართული მეორე კოჭის მოხმარებული ენერგია, ოპტიმალურობის თვალსაზრისით, უფრო ეფექტური იქნება, თუ ჩვენ გავზრდით C_2 ტევადობას, რათა შესრულდეს უტოლობა $C \gg (C_2 - C_1)$. ამისათვის უნდა მოხდეს ინდუქციურობის L_1 -ის შემცირება, რაც მიგვიყვანს $E(t)$ ძაბვის შემცირებამდე, ე.ი. გადამწოდის მგრძნობიარობის შემცირებამდე. გარდა ამისა, როგორც ჩანს, ვარგისიანობის ნებისმიერ შემცირებას, ასევე მიყვართ გამომავალი ძაბვის შემცირებამდე $U_{out}(t)$. ამრიგად, გამოსასვლელი კონტურის ვარგისიანობის შემცირებისას აუცილებელია მხედველობაში იქნას მიღებული ნეგატიური შედეგები,

წარმოქმნილი მოწყობილობის პარამეტრებზე არაერთმნიშვნელოვანი რაოდენობრივი მოქმედებისა და შემაერთებელი ხაზების ხარჯზე.

გადამწოდის მუშაობის სტაბილურობის გაზრდის მეორე მეთოდს წარმოადგენს მის გამოსასვლელზე მეორე რეზონანსული კონტურის $L_2 C_2$ შემოყვანა, რომელმაც პირველ $L_1 C_1$ კონტურთან ერთად უნდა შექმნას ზოლური ფილტრი მოთხოვნილი სიგანის ზოლით, რომელიც გამორიცხავს კაბელის ტევადობის ცვლილებას. ამ დროს ასევე აუცილებელია მხედველობაში იქნეს მიღებული მოწყობილობის რეაქციული პარამეტრების მოქმედება კონტურის სისტემის რეზონანსულ მახასიათებლებზე.

გადამწოდის მაგნიტური სისტემის მახასიათებლების მისაღებად ჩატარებულმა გამოკვლევებმა საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა:

- გენერატორის ოპტიმალური სიხშირის $f_{\text{გენ}}$ განსაზღვრა;
- გადამწოდში რეზონანსული რეჟიმისა და სხვა ცვლილებათა განსაზღვრა;
- ინდუქტორისა და მათი სივრცული განლაგება;
- რელსზე საგზაო გადამწოდის გოგორწყვილთან შედარებით ფარდობითი განლაგება;
- გადამწოდის პარამეტრების განსაზღვრა;
- გადამწოდზე ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებლების მოქმედების განსაზღვრა.

საქართველოს რკინიგზის ერთ-ერთ უბანზე, რომელიც აღჭურვილია მსგავსი მოძველებული სისტემით, ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტი. კერძოდ, შემადგენლობის მოძრაობის დროს სალიანდაგო გადამწოდის გამოსასვლელზე სპეციალური მოწყობილობით მოეწყო ძაბვის ცვლილების გაზომვები.

ოსცილოგრამების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ სხვადასხვა შემადგენლობის სხვადასხვა გოგორწყვილის გავლისას იმპულსების ამპლიტუდათა სხვაობა ერთი და იგივე გადამწოდზე შეადგენს 12%-ს, რაც იმას ნიშნავს, რომ ცვლილებათა ასეთი ამპლიტუდები გამოწვეულია

გოგორწყვილების ცვეთის ხარისხით. მოყვანილი ოსცილოგრამები ხარისხობრივად გამოხატავენ შედარებით ტიპური პროცესების ფრაგმენტებს.

საგზაო გადამწოდზე მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების (ოსცილოგრამების) შედარებამ გვიჩვენა პროცესების მთლიანი თანხვედრა, ხოლო მიღებული გამოთვლების შედეგები გარკვეული დაშვებებითა და საკმაოდ მიახლოებული მონაცემებით, საშუალებას იძლევა ჩატარდეს ანალიზი გოგორწყვილებისა და რელსის ცვეთის შედეგად მიღებული მასალის მაგნიტურ მახასიათებლებზე.

შესრულებული სამუშაოს შედეგად განისაზღვრა მოთხოვნები, რომლებიც წაეყენება მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების ღერძების მთვლელი სისტემების საგზაო გადამწოდებს.

ჩატარებული მეცნიერული გამოკვლევების შედეგად მიღებული შედეგები, საშუალებას იძლევა განისაზღვროს გადამწოდების ძირითადი პარამეტრები, მოხდეს მათი მახასიათებლების ოპტიმიზება და გამოითვალოს მათი მდგრადი და საიმედო მუშაობის არეები.

შემუშავებული გადამწოდებით შეიძლება შეიქმნას მოწყობილობა, რომლის საშუალებითაც შეიძლება მოძრავი შემადგენლობის ღერძების დათვლა, ვაგონების (ერთეულების) დათვლა, მოძრაობის სიჩქარის დიდი სიზუსტით განსაზღვრა, მოძრავი ერთეულის რაობის დადგენა და გოგორწყვილის ცვეთის ხარისხის დადგენა.

საქართველოს რკინიგზაზე მოძრავ შემადგენლობაზე ვაგონის ურიკის ღერძებს შორის მანძილი სამგზავრო, სატვირთო და საქალაქთაშორისო ვაგონებისათვის შესაბამისად შეადგენს $-L_1 = 2400$ მმ, $L_2 = 1800$ მმ, $L_3 = 1750$ მმ-ს (ხოლო ელმავალი, თბომავალი და სხვა ერთეულები განეკუთვნება არასტანდარტულ ვაგონებს).

2.9. ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენების პერსპექტივები მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემებში

მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემა განვითარების ეტაპები იცვლებოდა მათ ასაგებად გამოყენებული საელემენტო ბაზისა და ამ სისტემების ასაგებად გამოყენებული საიმედოობისა და უსაფრთხოების მეთოდების ცვლილების მიხედვით.

რელეურ-კონტაქტური საელემენტო ბაზიდან მიკროპროცესორული საელემენტო ბაზაზე გადასვლის აუცილებლობას განაპირობებს ამ სისტემების განვითარების ოთხი ტენდენცია:

1. **სისტემათა ფუნქციური სირთულის ამალღება**, რაც მოითხოვს ახალი ფუნქციების შესრულებას, მათი საექსპლუატაციო და ტექნიკური მახასიათებლების გაუმჯობესებას. ეს ფუნქციები გაცილებით რთულია, ვიდრე ის ფუნქციები, რომლებიც ადრე წყდებოდა რელეური სისტემების მიერ. დღის წესრიგში დგება სხვადასხვა კრიტერიუმების გათვალისწინებით ისეთი ოპტიმალური მარშრუტების ამორჩევის ამოცანა, რომლის ფორმირების პროცესში გათვალისწინებული იქნება მატარებლის წონა და სიგრძე, სადგურში მატარებლის შემოსვლის დროის და ამ მატარებლის ნომრის ფიქსირება, მეზობელი სადგურებისათვის მატარებლის მახასიათებლების მიწოდება და ა.შ. ანუ **ლოგიკური ამოცანები** თანდათანობით გარდაიქმნება გამოთვლით ამოცანებად.

ამის დასტურია ელექტრონული ცენტრალიზაციის შესაქმნელად დახარჯული ოცწლიანი პერიოდის განმავლობაში მიღებული გამოცდილება, რომლის დროსაც ვერ მოხერხდა პრაქტიკულად მისაღები სახის სისტემების აგება. წარუმატებლობის მთავარი მიზეზი იყო სისტემის ასაგებად აუცილებელი საელემენტო ბაზის არარსებობა. მიკროპროცესორების გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა ამ ამოცანის პრაქტიკულ დონეზე გადაწყვეტა.

დღეისათვის, მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში უკვე ფუნქციონირებს მიკროპროცესორული ტექნიკის გამოყენებით აგებული სასადგურე და საგადასარბენო, ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის, მატარებელთა ავტომატური ტარების სისტემები და მოწყობილობები, გორაკის ავტომატიკის კომპლექსები.

2. სისტემები სტრუქტურული გართულება. სისტემის შემადგენელი ბლოკების რაოდენობა რამდენიმე ათეულჯერ იზრდება. მცირე გაზარიტებისა და დაბალი ღირებულების გამო მიკროპროცესორებს შეუძლია წარმატებით მოადინოს სისტემის ფუნქციათა რეალიზაცია.

3. საიმედოობისადმი წაყენებული მოთხოვნების ამაღლება. მტყუნება, რომელიც არ წარმოქმნის საშიშ სიტუაციას, ხშირად იწვევს მატარებლების ხანგრძლივ დაყოვნებას. ბუნებრივია, რომ ამ სიტუაციაში სისტემის საიმედოობა უმნიშვნელოვანესი და აუცილებელი პირობაა. საიმედოობის ამაღლების ძირითადი გზა – სისტემის სხვადასხვა დონეზე სიჭარბის შეტანა, რაც ხშირად აორმაგებს და ასამმაგებს აპარატურის მოცულობას.

4. კონტროლვარგისობისადმი წაყენებული მოთხოვნების ამაღლება. სისტემების გართულება და ახალი ინტეგრალური საელემენტო ბაზის გამოყენება ძალიან ართულებს მომსახურებასა და რემონტს. ამის გამო ახალი სისტემის დამუშავების ეტაპზევე უნდა მივიღოთ ზომები მისი მომსახურების გასამარტივებლად, მტყუნებების მოძებნისა და შეკეთების გასაადვილებლად, ე.ი. სისტემა უნდა გავხადოთ კონტროლვარგისი.

მიკროპროცესორების უნივერსალობა და მოქნილობა საშუალებას გვაძლევს, მნიშვნელოვანი დროითი და მატერიალური დანაკარგების გარეშე გადავწყვიტოთ სისტემის სტრუქტურული სირთულის ამაღლებით წარმოქმნილი პრობლემები.

სხვადასხვა მოწყობილობებში მიკროპროცესორების დანერგვის ინტენსიურობა მათი ხელმისაწვდომობითაა განპირობებული. ისედაც იაფი სერიული მიკროპროცესორების ღირებულებას შემცირების ტენდენცია აქვს. თავისი განვითარების განმავლობაში წარმოქმნილია ასეთი ელემენტების 5 თაობა, რომლებშიც გაერთიანებული მიკროპროცესორების ინტეგრაციის ხარისხი და სწრაფმოქმედება პერმანენტულად იზრდება.

დღეისათვის მიკროპროცესორული ტექნიკის განვითარების ტემპები წინ უსწრებს დისკრეტული სისტემების განვითარებას და სწორედ ეს წარმოადგენს მიკროპროცესორული საელემენტო ბაზის პერსპექტიულობის მთავარ ნიშანს.

მიკროპროცესორულ ტექნიკაზე გადასვლისას პრობლემაა რეალურ პირობებში მომუშავე მიკროპროცესორული სისტემების **დაბრკოლება-მდგრადობის უზრუნველყოფა**. იგი განსაკუთრებით გამწვავდა მიკროელექტრონული და რელეურ-კონტრაქტური მოწყობილობების ერთობლივი გამოყენების დროს. ამ მიმართულებით ხანგრძლივი მუშაობის პერიოდში დამუშავებული იქნა რთულ ელექტრომაგნიტურ გარემოში ფუნქციონირებადი მიკროპროცესორული სისტემების დაბრკოლება-მდგრადობის უზრუნველყოფის ხერხი და საშუალება.

სიძნელეს წარმოადგენს მიკროპროცესორული სისტემების მომსახურება, მათში წარმოშობილი უწყესივრობების პოვნა და შეკეთება.

მიკროპროცესორული სისტემებში გამოიყენება ელექტრული ცენტრალიზაციის ალგორითმების ლოგიკური ფუნქციების უშუალოდ გამოთვლისა და ბინარული დაპროგრამების მეთოდი.

მიკროპროცესორულ სისტემებს უნდა ჰქონდეთ გარკვეული ხარისხობრივი მაჩვენებლები, რომლებიც მათი დამუშავების პროცესში უნდა იყოს უზრუნველყოფილი.

საიმედოობა ეწოდება სისტემის უნარს მოცემულ რეჟიმებსა და გამოყენების პირობებში უზრუნველყოს მატარებელთა უწყვეტი და უსაფრთხო მუშაობა, ტექნიკური მომსახურება და რემონტი. მისი ამაღლება

შეიძლება შემდეგი სამი ხერხით – მაღალი საიმედოობის მქონე ელემენტების გამოყენებით, სიჭარბის შეტანითა და ტექნიკური მომსახურების ეფექტური მეთოდების გამოყენებით. მიკროპროცესორული სისტემათა საიმედოობის მაჩვენებლების პროგნოზირებადი მაჩვენებლები დამოკიდებულია სისტემის ტიპზე და განისაზღვრება ექსპერიმენტულად ან სისტემის მათემატიკური მოდელირების შედეგების მიხედვით.

უსაფრთხოება წარმოადგენს სისტემების თვისებას მუშაობის პროცესში არ დაუშვას სახიფათო მტყუნებები.

უსაფრთხოების მახასიათებლებია უსაფრთხო მუშაობის ალბათობა და სახიფათო მტყუნებების ინტენსივობა. გამოყენებული ელემენტებისათვის სახიფათო მტყუნებების ინტენსივობა არ უნდა აღემატებოდეს $(10^{-12} \dots 10^{-14})$ სთ⁻¹-ს.

გამძლეობა წარმოადგენს სისტემის თვისებას ელემენტთა მტყუნებების წარმოშობისას ფუნქციონირების უნარისა და მარტვის ავტომატიზაციის დონის შემცირების ხარჯზე შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი. ზოგადად, სისტემები შეიძლება იყოს: 1) წესიერი, 2) მუშაობის უნარის მქონე, 3) მუშაობის უუნარო, 4) სახიფათო ან 5) ზღვრულ მდგომარეობაში. ბოლო ოთხ მდგომარეობაში სისტემა მხოლოდ მტყუნებების წარმოშობის შემდეგ შეიძლება გადავიდეს. სათანადოდ აგებისას მან შეიძლება შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი, ან გადავიდეს მუშაობის უუნარო ან ზღვრულ მდგომარეობაში. სახიფათო მტყუნებას სისტემა გადაყავს სახიფათო მდგომარეობაში და ამ დროს სისტემის ექსპლუატაცია დაუშვებელია.

მიკროპროცესორულმა ელექტრულმა ცენტრალიზაციებმა მტყუნებების წარმოშობის შემდეგ უნდა შეინარჩუნოს ისრების ინდივიდუალურად გადაყვანისა და მომწვევი სიგნალით მატარებლების მიღების უნარი.

მტყუნებამდგრადობა ეწოდება სისტემის უნარს ელემენტების მტყუნებების დროს ფუნქციონირების ეფექტურობის შეუმცირებლად შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი. ასეთი სისტემები მანამ განაგრძობს ფუნქციონირებას, სანამ მათში მომხდარი მტყუნებების რაოდენობა გარკვეულ d მნიშვნელობას არ გადააჭარბებს. აღნიშნულის გამო სისტემას

d-მტყუნებამდგრად სისტემას უწოდებენ. ისინი განაგრძობს ეფექტურად ფუნქციონირებას მანამ, სანამ წარმოშობილი მტყუნებების რაოდენობა **d-ს** ტოლი ან მასზე ნაკლებია.

მტყუნებამდგრადობის უზრუნველყოფა მოითხოვს აპარატურული და პროგრამული საშუალებების დიდ სიჭარბეს. ამ დროს აპარატურის რაოდენობა სამჯერ და უფრო მეტად იზრდება.

საკონტროლოდ ვარგისობა სისტემის თვისებაა გაამარტივოს ტექნიკური მომსახურების, უწესივრო ელემენტების აღმოჩენისა და რემონტის პროცესები. ეს თვისება სისტემაში მისი შექმნის პროცესში შეიძლება ჩაიდოს და ისიც საჭიროებს სიჭარბის შეტანას. არსებულ რელეურ სისტემებს აქვს საკმაოდ მაღალი „ბუნებრივი“ კონტროლვარგისობა, რადგან შესაძლებელია რელეთა მუშაობის ვიზუალურად გაკონტროლება. ინტეგრალური სქემებით, და, მაშასადამე, მიკროპროცესორებით აგებულ სისტემებს ასეთი უნარი არ გააჩნია. იგი შეიძლება სისტემის დამუშავების დროს კომპლექსური ტექნიკური ზომების მიღებით იქნეს უზრუნველყოფილი.

2.10. მოძრავი შემადგენლობის ღერძებისა და მოძრავი ერთეულების მოწყობილობა

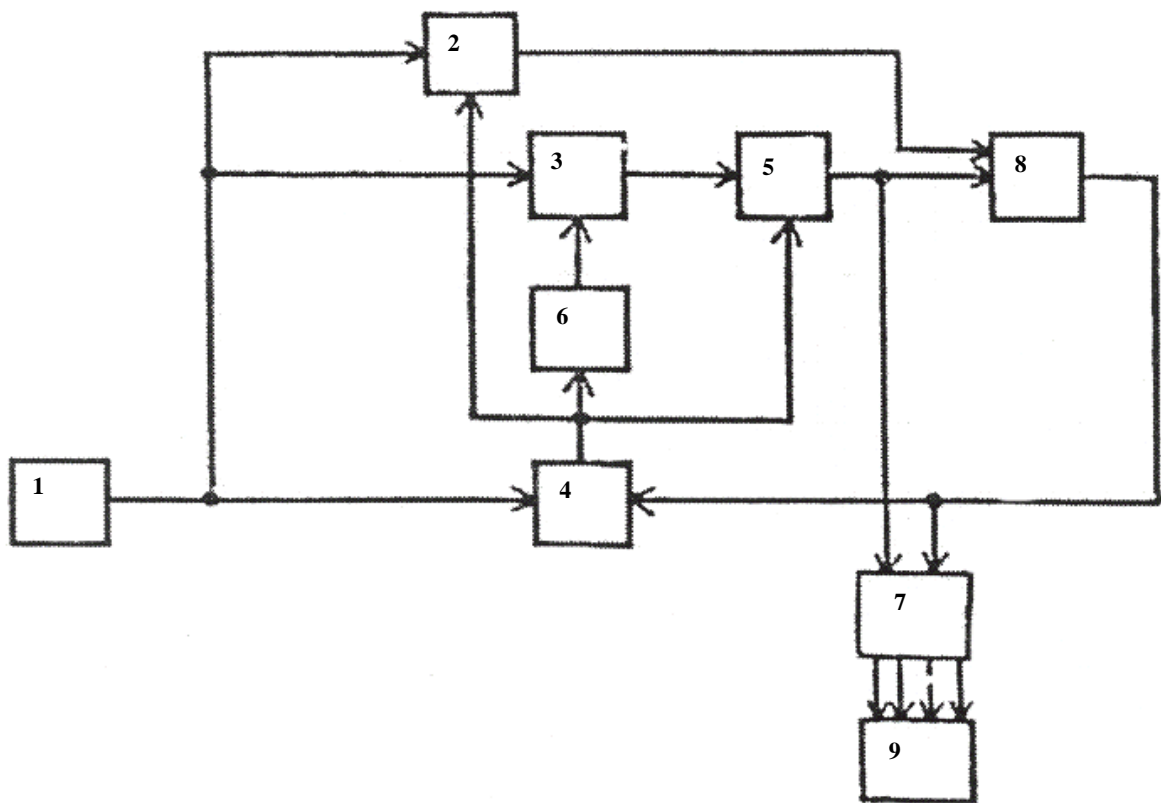
მოწყობილობის დანიშნულებაა მოცემულ კონტროლირებად უბანზე გადაადგილებელი მოძრავი შემადგენლობის ღერძებისა და მოძრავი ერთეულების დათვლა და მიღებული ინფორმაციის გადაცემა შემდგომ და წინა მეზობელ უბნებზე.

მოცემულ საკონტროლო უბანზე დათვლილი ღერძების რაოდენობის შედარება მომდევნო ან წინა უბანზე დათვლილ ღერძების რაოდენობასთან გვაძლევს ინფორმაციას უბნის დაკავების ან თავისუფლების შესახებ. ამ მოწყობილობით წარმოებს ნებისმიერი სიგრძის უბნის თავისუფლების ან დაკავების კონტროლი.

შემოთავაზებულ მოწყობილობას არსებულ მოწყობილობებთან შედარებით გააჩნია მთელი რიგი უპირატესობანი:

- მოწყობილობების მუშაობის სიზუსტესა ან მუშაობაზე არ მოქმედების არც შპალების მდგომარეობა და არც ბალასტის ელექტროწინაღობა;
- მოწყობილობა გამოიყენება ნებისმიერი მოძრავი ერთეულის ღერძის თვლისათვის;
- მოწყობილობა პრაქტიკულად არ ითხოვს ტექნიკური მომსახურების საჭიროებას.

ნახ. 6-ზე მოცემულია მოწყობილობის მუშაობის ბლოკ-სქემა.



ნახ. 6. მოძრავი შემადგენლობის ღერძებისა და მოძრავი ერთეულების მთაველი მოწყობილობის ბლოკ-სქემა

გოგორწყვილის ღერძის ყოველი გავლისას, გადამწოდის (სენსორის) 1 ამოქმედების ზონაში, რომელიც მოთავსებულია რელსთან უშუალო სიახლოვეს, ერთეული იმპულსების (შეესაბამება ღერძების რაოდენობას) და ნულოვანი იმპულსების (შეესაბამება ინტერვალს ღერძებს შორის) თანმიმდევრობა ერთდროულად მიეწოდება მთავარი საგასაღებო ელემენტის 2 დამატებითი საგასაღებო ელემენტის 3 და ინტერვალის გაზომვის ელემენტს 4 შესასვლელზე. უკანასკნელის გამოსასვლელზე ამ დროს გაცემულია ამკრძალავი სიგნალი, რომელიც კეტავს რა ელემენტ 2, ლოგიკური ელემენტის „არას“ 6 მეშვეობით ალებს ელემენტს 4. ამ დროს ხდება გადამწოდიდან 1 წამოსული სიგნალების გარკვეული რაოდენობის ჩაწერა მეხსიერების ბლოკში 5. გადამწოდიდან 1 გარკვეული ინტერვალის წამოსვლის დროს, რომელიც შეესაბამება $t = 2/3T$, სადაც T ინტერვალის დროა ერთი ვაგონის დაშორებულ ურიკებს შორის, ინტერვალის გაზომვის ელემენტი 4 თავის სასვლელზე გასცემს მმართველ სიგნალს, რომელიც ლოგიკური ელემენტი „არას“ გავლით 6 კეტავს ელემენტს 3 და გადამწოდიდან 1 იმპულსების მიწოდებას მახსოვრობის ბლოკზე 5 და ალება საგასაღებო ელემენტს 2.

ერთდროულად ინტერვალის გაზომვის ელემენტიდან 4 მმართველი სიგნალი მიეწოდება მახსოვრობის ბლოკის 5, მმართველ შესასვლელზე და აწარმოებს დამახსოვრებული იმპულსების რაოდენობის გადაწერას გამამრავლებელზე 7 და შედარების ბლოკის 8 პირველ შესასვლელზე. გადამწოდიდან 1 ახალი შემოსული იმპულსები გაღებული 2 ელემენტიდან მიეწოდება ბლოკის 8 მეორე შესასვლელზე. ამ უკანასკნელიდან, მის პირველ და მეორე შესასვლელზე თანაბარი რაოდენობის იმპულსების დაგროვებისას, გამოიცემა მმართველი სიგნალი, რომელიც მმართველი შესასვლელით აწარმოებს ინტერვალის ბლოკის 4 დანულებას (ჩამოყრას), რომლის გამოსასვლელზე ახლიდან წარმოიშობა ამკრძალავი სიგნალი. ამავდროულად შედარების ბლოკის 8 გამოსასვლელიდან მმართველი სიგნალი მიეწოდება გამმართველის 7 მმართველ შესასვლელს, რომელიც

მახსოვრობის ბლოკიდან 5 ადრე დამახსოვრებულ იმპულსების რაოდენობიდან აწარმოებს ღერძების თვლას, ხოლო შედარების ბლოკის 8 მმართველი სიგნალების რაოდენობის მიხედვით თვლის მოძრავ ერთეულებს და ინფორმაციას გასცემს ინდიკატორზე 9.

ღერძების თვლა წარმოებს ფორმულით $m=2n$, სადაც n გამამრავლებლის 7 შესასვლელზე მიწოდებული იმპულსების რაოდენობაა. მის გამოსასვლელზე წარმოებს იმპულსების დეტექტირება, ამიტომაც გამოსასვლელი სიგნალის ხანგრძლივობა (მოძრავი ერთეულის სიგრძე) პროპორციულად შეესაბამება გამამრავლების 7 შესასვლელზე არსებული იმპულსების რაოდენობას.

ამრიგად, აღნიშნულ მოწყობილობების საშუალებით წარმოებს მოძრავი შემადგენლობის ღერძებისა და ერთეულების თვლა. მოწყობილობის საიმედოობის გაზრდის მიზნით გადამწოდის 1 პარალელურად რეკომენდირებულია მეორე რელსზე ასეთივე გადამწოდის დამაგრება 1¹, რომლის საშუალებითაც საიმედოობა იზრდება მაქსიმალურ ზღვრამდე.

კვლევის საგნებს შეადგენს ყველა ის გაანგარიშება, რომელიც საშუალებას იძლევა მოწყობილობის რეალიზაციისა და დასახული ამოცანების პირობების შესაბამისად.

პრინციპიალური სქემის აგება იწარმოებს მიკროპროცესორული მოდელის ბაზაზე, რომელშიც გათვალისწინებული უნდა იყოს გარემო პირობების მოთხოვნა. ეს მოთხოვნა შეიძლება იყოს:

- შესაბამისი გადამწოდის შემუშავება;
- მოწყობილობების რევერსიულობა, ე.ი. მან უნდა იმუშაოს შემადგენლობის მოძრაობის, როგორც ერთი, ისე საპირისპირო მიმართულებით;
- პრაქტიკული შედეგების საფუძველზე და თეორიული გამოთვლების დროს ინტერვალის ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა;
- ყველა იმ სავარაუდო უბნების შესწავლა, სადაც დაიდგმება აღნიშნული მოწყობილობა;
- მოწყობილობების ჩართვა დისპეტჩერთან პირდაპირი ხაზით (ოპტიკურ ბოჭკოვანი, სადენი, GSM სისტემა);

- ორი ან რამდენიმე მოწყობილობის ერთმანეთთან ჩართვა ინფორმაციის მიწოდებით ადგილობრივ მართვის პულტზე.

მოცემული დებულებების ანალიზის საფუძველზე უსაფრთხოების უზრუნველყოფის კონცეფციის გათვალისწინებით მდგომარეობის კონტროლის მოწყობილობის ღერძების მთვლელი სისტემისათვის დგინდება საშიში მტყუნებების შემდეგი კრიტერიუმები (იხ. ცხრილი 3).

ცხრილი 3

კონტროლის მოწყობილობის ღერძების მთვლელი სისტემისათვის საშიში მტყუნებების კრიტერიუმები

საშიში სიტუაციების ჩამონათვალი	შეცდომის წყაროები
1. შეცდომა ღერძების თვლისას შესასვლელ მთვლელ პუნქტზე (შესასვლელ მთვლელ პუნქტზე დარეგისტრირებული ღერძების რიცხვი ნაკლებია, ვიდრე ფაქტიურად შემოსული, ამასთან ერთად გადასარბენზე, გადახსნის შედეგად, რჩება მოძრავი შემადგენლობა ღერძების იმ რაოდენობით, რომელიც ტოლია დაუთვლელი რაოდენობისა.	საგზაო გადამწოდის ღერძების მთვლელი
2. საკონტროლებელი უზნის მცდარი თავისუფლება ღერძების შესასვლელი და გამოსასვლელი მთვლელი პუნქტების დათვლის შედეგების შედარების შეცდომა (გამოსასვლელ მთვლელ პუნქტში, გადასარბენზე, დარჩენილი მოძრავი შემადგენლობის გამო, დარეგისტრირებული ღერძების რიცხვი ნაკლებია, ვიდრე შესასვლელზე)	გადამწყვეტი მოწყობილობა
3. შესასვლელი მთვლელი პუნქტიდან ღერძების თვლის შედეგების დამახინჯება (დამახინჯების შედეგად მიღებულია რიცხვი, ნაკლები ვიდრე ფაქტიურად დარეგისტრირებული, ამასთან ერთად გადასარბენზე დარჩა მოძრავი შემადგენლობის ღერძების შესაბამისი რიცხვით).	ინფორმაციის გადაცემის არხი, ППДИ
4. მდგომარეობის კონტროლის მოწყობილობის ღერძების მთვლელი სისტემის მუშაობის თვითაღდგენა მისი თავდაცვით მდგომარეობაში გადასვლის შემდეგ მთვლელი СП-И-ის (სიგნალი „უკუარხი“ მცდარი მიღება) და (ან) გადამწყვეტი СРП-И-ს (ИВ სიგნალის მცდარი მიღება) მოწყობილობების არასანქცირებული გაშვება	ჩამოყრის სქემა
5. რელეს არგამორთვა (ჩართვა) КПП-ს სხვადასხვა ინფორმაციის გადაცემისას	მთვლელი მოწყობილობა

სისტემისათვის საშიში მტყუნების კრიტერიუმი არის საკონტროლო რელეს (KII, KIII) მცდარი ჩართვა გადამწყვეტი და (ან) მთვლელი ხელსაწყოს გამოსასვლელზე,

სისტემის შემადგენელი ნაწილებიდან თითოეულისათვის შესაძლებელია აგრეთვე საშიში მტყუნებების კრიტერიუმების ფორმულირება.

საგზაო გადამწოდისათვის:

- მცდარი ინფორმაცია ღერძების ფიქსაციის შესახებ მომქმედი გადამწოდიდან;
- გამართულობის კონტროლის და გოგორწყვილის მეთვალყურე სიგნალების არ არსებობა.

ღერძების მთვლელისათვის:

- დუბლირებული მთვლელის ელემენტებში აღმოჩენილი მტყუნება;

გადამწყვეტი ხელსაწყოსათვის:

- გადამწყვეტ ხელსაწყოში, კოდური დონეების ტოლობის, თანაბრობის და ღერძების რაოდენობის შესახებ მცდარი სიგნალის ფორმირება;

დისკრეტული ინფორმაციის მიმღებ გადამცემი მოწყობილობისათვის:

- მეზობელი საკონტროლო პუნქტიდან შემოსული ღერძების რაოდენობის შესახებ დისკრეტული ინფორმაციის შეუმჩნეველი ტრანსფორმაცია;
- გადამცემებიდან გადაცემული ინფორმაციის თანაბრობის შესახებ მცდარი სიგნალის ფორმირება.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ მდგომარეობის კონტროლის მოწყობილობის ღერძების მთვლელი სისტემების შემადგენელი ნაწილების საშიში მტყუნებები აღმოჩენილი უნდა იქნეს სისტემურ დონეზე ალგორითული შემოწმებისას ორი საკონტროლო პუნქტიდან ღერძების რაოდენობის შესახებ ინფორმაციის შედარების საფუძველზე.

ამრიგად, მდგომარეობის კონტროლის მოწყობილობის ღერძების მთვლელი მთლიანი სისტემის საშიში მტყუნების წარმოსაქმნელად (წარმოსაშობად) აუცილებელია მეზობელ საკონტროლო პუნქტებში საშიში მტყუნებების არსებობა და გარკვეული ტექნოლოგიური სიტუაციების წარმოშობა.

მდგომარეობის კონტროლის მოწყობილობის ღერძების მთაველი სისტემების და მისი შემადგენელი ნაწილების საშიში მტყუნებები უნდა წარმოიქმნან ალბათობით, არა უმეტეს წინასწარ განსაზღვრული მთელი სისტემისა და მისი შემადგენელი ნაწილებისათვის და დოკუმენტში „უსაფრთხოების დასაბუთება“ მოყვანილი ალბათობაზე.

სტრუქტურული სქემის მუშაობის განზოგადოებული ალგორითმი განსაზღვრავს მოწყობილობის მუშაობის სამ ძირითად რეჟიმს:

- აპარატურის ტესტირების ტექნოლოგიური რეჟიმი, რომელიც ხასიათდება სისტემის ყველა ფუნქციონალური კვანძის მუშაობისუნარიანობის შემოწმებით (რეჟიმი 1);
- ღერძების თვლის რეჟიმი, რომელიც დგება მატარებლის შესვლისას გზის იმ მონაკვეთზე, სადაც განლაგებულია საგზაო გადამწოდები (რეჟიმი 2);
- გადარბენის თავისუფლების შესახებ გადაწყვეტილების მიღების რეჟიმი, რომელიც დგება მიმდებ სადგურში მატარებლის მთლიანი შემადგენლობით შესვლის შემდეგ.

სისტემაში ძირითადის გარდა გათვალისწინებულია აგრეთვე მუშაობის დამხმარე რეჟიმების არსებობა. ისინი გამოიყენება მოწყობილობის მოსაყვანად საწყის მდგომარეობაში ან მათი გამორთვისათვის მუშაობაში სხვადასხვა სახის ხელშეშლების წარმოშობისას, ფუნქციონალური კვანძების მტყუნების ან მატარებლების მოძრაობისას არასაშტატო სიტუაციების გაჩენის დროს, ეს რეჟიმები რეალიზებულია დიდი ინტეგრალური სქემების БИС ბლოკებით და მმართველი კნოპკებითა და დამხმარე რელეებით, რომლებიც სქემაზე არ არის ნაჩვენები.

მდგომარეობის ცხრილებს, რომლებიც განსაზღვრავენ მუშაობის ამა თუ იმ ძირითად რეჟიმებს, აქვთ შემდეგი სახე:

ცხრილი 4 (რეჟიმი 1)

მატარებლის გამოჩენა საგზაო გადამწოდზე CII1	მატარებლის გამოჩენა საგზაო გადამწოდზე CII2	რეჟიმი 1 კავშირისათვის CII1 PII	რეჟიმი 1 კავშირისათვის CII2 PII
0	0	1	1
1	0	0	1
1	1	0	0
0	1	1	0

აქ სიგნალი „უკუარხი“ წარმოადგენს KII-ს საკონტროლო ინფორმაციას, რომელიც აღნიშნულია საინფორმაციო მოდელის სქემაზე. კვოტირების სიგნალი, რომელიც არის ბოლო შემმოწმებელი ნიშანი მატარებლის მთლიანი შემადგენლობით შემოსვლისა და მთლელი აპარატურის მუშაობისუნარიანობის შემოწმებისა, ძირითადად წარმოადგენს ტექნოლოგიურ ინფორმაციას.

ცხრილი 5 (რეჟიმი 2)

მატარებლის გამოჩენა საგზაო გადამწოდზე CII1	მატარებლის გამოჩენა საგზაო გადამწოდზე CII2	რეჟიმი 2 CII1-თვის	რეჟიმი 2 CII2-თვის
0	0	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1
0	1	0	1

ცხრილი 6 (რეჟიმი 3, 1 ეტაპი)

მონაცემების მიღება CII1-დან	მონაცემების მიღება CII2-დან	CII1 და CII2 მიღებული მონაცემის თანხვედრა	სიგნალის გადაცემა PII-დან CII1 და CII2-ზე
1	1	1	1
1	1	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0

ცხრილი 7 (რეჟიმი 3, ეტაპი 2)

СП1-ში სიგნალის „უკუარხი“ მიღება	СП2-ში სიგნალის „უკუარხი“-ს მიღება	PII-ში კვოტირების სიგნალის მიღება СП1-დან	PII-ში კვოტირების სიგნალის მიღება СП2-დან	რელე КП-ს ჩართული მდგომარეობა
1	1	1	1	1
1	0	1	0	0
0	1	0	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	0	0	0

ზემოთ მოყვანილი კვლევების შედეგების გათვალისწინებით დადგენილია, რომ სალიანდაგო გადამწოდის საშუალებით წარმოებს არამართო რკინიგზის მოძრავი შემადგენლობის დაფიქსირება, არამედ მისი სხვადასხვა პარამეტრების განსაზღვრა (გოგორწყვილის გორვის ზედაპირების არათანაბარი და აბრაზიული ცვეთა, ნაცოცების არსებობა თვლების გორვის ზედაპირზე და კონუსური ცვეთები, სხვადასხვა სიდიდის ამონაგლეჯები რელსის გორვის ზედაპირის დაზიანების გამო, თვალის ქიმისა და კონუსური გორვის ზედაპირის საკონტაქტო წერტილში ცრუ ქიმის არსებობა, ბუქსების გახურება და სხვა სახის დაზიანებანი), რომლებიც აღიწერებიან ცნობილი მათემატიკური ფუნქციების საშუალებით.

სალიანდაგო გადამწოდის სიგნალების დამუშავების ალგორითმი მოიცავს პერიოდის მიმდინარე მნიშვნელობებისა და იმპულსების ხანგრძლივობის გაზომვას, მათ შედარებას საწყის მნიშვნელობასთან და სიხშირის შეცვლის (შეუცვლელობის) ფაქტის დადგენას. ყველა პერიოდში მკ-ში მიიღება გადაწყვეტილება ღერძის მოძრაობის შესახებ, რისთვისაც ერთმანეთს ადარებენ იმპულსების პერიოდულობის, ხანგრძლივობის და მუშაობის შედეგებს. საბოლოო გადაწყვეტილება მიიღება სხვადასხვა

პერიოდების შედარების შედეგების მიხედვით. ასეთი მეთოდი გადამწოდის სიგნალების სხვადასხვა არხებით დამუშავების ეკვივალენტურია და ქმნის ინფორმაციულად საიმედო სისტემას. გოგორწყვილის გადამწოდზე მოძრაობისას მკ-ში აღინიშნება გადამწოდის გამომავალი სიხშირის ცვლილება გრადუირებადი მახასიათებლის შესაბამისად და განისაზღვრება ქიმის მოძრაობის დრო სალიანდაგო გადამწოდის მგრძნობიარე ზონაში. გოგორწყვილის გავლის შემდეგ ფორმირდება ღერძის ძაბვის იმპულსი.

კონვერტერის გამომავალი ინფორმაციული სიგნალები სისტემაში გადაიცემა გგ2-გგ-4 გალვანური განართით, რომელიც შესრულებულია ATO 123 ტიპის ოპტოელექტრონულ წყვილებზე. ოპტოწყვილის გამომავალი ფოტოტრანზისტორი იმართება შესაბამისი ბიტის ჩაწერით რთ რეგისტრის გამომავალ თანრიგებში.

ღერძის იმპულსის ხანგრძლივობა დგინდება პროგრამულად, რომლის ხანგრძლივობა ქიმის გადამწოდზე მოძრაობის დროის ტოლია. გამოსასვლელ 2-ზე სხვა პოლარობის იმპულსის ფორმირებას უზრუნველყოფს კვების E2 წყარო, რომელსაც გააჩნია E1-ის საწინააღმდეგო პოლარობა. გამ. 1-ის იმპულსის $\Delta 1$ თანრიგის დამთავრებისას ($\Delta O-1$ თანრიგში დაყენებული ლოგიკური O) კონტროლერი ჩაწერს ლოგიკურ 1-ს, ამით ფორმირებას უკეთებს საწინააღმდეგო პოლარობის იმპულსს გამ.2-ზე. ამ იმპულსის ხანგრძლივობაც ასევე ტოლია გოგორწყვილის მოძრაობის დროისა გადამწოდზე. KTCM-02 სისტემისათვის ორივე გამოსასვლელი ერთიანდება.

კონვერტორის მესამე გამოსასვლელი გამ.3 განკუთვნილია ინტელექტუალური გადამწოდის და კონვერტორის შრომისუნარიანი მდგომარეობის დიაგნოზირებისათვის.

როგორც ცნობილია, შემადგენლობის მოძრაობისას რელსის მიმართ სრულდება გოგორწყვილის გორვითი და სრიალით გადაადგილებანი. განსაკუთრებით საზიანოა სრიალით გადაადგილება, რაც წარმოშობს ნაცოცის და კონუსური ცოცვის მოვლენებს. აქედან გამომდინარე, განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გადამწოდის ისეთი ფუნქციონალურ უნარს, რომლის გაზომვის სიზუსტეზე აღნიშნული

გადაადგილებები არ იმოქმედებენ. ამისათვის გამოყენებულია მგრძნობიარე გადამწოდი, რომელიც ვიბრირებს გოგორწყვილის ქიმის ზიგზაგური და განივი მოძრაობის პარალელურად და სინქრონულად.

ჩვეულებრივად, ასეთი გადამწოდის მუშაობის პროცესი აღიწერება დიფერენციალური განტოლებით:

$$I\dot{\varphi} + \alpha\varphi = -\lambda(\varphi - \varphi I) + M\dot{\varphi},$$

სადაც I – წარმოადგენს გადამწოდის დაყვანილი ინერციის მომენტს;

α – ვიბრატორის დემპფირების საკუთარი კოეფიციენტი;

φ – გადაადგილების სიჩქარე;

$(\varphi - \varphi I)$ – განთანხმობა სიჩქარის მიხედვით;

λ – განთანხმობის სიგნალის გაძლიერების კოეფიციენტი;

$M\dot{\varphi}$ – დატვირთვის მომენტია.

გადამწოდის რეგულირება აღიწერება შემდეგი განტოლებით:

$$I\dot{\varphi} + \alpha\varphi = -\lambda(\varphi - \varphi I) + M\text{sign}(\varphi - \varphi I) + M\dot{\varphi},$$

სადაც M – მმართავი მომენტის სიდიდეა.

ცდომილების რეგულირება $\varphi - \varphi - \varphi I$ შეიძლება წარმოადგენილი იქნეს შემდეგი სახით:

$$I\dot{\varphi} + (\alpha + \lambda)\varphi = \Delta M\dot{\varphi},$$

სადაც ΔM – აღმგზნები მომენტია.

ვიბრაციის ცდომილების გათვალისწინებით, ცდომილებათა განტოლება მიიღებს სახეს:

$$I\dot{\varphi} + (\alpha + \lambda)\varphi = M\text{sign}\dot{\varphi} + \Delta M.$$

ჩატარებული თეორიული კვლევის შედეგების მიხედვით.

ინტელექტუალური გადამწოდისა და კონვერტორების საფუძველზე დამზადებულია, ყოველმხრივ გამოცდილია და შეყვანილის ექსპლუატაციაში, გადასარბენის დაკავებულობის კონტროლის ინფორმაციული სისტემა და აპარატურის კომპლექტი ახსნილი ვაგონების დასათვლელად.

სალიანდაგო გადამწოდის პროცესორის ფუნქციონირების ალგორითმის ბლოკ-სქემა მოცემულია ნახ. 7-ზე.

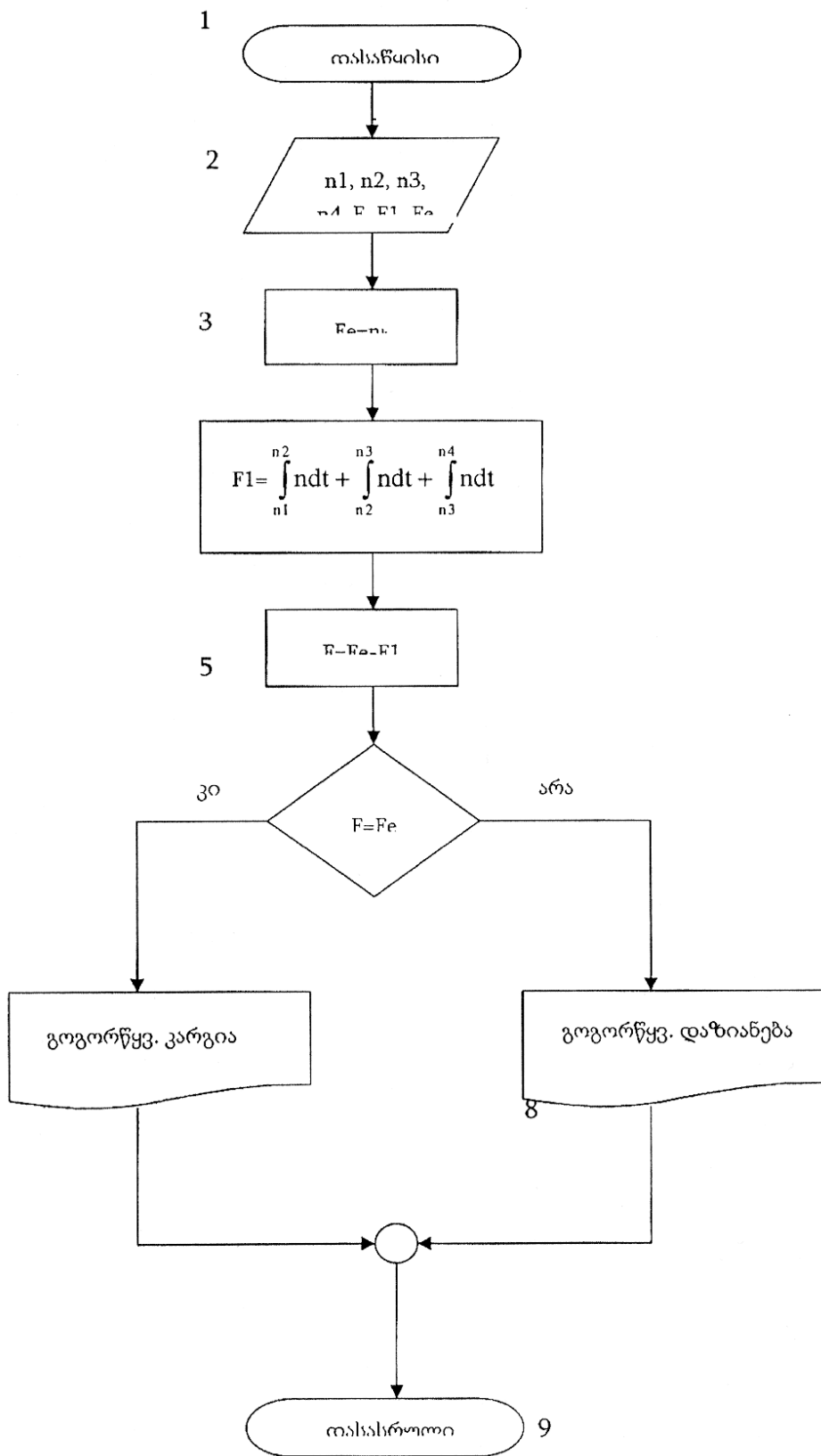
დასაწყისში (1) მატარებლის ყოველი გოგორწყვილი მიმდევრობით გაივლის 4 გადამწოდზე;

თითო გოგორწყვილიდან გვექნება 4 იმპულსი 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 1-n, 2-n, 3-n, 4-n აღებული მის სხვადასხვა (4) წერტილიდან (2);

ყოველი გადამწოდი იმახსოვრებს გოგორწყვილების ზემოქმედების შედეგად წარმოქმნილ იმპულსს $1n$, $2n$, $3n$, $4n$ (3);

მატარებლის გავლის შემდეგ, გაიცემა ბრძანება და ეს დამახსოვრებული იმპულსები გადამწოდებიდან მიმდევრობით გადადიან დისკრეტიზაციის ბლოკში, სადაც წარმოებს ყოველი ამ 4 იმპულსის დამუშავება, კერძოდ, მათი პიკური მნიშვნელობების რიგითობის მიხედვით განაწილება ფიქსირებული დროით dt და მათზე მრუდის აგება (4);

ეს მრუდები ისევ რიგის მიხედვით მიემართება შედარების ბლოკში. ამავე შედარების ბლოკში არის მრუდის ეტალონური მნიშვნელობა. ხდება ყოველი მრუდის ეტალონთან შედარება (5);



ნახ. 7. სალიანდაგო გადამწოდის პროცესორის ფუნქციონირების ალგორითმის ბლოკ-სქემა

თუ შედარების დროს გრადაცია ეტალონურ გრადაციაზე მეტი ან ნაკლებია, მაშინ დაზიანებულია გოგორწყვილი იმ დონიდან, როგორცაა გრადაცია (6).

შემუშავებული გადამწოდის შესაძლებლობის რეალიზებისათვის მნიშვნელოვანია მოცემულ უბანზე შემადგენლობის მოძრაობის მიმართულების განსაზღვრა. მოძრაობის მიმართულების ანალიზატორისთვის, რომელიც რეალიზდება აპარატურულ-პროგრამული საშუალებით, გამოიყენება გადამწოდზე გავლის შედეგად U სიგნალის ამპლიტუდურ-ფაზური ცვლილებების მნიშვნელობები; ეს იძლევა საშუალებას დაფიქსირდეს სალიანდაგო გადამწოდზე მოძრავი მატარებლის ყველა შესაძლებელი სიტუაცია, მათ შორის მატარებლის გაჩერება, მოძრაობა „წინ-უკან“ და ა.შ.

2.11. ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენების პერსპექტივები მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სასადგურო სისტემებში

თანამედროვე პირობებში აუცილებელი ხდება სარკინიგზო სადგურებზე არსებული რელეური ელექტრული ცენტრალიზაციები შეიცვალოს მიკროპროცესორული და რელეურ-პროცესორული ცენტრალიზაციებით.

სარკინიგზო სადგურებში დღეს არსებული ელექტრული ცენტრალიზაციების რელეური სისტემები გასულ საუკუნეში იქნა აგებული და ისინი უკვე საკმაოდ დიდი ხანია ფუნქციონირებს. მათმა აბსოლუტურმა უმრავლესობამ უკვე ამოწურა თავისი რესურსები და მუშაობას დაძაბული ტექნიკური მომსახურების ხარჯზე აგრძელებს.

თანამედროვე მოთხოვნების გათვალისწინებით საინფორმაციო ტექნოლოგიები ფართოდ იწერება როგორც გადაზიდვების პროცესებში, ასევე სარკინიგზო ტრანსპორტის მართვაში. ამ დროს ძნელდება დამუშავებულ საინფორმაციო და გამოთვლით სტრუქტურებში რელეური სისტემების ინტეგრაცია. აღნიშნული ინტეგრაციისათვის არასაკმარისია რელეური სისტემების ფუნქციონალური და საინფორმაციო შესაძლებლობები, მათი სწრაფმოქმედება, გარდა ამისა, აუცილებელია დამატებითი გარდამავალი მოწყობილობებისა და ელექტრული სიგნალების გარდამქმნელების გამოყენება. ამ თვალსაზრისით მიკროპროცესორული და რელეურ-პროცესორული სისტემები აკმაყოფილებს თანამედროვე მოთხოვნებს.

ელექტრული ცენტრალიზაციების ასაგებად მიკროპროცესორებისა და კომპიუტერების გამოყენებით შესაძლებელია:

ელექტრული ცენტრალიზაციის ფუნქციონალური შესაძლებლობების გაფართოება. ახალ ფუნქციებს შეიძლება მივაკუთვნოთ მარშრუტების დაგროვება, მარშრუტების გამზადების ავტომატიზაცია, სექციების ჩაკეტვის გაძლიერება, ავტობლოკირების, დისპეტჩერული ცენტრალიზაციის და სხვა სისტემებთან ინტეგრირება (მაგალითად საშუალო სადგურის ელექტრული

ცენტრალიზაციის აპარატურა შეიძლება შეერწყას დისპეტჩერული ცენტრალიზაციის სახაზო პუნქტის აპარატურას) და.

ოპერატიული პერსონალის მოქმედებებისა და სამატარებლო სიტუაციების პროტოკოლირება და მონაცემების შენახვა. ელექტრული ცენტრალიზაციის მიკროპროცესორული და კომპიუტერული ცენტრალიზაციის სისტემები შეიცავენ საავიაციო ტრანსპორტიდან ცნობილ ე.წ. „შავ ყუთს“.

რელეური ცენტრალიზაციებისაგან მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციების პრინციპული განსხვავებაა ის, რომ ამ უკანასკნელებში ალგორითმები რეალიზდება არა აპარატურულად, არამედ პროგრამულად, ამიტომ სალიანდაგო განვითარების შეცვლისას ძირითადად მოითხოვება პროგრამული ნაწილის შეცვლა, რაც აპარატურული ნაწილის შეცვლაზე გაცილებით მარტივია.

მტყუნებამდგრადობის, თვითკონტროლის პრინციპების გამოყენებისა და მტყუნებების დროს უსაფრთხო ქცევის გამო ხდება სისტემის საიმედოობისა და უსაფრთხოების მნიშვნელოვანი ამაღლება. მიკროელექტრული აპარატურა საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ აპარატურული და პროგრამული საშუალებების ორმაგი და სამმაგი რეზერვირება ისე, რომ არ გაძვირდეს სისტემა.

თვითდიაგნოსტიკისა და თვითაღდგენის მძლავრი საშუალებების გამოყენებით მიიღება მცირედმომსახურებადი ან მთლიანად არამომსახურებადი სისტემა. მიკროპროცესორული სისტემების დანერგვისას შესაძლებელია გამოვიყენოთ აპარატურის ტექნიკური მომსახურების ისეთი ახალი მეთოდები, როგორებიცაა სერვისული და საფირმო მომსახურება. ამ შემთხვევაში სისტემას ემსახურება მომწოდებელი ფირმა ან გზის მასშტაბით ორგანიზებული სერვისული ცენტრის მაღალკვალიფიციური სპეციალისტები.

გადაზიდვების სისტემის მართვის მაღალდონიანი სისტემის სტრუქტურაში ელექტრული ცენტრალიზაცია ასრულებს ისეთი დაბალი რგოლის როლს, რომელიც დროის რეალურ მასშტაბში გადასცემს

ინფორმაციას მატარებლების გადაადგილების შესახებ. ეს ინფორმაცია მიკროპროცესორულ ცენტრალიზაციაში ისეთი სახით ფორმირდება, რომელიც მოსახერხებელია კომპიუტერული დამუშავების, შენახვისა და გადაცემისათვის.

ახალ საელემენტო ბაზაზე აგებული სისტემების მასობრივად დანერგვის დროს. მნიშვნელოვანია აპარატურის გაბარიტების შემცირება, დეფიციტური მასალების ეკონომია, სათავსების ეკონომია, მშენებლობის გაიაფება და წარმოების ინდუსტრიალიზაციის მაღალი დონე. გასათვალისწინებელია ერთ ცენტრალიზებულ ისარზე მოსული ელექტრომაგნიტური რელეების რაოდენობის მნიშვნელოვნად შემცირებაც. XX საუკუნის 30-იან წლებში დამუშავებული ცენტრალური დამოკიდებულებებისა და ადგილობრივი კვების რელეურ სისტემებში ერთ ცენტრალიზებულ ისარზე 24 რელე მოდიოდა, 40-იან წლებში დამუშავებულ მარშრუტების სექციურად შეხსნის მქონე უნიფიცირებულ სისტემებში აღნიშნული რაოდენობა 38-მდე გაიზარდა, ხოლო 40-იან წლების დასაწყისში დამუშავებულ ბლოკურ სარელეო-სამარშრუტო ცენტრალიზაციაში მან 48-ს მიაღწია.

რელეური ცენტრალიზაციების ფუნქციონალური შესაძლებლობების შემდგომი გაზრდისათვის აუცილებელი იყო ერთ ისარზე მოსული რაოდენობების შემდგომი გაზრდა, რაც აუარესებდა სისტემის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. აღნიშნული პრობლემის გადასაწყვეტად XX საუკუნის 80-იან წლებში დამუშავებული იქნა მცირეგაბარიტიანი მაღალი ეკონომიკური მაჩვენებლების მქონე საიმედოობის I კლასის რელეები. ამან შესაძლებელი გახადა მნიშვნელოვნად გაზრდილიყო ერთ ისარზე გამოყენებული რელეების რაოდენობა და დღეს საუკეთესო ფუნქციონალური შესაძლებლობების მქონე ЭИ-12 ტიპის რელეურ სისტემაში ერთ ცენტრალიზებულ ისარზე 128 რელე მოდის. აღნიშნული სისტემის დამუშავების შემდეგ ფაქტიურად ამოიწურა ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუარესების გარეშე რელეური ელექტრული

ცენტრალიზაციების ფუნქციონალური შესაძლებლობების შემდგომი გაზრდის შესაძლებლობა.

ელექტრული ცენტრალიზაცია რთული დისკრეტული სისტემაა, რომლის მეშვეობითაც რეალიზდება სასრული რაოდენობის სპეციფიკური ლოგიკური ფუნქციები. აღნიშნული ფუნქციები მათემატიკურად ჩაიწერება ლოგიკური გამოსახულებების მეშვეობით.

ლოგიკური გამოსახულებები ლოგიკის ალგებრის ფორმულებია, რომელთა რეალიზება შესაძლებელია დისკრეტული ელემენტებით (რელეების, ტრანზისტორების და ა.შ.) აგებული სქემების ან ბინარული პროგრამების საშუალებით. პირველ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ლოგიკური გამოსახულებების აპარატურულ, ხოლო მეორე შემთხვევაში – პროგრამულ რეალიზაციასთან.

რელეური ელექტრული ცენტრალიზაციის შემთხვევაში გამოიყენება ლოგიკური გამოსახულებების აპარატურული რეალიზაცია, ხოლო მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის შემთხვევაში – პროგრამული რეალიზაცია.

მსოფლიოს სარკინიგზო სადგურებში მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციები სადგურებში XX საუკუნის 70-იანი წლების მეორე ნახევარში გამოჩნდა. კერძოდ, პირველმა მიკროპროცესორულმა ცენტრალიზაციამ ფუნქციონირება 1978 წელს დაიწყო შვეციის რკინიგზაზე არსებულ გეტებორგის სადგურში. შემდგომში მიკროპროცესორულ ცენტრალიზაციათა სისტემების დანერგვა დაიწყო მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში. ახალ საელემენტო ბაზაზე აგებული ინტერვალური რეგულირების თანამედროვე სასადგურო სისტემები.

შვედურმა ფირმა, Ericsson-მა IZS-750 სახელწოდების მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია დაამუშავა და გეტებორგის სადგურში დანერგა 1978 წელს.

ზემოთ აღნიშნული სისტემა ტესტური პერიოდული კონტროლის მქონე ერთწამიან სისტემურ ციკლში მუშაობს. მათ უსაფრთხოებას განსაზღვრავს დამოუკიდებელი პროგრამების დივერსიტეტის ხარისხი; კერძოდ, აღნიშნულ პროგრამებს ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად

ამუშავებს ორი სხვადასხვა ბრიგადა. რაც უფრო მეტად განსხვავებულ მეთოდებს იყენებენ აღნიშნული ბრიგადები პროგრამების შესადგენად, მით უფრო მაღალია დივერსიტეტის ხარისხი და შესაბამისად – დამუშავებული სისტემების უსაფრთხოება.

სისტემებში არსებულ ორივე საპროგრამო არხში შემავალი მონაცემები შეიტანება საინფორმაციო დივერსიტეტის მეთოდით. საიმედოობის ასამაღლებლად მსხვილ სადგურებში ცხელი რეზერვის რეჟიმში გამოიყენება მეორე კომპიუტერი, რომელიც ძირითად კომპიუტერთან ერთად მუშაობს.

ზემოთაღნიშნული სახის ცენტრალიზაციები დღეისათვის მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნის 100-ზე მეტ სადგურში წარმატებით ფუნქციონირებს. მათი საექსპლუატაციო გამოცდების შედეგები გვიჩვენებს, რომ სისტემაში მომხდარი მტყუნებების მიზეზები შეიძლება იყოს:

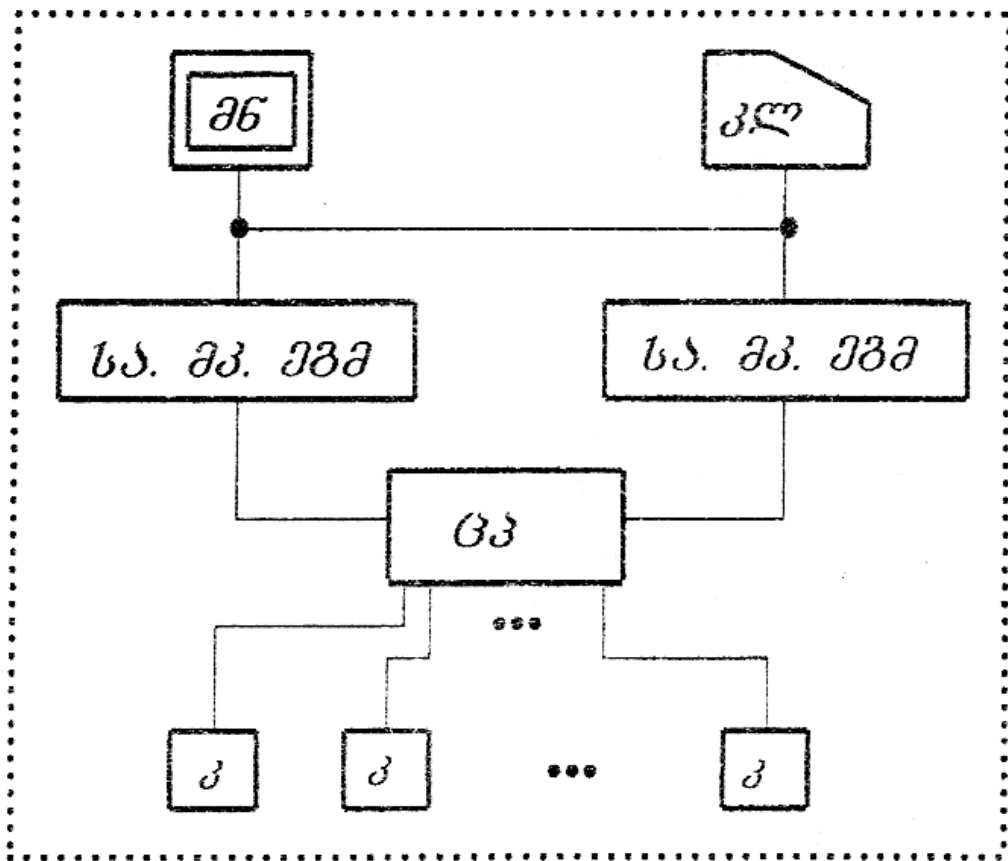
- დაპროგრამების არასწორი ან ურთიერთსაპირისპირო მოთხოვნები;
- სპეციფიკაციათა არასწორი ან ურთიერთსაპირისპირო მოთხოვნები;
- მონაცემებში არსებული შეცდომები.

ზემოთ ჩამოთვლილი მიზეზებიდან თითოეულის წარმოშობა თანაბარაღბათურია. ყველა შესაძლო შეცდომის თითქმის ნახევრის გამომჟღავნება დივერსიტეტის შემწეობითაა შესაძლებელი.

თითოეული გამოთვლითი კომპლექსი შედგება ორი დამოუკიდებელი არხისაგან, რომლებიც ინფორმაციის კოდირება და დამუშავება ერთმანეთისაგან განსხვავებული ალგორითმებით ხდება. საშუალოდ მონაცემები და ალგორითმების საბოლოო შედეგების ერთმანეთთან შედარება ხდება აპარატურული საშუალებების დახმარებით. თითოეულ არხში გამოყენებული პროგრამები ერთმანეთისაგან განსხვავდება და ისინი დამუშავებულია დამპროგრამებელთა სხვადასხვა ჯგუფების მიერ. სისტემის მუშაობის პროცესი ციკლური პრინციპითაა აგებული (ციკლის ხანგრძლივობა 0,6 წამის ტოლია). თითოეული ციკლის განმავლობაში ხდება გამოთვლითი კომპლექსის ტესტირება. შეცდომების აღმოჩენის დროს გადამრთველი მოწყობილობა უწყესივრო გამოთვლით კომპლექსს

გამორთავს და ჩართავს სარეზერვო კომპლექსს. ცენტრალიზაციის აპარატურა კარადებშია განთავსებული.

დანიური DSI ფირმის მიერ დამუშავებული JZSD-770 სისტემა მრავალ ქვეყანაშია დანერგილი. მისი სტრუქტურული სქემა 8 ნახაზზეა ნაჩვენები. ზემოთ განხილული სისტემის მსგავსად, მასაც გააჩნია დუბლირებული პროგრამების მქონე ერთარხიანი სტრუქტურა. სისტემის საბაზისო ვარიანტი შეიცავს შემდეგ კვანძებს:



ნახ. 8. JZSD-770 სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის სტრუქტურული სქემა

- სადგურის მორიგის სამუშაო ადგილის მიკრო-ელექტრონულ გამომთვლელი მანქანა (შემოკლებით – სა.მკ.ეგმ-ს);
- მნ მონიტორი;
- კლ კლავიატურა;
- ცენტრალური ცპ პროცესორი;
- სადგურის გარკვეული რაიონისათვის განკუთვნილ კ კონცენტრატორები (რაიონულ მიკროელექტრონულ გამომთვლელ მანქანები), რომლებიც მოთავსებულია ცენტრალურ პოსტსა და უშუალოდ საველე ობიექტებთან.

სისტემის უსაფრთხოდ ფუნქციონირებისათვის ერთსა და იმავე პროცესორში ნებისმიერი ალგორითმი ორი სხვადასხვა პროგრამის დახმარებით დროში თანამიმდევრულად რეალიზდება და ხდება მათი საშუალებით მიღებული შედეგების ერთმანეთთან შედარება.

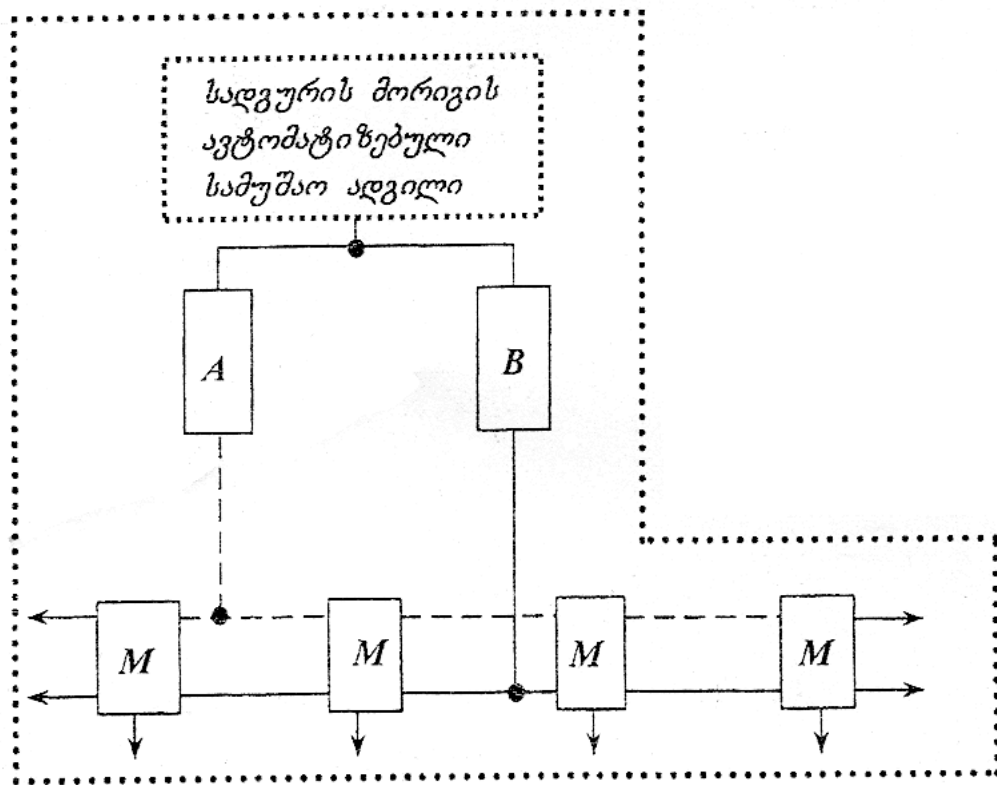
მონაცემები ცენტრალურ პროცესორსა და კონცენტრატორებს შორის სპილენძის სალტეებით ტელეგრამების სახით გადაეცემა, ხოლო ინფორმაცია კოდირდება ჭარბი კოდებით. სისტემის მუშაობის ციკლის ხანგრძლივობა 1 წამის ტოლია. საველე ობიექტები უშუალოდ იმართება რელეური ბლოკებით.

შვედური ფირმა ABB Signal Adtranz-ის დამუშავებული ABB Signal Adtranz-ის მიერ დამუშავებული Ebilock ტიპის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია დანერგილი შვეციის, დანიის, ნორვეგიის, ფინეთის, ესპანეთის, პოლონეთის, რუსეთისა და ლიტვის მრავალ სარკინიგზო სადგურში.

ბოლო პერიოდში შვედურმა ფირმამ Vossloh System Technik დაამუშავა ALISTER სახელწოდების ახალი კომპიუტერული ცენტრალიზაცია. Ebilock ტიპის ცენტრალიზაციისაგან განსხვავებით მასში გამოყენებულია სპეციალიზებულ აპარატურულ (SIMIS, SILMIS) საშუალებებში გამოყენებული

ახალი კომპიუტერული პლატფორმა. ევროპული (CENELES) ნორმების მიერ მოთხოვნილი დასაკმაყოფილებლად აუცილებელი უსაფრთხოების SIL4 დონის დასაკმაყოფილებლად სამრეწველო კომპონენტების გამოყენებისას დამმუშავებლებმა დივერსიტეტის პრინციპი გამოიყენეს როგორც პროგრამული, ასევე აპარატურული უზრუნველყოფისათვის.

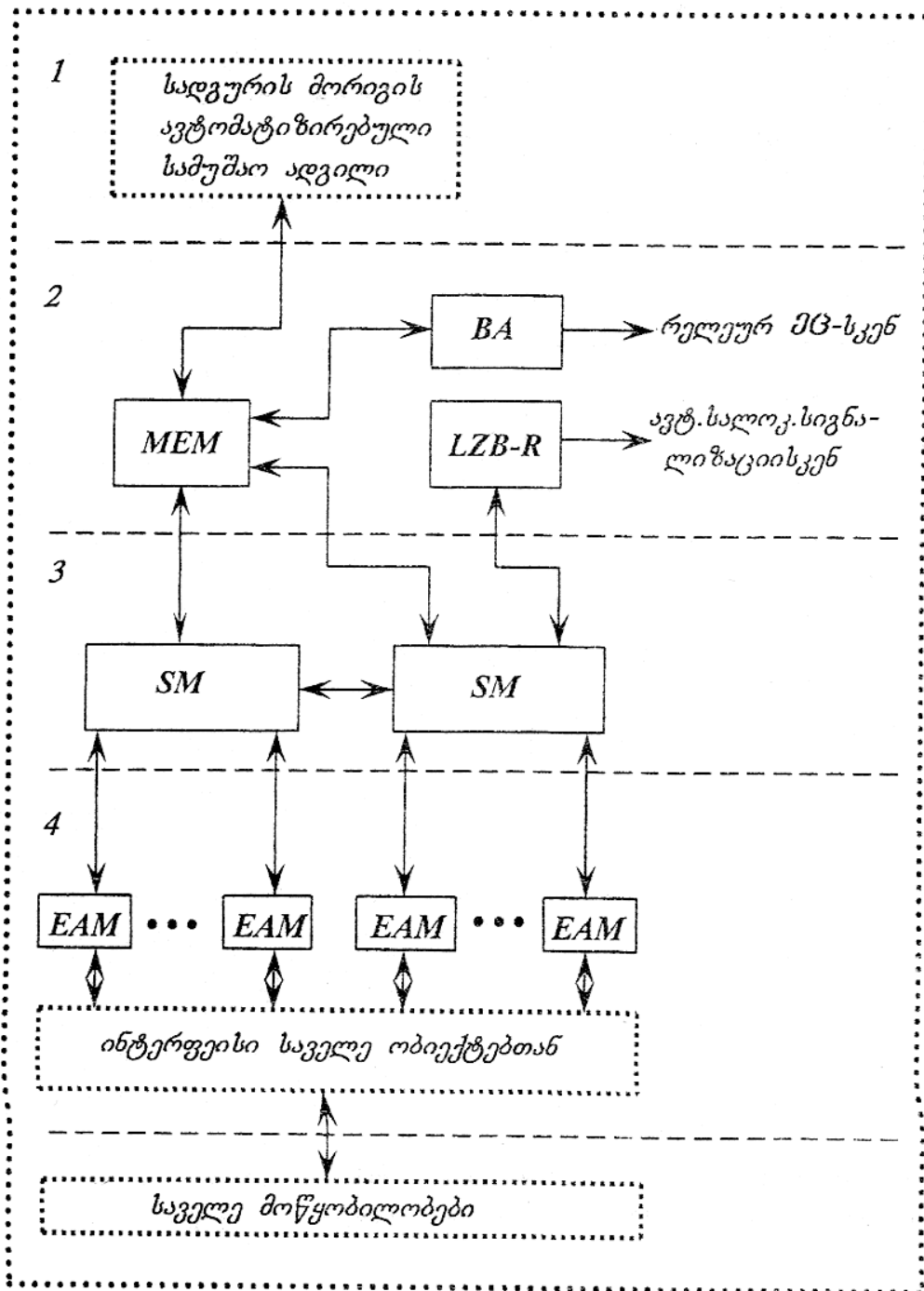
ALISTER სახელწოდების მიკროპროცესორული ელექტრული ცენტრალიზაციის სტრუქტურული სქემა მე-9 ნახაზზეა მოყვანილი. როგორც აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, სისტემის ბირთვს შეადგენს ორი, კერძოდ *A* და *B* არხი. მათ გააჩნიათ განსხვავებული აპარატურული და პროგრამული აგებულება. *A* არხი წარმოადგენს Intel 80186 მიკროპროცესორის ბაზაზე აგებული დაპროგრამებად ლოგიკურ კონტროლერს, ხოლო *B* არხი – Motorola 68040 მიკროპროცესორის ბაზაზე აგებულ კონტროლერს. პროგრამული უზრუნველყოფის დივერსიტეტი მიღწეულია განსხვავებული ოპერაციული სისტემებისა და საინსტრუმენტო საშუალებების გამოყენებით.



ნახ. 9. ALISTER სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის სტრუქტურული სქემა

საველე ობიექტების მართვის M მოდულები ორარხიანებია და მაღალი ხარისხის ინტეგრაციის მქონე სქემების გამოყენებითაა აგებული. A , B ბლოკებსა და M მოდულებს შორის საჭირო კავშირების უზრუნველყოფისათვის ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელებია გამოყენებული. ამ დონეზე დივერსიტეტი უზრუნველყოფილია მონაცემთა განსხვავებული სტანდარტებით მომუშავე დუბლირებული საკეტების გამოყენებით. M მოდულები შეიძლება განთავსდეს უშუალოდ საველე ობიექტების გვერდით, მაგრამ შესაძლებელია აღნიშნული ობიექტებიდან 3 კილომეტრამდე მანძილით მათი დაშორებაც. ისინი განთავსდება შუქნიშნის კარადებში.

ფირმა Siemens წარმოადგენს ლიდერს სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციისა და ბლოკირების საშუალებათა დამუშავების სფეროში. 1980 წლიდან დაწყებული მან უსაფრთხო მიკროპროცესორული SIMIS ბლოკის ბაზაზე (იხ. ნახ. 10) დაამუშავა მიკროპროცესორულ ცენტრალიზაციათა სისტემა, რომელიც აკმაყოფილებს უსაფრთხოებისა და საიმედოობის ყველაზე მაღალ მოთხოვნებს.



ნახ. 10. ESTWL90 სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის ბლოკ-სქემა

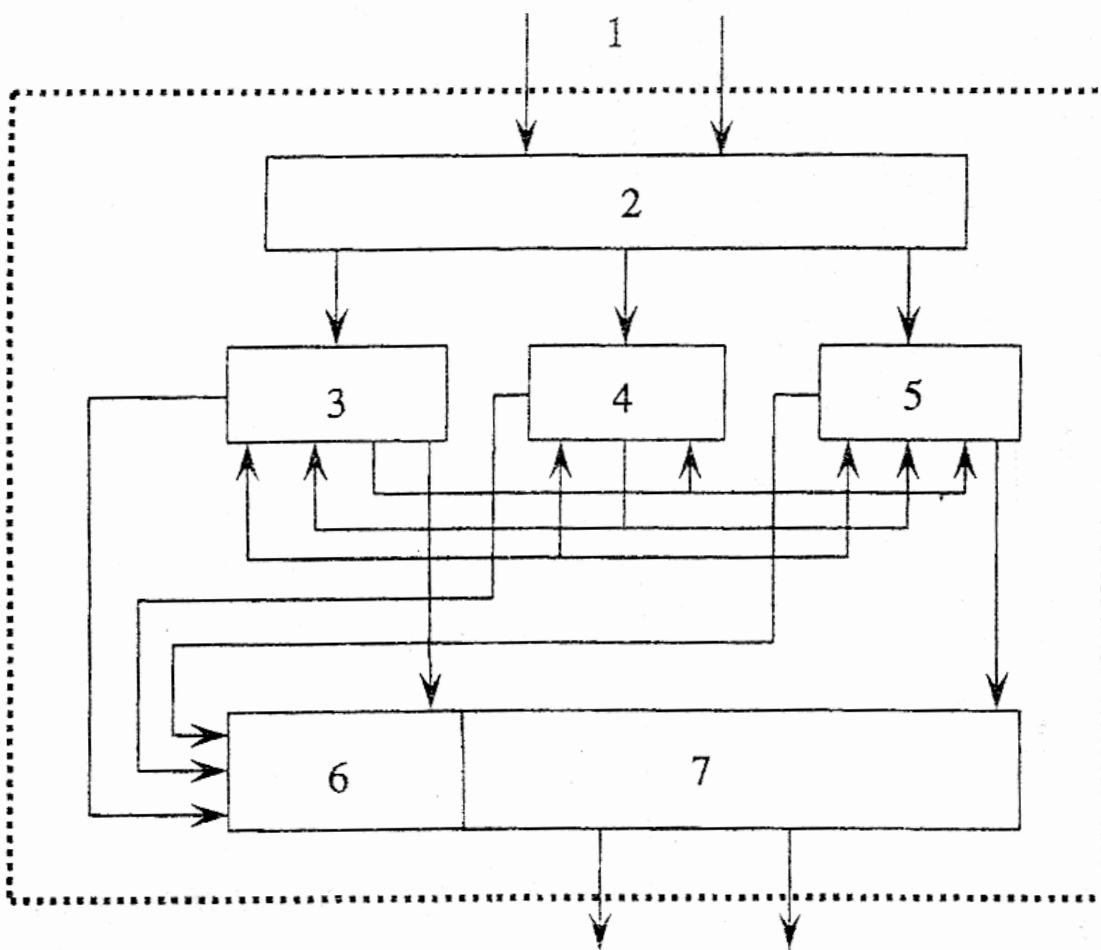
SIMIS ბლოკში გამოიყენება სინქრონულად და სინფაზურად მომუშავე ორი დამოუკიდებელი კომპიუტერული არხი, სადაც გამოყენებულია თითო-თითო პროგრამა და საკონტროლო Lohman ელემენტებით ხდება მიღებული შედეგების შედარება „ორიდან ორი“ პრინციპის გამოყენებით. ამ პრინციპზეა აგებული ფირმა Siemens-ის მიერ შემუშავებული EIS ტიპის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია, რომელიც მსხვილი სადგურებისათვისაა განკუთვნილი. იგი 1989 წლიდან ფუნქციონირებს მურნაუს სარკინიგზო სადგურში. მომქმედი სადგურებისათვის აღნიშნული ფირმის მიერ დამუშავებული იქნა EIS Regio სახის სისტემა, რომელიც კაპიტალური და საექსპლუატაციო დანახარჯების შემცირების საშუალებას იძლევა.

სპეციალურ შემთხვევებში (რკინიგზების რეგიონალურ უბნებზე, საწარმოო რკინიგზებზე, სარკინიგზო გადასასვლელებზე, სატვირთო ეზოებში) გამოსაყენებლად ფირმა Siemens-ის მიერ დამუშავებული იქნა სისტემა SICAS.

დღეისათვის აღნიშნული სისტემა მსოფლიოს რკინიგზების 100-ზე მეტ სადგურშია დანერგილი. ისინი ყველაზე მეტად გავრცელდა გერმანიის, ესპანეთისა და პორტუგალიის რკინიგზებზე. ყველაზე მსხვილი ასეთი სისტემა 930 ობიექტის სამართავად 1994 წელს იქნა დანერგილი ლუქსემბურგ-ცენტრალურის რკინიგზის სადგურზე.

ESRWL90 სისტემის სტრუქტურა შედგება ოთხი დონისაგან (ნახ. 10). პირველ დონეზე განთავსებულია სადგურის მორიგის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილი. მის შემადგენლობაში შედის სადგურის გეგმის მიმოხილვითი და დეტალური გამოსახულებებისათვის განკუთვნილი ორი მონიტორი, დიაგნოსტიკებისა და უწყისივრობების გამოსატანად განკუთვნილი მონიტორი, პრინტერი და კლავიატურა. შეტყობინებისა და ინფორმაციის შეტანის MEM მოდული (მეორე დონე) ამოწმებს ოპერატორის მიერ შეტანილი ბრძანების სისწორეს. გარდა ამისა, იგი ამუშავებს უსაფრთხოების უზრუნველყოფის SM მოდულიდან მიღებულ სიგნალებს და მიღებულ შედეგებს გადააწოდებს სადგურის მორიგის ავტომატიზებული სამუშაო

ადგილის დონეს. BA ბლოკის დახმარებით ხდება რელეურ ელექტრულ ცენტრალიზაციასთან, ხოლო LZB-K ბლოკით – ავტომატურ სალოკომოტივო ცენტრალიზაციებთან დაკავშირება უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მესამე დონეზე მოწმდება ცენტრალიზაციის ობიექტებს შორის არსებული ყველა ურთიერთდამოკიდებულება. თითოეული SM მოდული უზრუნველყოფს სადგურის გარკვეული რაიონის ფუნქციონირებას. აღმასრულებელ დონეზე გამოიყენება ელემენტების მართვის EAM ელემენტები და სავსელე მოწყობილობებთან დამაკავშირებელი პარალელური ინტერფეისები



ნახ. 11. უსაფრთხო SELMIS მოდულის სტრუქტურული სქემა

MEM, SM და EAM მოდულები აგებულია სახიფათო მტყუნებების არმქონე მიკროპროცესორული მმართველი გამომთვლელი SELMIS კომპლექსის ბაზაზე (ნახ. 11) და მისი შემადგენელი ნაწილებია:

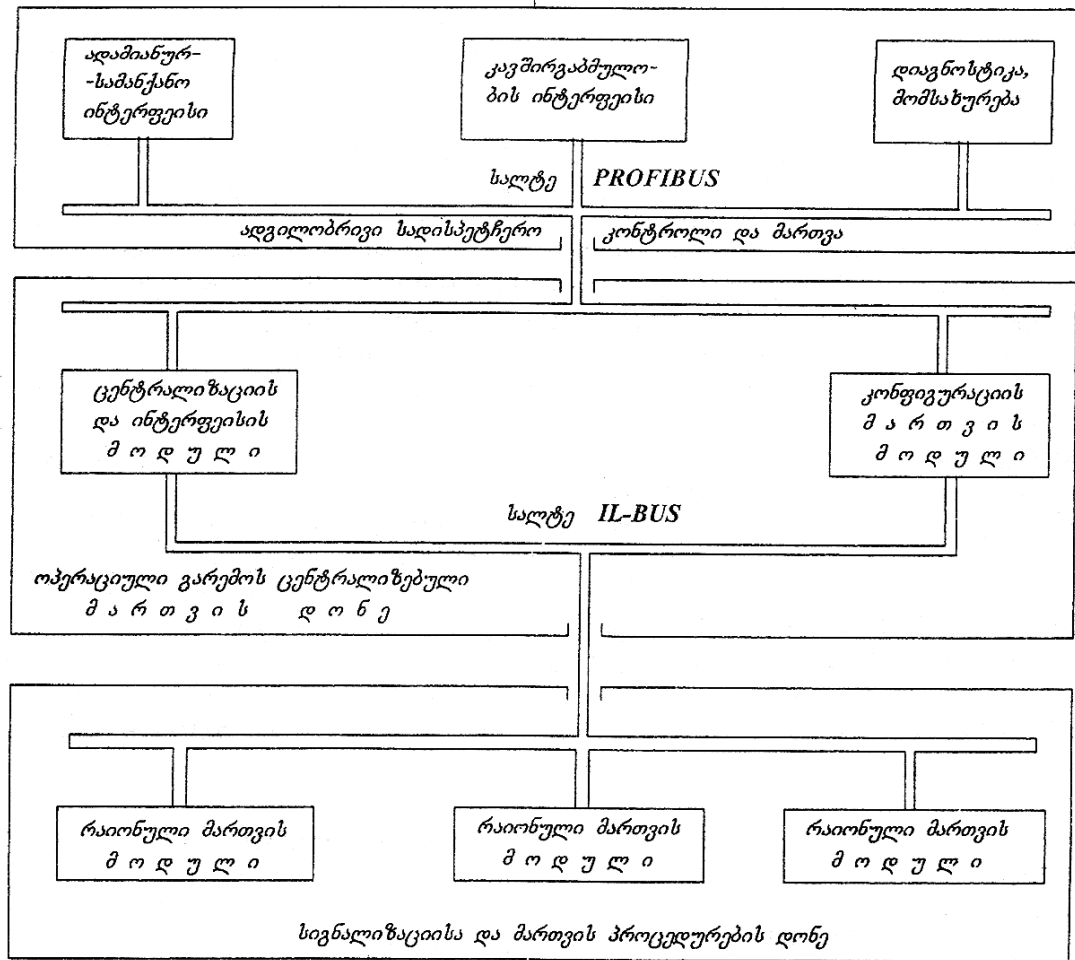
- 1 – მონაცემების მიმდევრობითი შეტანის მოწყობილობა;
- 2 – მანაწილებელი მოწყობილობა;
- 3, 4, 5 – მიკროელექტრონული გამომთვლელი მანქანები;
- 6 – გადამრთველის მართვის ბლოკი;
- 7 – გადამრთველი;
- 8 – მონაცემების მიმდევრობითი გამოტანის მოწყობილობა.

აღნიშნული კომპლექსის უსაფრთხოდ ფუნქციონირება განპირობებულია ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელ 3, 4, 5 – მიკროელექტრონულ გამომთვლელ მანქანებში ინფორმაციის მრავალჯერადი დამუშავებისა და შესასვლელი, საკონტროლო, საშუალო და გამოსასვლელი მონაცემების ურთიერთშედარების მეშვეობით. აღნიშნულ შედარებას ანხორციელებს მიკროელექტრონული გამომთვლელი მანქანები. შედეგების შედარების რეალიზებისას გამოყენებულია „3-დან 2“ სახის მაჟორიტარული პრინციპი. მონაცემების შეუსაბამობის აღმოჩენისას უზრუნველყოფილია მანქანიდან პერიფერიული მოწყობილობების უსაფრთხო განრთვა.

ESRWL90 სისტემის შემდგომი განვითარების შედეგად გლობალური გამოყენებისათვის ფირმა Siemens-ის მიერ დამუშავებული იქნა მტყუნებაუსაფთხო SIMIS W სისტემა, რომელიც მოდულური პრინციპითაა აგებული. აღნიშნული პრინციპი გულისხმობს ცენტრალიზაციის წარმოდგენას ცალკეული ელემენტების (ობიექტების) სახით, ობიექტების ერთმანეთთან მიერთება ხდება სავსე მოწყობილობათა ტოპოლოგიის შესაბამისად. ეს საშუალებას გვაძლევს ავაგოთ ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავებული ტიპის ცენტრალიზაციების, რომლებიც შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც მცირე საშუალოდ, ასევე მსხვილ (2000-მდე ელემენტის შემცველ) საკვანძო სადგურებში.

SIMIS W სისტემის სტრუქტურული სქემა მე-12 ნახაზზეა ნაჩვენები. როგორც ნახაზიდან ჩანს, იგი შედგება ერთმანეთთან სტანდარტიზებული ინტერფეისების საშუალებით დაკავშირებული ფუნქციონალური დონეებისაგან. ინფორმაცია გადაიცემა ორი სხვადასხვა სისტემური PROFIBIS და IL-BUS სალტი. მონაცემების გადაცემისას უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად გამოყენებულია ჰემინგის კოდებო; კოდებს შორის მანძილი 5-ის ტოლია. ყველა კომპიუტერი, რომელთა საშუალებითაც ხდება უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული ინფორმაციის დამუშავება, „3-დან 2 SIMIS“ პრინციპის გამოყენებითაა დაპროექტებული. SIMIS W სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია გერმანიის, ავსტრიის, შვეიცარიისა და სხვა ქვეყნების 100-ზე მეტ სადგურშია დანერგილი. მარშრუტული დამოკიდებულებების მქონე SIMIS IS მოდიფიკაციის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია მცირე და საშუალო სადგურებისათვისაა განკუთვნილი.

ცენტრალური სადისკომპერო
კონტროლი და მართვა

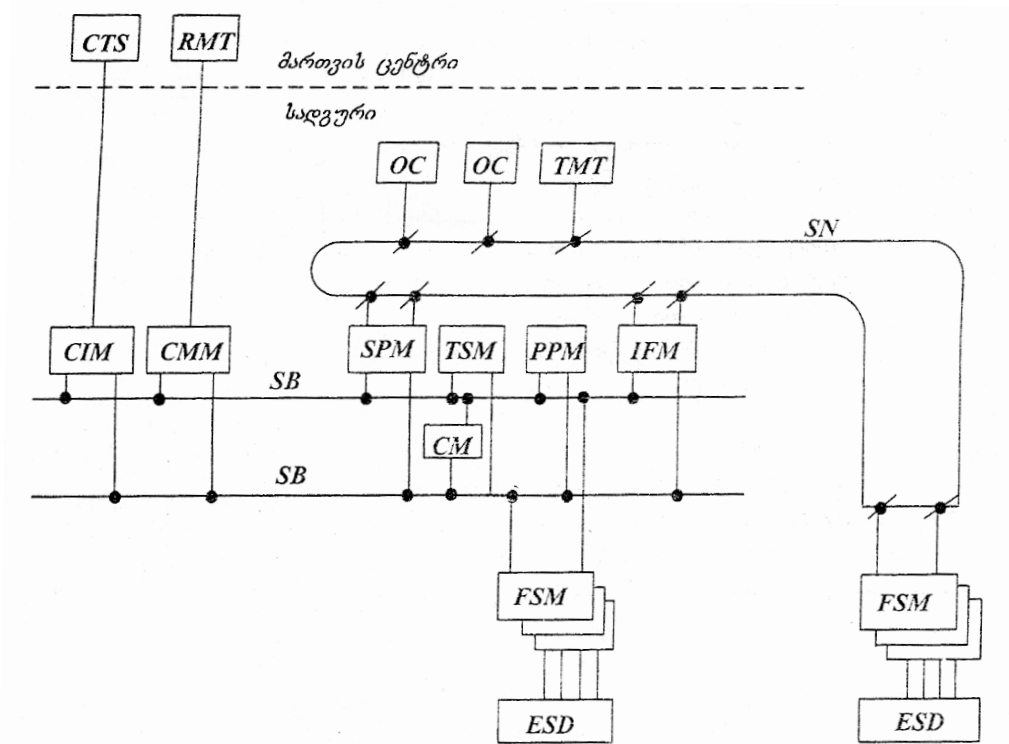


ნახ. 12. SIMIS W სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის სტრუქტურული სქემა

იაპონიაში ფირმა JNR-ამ დაამუშავა და 1985 წელს სადგურ ჰიგასი-კანაგავაში დანერგა SMILE სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია. მასში გამოყენებულია ცვლადი მაჟორირების მქონე სამარხიანი სტრუქტურა, რომელსაც ახასიათებს მუშაობისადმი მზადყოფნის მაღალი დონე. პროცესორები ტაქტების საერთო გენერატორის მეშვეობით სინქრონულად მუშაობს. თვითკონტროლირებადი აპარატურული კომპარატორი შიდა მაგისტრალეზე არსებულ პოტენციალებს წყვილ-

წყვილად ადარებს ერთმანეთს. ამავე დროს კონტროლი ხორციელდება პროგრამული მთვლელის დახმარებითაც.

SMILE სისტემის სქემა მე-13 ნახაზზეა მოყვანილი. იგი შეიცავს ცენტრალიზაციისა და ბლოკირების ფუნქციების შემსრულებელ უსაფრთხო მიკროპროცესორულ FSM ქვესისტემებს. იგი სამმაგი დარეზერვების პრინციპის გამოყენებით Intel 8085 ტიპის მიკროპროცესორებზეა აგებული. აღნიშნული ქვესისტემებით იმართება სავსე ESD ობიექტები. სისტემა შედგება შემდეგი კვანძებისაგან:



ნახ. 13. SMILE სისტემის მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის სტრუქტურული სქემა

- ინფორმაციის წინასწარი დამუშავების PPM კვანძი;
- სადგურის მუშაობის დაგეგმვის SPM კვანძი;
- მატარებლების მოძრაობის მაკონტროლებელ CTS კვანძი;

- FSM ქვესისტემების შეუღლების IFM კვანძი.

გარდა ზემოთაღნიშნული კვანძებისა, სისტემის სტრუქტურაში არსებობს:

- საერთო CM მეხსიერება;
- ოპერატორის OC პულტი;
- მატარებლის მოძრაობის კონტროლის TMT ტერმინალი;
- ტელემართვის RMT ტერმინალი.

მიკროპროცესორული კვანძები ინფორმაციის გასაცვლელად და ოპერაციათა შესრულების შესამოწმებლად იყენებს დუბლირებულ SB სალტეს. ცენტრალიზაციის პოსტზე ინფორმაციის ცირკულირებისათვის დამუშავებულია ადგილობრივი საინფორმაციო SN ქსელი. იგი იყენებს ბოჭკოვან-ოპტიკური კავშირის შლეიფურ ხაზებს. SN ქსელთან 128-მდე ტერმინალის მიერთებაა შესაძლებელი. დაშორებული ყელების მქონე მსხვილ სადგურებში SMILE სისტემის დაყენებისას გათვალისწინებულია SN ქსელთან მისაერთებელი დამატებითი FSM ქვესისტემები.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში VPI სახელწოდების მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია 80-იანი წლების დასაწყისში დაამუშავა ფირმამ General Railway Signal. იგი ერთარხიანი სისტემაა, რომელშიც პირველადი ლოგიკის პროგრამებისა (ცენტრალიზაციის პროგრამებისა) და უსაფრთხოების უზრუნველმყოფი პროგრამების (საკონტროლო პროგრამების) დამუშავება ციკლურად ხდება. VPI-ის ყველაზე მსხვილი დანადგარი ფუნქციონირებს ნიუ-იორკ-ცენტრალურის სადგურზე, სადაც ერთდროულად მუშაობს 17 ცენტრალური პროცესორი.

3. დასკვნა

1. მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების არსებული სისტემის ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს კაბელების რაოდენობა შევამციროთ 30%-მდე, მონტაჟისა და გაწყობა-ამუშავების ხარჯები 50%-მდე, ხოლო მთლიანი სისტემის ღირებულება 20%-მდე.
2. დამუშავებულია შუქნიშნის მართვის უკონტაქტო საკონტროლო მოწყობილობა შუქნიშნის, საკაბელო ხაზისა და ცენტრალური პოსტის გალვანური განმხოლოები.
3. დამუშავებულია თვითრეგულირებადი სარელსო წრედის ბლოკ-სქემა მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემისათვის ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენებით.
4. წარმოდგენილია თვითრეგულირებადი სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმების გაანგარიშების ახალი მეთოდიკა.
5. შემოთავაზებულია ახალი საელემენტო ბაზის მქონე სარელსო წრედების გაანგარიშების გაუმჯობესებული მეთოდიკა, სადაც აპარატურის ელემენტთა პარატრები განხილულია არა როგორც დეტერმინირებული სიდიდეები, არამედ როგორც შემთხვევითი სიდიდეები.
6. დადგენილია, რომ შემთხვევითი სიდიდეებია, როგორც სალიანდაგო მიმღების მახასიათებლები, ასევე იზოლაციის წინალობა, შუნტის წინალობა და კვების წყაროს ძაბვა.
7. დამუშავებულია მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემათა საიმედოობის ანალიზის განსაზღვრის მეთოდიკა ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენების პირობებში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Гоцадзе М., Пхакадзе Л. Проблемы автоматизации информационного обеспечения и управления маршрутами. «Транспорт», научно-технический журнал. ISSN 1512-0912 № 1-4(53-56), 2014, с. 7-9.
2. Гоцадзе М., Пхакадзе Л., Джавшанашвили И. 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.
3. Гоцадзе М., Пхакадзе Л., Нодия А., Джавшанашвили И. Разработка усовершенствованной методики расчета рельсовых цепей. Научно-технический журнал «Транспорт», ISSN 1512-0910 № 1-2(57-58), 2015, с.12-14.
4. М. Гоцадзе, Л. Пхакадзе . Бесконтактная схема управления светофоров для электронной централизации «Транспорт», научно-технический журнал. № 1-4(69-73), 2018, с. 25-27.
5. ლ. ფხაკაძე. შუქნიშნის მართვის სქემის უკონტაქტო საკონტროლო მოწყობილობა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 84-ე ღია სამეცნიერო სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა თეზისები. თბილისი, 2016.
6. ა. დუნდუა. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემები. II ნაწ. თბილისი, 2013. 478 გვ.
7. ა. ნოდია, მ. გოცაძე, მ. გურგენიძე. ცვლადი დენის სარელსო წრედი. პატენტი გამოგონებაზე № 1449437. 1987.
8. ა. დუნდუა, თ. იაშვილი, ა. ნოდია, მ. პაპასკირი. ელექტრული ცენტრალიზაციის სქემების აგების ტიპოლოგიური ასპექტის შესახებ. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი“, № 1-2, 2005, გვ. 34-39.
9. ნ. მღებრიშვილი, გ. შარაშენიძე, ა. დუნდუა, ა. ნოდია, ნ. კვაჭაძე, გ. მღებრიშვილი, მ. ტატანაშვილი. გადამწოდების მგრძობიარობაზე მომქმედი სხვადასხვა ხელშემშლელი ფაქტორების გამოკვლევა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, № 3(28), 2013, გვ. 39-44.
10. ნ. მღებრიშვილი, ა. ბერიძემ ა. დუნდუა, ნ. კვაჭაძე, ა. ნოდია. თანამედროვე რკინიგზისათვის ინტელექტუალური სალიანდაგო გადამწოდების დამუშავება. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, № 2 (27), 2013, გვ. 56-70.
11. Шарашенидзе Г., Беридзе А., Нодия А., Квачадзе Н., Татанашвили М., Мгебришвили Г. Классификация и структурный анализ вагонов железнодорожного подвижного состава. Научно-технический журнал «Транспорт», № 3-4(47-48), 2012, 5-8 с.
12. Беридзе А., Шарашенидзе Г., Мгебришвили Н., Дундуа А., Нодия А., Квачадзе Н. Основные виды износа и неисправностей железнодорожного

- пути и колесных пар вагонов. Научно-технический журнал «Транспорт», № 3-4(47-48), 2012, 3-5 с.
13. Мгебришвили Н., Именаишвили Л., Гоцадзе М., Дундуа А., Нодия А., Беридзе А. Рельсовые цепи нового типа для безопасного движения поездов. Научно-технический журнал «Транспорт», № 1-2 (45-46), 2012, 7-9 с.
 14. Мгебришвили Н., Шарашенидзе Г., Беридзе А., Дундуа А., Нодия А., Квачадзе Н., Татанашвили М. Анализ возникновения возмущающих факторов при прохождении подвижного состава в прямых и кривых участках пути с целью разработки алгоритма устранения этих явлений. Научно-технический журнал «Транспорт», № 1-2 (45-46), 2012, 5-7 с.
 15. Шарашенидзе Г., Беридзе А., Нодия А., Квачадзе Н., Датукишвили Г., Мгебришвили Г. Разновидности и технические параметры тележек подвижного состава. Научно-технический журнал «Транспорт», № 1-2 (45-46), 2012, 3-5 с.
 16. ა. დუნდუა, თ. იაშვილი, ა. ნოდია, მ. პაპასკირი. სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების განვითარების ახალი ეტაპის თავისებურებები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი“, № 1-2, 2005, გვ. 28-33.
 17. ა. დუნდუა, ა. ნოდია, მ. პაპასკირი. ლოგიკური ფუნქციების რეალიზება მიკროპროცესორების საშუალებით. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი“, № 3-4, 2014, გვ. 22
 18. მ. გოცაძე, ნ. გოგიშვილი. ფაზამგრძნობიარე სარელსო წრედის საიმედოობის ამაღლების საინჟინრო მეთოდოლოგია. ჟ. „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, № 2, 2011, გვ. 54-56.
 19. მ. გოგიშვილი. სარელსო წრედის კვების კორექტული პერსპექტიული სქემა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი“, № 1-2, თბილისი, 2002, გვ. 12-15.
 20. მ. გურგენიძე, მ. ელიზბარაშვილი, ნ. მუხიგულაშვილი. სარკინიგზო ავტომატიკისა და კავშირგაბმულობის მოწყობილობათა საექსპლუატაციო საიმედოობის გაზრდის შესახებ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, № 4(415), თბილისი, 1997, გვ. 107-111.
 21. მ. ელიზბარაშვილი, ა. ბერიძე, პ. დავითაშვილი. ჰარმონიული ანალიზის შესახებ შესახებ სარკინიგზო ავტომატიკისა და კავშირგაბმულობის ამოცანებში. სტუ-ის შრომები, № 4(432), თბილისი, 2000, გვ. 118-122.
 22. მ. ელიზბარაშვილი, ა. ბერიძე, ნ. ვარშანიძე. სარკინიგზო ავტომატიკისა და კავშირგაბმულობის სისტემების ხარისხობრივ მაჩვენებელთა ამაღლების შესაძლებლობების შესახებ. სტუ-ის შრომები, № 4(432), თბილისი, 2000, გვ. 115-117.
 23. მ. ელიზბარაშვილი, ნ. ვარშანიძე, ნ. ჭედია, პ. ელიზბარაშვილი. რკინიგზის ტრანსპორტზე გადაზიდვითი პროცესების მართვის გაუმჯობესების შესახებ. ტრანსპორტი, № 1, თბილისი, 2001, გვ. 6-8.
 24. ს. კარიბოვი, ლ. მგალობლიშვილი, ლ. ტრაპაიძე, თ. მაღლაკელიძე. მიმდევრობითი აგზნების წვევის ძრავის თვითაგზნების პროცესის

- გამოკვლევა დამაგნიტების მრუდის არაწრფივობის და გრიგალური დენების გათვალისწინებით. სტუ-ის შრომები, № 4(432), თბილისი, 2000, გვ. 108-115.
25. ნ. კონიაშვილი. რკინიგზის ტრანსპორტის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის პერსპექტიული სისტემის საიმედოობის სტატისტიკური კოეფიციენტის ანგარიშისათვის ალგორითმის შედგენა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, № 4(363), თბილისი, 1997, გვ. 75-79.
 26. ნ. მუხიგულაშვილი. სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობების საიმედოობის ანალიზი ამიერკავკასიის რკინიგზის პირობებში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, №7(263), თბილისი, 1997, გვ. 84-89.
 27. ნ. მუხიგულაშვილი, დ. მამფორია. წელიწადში თვეების მიხედვით პირაპირების მტყუნებათა განაწილების პარამეტრების გაანგარიშება. // სტუ-ს შრომები. № 7(363), თბილისი, 1997, გვ. 89-92.
 28. ზ. ციხელაშვილი. ლოგისტიკური მიდგომა სარკინიგზო ტრანსპორტის ექსპლუატაციაში // „ტრანსპორტი“, № 1, თბილისი, 2001, გვ. 8-9.
 29. ზ. ციხელაშვილი. სარკინიგზო ტრანსპორტის ექსპლუატაციის ახალი ლოგისტიკური სისტემის შესახებ. // „ტრანსპორტი“, № 1, თბილისი, 2001, გვ. 9-10.
 30. ა. ჩხაიძე გ. ჩხაიძე. საყრდენ-საუბნო სადგურთა განვითარების პერსპექტივები. // სტუ-ს შრომები, № 4(432), თბილისი, 2000, გვ. 103-108.
 31. Авторское свидетельство № 785096. Опубликовано 07.12.80. Бюллетень №45.
 32. Амелин С.В., Дановский Л.М., Константинов В.М. Путь и путевое хозяйство. М.: «Транспорт», 1967, 156 с.
 33. Анисимов Н.А., Брейдо А.И. Организация планирования и управления хозяйством сигнализации и связи. М.: «Транспорт», 1979.
 34. Аркатов В.С., Кравцов Ю.А., Степенский Б.М. Пути повышения работоспособности рельсовых цепей. Автоматика и связь (ЦНИИТЭП МПС), 1986. 321 с.
 35. Аркатов В.С., Кравцов Ю.А., Степенский Б.М. Рельсовые цепи, анализ работы и техническое обслуживание. М.: «Транспорт», 1990. 295 с.
 36. Архипов Е.В., Барышев Ю.А., Ерамов В.И., Лобжанидзе Н.Ш. Построение схем фазовых приемников в системах интервального регулирования движения поездов на метрополитене. // Труды ГТУ № 7(363), Тбилиси, 1990, с. 19-21.
 37. Асс Э.У., Паверман Н.Г., Хращевская И.В., Шодуленко М.В. Кабели для сигнализации и блокирования с полиэтиленовой изоляцией в пластмассовой оболочек с гидрофобным наполнителем. // Автоматика, связь, информатика, № 4, 2001, с. 15-18.
 38. Базовский И. Надежность, теория и практика. М., «Мир», 1965, 376 с.
 39. Бардоу Р., Прощин Ф. Математическая теория надежности. Пер. с англ. Ушакова И. Под ред. Гнеденко Б. М., «Советское радио», 1979, 468 с.

40. Барзилович Е.Ю., Каштанов В.А. Организация обслуживания при ограниченной информации о надежности системы. М., «Советское радио», 1995, 136 с.
41. Блюмберг В.А., Глущенко В.Ф. Какое решение лучше? // Метод расстановки приоритетов. Л., 1982.
42. Брейдо А.И. Автореферат докторской диссертации. Л., 1986.
43. Бромберт Е.М. Бесстыковой путь. М., Трансжелдориздат, 1960.
44. Брылеев А.М. и др. Теория устройство и работа рельсовых цепей. М., Транспорт, 1978, 344 с.
45. Методика выбора показателей для оценки надежности сложных технических систем. М., изд-во стандартов, 1972, 44 с.
46. 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.
47. Мухигулашвили Н.Ю., Хитаришвили Г.В. Исследование влияния климатических условий на работу рельсовых цепей. // Труды ГТУ №7(363), Тбилиси, 1990, с. 90-95.
48. Мухигулашвили Н.Ю. Математическая модель информативных признаков рельсовой цепи при повреждении изолирующего стыка. // Труды ГТУ №6(379), Тбилиси, 1990, с. 86-89.
49. Мухигулашвили Н.Ю. Методика определения сопротивления передачи основной схемы замещения исследуемой рельсовой цепи при коротком замыкании изолирующего стыка // Труды ГТУ, №7(380), Тбилиси, 1991, с.83-86.
50. 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.
51. Нечипоренко В.И. Структурный анализ и методы построения надежных
52. 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.
53. 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.
54. Переборов А.С., Гацев Н.З., Фкдотов А.Е., Качмарская О.К. Демографическая ситуация и проблемы развития отрасли. // Автоматика, телемеханика и связь. № 10, 1979.
55. Перникис Б.Д., Ягудин Р.Ш. Предупреждение и устранение неисправности в устройствах СЦБ. М., «Транспорт», 1984.
56. Половко А.М. Основы теории надежности. М., «Наука». 1965, 446 с.
57. Радиотехнические устройства железнодорожного транспорта. М., Транспорт, 1985.

58. Развитие системы ТО проводной и радиосвязи на ж.д. транспорте. Отчет по НИИ ЛИИЖТ, Рук. Волков М.В.
59. 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.
60. Резервы роста производительности труда на железнодорожном транспорте. Под ред. Бирюкова Н.И., М., Транспорт, 1977.
61. Бенц Б., Ферстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализов. М., 1983.
62. 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.
63. Рябинин И.А. Основы теории и расчета надежности судовых электроэнергетических систем // Изд. 2-е – Л., «Судостроение», 1971, 456 с.
64. Савченко И.Е., Землемов С.В., Строговский И.И. Железнодорожные станции и узлы. М., Транспорт, 1980, 1980, 476 с.
65. 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.
66. 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.
67. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока. М., Электроиздат, 1985.
68. Складевич А.Н. Надежность систем с накоплением нарушений. Рига: «Зинатне», 1969, 210 с.
69. Советский энциклопедический словарь. М., Сов. энциклопедия, 1982.
70. Стриж Н.И., Авилов Ю.И. Автоматика, телемеханика и связь. М., Транспорт, 1974, с. 24-26.
71. Супрун П.П., Супрун А.П. Способ определения степени загрязнения балластного слоя железнодорожного пути. Пат. 2169918, Россия: опубл. 27.06.2001.
72. 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.
73. Тевзадзе З.С., Мухигулашвили Н.Ю., Никитин А.Б. Анализ содержания труда узловых диспетчеров. // Труды ГТУ. № 2(395). Тбилиси, 1994, с. 66-69.
74. Тевзадзе З.С., Гоцадзе М.А. Обоснование этапов автоматизации информационного обеспечения узловых диспетчеров. // Труды ГТУ, №7(363), Тбилиси, 1990, с. 15-19.

75. Харламович И.В. Ускорение научно-технического прогресса – основа дальнейшего развития транспорта. // Автоматика, телемеханика и связь, №4, 1985.
76. Черновыи А.А., Лукьященко В.И., Котин Л.В. Надежность сложных систем. М., «Советское радио», 1972, 304 с.
77. Черкесов Г.Н. Надежность технических систем с временной избыточностью. М., «Советское радио», 1974, 296 с.
78. Шахулянец Г.М. Железнодорожный путь. М.: Транжелдориздат, 1961.
79. Шашков А.Г. Терморезисторы и их применение. М., Энергия, 1967, 320 с.
80. Шевлюгин В.М. Проблемы использования накопителей энергии в системах тягового электроснабжения. Автореферат кандидатской диссертации. М., 2000, 24 с.
81. Широков А.М. Надежность радиоэлектронных устройств. М.: «Высшая школа», 1972, 272 с.
82. Шишонок Н.А., Репкин В.Ф., Барвинский Л.Л. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники. М., «Советское радио», 1964, 52 с.
83. Шмырев А.Г. Справочник по железнодорожной автоматике и телемеханике. М., Транспорт, 1970.
84. Шоп Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. М., «Советское радио», 1970, 288 с.
85. Экономика железнодорожного транспорта. Под ред. Дмитриева В.А. и Мулюкина Ф.П. М., Транспорт, 1985.
86. Ястребенецкий М.А., Соляник Б.Л. Определение надежности аппаратуры промышленной автоматики в условиях эксплуатации. М., «Энергия», 1968, 128 с.
87. Dummer G.W. Electronic equipment reliability. McGraw-Hil., N.Y., 1960.
88. 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.
89. 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.
90. Greene K., Cinibuck W. Quantities safety analysis. “Proc. Ann. Reliab. and Maintain. Sump. San-Francisco, Calif., 1972”, New York, 1972, p. 218-221.
91. Harris V., Tall M.M. Prediction of electronic equipment reliability. “Electrical Engineering”, 1955, XI, vol. 74.
92. Klass P.J. Cycling tests increase reliability factor. “Aviation Week”, Sept. 1960, 5, vol. 3, N 10.
93. 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.
94. 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.

95. Reynolds F.H. Thermally accelerated aging semiconductor components. "Proc. IEEE", 1974, vol. 62, N 2, p. 212-222.
96. Safford G.B., Incouye M.S. Preventing equipment vibration failures. "Electronics", 1958, N 5.
97. Stevens C.F. A sequential test for comparing component reliabilities. "IRE Trans. of reliability and Quality Control", 1957, PGRQC-9, XI.
98. Wuerfell H.L. Reliability theory and vital engineering. "Interpretations Proceedings of the 1956".
99. Herbert D.W. Reliability predictions – are they worth it. "Proc. Techn. Programme INTERNEPCON U.K., 73. Int. Electron. Packag. and Prod. Conf., Brighton, 1973". Surbiton, 1973, p. 97-105.
100. Earles D.R. LCC-commercial application ten years ten of life cycle costing. – Proc. 1975. Annu. Reliability and Maintainability Supm., Washington, D.C., 1975", S. I, 1975, p. 74-85.