

ალექსანდრე ღუნდუა

ავტომატიკისა და ტელემექანიკის  
სასადგურო და საგადასარბენო  
სისტემები

I ნაწილი

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ა. ღუნდუა

ავტომატიკისა და ტელემექანიკის  
სასადგურო და საგადასარბენო სისტემები

I ნაწილი



დამტკიცებულია სტუ-ს  
სარედაქციო-საგამომცემლო  
საბჭოს მიერ

თბილისი  
2009

გადმოცემულია სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემების ფუნქციონირების პრინციპები; განხილულია სარელსო წრედების აგების, ფუნქციონირებისა და ექსპლუატაციის საკითხები; გადმოცემულია წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდების აგების საფუძვლები.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია “გადაზიდვების ორგანიზაციისა და მართვის” სპეციალობის ბაკალავრიატის სტუდენტებისათვის; იგი შეიძლება სასარგებლო იყოს როგორც მაგისტრებისათვის, ასევე სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის დარგის პრაქტიკოსი სპეციალისტებისათვისაც.

სახელმძღვანელოს თან ერთვის საგნობრივი საძიებელი და მოკლე ქართულ-ინგლისური ტერმინოლოგიური ლექსიკონი (600-ზე მეტი ტერმინი).

ილუსტრაცია 53, ცხრილი 18, ბიბლიოგრაფია 48.

რეცენზენტი რკინიგზის ტრანსპორტზე ავტომატიკისა და კავშირგაბმულობის მიმართულების ხელმძღვანელი, პროფესორი მ. გოცაძე

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

ISBN 978-9941-14-299-4 (ყველა ნაწილი)

ISBN 978-9941-14-301-4 (პირველი ნაწილი)

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

**ვეთიკონი მშობლების – თამარ ძველიასა  
და აქსენტი ღუნდუას ხსოვნას**

**ა ვ ტ ო რ ი ს ა ბ ა ნ**

სარკინიგზო ტრანსპორტი წარმოადგენს რთულ სისტემას, რომლის შემადგენელი ცალკეული რგოლები (მოძრავი შემადგენლობა, სალიანდაგო მეურნეობა და სადგურები, ხიდები და გვირაბები, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობები) თავიანთი სირთულის გამო წარმოქმნიან ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულ ფარდობით ავტონომიურ ქვესისტემებს.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ფორმირება, რომლებსაც თავდაპირველად ეწოდებოდათ სიგნალიზაციის, კავშირგაბმულობისა და ბლოკირების (სცბ-ს) სისტემები, სარკინიგზო ტრანსპორტის შექმნის პირველსავე წლებში დაიწყო. თავდაპირველად მათი დანიშნულება შემოიფარგლებოდა მატარებლებს შორის აუცილებელი ინტერვალების დაცვის ფუნქციის შესრულებით, რაც განაპირობებდა აღნიშნული სისტემების შეფარდებით სტრუქტურულ სიმარტივეს.

სარკინიგზო ტრანსპორტის განვითარების კვალობაზე გაფართოვდა სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების მიერ შესასრულებელი ფუნქციების არე, რამაც მნიშვნელოვნად გაართულა მათი სტრუქტურა და ისინი გადააქცია მრავალი ქვესისტემებისაგან შემდგარ, რთული იერარქიის მქონე სისტემებად.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის თანამედროვე სისტემებით, გარდა მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირებისა, სრულდება გადაზიდვების ორგანიზაციისა და ოპტიმალური მართვის მრავალი საპასუხისმგებლო ფუნქცია, რამაც მთელ რიგ შემთხვევებში

სარკინიგზო ტრანსპორტის ზოგად სისტემაში მემანქანის ფუნქციების შესრულებაც გახადა შესაძლებელი.

განვითარების დღევანდელ ეტაპზე თეორიულადაც კი შეუძლებელია სარკინიგზო ტრანსპორტის წინაშე დაყენებული ამოცანების გადაწყვეტა სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების გამოყენების გარეშე.

მოცემული სახელმძღვანელო განკუთვნილია მოძრაობის ორგანიზაციისა და მართვის სპეციალისტების სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მიმართულების ბაკალავრიატის სტუდენტებისათვის და შედგენილია სათანადო სილაბუსის შესაბამისად. იგი შეიძლება სასარგებლო იყოს მაგისტრანტებისა და სპეციალისტებისათვის, რომელთა საქმიანობა დაკავშირებულია სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების დამუშავება, დაპროექტება და ექსპლუატაციასთან.

სახელმძღვანელო შედგება სამი ნაწილისაგან. პირველ ნაწილში განხილულია ზოგადი ცნობები სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების შესახებ; დეტალურადაა განხილული აღნიშნული სისტემების ერთ-ერთი საპასუხისმგებლო ელემენტების – სარელსო წრედებისა და წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდების აგების, ფუნქციონირებისა და ექსპლუატაციის საკითხები. მეორე ნაწილი დაეთმობა ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო, ხოლო მესამე ნაწილი – საგადასარბენო სისტემების აგების, ფუნქციონირებისა და ექსპლუატაციის საკითხების განხილვას.

სახელმძღვანელო წარმოადგენს ასეთი ტიპის ნაშრომის შექმნის პირველ მცდელობას; აქედან გამომდინარე, შესაძლებელია იგი თავისუფალი არ იყოს ცალკეული ხარვეზებისაგან, რისთვისაც ავტორი წინასწარ იხდის ბოდიშს. იგი სიამოვნებით მიიღებს სახელმძღვანელოს გაუმჯობესებისაკენ მიმართულ ყველა საქმიან შენიშვნას და გაითვალისწინებს მათ აღნიშნული სახელმძღვანელოს მომდევნო გამოცემებში.

დასასრულს შევნიშნავთ, რომ ჩარჩოში მოთავსებული წვრილი შრიფტით აწვობილი მასალა სცილდება სილაბუსის ფარგლებს, მაგრამ მისი გაცნობა, ჩვენი აზრით, სტუდენტს დაეხმარება გააზრებულად აითვისოს ძირითადი მასალა და აგრეთვე ხელს შეუწყობს მისი თვალსაწიერის გაფართოებას.

“... საკმარისია უკვე ცნობილი აზრები სხვანაირად  
დავალაგოთ, რომ სხვა თხზულება მივიღოთ.”  
ბლუზ პასკალი

## თ ა ვ ი 1.

### ზოგადი ცნობები სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების შესახებ

#### 1.1. სარკინიგზო ტრანსპორტის წარმოშობა და ჩაკეტილ სისტემაზე მისი ფორმირება

**რკინიგზა** ტექნიკის ხანგრძლივი ევოლუციური განვითარების პროდუქტია. მისი წარმოშობის ტექნიკური წინამძღვრებია შემდეგი სამი ელემენტი: სარელსო გზა, გადამზიდი საშუალება და მამოძრავებელი ძალა. ერთი მთლიანი სისტემის სახით მათ კომბინირებამდე თითოეულმა მათგანმა განვლო განვითარების საკუთარი გზა.

**სარელსო გზის** წინაპარი იყო ხის წოლანიანი გზა. იგი დაახლოებით XV საუკუნეში წარმოიშვა ჩეხეთის, საქსონიისა და ზოგიერთი სხვა ქვეყნის სამთო მრეწველობაში. შემდგომში იგი ფართოდ გავრცელდა ინგლისის შასტებში. პირველი ხის წოლანიანი გზა მეტად პრიმიტიულად იყო მოწყობილი. მაგალითად, ნიუკასლის რაიონში არსებული ასეთი სალიანდაგო გზა წარმოქმნილი იყო ერთმანეთისაგან 1524 მმ-ის დაშორებით მიწაში ჩადგმული სქელი ხის ძელების ორი მწკრივისაგან. დაახლოებით 1630 წელს ამ უბნის ქვანახშირის მადარობის მფლობელებმა, სამთო ინჟინერმა **ბოუმონტიმ** შემოიტანა თანამედროვე შპალების წინაპარი – განივები, რომლებზედაც ხის ძელებს ღურსმნებით აჭედებდნენ. ძელებური ინგლისური სამთო-საწარმოო ტერმინოლოგიით ძელებისაგან წარმოქმნილ წოლანას ეწოდებოდა **“tram”** (გერმანული სიტყვისაგან **“tröme”** ანუ ძელი). აქედან წარმოიშვა ინგლისური სიტყვა **“tramway”**, ე.ი. წოლანიანი ანუ სარელსო გზა, რომელიც ქართულ ენაში შემოვიდა როგორც **“ტრამვაი”**.

ხის წოლანიან გზაზე ცოცხალი ძალის (ცხენების) გამოყენებით გადაადგილდებოდა ქვანახშირით დატვირთული საზიდრები, რომლებიც დღევანდელი ვაგონების წინაპრებია.

ხის რელსები მალე ცვდებოდა, ამიტომ XVIII საუკუნეში დაიწვეს ფოლადის ზედსაკრავით მათი დაფარვა. ასეთი

რელსებიანი ღიანდაგი პირველად შემოღებული იქნა **1738** წელს ინგლისის კამბერლენდის საგრაფოს მადაროებში. **1767** წელს კოლბრუკდელის მეტალურგიული ქარხნების თანამესაკუთრემ **რიჩარდ რეინოლდსმა** დაამუშავა ვარცლისებრი ტიპის თუჯის რელსები. **1776** წელს შეფილდის (იორკშირი) ახლომდებარე მადაროებში მომუშავე ინჟინერმა **ბ.ჯ. კერიმ** შემოიტანა კუთხოვანი რელსები, რომლებიც ფართოდ გავრცელდნენ. **1789** წელს ინჟინერმა **უილიამ ჯესოპმა** შემოგვთავაზა სოკოსებური პროფილის რელსები. შემდგომში პერმანენტულად გავრცელდა რელსის კონსტრუქციის სრულყოფა მანამ, სანამ მან არ მიიღო დღეს ყველასათვის ნაცნობი ფორმა.

**საცხენოსნო სარელსო გზები** ფართოდ გავრცელდა ინგლისში, სადაც **1811** წელს ასეთი გზების საერთო სიგრძემ 300კმ-ს მიაღწია. წვეისათვის ცხენის ძალის გამოყენება წარმოადგენდა სუსტ რგოლს, რომელიც აფერხებდა მის შემდგომ განვითარებას.

საერთოდ, ცოცხალი ძალის რაიმე სხვა ძალით შეცვლის პრობლემას დიდი ისტორია აქვს. ჯერ კიდევ XVIII საუკუნეში დაიწყო ფიქრი ასეთ ალტერნატიულ ძალად ორთქლის ძალის გამოყენების შესახებ. ბევრი მეცნიერი და გამოგონებელი ჩაერთო ორთქლის ძალის “მოთვინიერებისაკენ” მიმართულ საქმიანობაში. მათ შორის განსაკუთრებულ წარმატებას მიაღწია **ჯეიმს უატმა**. მან **1774** წელს ააგო ორთქლის დანადგარი, რომლის ეფექტურობა მნიშვნელოვნად აღემატებოდა მანამდე არსებული ანალოგური დანადგარების ეფექტურობას, ხოლო **1784** წელს მიიღო პატენტი ახალი ორთქლის ძრავაზე. ეს უკანასკნელი საუკეთესო საქსპლუატაციო თვისებების გამო ფართოდ გავრცელდა ევროპასა და აზიაში. მისი არსებობა გახდა ის აუცილებელი პირობა, რომელმაც შესაძლებელი გახადა ახალი მამოძრავებელი ძალის მქონე სატრანსპორტო საშუალების – ორთქლავლის გამოგონება; ამ უკანასკნელმა კი სათავე დაუდო რკინიგზის, როგორც დამოუკიდებელი სატრანსპორტო საშუალების, შექმნას.

ორთქლავლის შექმნის საქმეში დიდი წვლილი აქვთ შეტანილი ისეთ შესანიშნავ გამოგონებლებს და თავგამოდებულ ენთუზიასტებს როგორებიც იყვნენ: **უილიამ მიორდოკი, რიჩარდ ტრევეტიკი, ძმები ჩეპმენები, უილიამ პედლი, ჯონათან ფორსტერი, ტიმოთი ჰეკუორტი** და სხვები. მათ მიერ დაწყებული საქმე ბრწყინვალედ დააგვირგვინა ნიუკასლის ახლომდებარე ქალაქ უილიამსში (ინგლისი) მეშახტის ოჯახში დაბადებულმა **ჯორჯ სტეფენსონმა**.

ნიუკასლის სამხრეთით არსებობდა საგრაფო დერემის ქვანახშირით მდიდარი რაიონი. აქედან და დარლინგტონის ირგვლივ განლაგებული შახტებიდან ქვანახშირი გადაჰქონდათ მდინარე ტისესთან განლაგებულ ქალაქ სტოქტონში. მოწათმფლობელმა *ედუარდ პიზმა* გადაწყვიტა დარლინგტონსა და სტოქტონს შორის გაეყვანა საერთო მოხმარების სარელსო გზა. მის მშენებლობას **1822 წლის 23 მარტს** ჩაეყარა საფუძველი. **ჯორჯ სტეფენსონი** დაინიშნა სამშენებლო კომპანიის ინჟინრად. **1823 წლის 23** ივნისს ნიუკასლში დაფუძნდა ორთქმავლების სამშენებლო ფირმა, რომელსაც სათავეში ჩაუდგა **ჯორჯ სტეფენსონის** ვაჟი შვილი **რობერტ სტეფენსონი** და რომელმაც მიიღო სახელწოდება **“რობერტ სტეფენსონი და Co”**. მამა-შვილ სტეფენსონებთან ერთად მისი დამფუძნებლები იყვნენ **ედუარდ პიზი, თომას რიჩარდსონი** და **მაიკლ ლონგრუიდი**. ფირმამ სტოქტონ-დარლინგტონის მომავალი სარელსო გზისათვის ააგო ორთქლმავალი **“Locomotion”** (გადაადგილება, მოძრაობა). შემდგომში სახელწოდება **“ლოკომოტივი”** გარდაიქმნა ლიანდაგზე თვითმოძრავი საშუალებების აღმნიშვნელ ტერმინად, რომლებიც ენერჯის წყაროდ იყენებდნენ არა მარტო ორთქლის, არამედ სხვა ძალებსაც, მაგალითად ელექტრულ ძალას.

**სტოქტონ-დარლინგტონის გზის** მშენებლობა მიმდინარეობდა **1823** წლიდან **1825** წლამდე. გზის საერთო სიგრძე იყო 56.3კმ; აქედან მთავარი ხაზის სიგრძე იყო 43.5კმ, ხოლო გვერდითი განშტოებების სიგრძე - 12.8კმ. მშენებლობის საერთო ღირებულება იყო 250 ათასი ფუნტი სტერლინგი. იგი გაიხსნა **1825 წლის 27 სექტემბერს**.

სტოქტონ-დარლინგტონის რკინიგზაზე თავდაპირველად ვერ გაბატონდა საორთქმავლო წვევა. ორთქმავლებიანი მატარებლების გარდა მასზე კურირებდა ცხენებით აღჭურვილის მატარებლებიც. უფრო მეტიც, იმ პერიოდში უმცირესობას წარმოადგენდნენ მრეწველების, მეცნიერებისა და ინჟინრების ის წარმომადგენლები, რომლებიც აღიარებდნენ ორთქმავლის გამოყენების უპირატესობას. უმეტესობა საცხენოსნო წვევის გამოყენებას უჭერდა მხარს, ნაწილი კი უძრავი ტიპის ორთქლის მანქანების, ე.წ. საბაგირო წვევის გამოყენების მომხრე იყო.

განხილულ პერიოდში ინგლისში სწრაფად იზრდებოდა სამრეწველო წარმოება, რაც ტვირთბრუნვის ანალოგიური ზრდის მიზეზი გახდა. XIX საუკუნის 20-იან წლებში ყოველდღიურმა ტვირთბრუნვამ ინგლისის საპორტო ქალაქ ლივერპულსა და მანჩესტერს შორის 1220 ტონას მიაღწია, რის გამოც დაისვა



საკითხი ამ ქალაქების სარელსო გზით – ლიანდაგებით დაკავშირების შესახებ. მისი მშენებლობა დაიწყო 1825 წლიდან. მშენებლობის დაწყებამდე ერთი წლით ადრე ლივერპულში შეიქმნა სპეციალური კომიტეტი, რომელსაც უნდა გადაეწყვიტა საკითხი წვეის რომელ სახეს მისცემოდა უპირატესობა მომავალ რკინიგზაზე. კომიტეტმა ამ საკითხის გადაწყვეტა დაავალა იმ პერიოდისათვის ცნობილ ინჟინრებს **რასტრიკსა** და **უოლკერს**. მათ შეისწავლეს სტოქტონ-დარლინგტონის და იმ დროს არსებული სხვა სარკინიგზო ხაზების მუშაობა და დაასკვნეს, რომ ლივერპულ-მანჩესტერის რკინიგზაზე გამოყენებული უნდა ყოფილიყო საორთქმავლო წვევა – ორთქმავლები.

რკინიგზაზე მშენებლობის პარალელურად მიმდინარეობდა მუშაობა მისთვის კონკურენტუნარიანი ორთქმავლის შესაქმნელად. შეიქმნა რამოდენიმე მოდელი. საუკეთესოს გამოსავლენად ქალაქ რიონჰილში სპეციალურად დაიგო დაახლოებით 5.3კმ სიგრძის ლიანდაგი და იქ 1829 წლის 8 ოქტომბერს გაიმართა შეჯიბრი ორთქმავლის არსებულ მოდელებს შორის. შეჯიბრებაში მონაწილეობდნენ ლონდონელების **ტრეტუიეტისა** და **ერიქსონის** ორთქლმავალი სახელწოდებით **“სიახლე”**, დარლინგტონელი **ტიმოთი პაკვორტის** ორთქლმავალი – **“უბადლო”**, მამა-შვილ **ჯორჯ და რობერტ სტეფენსონების** (ნიუკსალი) ორთქლმავალი **“რაკეტა”** და ედინბურგელი **ბერსტალის** ორთქლმავალი **“დაჟინებულობა”**. შეჯიბრში ბრწყინვალე გამარჯვება მოიპოვა სტეფენსონების ორთქლმავალმა.

1830 წლის შემოდგომაზე გაიხსნა **ლივერპულ-მანჩესტერის რკინიგზა**, რომლის მშენებლობა დაჯდა 739 ათასი ფუნტი სტერლინგი. იგი ითვლება პირველ თვითმავალ რკინიგზად – მასზე მხოლოდ ორთქლის წვეიანი ლოკომოტივები გამოიყენებოდა.

ორთქლმავლის შემქმნელებს თავიდანვე ჰქონდათ გაცნობიერებული თავიანთი “პირმშოს” უსაფრთხოდ მოძრაობის პრობლემა. ჯერ კიდევ სტოქტონ-დარლინგტონის რკინიგზაზე მოძრავ ორთქლმავალს **“Locomotion”** წინ უძღოდა ცხენიანი მხედარი, რომელსაც ხელში ეჭირა ალაში წარწერით **“Periculum priovatum, utilitas publica”** (**“საფრთხე მხოლოდ ცალკეული პირებისათვის, სარგებელი – მთელი საზოგადოებისათვის”**). ამ ლოზუნგის ჭეშმარიტება ლივერპულ-მანჩესტერის გზის გახსნისთანავე დადასტურდა. სარკინიგზო მშენებლობის თავგადასდებულმა მომხრემ, ინგლისის პარლამენტის წევრმა, **ჰუკინსონმა** ვერ შენიშნა მატარებლის გაგზავნის სიგნალი ( ამ პერიოდში ორთქლმავალს არ გააჩნდა საყვირი) და ორთქლმავლის

ბორბლებქვეშ მოხდა. მალე მოხდა მეორე უბედური შემთხვევა ქალაქებს ლეისტერსა და სვენინგტონს შორის. ამ რკინიგზის გახსნიდან სულ რამდენიმე დღის შემდეგ ერთ-ერთი მატარებელი დაეჯახა ლეისტერის ბაზარში მიმავალ ზეთითა და კვერცხებით დატვირთულ საზიდარს, რომელიც გადადიოდა სარკინიგზო გადასასვლელზე. აღნიშნულმა შემთხვევამ დიდი მღელვარება გამოიწვია. ღირეკციამ იმ დღესვე მოიწვია თათბირი. **ჯორჯ სტევენსონის** წინადადებით გადაწყდა ლიგერპულ-მანჩესტერის მთელ უბანზე გარკვეული მანძილის დაშორებით განეკუთვნებინათ მესიგნალები. ისინი დღისით აღმებით, ხოლო ღამით ფანრებით გადასცემდნენ მატარებლის მოძრაობის ნებადართავ და ამკრძალავ სიგნალებს.

**1841** წელს დიდ ბრიტანეთში გამოჩნდა პირველი უძრავი სიგნალები – **სემაფორები** (ბერძ. *Sēma* - ნიშანი და *phoros* – მზიდი) – რკინიგზის სასიგნალო მოწყობილობები, რომელთა მოძრავი ფრთების მდგომარეობა უჩვენებს მემანქანეს თავისუფალია თუ არა გზა. XIX საუკუნის 30-იან წლებში მოძრავ შემადგენლობაზეც არსებობდა სიგნალიზაციის გარკვეული სახეები. ამერიკის შეერთებულ შტატებში ორთქლმავლის ბოლოში დააყენეს ფისის ფანრები, რომლებიც შემდგომში შეიცვალა ზეთის ფანრებით. პირველი ორთქლის საყვირი **1833** წელს იქნა გამოგონებული **ჯორჯ სტევენსონის** მიერ.

**ჯორჯ სტევენსონის** დეაწლი სარკინიგზო ტრანსპორტის შექმნასა და დამკვიდრებაში იმდენად დიდაა, რომ რკინიგზის სპეციალისტებისათვის ინტერესმოკლებული არ იქნება გაეცნოს ცალკეული ფრაგმენტებს მისი ბიოგრაფიიდან.

**ჯორჯ სტევენსონი** დაიბადა **1781** წლის 9 ივნისს ნიუკასტლის ახლომდებარე ქალაქ უაღემში მეშახტის მრავალრიცხოვან და ღარიბ ოჯახში. პატარა **ჯორჯს**, თავისივე დამძების მსგავსად სკოლაში არ უსწავლია. რვა წლის ასაკიდან იგი იძულებული იყო მუშაობა დაეწყო მწვემხად, მესრედ. ბავშვობიდანვე გამოირჩეოდა იგი ჩხირკედელაობით. 13 წლისამ მუშაობა დაიწყო წყალსაქანი ორთქლის მანქანის მემანქანის დამხმარედ. 15 წლიდან მუშაობდა მაღაროში მეცეცხლურად. 17 წლის ასაკში მუშაობა დაიწყო იმ პერიოდში შექმნილი ორთქლმავლის მემანქანედ. რადგან აღნიშნული ორთქლმავლები შორს იყო სრულყოფისაგან, **ჯორჯიმ** დაიწყო ფიქრი მათი ზოგიერთი ნაწილების გაუმჯობესებაზე. იგი მალე დარწმუნდა, რომ ამისათვის საჭირო იყო სათანადო ცოდნა.

ერთხელ მას წაუკითხეს სტატია უატიხა და ბოულტონის ახალი ორთქლის მანქანების შესახებ და იგი მიხვდა, რომ საჭირო იყო სწავლა, ხოლო ამისათვის – წერა-კითხვის ცოდნა. საკუთარი მონდომებითა და სოფლის მასწავლებლის დახმარებით მან შეისწავლა წერა-კითხვა და არითმეტიკის წესები. მალე იგი დაოჯახდა და 1803 წელს შეეძინა ვაჟიშვილი რობერტი, რომელიც ცნობილი გამოგონებელი და მამის საქმის ღირსეული გამგრძელებელი აღმოჩნდა. მეორე შვილის – ქალიშვილის – შეძენის შემდეგ ჯორჯი მალე დაქვრივდა. იგი თავგამოდებით შრომობდა, რათა ობლები შეენახა. 1808 წელს მას გაუზარებდა და მუშაობა დაიწყო შედარებით მაღალ ანაზღაურებად სამუშაოზე ვესტ-მურის მაღაროში. ამ შახტში მოხდა შემთხვევა, რამაც საბოლოოდ განსაზღვრა ჯორჯ სტეფენსონის მომავალი. კერძოდ ერთ-ერთ შახტში მოიშალა ნიუკომენის ატმოსფერული მანქანა, რომელიც წყალსაქანად გამოიყენებოდა. ხსირკედელა ბუნების ჯორჯმა აღნიშნული მანქანა რამდენიმე დღეში შეაკეთა და მაღაროს ხელმძღვანელობის კეთილგანწყობა დაიმსახურა. იგი “მანქანების ექიმი” მონათლეს და დაიწყო მისი მიწვევა სხვადასხვა მექანიზმების შესაკეთებლად. თავისი საქმიანობით თავი ისე გაითქვა, რომ ოთხი წლის შემდეგ დანიშნეს მაღაროების სამანქანო ოსტატად. მას მიეცა თვითგანათლების საშუალება. ჯორჯიმ გვერდში დაიყენა თავისი მცირეწლოვანი ვაჟიშვილი რობერტი. ორივემ დაიწყო წიგნებისა და ნახაზების დამუშავება და სხვადასხვა კონსტრუქციების შესწავლა. 1813 წელს ჯორჯი დაუახლოვდა ცნობილ გამოგონებელს პენრი ბლენკინსოპს, რომელიც ეხმარებოდა მას სხვადასხვა ცდების ჩატარებაში. ამ პერიოდში დაუბადათ მამა-შვილ სტეფენსონებს საკუთარი ორთქლავლების შექმნის იდეა, რომელიც მალე წარმატებით განახორციელეს. 1814 წელს მათ ააგეს პირველი ორთქლავალი “ბლიუსერი”. მალე მათ მოახდინეს ამ ორთქლავლის სრულყოფა; კერძოდ, მასში შეიტანეს დამატებითი მოწყობილობა, რომელიც გადამუშავებულ ორთქლს ატარებდა საკვამურ მილში. ამან მნიშვნელოვნად გააძლიერა ორთქლავლის წევა და შეასუსტა გამაყრუებელი ხმაური, რომელიც თან ახლდა ორთქლავლის მუშაობას.

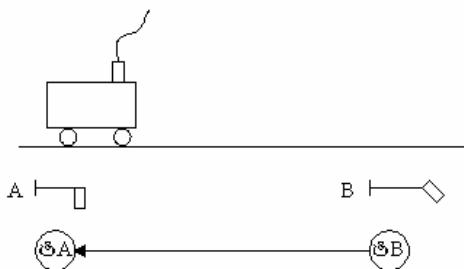
ჯორჯ სტეფენსონი გამოირჩეოდა მრავალმხრივი მოღვაწეობით. მისი გეგმით აშენდა დარლინგტონ-სტოქტონისა და მანჩესტერ-ლივერპულის რკინიგზები; შეიქმნა სხვადასხვა ხელოვნური ნაკვეთბები (ხიდები, ვიადუკები და სხვა); მან გამოიყენა რკინის რელსები, რომლებიც ყურდნობოდნენ ქვის საყრდენებს; სტეფენსონის მიერ შემოღებული ლიანდი – 1435 მმ – ყველაზე მეტად გავრცელდა დასავლეთი ევროპის რკინიგზებზე; დააპატენტა მრუდხარა-ბარბაცული ვადაცემა, შექმნილი აქვს მაღაროს ორგინალური ლამპა, ორთქლის საყვირი, დაინტერესებული იყო მატარებელთა უსაფრთხოდ მოძრაობის უზრუნველყოფასთან დაკავშირებული პრობლემების გადაწყვეტით და სხვა. გარდაიცვალა 1848 წლის 12 აგვისტოს.

ოცდაათიანი წლების ბოლოდან დიდ ბრიტანეთში მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების დაცვა დაიწყო ტელეგრაფისა და შესასვლელი სასადგურო სემაფორების დახმარებით.

XIX საუკუნეს ორმოცდაათიან-სამოციანი წლების უმნიშვნელოვანესი მიღწევა იყო ბლოკირებისა და ცენტრალიზაციის გამოყენება. ტერმინი **“ბლოკირება”** წარმოიშვა ინგლისური სიტყვისაგან **“to block”**, რაც **“გადაღობვას”** ნიშნავს. ბლოკირების განხორციელება ხდება სალიანდაგო სიგნალით (სემაფორით), რომელიც დაკეტილ მდგომარეობაში კოფნის დროს კრძალავს მის შემდგომ არსებულ უბანზე მატარებლის შესვლას, ე.ი. ახდენს უბნის **“გადაღობვას”**.

**ტერმინი “ცენტრალიზაციის” (Interlocking)** წარმოშობა დაკავშირებული იყო სასადგურო ობიექტების – ისრებისა და სიგნალების (სემაფორების) – ერთი ცენტრალური პოსტიდან მართვის პრობლემის გადაწყვეტასთან. სისტემას, რომელიც აღნიშნული ობიექტების ერთ ცენტრალურ პოსტიდან მართვის საშუალებას იძლეოდა, ცენტრალიზაცია ეწოდა და ეს სახელწოდება მან დღემდე შეინარჩუნა. ცენტრალურ პოსტიდან მართვად ობიექტებზე ამბობენ, რომ ისინი ჩართულნი არიან ცენტრალიზაციაში.

პირველი ბლოკირება იყო არაავტომატური; იგი შემდგომში შეიცვალა ჯერ ნახევრავტომატური, ხოლო შემდეგ ავტომატური ბლოკირებით.



**ნახ. 1.1** არაავტომატური ბლოკირების სქემა

**არაავტომატურ ბლოკირებას** ყველაზე ხშირად იყენებდნენ სატელეფონო კავშირთან ერთად (ნახ. 1.1). A და B პუნქტებში განთავსებული იყო სალიანდაგო სიგნალები. A პუნქტის მორიგე მატარებლის გასვლის შემდეგ დახურავდა სიგნალს. როდესაც

გასული მატარებელი მივიდოდა **B** პუნქტში, ამ პუნქტის მორიგე სატელეგრაფო აპარატით **A** პუნქტის მორიგეს შეატყობინებდა მატარებლის მოსვლას. ამისათვის **A** და **B** პუნქტები აღჭურვილი იყო სატელეგრაფო **ტა** და **ტბ** აპარატებით. მიიღებდა რა აღნიშნულ ინფორმაციას, **A** პუნქტის მორიგე გააღებდა სიგნალს. ორ სიგნალს შორის არსებულ უბანს ეწოდებოდა **ბლოკ-უბანი**. მოძრაობის ასეთი ორგანიზაციის დროს ბლოკ-უბანზე მხოლოდ ერთი მატარებლის ყოფნა იყო შესაძლებელი. ერთმანეთის მიმყოფი მატარებლები ერთმანეთს შორის განცალკევებული იყო სიგნალებს შორის არსებული ლიანდაგის მონაკვეთით (ბლოკ-უბნით). ამას ეწოდება მატარებლების განცალკევება სივრცული ინტერვალით. არაავტომატური ბლოკირების დროს მოძრაობის უსაფრთხოება დამოკიდებულია მხოლოდ ადამიანზე. არაავტომატური ბლოკირების მოწყობილობებს თუ დავუმატებთ სარელსო პედალს, რომელიც უზრუნველყოფს სიგნალის ავტომატურ დახურვას მის გვერდით მატარებლის გავლის შემდეგ, მაშინ ბლოკირება ხდება **ნახევრადავტომატური**, რადგან სიგნალი დაიხურება ავტომატურად, ხოლო მისი გაღება მხოლოდ მორიგის მიერ იქნება შესაძლებელი.

#### **ავტომატური ბლოკირება (Automatic block signal system)**

ნახევრადავტომატური ბლოკირებისაგან განსხვავდება იმით, რომ სიგნალების გაღებაც ავტომატურად, მოძრავი მატარებლით განხორციელებული გარკვეული ზემოქმედების საშუალებით ხდება მაშინ, როდესაც მატარებელი მთლიანად დატოვებს (გაანთავისუფლებს) ბლოკ-უბანს. ავტობლოკირების დროს მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოება მთლიანად დამოკიდებულია მისი აპარატურის სრულყოფილებასა და მემანქანის სიფრთხილეზე.

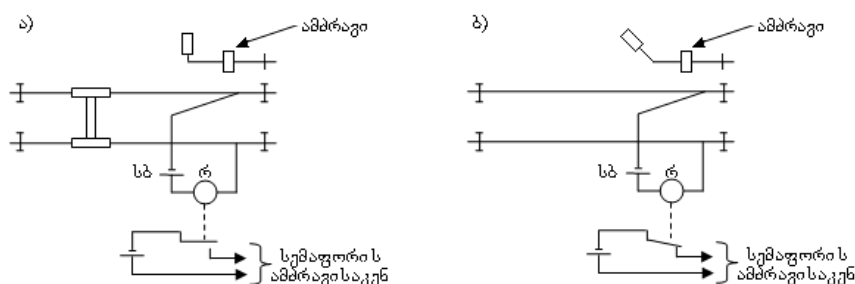
სემაფორებიანი ავტობლოკირების მოსაწყობად აუცილებელი იყო, ჯერ ერთი, თითოეული სემაფორი აღჭურვილი ყოფილიყო მისი ფრთის მმართველი ამძრავით და, მეორე, ამძრავის ფრთის მართვა განხორციელებულიყო სემაფორებით გადაღობილი ლიანდაგის უბნის მდგომარეობაზე დამოკიდებულებით. ამ ამოცანებიდან პირველი თუ სწრაფად იქნა გადაწყვეტილი, მეორე ამოცანის გადაწყვეტა საკმაოდ რთული გამოდგა.

მოძრავ შემადგენლობასთან სალიანდაგო სიგნალების დაკავშირების იდეა XIX საუკუნის შუა პერიოდში დაიბადა. ავტობლოკირების შექმნის იდეის პირველი პრაქტიკული რეალიზება მოხდა **1859** წელს საფრანგეთში პარიზ-სენ ჟერმენის უბანზე. მისი ავტორი იყო **ჟან ბარანოესკი**. სემაფორის ფრთის

ფუნქციის შემსრულებელ ბლოკ-სიგნალად გამოყენებული იქნა საპირწონის ზემოქმედებით ნორმალურად ღია მდგომარეობაში მყოფი საბრუნო დისკი. წვეებისა და ბერკეტების დახმარებით ეს დისკი დაკავშირებული იყო ლიანდაგის სავალ რელსთან ნორმალურად მიჭერილ მოძრავ სალტესთან. მატარებლის გავლის დროს მისი თვლების რეზორდები სალტეს გაწვედნენ რელსიდან, რაც იწვევდა დისკის (სემაფორის ფრთის) დახურვას. ამავე დროს ზემოთ აიწვედა დისკთან დაყენებული ვერცხლისწყლიანი მუხრუჭის დგუში, რომელიც იკავებდა დისკს დახურულ მდგომარეობაში. მატარებლის გავლიდან გარკვეული დროის (დაახლოებით 6წთ-ის) გავლის შემდეგ, დაძლევა რა ვერცხლისწყლის სიბლანტეს, დგუში თავის ძველ ადგილზე ბრუნდებოდა, რაც იწვევდა დისკის გაღებას. ამგვარად, აღნიშნული ავტომატური ბლოკირებაში ერთმანეთის მიმყოფი მოძრავი მატარებლები ერთმანეთისაგან 6 წუთიანი დროითი (და არა სივრცული) ინტერვალებით იყვნენ განცალკევებული. მატარებელთა ასეთ განცალკევებას მოძრაობის უსაფრთხოების თავლსაზრისით გააჩნდა დიდი ნაკლი. მართლაც, წინმძივადი მატარებელი რაიმე ავარიული სიტუაციის გამო თუ გაჩერდებოდა, აღნიშნული დროის (6 წუთის) გასვლის შემდეგ იგი არ იყო გადაღობილი სიგნალით (იგი ამ დროის შემდეგ გაიღებოდა) და ავარიულად გაჩერებული მატარებლის მიერ დაკავებულ უბანზე შეიძლება შესულიყო მისი მომდევნო მატარებელი, რაც ავარიის გამომწვევი მიზეზი გახდებოდა.

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში ბევრი გამომგონებელი ცდილობდა შეექმნა უსაფრთხო ავტომატური ბლოკირების სისტემა. მათი ყველა მცდელობა მარცხით მთავრდებოდა მანამ, სანამ არ მოხერხდა შემდეგი აუცილებელი ამოცანის გადაწყვეტა: სიგნალის მდგომარეობა ყოფილიყო მის მიერ გადაღობილი ბლოკ-უბნის უწყვეტად კონტროლის შედეგად ფორმირებული მმართველი სიგნალის ცალსახა ფუნქცია. აღნიშნული ამოცანის წარმატებით გადაწყვეტა 1867 წელს მოახერხა ამერიკელმა გამომგონებელმა **უილიამ რობინსონმა**. მან შემოგვთავაზა ელექტრული დენის გამტარებად გამოყენებული ყოფილიყო ზემოთ აღნიშნული ბლოკ-უბნის რელსები, რომლებშიც სამატარებლო თვლებს უნდა განეხორციელებინა გარკვეული ელექტრული ცვლილებები. ამისათვის მან დაამუშავა მიმღები, რომელიც უერთდებოდა რელსებს. აღნიშნული მიმღები იკვებებოდა პირველადი ელემენტებისაგან და ზემოქმედებდა სემაფორის ფრთის მმართველ ამძრავზე. 1869 წელს **უილიამ რობინსონმა** დაამუშავა სალიანდაგო

ავტომატური ბლოკირების მოდელი, რომლის დემონსტრირება მოახდინა 1870 წელს. ეს მოდელი განეკუთვნება **ნორმალურად გახსნილ სარელსო წრედებიან (open-track-circuit)** ავტობლოკირებას (ნახ. 12). აღნიშნული **სარელსო წრედი (track circuit)** ორივე მხრიდან შეზღუდული იყო მაიზოლირებული პირაპირებით. მის ერთ-ერთ ბოლოში დაყენებული იყო სალიანდაგო ბატარია (სბ) და რელე (რ), რომელიც ასრულებდა მიმდების ფუნქციას. ბლოკ-უბანში მატარებლის შესვლისას (ნახ. 12,ა) სარელსო წრედი შეიკვრებოდა მატარებლის წვეილთვალით, რის შედეგადაც სალიანდაგო რ ამოქმედდებოდა და ზურგული კონტაქტით გაწვევტდა სალიანდაგო სიგნალის ამძრავის წრედს; უდენოდ დარჩენილი ამძრავი ავტომატურად დახურავდა სემაფორის ფრთას, რითაც გადაიღობებოდა მოძრავი შემადგენლობით დაკავებული ბლოკ-უბანი. როდესაც მატარებელი გაივლიდა ბლოკ-უბანს, სარელსო წრედი გაითიშებოდა, რელე დაკარგავდა კვებას, დაუშვებდა ღუზას და ზურგული კონტაქტით ჩართავდა სემაფორის ამძრავის წრედს (ნახ. 12,ბ). ამძრავი ამოქმედდებოდა და გააღებდა სემაფორის ფრთას.



**ნახ. 12.** ნორმალურად გახსნილი სარელსო წრედებიანი ავტომატური ბლოკირების სქემა დაკავებული (ა) და თავისუფალი (ბ) ბლოკ-უბნის დროს

ზემოთაღნიშნული ავტობლოკირებით 1870 წელს აღჭურვილი იქნა **ვილადელფია-ერის** რკინიგზის უბანი. **სარელსო წრედის ნორმალურ მდგომარეობად** ითვლება მდგომარეობა, როდესაც იგი თავისუფალია მოძრავი შემადგენლობისაგან. ზემოთ განხილულ სარელსო წრედში ნორმალური მდგომარეობის დროს სალიანდაგო რელეს კვების წრედი განრთულია. სარელსო წრედს, რომლის ნორმალური მდგომარეობის დროს განრთულია

სალიანდაგო მიმღების (რელეს) კვების წრედი, ეწოდება **ნორმალურად განთავსებული სარელსო წრედი**. ნორმალურად განთავსებული სარელსო წრედებიანი ავტობლოკირების ექსპლუატაციის დროს გამოიყვანდა მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოებისათვის საშიში შემდეგი ნაკლოვანებები;

- ნორმალური მდგომარეობის დროს რელსებში დენი არ გადის, ამიტომ რელსების მთლიანობის კონტროლი არ ხდება.

- რელსების გატეხვის, შემაერთებელი საგნების გაწვევების ან სალიანდაგო ბატარეის სრული განმუხტვის დროს თუ სარელსო წრედი დაკავებულია მოძრავი შემადგენლობით, მაშინ შესაძლებელია შეიკრას სალიანდაგო მიმღების კვების წრედი, რაც მის ამოქმედებას და დაკავებული უბნის გადამღობი სიგნალის გაღებას გამოიწვევს.

**უილიამ რობინსონმა** შეძლო აღნიშნული ნაკლოვანებებისაგან თავისუფალი ე.წ. ნორმალურად შეკრული სარელსო წრედის დამუშავება. 1872 წელს ასეთი სარელსო წრედებით შეცვალა მან **კინზუა-პას** უბანზე არსებული ნორმალურად გახსნილი სარელსო წრედები. **ნორმალურად შეკრული სარელსო წრედი (closed track circuit)** ეწოდება სარელსო წრედს, რომელშიც ნორმალური მდგომარეობის დროს სალიანდაგო მიმღების კვების წრედი შეკრულია.

**ნორმალურად შეკრული სარელსო წრედი** სქემურად იმით განსხვავდება ნორმალურად განთავსებული სარელსო წრედისაგან, რომ ამ უკანასკნელში კვების წყარო (სალიანდაგო ბატარეა) და სალიანდაგო მიმღები (რელე) სარელსო წრედის სხვადასხვა ბოლოშია ჩართული. სარელსო წრედის ნორმალური მდგომარეობის დროს სარელსო ძაფებით შეკრულია სალიანდაგო **რ** რელეს კვების წრედი, მიზიდულია მისი ღუზა, რელეს ზურგული კონტაქტით გაწვევტილია სემაფორის ამძრავის კვების წრედი და სემაფორი გაღებულია (ნახ. 13,ა). ამ დროს თუ დაირღვევა სარელსო ძაფის მთლიანობა (რელსის გატეხვის გამო), სალიანდაგო **რ** რელე დაკარგავს კვებას, დაუშვებს ღუზას და ზურგული კონტაქტით ჩართავს

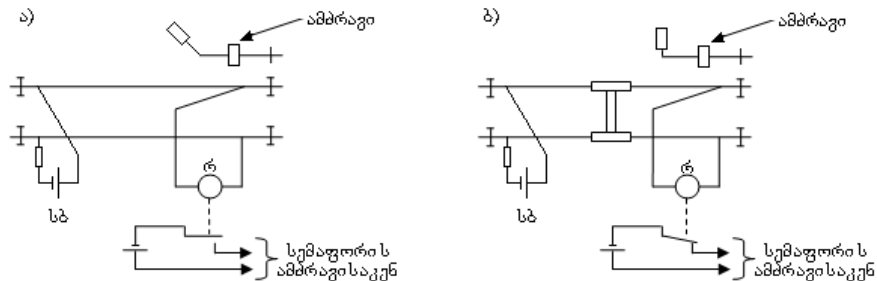
რელე დაკარგავს კვებას, დაუშვებს ღუზას და ზურგული კონტაქტით ჩართავს სემაფორის ამძრავის წრედს; ეს უკანასკნელი ამოქმედდება და დახურავს სემაფორს, ე.ი. აღნიშნული სარელსო წრედი აკონტროლებს რელსების მთლიანობას.

ბლოკ-უბანზე თუ შევა მოძრავი შემადგენლობა, მისი წვეილთვალთ დაშუნტდება სალიანდაგო **რ** რელეს კვების წრედი (ნახ. 13,ბ), რელე დაკარგავს კვებას, დაუშვებს ღუზას და



ზურგული კონტაქტით ჩართავს სემაფორის ამძრავის წრედს. ამძრავი ამოქმედდება და დახურავს სემაფორს, ე.ი. აღნიშნული სარელსო წრედი აკონტროლებს ბლოკ-უბნის სითავისუფლებსაც.

სარელსო წრედის ერთ-ერთი მთავარი ელემენტი – **სალიანდავო მიმღები**, რომლის ფუნქციასაც დღეს ასრულებს ელექტრომაგნიტური რელე, წარმოადგენს ლიანდაგის მდგომარეობის შესახებ უწყვეტი ინფორმაციის მაფორმირებელს.

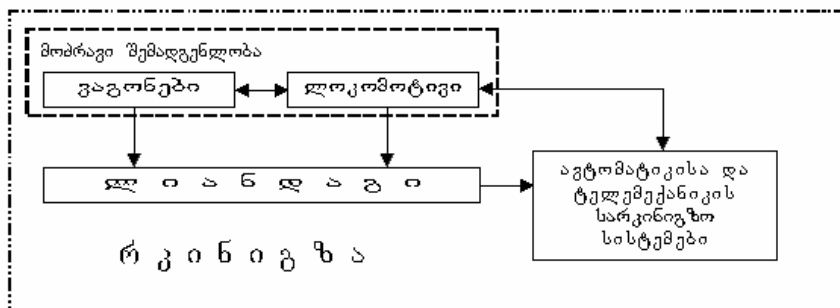


**ნახ. 13.** ნორმალურად შეკრული სარელსო წრედებიანი ავტომატური ბლოკირების სქემა თავისუფალი (ა) და დაკავებული (ბ) ბლოკ-უბნის დროს

აღნიშნული ინფორმაცია შეიძლება ვიზუალურად (სიგნალების საშუალებით) ან ელექტრულად (ინდუქციური გადამწოდების საშუალებით) გადაეცეს ლოკომოტივის მემანქანეს ან ლოკომოტივის მემანქანის ფუნქციების შემსრულებელ ავტომატურ მოწყობილობას, რომლებიც მართავენ მატარებელს. ამის შედეგად რკინიგზა ერთ მთლიან სისტემად ჩამოყალიბდა. მიღებული დეფინიციის ძალით, **სისტემა** (ბერძნ. **systema** – მთელი, ნაწილებისაგან შედგენილი შეერთება) არის სიმრავლე ელემენტებისა, რომელთა შორის არსებული კავშირები და მიმართებები ქმნის ერთ მთლიანობას. რკინიგზის, როგორც სისტემის, სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 14-ზე.

აღნიშნული სქემის თანახმად მოძრავი შემადგენლობა (ვაგონები, ლოკომოტივი) ზემოქმედებს ლიანდაგებზე; ინფორმაცია ლიანდაგების მდგომარეობის შესახებ სარელსო წრედების მიმღებების საშუალებით გადაეცემა ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სარკინიგზო სისტემებს, რომლებიც უწყვეტი კავშირითაა დაკავშირებული ლოკომოტივთან და აქტიურ

მონაწილეობას იღებს (ლოკომოტივზე მემანქანის არსებობის შემთხვევაში) მოძრავი შემადგენლობის მართვის პროცესში ან მთლიანად თვითონ უზრუნველყოფს მოძრავი შემადგენლობის მართვას (ლოკომოტივის ტელემართვის სისტემის არსებობის შემთხვევაში). როგორც განხილული ნახაზიდან ჩანს, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სარკინიგზო სისტემები,



ნახ. 14. რკინიგზის, როგორც ერთიანი სისტემის, ზოგადი სტრუქტურული სქემა

რომლებსაც ადრე *სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციისა და ბლოკირების (სცბ-ს) სისტემები ეწოდებოდა*, წარმოადგენს იმ რგოლს, რომლის შემწობითაც რკინიგზა შეიკრა ერთ მთლიან სისტემად. აქედან გამომდინარე, რკინიგზის სპეციალისტების აღზრდის საერთო სისტემის ფარგლებს გარეთ ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სარკინიგზო სისტემების შესწავლის გატანა შეფასებული უნდა იქნას, როგორც აღნიშნული სისტემის დარღვევისა და რკინიგზის განვითარების ადრეულ ეტაპზე დაბრუნებისაკენ (რკინიგზის დეგრადირებისაკენ) მიმართული მცდელობა.

**12. მატარებელთა უსაფრთხო მობრუნების**

**უზრუნველყოფის პრობლემა და მისი ბადაჯრის გზები**

რკინიგზის ფუნქციონირების შეფასების უპირველესი კრიტერიუმია უსაფრთხოება. ჩვეულებრივი გაგებით *უსაფრთხოება*

გულისხმობს ადამიანის, ობიექტის, ტვირთისა და გარემოს დაცულობას. დარგებზე დამოკიდებულებით უსაფრთხოების ცნება კონკრეტიზირდება ამ დარგის წინაშე მდგარი კონკრეტული ამოცანებისა და თავისებურებების შესაბამისად.

რკინიგზის ტრანსპორტზე გადაზიდვების პროცესის უსაფრთხოება გაგებულნი უნდა იყოს როგორც სატრანსპორტო სისტემის თვისება საფრთხე არ შეუქმნას მგზავრების, ტექნიკური პერსონალის, გადაზიდვების პროცესის გავლენის ზონაში მყოფი მოსახლეობის სიცოცხლესა და ჯანმრთელობას, აგრეთვე გადასაზიდი ტვირთის, ტექნიკური საშუალებების, გარემოს ობიექტების მთლიანობის დაცულობას.

ტექნიკის სხვადასხვა სფეროში უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში მთავარ როლს თამაშობს საპასუხისმგებლო ტექნოლოგიური პროცესების მმართველი სისტემები.

თუ მართვის სისტემას განვიხილავთ როგორც გარკვეულ ტექნიკურ ობიექტს, მაშინ საჭიროა ერთმანეთისაგან განვასხვაოთ მისი გარეგანი და შინაგანი უსაფრთხოება.

**გარეგანი უსაფრთხოება** დაკავშირებულია მართვის სისტემის, როგორც ობიექტის შენარჩუნებასთან. იგი შეიძლება დაირღვეს გარეგანი მიზეზებით (გარემოს დამანგრეველი გავლენა ან ადამიანის ქმედება). მაგალითად სისტემა უნდა დავიცვათ ხანძრისაგან, ელვის დაცემისაგან, ადამიანის არასანქცირებული ზემოქმედებისაგან და ა.შ.; ამ შემთხვევაში თავად ობიექტი არ წარმოადგენს უსაფრთხოების დარღვევის მიზეზს; სხვა სიტუაციები რომ ვთქვათ, პასუხია უსაფრთხოების მიმართ.

**შინაგანი უსაფრთხოება** არის ობიექტების თვისება თავად არ გახდეს საფრთხის წყარო გარე ობიექტებისათვის (ადამიანისათვის, ნაგებობისათვის, გარემოსათვის)

მართვის სისტემების მუშაობის ალგორითმმა უნდა გამორიცხოს სახიფათო სიტუაციები თავად მისი როგორც წესიერულ, ასევე არაწესიერულ მდგომარეობაში ყოფნის დროს. სისტემის შინაგანმა მტყუნებებმა სახიფათოდ არ უნდა დაამახინჯოს მისი მუშაობის ალგორითმი. ამ შემთხვევაში ობიექტი აქტიურია უსაფრთხოების მიმართ.

სარკინიგზო ავტომატიკის სისტემები, როგორც მართვის სისტემები სარკინიგზო ტრანსპორტის კომპლექსში ერთ-ერთი ელემენტია. (იხ. ნახ. 1.5).

**სატრანსპორტო კომპლექსი წარმოადგენს სივრცეში ტვირთებისა და მგზავრების გადასაადგილებლად განკუთვნილი**

მატერიალური ობიექტებისაგან შემდგარ სისტემას, რომლებიც ერთმანეთზე ზემოქმედებენ.

სატრანსპორტო კომპლექსის მოცემულ განსაზღვრებაში არსებობს ორი არსებითი ნიშანი – **სივრცეში გადაადგილება** და **გადაადგილების ობიექტები** – ტვირთები და მგზავრები. აღნიშნული ნიშნები სატრანსპორტო კომპლექსს გამოყოფს მატერიალური სამყაროს სხვა ობიექტებისაგან, მაგალითად კავშირგაბმულობის სისტემა არ წარმოადგენს სატრანსპორტო კომპლექსს, რადგან იგი ემსახურება სივრცეში არა ტვირთებისა და მგზავრების, არამედ ინფორმაციის გადაადგილებას.

სატრანსპორტო კომპლექსის კლასიფიცირებისათვის შემოღებული უნდა იქნეს სახეობრივი ნიშანი, რომელიც დააკონკრეტებს გადაადგილებისათვის გამოყენებული **სივრცის სახეს**. ასეთ სივრცეებად შეიძლება გამოყენებული იქნას ხმელეთი, ჰაერი და კოსმოსი, წყალი. გადაადგილებისათვის გამოყენებული სავრცის სახის მიხედვით მიიღება **სახმელეთო, საჰაერო-კოსმოსური და საწყალოსნო სატრანსპორტო კომპლექსები**.

ზემოთ მიღებული სატრანსპორტო კომპლექსების შემდგომი კლასიფიცირებისათვის შემოვიტანოთ შემდგომი სახეობრივი ნიშანი, რომელიც დააკონკრეტებს გადაადგილებისათვის გამოყენებული ტექნიკური საშუალების სახეს.

**სახმელეთო სატრანსპორტო კომპლექსის** შემთხვევაში გადაადგილებისათვის გამოსაყენებელი ტექნიკური საშუალებებია სარკინიგზო შემადგენლობები, ავტომობილები ან მიწები. ამის შედეგად მივიღებთ სარკინიგზო სატრანსპორტო კომპლექსის, საავტომობილო სატრანსპორტო კომპლექსის და სამილსადენო სატრანსპორტო კომპლექსის განსაზღვრებებს (იხ. ნახ. 1.5).

**საჰაერო-კოსმოსური სატრანსპორტო კომპლექსის შემთხვევაში** ტვირთებისა და მგზავრების გადასადგილებლად შეიძლება გამოყენებული იქნას თვითმფრინავები ან სარაკეტო-კოსმოსური აპარატები, რის მიხედვითაც ფორმირდება საავიაციო-სატრანსპორტო კომპლექსი და სარაკეტო-კოსმოსური სატრანსპორტო კომპლექსი, ხოლო **საწყალოსნო სატრანსპორტო კომპლექსის** შემთხვევაში გადაადგილებების საშუალებებად შეიძლება გამოყენებული იქნას საზღვაო ან სამდინარო გემები, რის მიხედვითაც მიიღება საზღვაო სატრანსპორტო კომპლექსი და სამდინარო სატრანსპორტო კომპლექსი (იხ. ნახ.1.5).

შემდგომში ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ სარკინიგზო სატრანსპორტო კომპლექსს, რომელსაც გადმოცემის

შესამოკლებლად უბრალოდ **სატრანსპორტო კომპლექსი** ვუწოდოთ.

**სატრანსპორტო კომპლექსის ფუნქციაა** მოცემული ეფექტურობითა (ღირებულებითა) და კომფორტით დანიშნულების ადგილზე დროულად და უსაფრთხოდ მიიტანოს ტვირთები და მიიყვანოს მგზავრები.

სატრანსპორტო კომპლექსის თვისებას გარანტირებულად უზრუნველყოს მომხმარებლები ყველა მომსახურებით ეწოდება **გარანტოუნარიანობა (Dependability)**.

**სატრანსპორტო კომპლექსის საიმედოობა (Reliability)** არის მისი თვისება ტვირთები და მგზავრები დროულად და უსაფრთხოდ შესაბამისად მიიტანოს და მიიყვანოს მოცემული რეჟიმების, გამოყენების პირობებისა და ტექნიკური მომსახურების პირობების დაცვით.

**სატრანსპორტო კომპლექსის უსაფრთხოება (Safety)** არის მისი თვისება უზრუნველყოს მგზავრების, ტვირთების, ტექნიკური საშუალებების და გარემოს დაცულობა.

**გარანტოუნარიანობის** შემადგენელი ელემენტებია აგრეთვე ეფექტურობა და კომფორტულობა.

**საიმედოობა (Dependability)** ეწოდება ობიექტის თვისებას გამოყენების, ტექნიკური მომსახურების, შეკეთებების, შენახვისა და ტრანსპორტირების პირობებში შეეძლოს დროში უცვლელად შეინარჩუნოს ყველა იმ პარამეტრის მნიშვნელობა, რომლებიც საჭიროა მუშაობის დასახული რეჟიმების დროს მასზე დაკისრებული ფუნქციების წარმატებით შესასრულებლად. საიმედოობა არის კომპლექსური თვისება. სატრანსპორტო კომპლექსისათვის გამოიყოფა შემადგენლობის ოთხი მდგენელი: უმტყუნებლობა, ხანგამძლეობა, სარემონტოდ ვარჯისობა და უსაფრთხოება. ეს უკანასკნელი საჭიროა დაიყოს შინაგან და გარეგან უსაფრთხოებად.

**სატრანსპორტო კომპლექსის შინაგანი უსაფრთხოება (Safety Internal)** არის მისი თვისება საკუთარი შინაგანი ელემენტების მტყუნებების გამო არ დაირღვეს მგზავრების, ტვირთების, ტექნიკური საშუალებების და გარემოს დაცულობა.

**სატრანსპორტო კომპლექსის გარეგანი უსაფრთხოება (Safety External)** არის მისი თვისება გარე მადესტაბილიზებელი ზემოქმედების დროს არ დაირღვეს მგზავრების, ტვირთების, ტექნიკური საშუალებებისა და გარემოს დაცულობა.

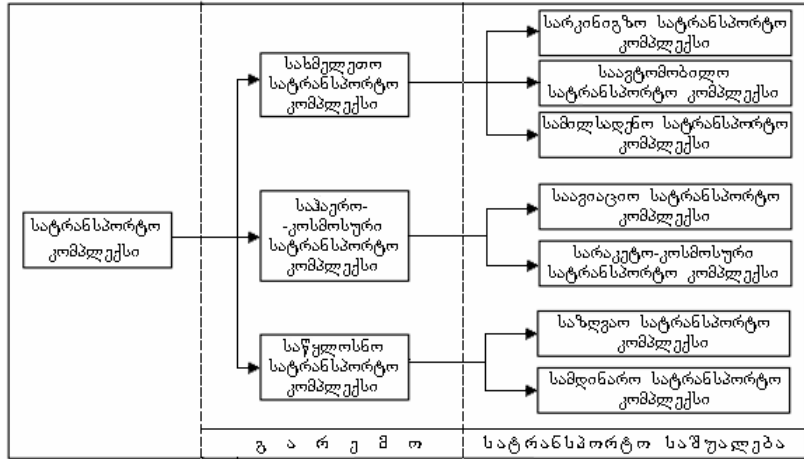
**სატრანსპორტო კომპლექსის უმტყუნებლობა (Failure-Free Operation)** არის მისი თვისება უზრუნველყოს ტვირთების დროული მიტნა და მგზავრების დროული მიყვანა დანიშნულების ადგილზე.

**სატრანსპორტო კომპლექსის ხანგამძლეობა (Durability)**

არის მისი თვისება ხანგრძლივად შეინარჩუნოს უმტყუნებლობისა და უსაფრთხოების თვისებები.

**სატრანსპორტო კომპლექსის სარემონტოდ ვარგისობა (Maintainability)** არის მისი თვისება შეედლოს გარეშე ზემოქმედების შედეგად შეინარჩუნოს უმტყუნებლობისა და უსაფრთხოების თვისებები.

ამგვარად, შინაგანი უსაფრთხოება განიხილება როგორც საიმედოობისა და უსაფრთხოების მდგენელები იმის გამო, რომ სატრანსპორტო კომპლექსის ელემენტების მტყუნებები, რომლებიც არღვევენ უსაფრთხოებას, იმავედროულად იწვევენ საიმედოობის დარღვევას.



**ნახ. 1.5.** სატრანსპორტო კომპლექსის კლასიფიკაცია

უსაფრთხოების ცნება საჭიროებს იმ ობიექტების დაკონკრეტებას, რომელთა უსართხოებაზეც არის საუბარი. ასეთი ობიექტები სატრანსპორტო კომპლექსის დროს შეიძლება იყოს, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახაზ 1.6-ზე, მგზავრები, ტვირთები, ტექნიკური საშუალებები და გარემო (ნახ. 1.6)

განხილული ნახაზიდან გამოდის, რომ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასტემების უსაფრთხოება წარმოადგენს ტექნიკური საშუალებების უსაფრთხოების ერთ-ერთ სახეს.

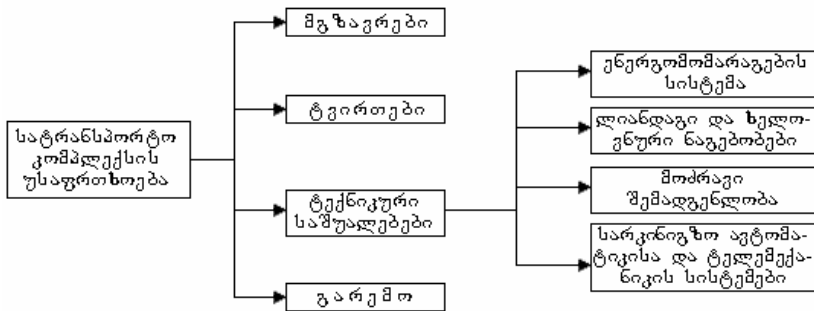
სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების უსაფრთხოების განსაზღვრა იმავე დონეზე, რა დონეზეც ხდება სატრანსპორტო კომპლექსის უსაფრთხოების განსაზღვრა,

მიზანშეწონილი არ არის, მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნული სისტემა ც მონაწილეობს მგზავრების, ტვირთების, ტექნიკური საშუალებებისა და გარემოს დაცულობის უზრუნველყოფაში. ასეთი განსაზღვრება არაკონსტრუქციულია, რამდენადაც სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემები წყვეტენ სატრანსპორტო კომპლექსთან შედარებით უფრო ვიწრო, ლოკალურ ამოცანას. ამიტომ უფრო ვიწრო უნდა იყოს უსაფრთხოების განსაზღვრებაც; ამ დროს გათვალისწინებული უნდა იქნას აღნიშნული სისტემის, როგორც ობიექტის, სპეციფიკა. ამ ცნების განსაზღვრისათვის საჭიროა შემოღებული იქნეს შემდეგი ორი შეზღუდვა:

1) განხილული უნდა იქნეს სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების მხოლოდ შინაგანი უსაფრთხოება და არა მისი დაცულობა (შენახულობა), რადგან სარკინიგზო ავტომატიკის სფეროს სპეციალისტები ორიენტირებული არიან მხოლოდ შინაგან უსაფრთხოებაზე;

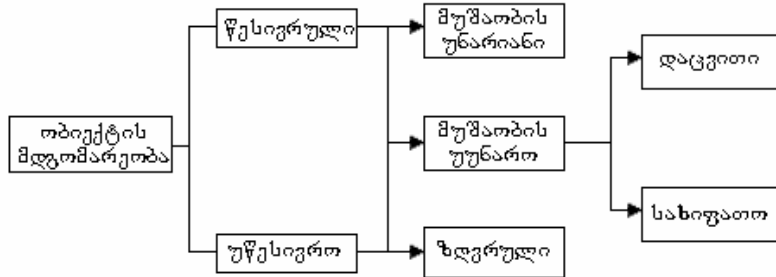
2) სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემები განიხილება მთელი სატრანსპორტო კომპლექსისაგან იზოლირებულად. ეს ნიშნავს შემდეგს. აღნიშნული სისტემების მტყუნების დროს ავარია რომ მოხდეს აუცილებელია უკიდურეს შემთხვევაში ორი პირობის შესრულება: ა) სისტემის სახიფათო მტყუნების არსებობა და (ან) ბ) სათანადო სამატარებლო სიტუაციის არსებობის დროს ოპერატორის შეცდომა.

ითვლება, რომ თუ მოხდა სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემის მტყუნება, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს ავარია, ეს სახიფათო და დაუშვებელია სხვა ორი პირობის არსებობისაგან დამოუკიდებლად.



ნახ. 1.6. სატრანსპორტო კომპლექსის უსაფრთხოების მდგენელების კლასიფიკაცია

მაგალითად, თუ სასაღვრო ავტომატიკის სისტემა გასცემს შუქნიშანზე ნებადართველი სიგნალი ჩართვის ყალბ ბრძანებას, მაშინ სისტემის კონსტრუქტორის თვალსაზრისით ეს სახიფათოა მიუხედავად იმისა, რომ ეს უმეტეს შემთხვევებში ავარიას არ იწვევს. ამიტომ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემის უსაფრთხოების კონსტრუქციული განსაზღვრებისათვის შემოაქვთ დაცვითი და სახიფათო მდგომარეობათა ცნებები. ისინი, როგორც ნახაზ 1.7-დან ჩანს, ემატება საიმედოობის თეორიიდან ცნობილ წესიერულ, მუშაობის უნარიან, მუშაობის უუნარო და ზღვრულ მდგომარეობათა ცნებებს.



ნახ. 1.7. ობიექტის მდგომარეობათა სტრუქტურული სქემა

**დაცვითი მდგომარეობა (Protective State)** ეწოდება სისტემის ისეთ მუშაობის უუნარო მდგომარეობას, როდესაც ყველა პარამეტრი, რომელიც ახასიათებს მის უნარს შეასრულოს მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფი მოცემული ფუნქციები, შეესაბამება ნორმატიულ-ტექნიკურ და (ან) საკონსტრუქტორო დოკუმენტაციის მოთხოვნებს.

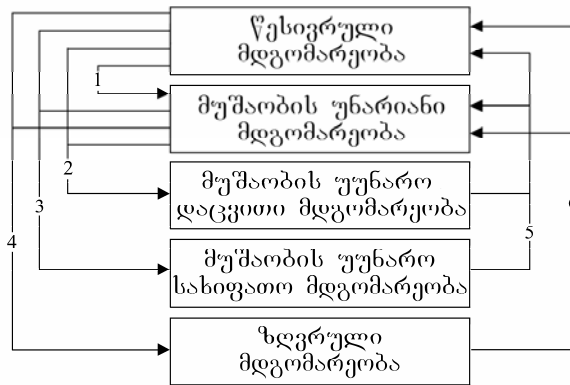
**სახიფათო მდგომარეობა (Hazardous State)** ეწოდება სისტემის ისეთ მუშაობის უუნარო მდგომარეობას, როდესაც თუნდაც ერთი პარამეტრი, რომელიც ახასიათებს მის უნარს შეასრულოს მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფი მოცემული ფუნქციები, არ შეესაბამება ნორმატიულ-ტექნიკურ და (ან) საკონსტრუქტორო დოკუმენტაციის მოთხოვნებს.

მტყუნებების დაყოფა სახიფათო და დაცვით მტყუნებებად ამკვიდრებს მტყუნებათა გარკვეულ არაერთნაირ ღირებულებას. ეს შესაძლებლობას გვაძლევს სისტემის აგებისას ყურადღება გაავამახვილოთ უპირველეს ყოვლისა სახიფათო მტყუნებებისაგან



სისტემის დაცვაზე, რაც ხელს უწყობს უსაფრთხოების დონის ამაღლებას და აპარატურის მოცულობის შემცირებას. ნაშრომში [36] შემოთავაზებულია სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ძირითადი მდგომარეობებისა და ხდომილებების სქემა, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 18-ზე. მასზე ციფრებით აღნიშნულია დაზიანება 1, დაცვითი მტყუნება 2, სახიფათო მტყუნება 3, სისტემის გადასვლა ზღვრულ მდგომარეობაში (უსაფრთხოების მოთხოვნების არააღმოფხვრადი დარღვევების, ექსპლუატაციის ეფექტურობის შემცირების, მორალური ცვეთის და სხვა ფაქტორების გამო) 4, აღდგენა 5, რემონტი 6.

სამეცნიერო ლიტერატურაში უსაფრთხოების ცნება სხვადასხვანაირადაა განმარტებული, მაგრამ არსებითად ისინი ერთმანეთის ექვივალენტურებია. ამას განაპირობებს ის გარემოება, რომ მათი ფორმულირებისათვის გამოყენებულია ერთნაირი მიდგომა; კერძოდ, უსაფრთხოების თვისება განისაზღვრება სისტემის მდგომარეობის საფუძველზე. ასეთი მიდგომის კონსტრუქციულობა ის არის, რომ იგი უსაფრთხო სისტემების ანალიზისა და სინთეზის პერიოდში წარმოშობილ ძირითად კითხვაზე პასუხის გაცემის საშუალებას იძლევა. ესაა კითხვა იმის შესახებ, თუ სისტემაში წარმოშობილი რომელი მტყუნება წარმოადგენს სახიფათო მტყუნებას. ამისათვის ფორმულირდება სახიფათო მტყუნების კრიტერიუმი.



ნახ. 18. ძირითადი მდგომარეობებისა და ხდომილობების სქემა

**სახიფათო მტყუნების კრიტერიუმი (Hazardous Failure Criterion)** ეწოდება ნორმატიულ-ტექნიკურ და (ან) კონსტრუქტორულ დოკუმენტაციაში დადგენილ სისტემის სახიფათო მდგომარეობის ნიშანს და ნიშანთა ერთობლიობას.

მაგალითად, საიმედოობის I კლასის ელექტრომაგნიტური რელესთვის სახიფათო მტყუნების კრიტერიუმი – შემრთველი კონტაქტის შერთვა ან განურთველობა მაშინ, როდესაც რელეს გრაგნილში არ გადის დენი. ამ მდგომარეობის გამომწვევი ყველა დეფექტი სახიფათოა და მათი წარმოშობის ალბათობა ნორმით გათვალისწინებულ ალბათობაზე მეტი არ უნდა იყოს. ასეთი მტყუნებებია, მაგალითად, შემრთველი კონტაქტის მიდუღება, ღუზას მექანიკური გაჭედევა ზედა მდგომარეობაში, ღუზას მაგნიტური მიწებება. განვიხილავთ რა რელეს, როგორც ობიექტის, უსაფრთხოებას, მის მტყუნებას არ ვუკავშირებთ ადამიანის შეცდომებს ან მატარებლების მოძრაობას, ე.ი. ვახდენთ რელეს იზოლირებას სატრანსპორტო კომპლექსისაგან.

**დასასრულს შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემის უსაფრთხოება** არის მისი თვისება შეინარჩუნოს წესიერული, მუშაობის უნარის მქონე ან დაცვითი მდგომარეობა. რაც შეეხება **უმტყუნელობას**, ესაა მისი თვისება შეინარჩუნოს წესიერული და მუშაობის უნარის მქონე მდგომარეობა. ამიტომ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის უსაფრთხო სისტემებში მათი შინაგანი უსაფრთხოება წარმოადგენს საიმედოობის ერთ-ერთ მდგენელს, ისევე, როგორც საიმედოობის მდგენელებია **უმტყუნელობა, ხანგამძლეობა, სარემონტოდ ვარგისობა და დაცულობა (შენახულობა).**

**უმტყუნელობა (Reliability)** ეწოდება ობიექტის თვისებას რაღაც დროის ან ნამუშევრობის განმავლობაში უწყვეტად შეინარჩუნოს მუშაობის უნარის მქონე მდგომარეობა. **ხანგამძლეობა (Longevity)** არის ობიექტის თვისება შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი ტექნიკური მომსახურებისა და შეკეთების დადგენილი სისტემის დროს ზღვრული მდგომარეობის დადგომამდე შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი; **ზღვრული მდგომარეობა (Marginal state)** არის ობიექტის მდგომარეობა, რომლის დროს დანიშნულებისამებრ მისი გამოყენება დაუშვებელია ან მისი მუშაობის უნარის აღდგენა შეუძლებელია (მიზანშეუწონელია); **მუშაობის უნარის მქონე მდგომარეობა (State of serviceability)** – ობიექტის მდგომარეობა, როდესაც მოცემული ფუნქციების შესრულების უნარის დამახასიათებელი ყველა პარამეტრი შეესაბამება ნორმატიულ-ტექნიკურ და (ან) კონსტრუქტორულ დოკუმენტაციას. **სარემონტოდ**

**ვარგისობა (Maintainability)** ეწოდება ობიექტის თვისებას მომარჯვებელი იყოს როგორც მტყუნებების, დაზიანებების წარმოშობი მიზეზების თავიდან არიდებისა და გამოვლინებისათვის, ასევე ტექნიკური მომსახურებისა და შეკეთების გზით მათი აღმოფხვრისა და მუშაობის უნარის აღდგენისათვის. **დაცულობა ანუ შენახულობა (Storageability)** ეწოდება ობიექტის თვისებას შენახვის და (ან) ტრანსპორტირების განმავლობაში შეინარჩუნოს უმტყუნველობის, ხანგამძლეობისა და შეკეთების ვარგისობის მახასიათებელთა მნიშვნელობები.

### 1.3. სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის

#### სისტემების დანიშნულება, კლასიფიკაცია და

#### ფუნქციონირების ზოგადი პრინციპები

**რკინიგზა** კომპლექსური სატრანსპორტო საწარმოა, რომელიც აღჭურვილია მგზავრების გადასაყვანი, ტვირთის, ფოსტის და ა.შ. გადასაზიდი ტექნიკით (მოძრავი შემადგენლობა – ლოკომოტივები და ვაგონები; ლიანდაგები; ხელოვნური ნაგებობები – ხიდები, ესტაკადები, ვიადუკები; სადგურები და კვანძები; ავტომატიკისა და ტელემექანიკის საშუალებები – სიგნალიზაცია, ცენტრალიზაცია, ბლოკირება; შენობები – დეპო, სახელოსნო, ვაგზალი და სხვ.).

ნებისმიერ საწარმოო პროცესში შეიძლება გამოყენებული იქნეს ადამიანის როგორც კუნთოვანი ძალა, ასევე გონებრივი შესაძლებლობები. ადამიანის კუნთოვანი ძალა წარმოების პროცესში თუ იცვლება მექანიზმებითა და მანქანებით, მაშინ ხორციელდება **მექანიზაცია**. მექანიზაცია, რომელიც წარმოიშვა **XVIII** საუკუნის ბოლოს, ნიშნავდა პირველი სამრეწველო რევოლუციის დაწყებას. მექანიზაცია დღესაც გრძელდება, ამასთანავე საუბარია მუშის არა მარტო ფიზიკური შრომის შემსუბუქებაზე, არამედ საწარმოო პროცესის ყველა უბანში მის სრულ შეცვლაზე, ე.ი. **სრული მექანიზაციის** განხორციელებაზე.

საწარმოო პროცესის მართვის პირველ ეტაპზე უნდა მოხდეს იმ აუცილებელი ინფორმაციის შეგროვება, რომლის საფუძველზედაც შესაძლებელი იქნება მართვისათვის აუცილებელი სწორი გადაწყვეტილების მიღება. ეს უკანასკნელი შესაძლებელია აღნიშნული ინფორმაციის სათანადოდ გადამუშავებით.

მიღებული გადაწყვეტილება მართვის შემდეგ ეტაპზე საჭიროა გარდაიქმნას გარკვეული სახის სიგნალებად, რომლებიც მიეწოდება შემსრულებელ მექანიზმებს. შემსრულებელი მექანიზმები საჭირო მიმართულებას აძლევს საწარმოო პროცესის მიმდინარეობას.

მართვის სისტემას, რომელსაც მართვის პროცესის ზემოთ ფორმულირებული ყველა ფუნქცია აღამიანიდან გადააქვს ავტომატურ მოწყობილობებზე, ეწოდება **ავტომატური სისტემა** ხოლო მართვის სისტემას, რომელსაც აღნიშნული ფუნქციებიდან მხოლოდ გარკვეული ნაწილი გადააქვს ავტომატურ მოწყობილობებზე, ხოლო დანარჩენის შესრულება მასში ჩართულ აღამიანს (ოპერატორს) ევალება, **ავტომატიზებული სისტემა** ეწოდება. აღამიანის მიერ შესრულებული ფუნქციების მოცულობის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ ავტომატიზაციის სიღრმეზე. რაც უფრო მეტი სიღრმითაა განხორციელებული საწარმოო პროცესის ავტომატიზირება, მით უფრო ნაკლები რაოდენობის ფუნქციები რჩება ოპერატორს შესასრულებლად.

საწარმოო პროცესი თუ საკმაოდ მარტივია და შესაძლებელია მისი სრული ალგორითმიზება მოხდეს, მაშინ შესაძლებელი და გამართლებულია მისი მართვისათვის ავტომატური სისტემის შექმნა. აღნიშნული პროცესის დროს თუ შესაძლებელია ისეთი არაორდინალური სიტუაციების წარმოქმნა, რომელთა წინასწარი განსაზღვრა და, მაშასადამე, მათი სათანადო ალგორითმიზება შეუძლებელია, მაშინ მართვის სისტემის ფუნქციონირებაში აუცილებელია ოპერატორის (აღამიანის) მონაწილეობა. ოპერატორმა საკუთარ თავზე უნდა აიღოს პროცესის მართვა აღნიშნული არაორდინალური სიტუაციების წარმოქმნის დროს; აქედან გამომდინარე, ასეთ შემთხვევებში მართვის ავტომატიზებული სისტემის გამოყენებაა გამართლებული.

მართვის ავტომატიზებულ და ავტომატურ სისტემებს ზოგადად ვუწოდოთ **ავტომატიკის სისტემები**. ავტომატიკის სისტემებში არსებული მექანიზმებით ხდება გარკვეული ობიექტების მდგომარეობათა ცვლა, ანუ მართვა. მათ **სამართი ობიექტები** ეწოდება. აღნიშნული ობიექტების სამართავად ავტომატიკის სისტემებს განუწყვეტილად უნდა მიეწოდებოდეს ინფორმაცია მათი მდგომარეობის შესახებ, რომელსაც საკონტროლო ინფორმაცია ეწოდება. ობიექტების სამართავად ავტომატიკის სისტემებმა აღნიშნული ობიექტების მართვის ალგორითმებისა და თავად ობიექტებიდან მოსული საკონტროლო

ინფორმაციის საფუძველზე უნდა გამოიმუშაონ და სათანადო შემსრულებელ მოწყობილობებს გადასცენ მართვის ბრძანებები.

ავტომატიკის სისტემის მოწყობილობათა ერთობლიობას, რომელთა დანიშნულებაა მიიღონ და გადაამუშაონ საკონტროლო ინფორმაცია, გაანალიზონ მიღებული შედეგები და ფუნქციონირების ალგორითმის შესაბამისად გამოიმუშაონ მართვის ბრძანებები, *მმართველი ორგანო* ეწოდება. იგი სამართობიექტებთან კავშირის სპეციალური არხებით უნდა იყოს დაკავშირებული, რომლებითაც აღნიშნული ბრძანებები გადაეცემა ობიექტებს.

მართვის ობიექტები მართვის ორგანოსთან თუ მცირე მანძილითაა დაშორებული, მაშინ თითოეული ობიექტი მმართველ ორგანოს შეიძლება დაუკავშიროთ კავშირის ინდივიდუალური არხით. ასეთ შემთხვევაში საქმე გვაქვს *პირდაპირი მართვის ავტომატიკის სისტემასთან* (ნახ. 1.9). აღნიშნული სისტემა ოპერატორის არსებობის შემთხვევაში (პუნქტირული ნაწილი) წარმოადგენს *ავტომატიზირებულ სისტემას*, ხოლო მისი არარსებობის დროს – *ავტომატურ სისტემას*.

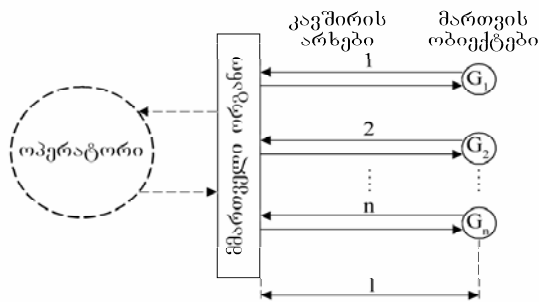
მმართველ ორგანოსა და სამართობიექტებს შორის არსებული 1 მანძილი (იხ. ნახ. 1.10) მნიშვნელოვანია, მაშინ კავშირის ღირებულება შეიძლება აღმოჩნდეს მთლიანი ავტომატიკის სისტემის ღირებულების თანაზომადი ან ამ ღირებულებაზე მეტი. ასეთ შემთხვევაში წამოიჭრება კავშირის არხების რაოდენობის (მაშასადამე საერთო ღირებულების შემცირების) პრობლემა. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, კავშირის არხების ეფექტურად ორგანიზების პრობლემა.

აღნიშნული პრობლემის გადაწყვეტა წარმოადგენს ტელემექანიკის ფუნქციას. ტერმინი “ტელემექანიკა” 1905 წელს იქნა შემოღებული ფრანგი *ჟ. ბრანლის* მიერ და შედგება ორი ბერძნული სიტყვისაგან: *tele* – შორს, *mechonique* – ხელოვნება ანუ მეცნიერება მანქანების შესახებ. *ტელემექანიკა* ეწოდება მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგს, რომელიც ამუშავებს ინფორმაციის გადაცემისა და მიღების მეთოდებს, ტექნიკურ საშუალებებს ობიექტის მანძილზე მართვისა და კონტროლისათვის. ტელემექანიკა უზრუნველყოფს ტერიტორიულად დაცილებული მრავალი აგრეგატის, მანქანის, დანადგარის მუშაობის კოორდინაციას, ამასთან, საშუალებას იძლევა გაერთიანდნენ ერთიან კომპლექსურ ტელემექანიკურ სისტემად.

**ტელემექანიკური სისტემა** ეწოდება ტელემექანიკის მოწყობილობებისა და კავშირგაბმულობის არხების ერთობლიობას, რომლის დანიშნულებაცაა მართვის ბრძანებებისა და სამართი ობიექტების მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის ავტომატური გადაცემა მანძილზე.

ტელემექანიკის სისტემაში, პირდაპირი მართვის ავტომატიკის სისტემისაგან განსხვავებით, გათვალისწინებულია კავშირის არხების რაოდენობის შემამცირებელი მოწყობილობები – **შიფრატორები** და **დეშიფრატორები**. (ნახ. 1.10). სამართი ობიექტებიდან გადმოცემული საკონტროლო ინფორმაციები შედის **შიფრატორში**, სადაც ხდება მათი კოდირება და ასეთი სახით გადაცემა შეტყობინების არხით. ასეთი კოდირებული ინფორმაცია შედის მმართველ ორგანოსთან არსებულ **დეშიფრატორში**, სადაც ხდება იმის გაშიფვრა, თუ რომელი ობიექტიდანაა გადმოცემული მოცემული ინფორმაცია და მიღებული შედეგის მიწოდება მმართველ ორგანოსათვის.

ანალოგიურად ხდება მმართველი ბრძანებების გადაცემა მმართველი ორგანოდან. რომელიმე სამართი ობიექტისათვის განკუთვნილი მმართველი ბრძანება შედის **შიფრატორში**, სადაც მას მიენიჭება ამ ობიექტის კოდი. მეორე ბოლოში არსებულ **დეშიფრატორში** ამ ბრძანების შესვლის შემდეგ გაიშიფრება, თუ რომელი ობიექტისთვისაა განკუთვნილი ეს ბრძანება და ხდება მისთვის აღნიშნული ბრძანების გადაწოდება. ნახ. 1.9-ზე თუ გვაქვს კავშირის  $n$  რაოდენობის არხი, მოცემულ შემთხვევაში არხების რაოდენობა ორამდე შემცირებული (შემჭიდროებული მოწყობილობის გამოყენებისას მისი რაოდენობა შეიძლება ერთამდე შემცირდეს).

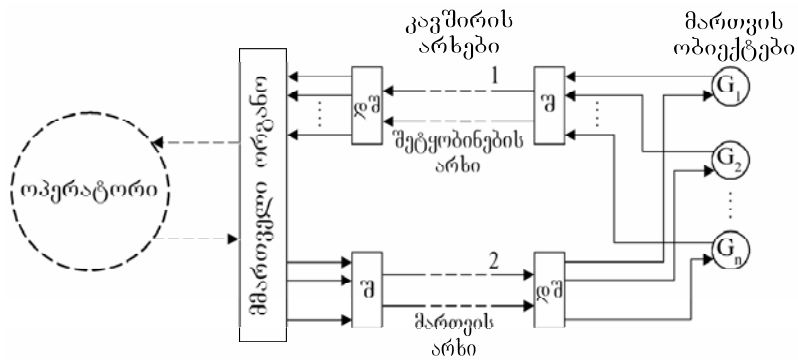


**ნახ.1.9** პირდაპირი მართვის ავტომატიკის სისტემის სტრუქტურული სქემა

ტელემექანიკური სისტემის გამოყენება ეკონომიკურად გამართლებულია, თუ კავშირის შემცირებული არხების საერთო ღირებულება აღემატება შიფრატორებისა და დეშიფრატორების საერთო ღირებულებას.

რკინიგზაზე მატარებელთა მოძრაობის რეგულირებისათვის გამოიყენება მართვის როგორც ავტომატური, ასევე ავტომატიზირებული და ტელემექანიკური სისტემები.

მართვის ავტომატური სისტემები გამოიყენება გადასარბენებზე მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოდ რეგულირებისათვის. სადგურებში იგივე ამოცანის გადასაწყვეტად, როგორც წესი, გამოიყენება მართვის ავტომატიზებული სისტემები. რკინიგზის ცალკეულ უბნებზე, რომლებიც რამდენიმე გადასარბენსა და სადგურს მოიცავს, მატარებელთა მოძრაობის რეგულირებისათვის გამოიყენება ტელემექანიკური სისტემები, რომლებსაც სადიპტჩერო ცენტრალიზაციები ეწოდება. ტელემექანიკური სისტემები შეიძლება გამოყენებული იქნეს მსხვილ სადგურებშიც მართვის პოსტიდან დაშორებული ობიექტების მართვისთვისაც და მათ კოდური ცენტრალიზაციები ეწოდება.



**ნახ.1.10** ტელემექანიკური სისტემის სტრუქტურული სქემა (შ – შიფრატორი, დშ – დეშიფრატორი)

### 1.3.1 ავტომატიკის სასადგურო სისტემები

**ავტომატიკის სასადგურო სისტემების** დანიშნულებაა უზრუნველყოს მატარებლების უსაფრთხოდ მოძრაობა სადგურის ფარგლებში. აღნიშნული ფუნქციის რეალიზება ხორციელდება მარშრუტების მომზადებისა და მათი შეხსნის გზით.

**მარშრუტი (Route)** ეწოდება სადგურის ფარგლებში არსებულ ლიანდაგის მონაკვეთს, რომელზეც ხდება მოძრაი შემადგენლობების გადაადგილება. ერთმანეთისაგან განასხვავებენ სამატარებლო და სამანევრო მარშრუტებს. **სამატარებლო**

**მარშრუტი (Train route)** ეწოდება სარკინიგზო სადგურის ფარგლებში არსებულ ლიანდაგის მონაკვეთს, რომლითაც ხდება მატარებლის მიღება გადასარბენიდან ან პირიქით, მათი გაგზავნა გადასარბენზე. პირველი სახის სამატარებლო მარშრუტებს ეწოდება **მიღების მარშრუტები**, ხოლო მეორე სახის სამატარებლო მარშრუტებს – **გაგზავნის მარშრუტები**. რამდენიმე მისაღებ-გასაგზავნი პარკის მქონე (მაგალითად გრძივი განვითარების) სადგურებში არსებობს მესამე სახის სამატარებლო მარშრუტებიც, ე.წ. **გადაცემის მარშრუტები**, რომლებითაც ხდება მატარებლების გადაცემა ერთ-ერთი პარკიდან მეორეში.

**სამანევრო მარშრუტი (Shunting route)** ეწოდება სადგურის ფარგლებში არსებულ ლიანდაგის მონაკვეთს, რომლითაც ხდება მატარებლის გადაადგილება სადგურის ფარგლებში. ასეთი მარშრუტებია, მაგალითად, რომელიმე სასადგურო ლიანდაგიდან მოძრაი შემადგენლობის სხვა ლიანდაგზე ან რომელიმე ჩისში გადაადგილების მარშრუტები.

სადგურის ფარგლებში ერთმანეთისაგან განასხვავებენ მატარებელთა (მოძრაი შემადგენლობების) მარშრუტიზებულ და არამარშრუტიზებულ გადაადგილებებს. **მარშრუტიზებული გადაადგილებების** დროს გადაადგილების დაწყების ბრძანება გადაიცემა მუდმივი სიგნალებით – შუქნიშნებით, ხოლო **არამარშრუტიზებული გადაადგილებების** დროს – დროებითი გადასატანი სიგნალებით, ხმამაღლამოლაპარაკით ან რადიოკავშირით სიტყვიერად გაცემული ბრძანებებით. მარშრუტიზებულია როგორც წესი, სამატარებლო გადაადგილებები, ხოლო სამანევრო შეიძლება იყოს (მსხვილ სადგურებში) ან არ იყოს (მცირე სადგურებში) მარშრუტიზებული.

**შუქნიშანი** წარმოადგენს მოწყობილობას, რომლითაც გადაიცემა შუქსიგნალი გარკვეული მიმართულებით მოძრაი შემადგენლობების მოძრაობის ნებადართვის ან აკრძალვის, აგრეთვე მათი მოძრაობის სიჩქარის შეზღუდვის შესახებ.



შუქნიშნებს, რომლებითაც გადაიცემა მოძრაობის აკრძალვის ან ნებართვის ბრძანებები სამატარებლო და სამანევრო გადაადგილებისათვის, შესაბამისად **სამატარებლო და სამანევრო შუქნიშნები** ეწოდება. შესაძლებელია მათი ურთიერთშერწყმაც. **შერწყმულ შუქნიშანზე** როგორც სამატარებლო, ასევე სამანევრო გადაადგილების აკრძალვის ბრძანებების გადასაცემად გამოიყენება ერთი და იგივე ფერის სიგნალი, ოღონდ აღნიშნული გადაადგილების ნებადართავი ბრძანებების გადასაცემად გამოიყენება სხვადასხვა ფერის სიგნალები.

სადგურებში არსებულ შუქნიშნებს ეწოდება **სასადგურო შუქნიშნები (station light signal)**.

სასადგურო (სამატარებლო, სამანევრო) შუქნიშნები განეკუთვნება ნახევრადავტომატური მოქმედების შუქნიშანთა ჯგუფს. სადგურზე ნორმალურ მდგომარეობად ითვლება სამატარებლო და სამანევრო გადაადგილების არსებობა. **სადგურზე** ნორმალური მდგომარეობად ითვლება მდგომარეობა, როდესაც თავისუფალია ყველა სასადგურო ლიანდაგი და აკრძალულია ნებისმიერი (სამატარებლო და სამანევრო) გადაადგილება. ნორმალური მდგომარეობის დროს ყველა სასადგურო შუქნიშანზე ანთია ამკრძალავი სიგნალი და ნებადართველი სიგნალით მისი შეცვლა ავტომატურად (მოძრავი შემადგენლობის მიერ განხორციელებული ქმედებით) შეუძლებელია. რომელიმე სასადგურო შუქნიშანზე ნებადართველი სიგნალის ჩართვის, ე.ი. სადგურის ფარგლებში მოძრავი შემადგენლობებისათვის გადაადგილების უფლების ექსკლუზიური უფლება აქვს ოპერატორს (სადგურის მორიგეს). რაც შეეხება რომელიმე სასადგურო შუქნიშანზე არსებული ნებადართველი სიგნალის შეცვლას ამკრძალავ სიგნალად, იგი შეიძლება მოხდეს ავტომატურად (მატარებლის მიერ აღნიშნული შუქნიშნის გავლის შემდეგ) ან არაავტომატურად სადგურის მორიგის მიერ (გამზადებული მარშრუტის გაუქმების დროს).

მარშრუტიზებული გადაადგილებისათვის **მარშრუტის გამზადება** ნიშნავს მარშრუტში შემავალი ყველა ისრის სათანადო მდგომარეობაში გადაყვანას და მარშრუტის გადამღობი სიგნალის (შუქნიშნის) გაღებას. არამარშრუტიზებული გადაადგილებების დროს მარშრუტის გამზადება შემოიფარგლება მხოლოდ მასში შემავალი ისრების სათანადო მდებარეობებში გადაყვანით. მარშრუტების გამზადება და გაუქმება ან შესწნა ხდება ავტომატიკის სასადგურო სისტემების მიერ. ამრიგად ავტომატიკის

სასადგურო სისტემებში მართვის ობიექტებია ისრები და სიგნალები (ადრე – სემაფორები, ახლა – შუქნიშნები).

მართვის ობიექტების სამართავად შეიძლება გამოყენებული იქნას ადამიანის კუნთოვანი, შეკუმშული სითხის, შეკუმშული ჰაერის ან ელექტრული ძალა. აღნიშნული ძალის გამოყენებით მართვის ობიექტები იმართება ცენტრალიზებულად – ცენტრალური პოსტიდან გადაცემული სათანადო ბრძანებების შესაბამისად. ამიტომ ავტომატიკის სისტემებს, რომლებითაც ცენტრალიზებულად ხდება მართვის ობიექტების (ისრებისა და სიგნალების) მართვა – **ცენტრალიზაციები** ეწოდება. განასხვავებენ მექანიკურ, ელექტრომექანიკურ, ჰიდრაულიკურ, პნევმატურ და ელექტრულ ცენტრალიზაციებს.

**მექანიკური ცენტრალიზაცია** ეწოდება ისეთ ცენტრალიზაციას, რომელშიც ისრებისა და სიგნალების სამართავად გამოიყენება ადამიანის კუნთოვანი ძალა.

მექანიკური ცენტრალიზაციების პარალელურად იქმნებოდა **ჰიდრაულიკური და პნევმატური ცენტრალიზაციები**, რომლებშიც ადამიანის კუნთოვანი ძალა შეცვლილი იყო შესაბამისად შეკუმშული სითხისა და ჰაერის ძალით. პირველად ჰიდრაულიკური ცენტრალიზაცია გამოჩნდა **1873** წელს და იგი ფართოდ გავრცელდა იტალიაში. ასეთი სისტემის ცენტრალიზაციები **1892** წლიდან საქართველოსა და ჩრდილოეთ კავკასიის სადგურებშიც იქნა დანერგილი. პნევმატური სისტემის ცენტრალიზაციები **1883** წელს იქნა დამუშავებული და დანერგილი ამერიკისა და გერმანიის რკინიგზებზე. განსაკუთრებით გავრცელდა ე.წ. **ვესტინგჰაუზის სისტემის პნევმატური** ცენტრალიზაციები. საქართველოსა და რუსეთის რკინიგზებზე პნევმატური სისტემის ცენტრალიზაციები არ იყო დანერგილი.

მეოცე საუკუნის დასაწყისში დაიწყო მექანიკური სისტემის ცენტრალიზაციებში ცალკეული ფუნქციების შესასრულებლად ადამიანის კუნთოვანი ძალის ნაცვლად ელექტრული ძალების გამოყენება. ასეთ ჰიბრიდულ ცენტრალიზაციებს ელექტრომექანიკური ცენტრალიზაციები ეწოდა. **ელექტრომექანიკური ცენტრალიზაცია** ეწოდება ისეთ ცენტრალიზაციას, რომელშიც ისრები და სიგნალები ელექტრული ძალის გამოყენებით იმართება, მაგრამ მათ შორის არსებული კავშირები მექანიკურად რეალიზდება სპეციალურ მექანიკურ ყუთებში არსებული საბლოკირებელი მოწყობილობებით. პირველი მთლიანი **ელექტრული ცენტრალიზაცია**, რომლის ასაგებად გამოყენებული იყო ელექტრომაგნიტური რელეები, **1934** წელს

დაინერგა ჩრდილოეთ კავკასიის რკინიგზის სადგურ *გუდერმესში*. გასული საუკუნის 30-იანი წლების შუა პერიოდიდან რკინიგზების სადგურებზე დაიწყო ელექტრული ცენტრალიზაციების მასობრივი დანერგვა.

დღეს საქართველოსა და მსოფლიოს რკინიგზებზე ფუნქციონირებენ მხოლოდ ელექტრული ცენტრალიზაციები, ამიტომ ჩვენ მხოლოდ ასეთ ცენტრალიზაციებზე გავამახვილებთ ყურადღებას.

ელექტრული ცენტრალიზაციების კლასიფიცირება შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა ნიშნით, კერძოდ:

1) მართვისა და კვების აპარატურის განთავსების ადგილის მიხედვით;

2) მარშრუტების გამზადების მიხედვით;

3) მარშრუტების შესნის მიხედვით;

4) სისტემის ასაგებად გამოყენებული საელემენტო ბაზის მიხედვით.

მოვანდინოთ ელექტრული ცენტრალიზაციების კლასიფიცირება ზემოთჩამოთვლილი ნიშნების მიხედვით.

1) *ელექტრული ცენტრალიზაციების კლასიფიცირება მართვისა და კვების აპარატურის განთავსების ადგილის ნიშნის მიხედვით* განასხვავებენ ადგილობრივი დამოკიდებულებებისა და ადგილობრივი კვების, ცენტრალური დამოკიდებულებებისა და ადგილობრივი კვების, ცენტრალური დამოკიდებულებებისა და ცენტრალური კვების ელექტრონულ ცენტრალიზაციებს;

- *ადგილობრივი დამოკიდებულებებისა და ადგილობრივი კვების ცენტრალიზაციაში* ცენტრალურ პოსტზე მოთავსებულია მხოლოდ მართვის პულტი; მართვისა და კვების მთელი აპარატურა გატანილია უშუალოდ მართვის ობიექტთან – სადგურის ყელში არსებულ სპეციალურ სათავსებში (ჯიხურებში, ჭებში);

- *ცენტრალური დამოკიდებულებებისა და ადგილობრივი კვების ცენტრალიზაციაში* ცენტრალურ პოსტზე მოთავსებულია მართვის პულტი და მართვის აპარატურის ძირითადი ნაწილი. მართვის აპარატურის უმნიშვნელო ნაწილი, რომლებითაც ხდება უშუალოდ შემსრულებელი მოწყობილობის მართვა, აგრეთვე მკვების მთელი აპარატურა გატანილია უშუალოდ მართვის ობიექტთან, კერძოდ, სადგურის ყელში არსებულ სპეციალურ სათავსებში (ჯიხურებში, ჭებში);

- *ცენტრალური დამოკიდებულებებისა და ცენტრალური კვების ცენტრალიზაციაში* ცენტრალურ პოსტზეა მოთავსებული

როგორც მართვის პულტი, ასევე მართვისა და კვების მთელი აპარატურა.

მართვის ობიექტებთან ახლოს, ანუ ადგილობრივად, კვებისა და მართვის აპარატურის განთავსება ამცირებს სისტემის მიერ მოხმარებული ელექტრული ენერჯის სიმძავერესა და ფერადი ლითონის (კავშირის არხების ორგანიზებისათვის საჭირო სადენების) ხარჯს, მაგრამ აუარესებს სისტემის მომსახურების ორგანიზების პროცესს. ცენტრალურ პოსტზე, უშუალოდ მართვის პულტთან ახლოს მთელი აპარატურის განლაგებისას უფრო ადვილი და კომფორტულია სისტემის მომსახურება, ამიტომ დღეისთვის რკინიგზის სადგურებში სწორედ ასეთი სისტემებია გამოყენებული.

**2) ელექტრული ცენტრალიზაციების კლასიფიცირება მარშრუტების მომზადების ნიშნის მიხედვით** განასხვავებენ ინდივიდუალური, მარშრუტული, ავტომატური და პროგრამული მართვის ელექტრულ ცენტრალიზაციებს.

- **ინდივიდუალური მართვის ელექტრულ ცენტრალიზაციაში** მარშრუტის მოსამზადებლად მარშრუტში შემაჯალი ყველა ისრის სათანადო მდებარეობებში გადაყვანა და მარშრუტის გადამღობი შუქნიშნის გაღება მართვის პულტზე ჩატარებული ინდივიდუალური ქმადებების საშუალებით ხდება;

- **მარშრუტული მართვის ელექტრულ ცენტრალიზაციაში** ნებისმიერი სირთულის მარშრუტის მოსამზადებლად საკმარისია მართვის პულტ-ტაბლოზე არსებული ორი ან რემოდენიმე სპეციალურ (სამარშრუტო) ღილაკზე ზემოქმედება, რომელთაგანაც პირველი აფიქსირებს მარშრუტის საწყის წერტილს, ხოლო ბოლო ღილაკი – მარშრუტის ბოლო წერტილს;

- **ავტომატური მართვის ელექტრულ ცენტრალიზაციაში** საჭირო არ არის მართვის პულტ-ტაბლოზე რაიმე მანიპულაციების შესრულება. მარშრუტის გასამზადებელი ბრძანებები ფორმირდება მოძრავი შემადგენლობის მიერ გარკვეული უბნის დაკავებისას. რკინიგზაზე ასეთი ავტომატური მართვის ცენტრალიზაციები გამოიყენება მახარისხებელ გორაკებზე. მეტროპოლიტენში ავტომატური მართვა გამოიყენება მატარებლების მობრუნების მარშრუტების გასამზადებლად, აგრეთვე ზონური მოძრაობის რეჟიმის დასამყარებლად;

- **პროგრამული მართვის ელექტრული ცენტრალიზაციის** დროს მართვის პულტზე ხდება რამდენიმე მარშრუტის გასამზადებელი დავალების შეყვანა და შემდეგ ეს მარშრუტები

მიმდევრობით რეალიზდება. ასეთი ელექტრული ცენტრალიზაცია გამოიყენება მახარისხებელ გორაკზე მოძრავი მოხსნებისათვის მარშრუტების გასამზადებლად. ზემოთ განხილულ ცენტრალიზაციებში დროის მოცემულ პერიოდში მართვის პულტზე რომელიმე ერთი კონკრეტული მარშრუტის გასამზადებლად საჭირო მანიპულაციების ჩატარება ხდება, ხოლო პროგრამულ ელექტრულ ცენტრალიზაციაში მართვის პულტზე რამდენიმე ათეული მარშრუტის გამზადების პროგრამის აკრეფაა შესაძლებელი.

3) **ელექტრული ცენტრალიზაციების კლასიფიცირება მარშრუტების შეხსნის ნიშნის მხედვით** განასხვავებენ საქციური და მარშრუტული შეხსნის ელექტრულ ცენტრალიზაციებს.

საქციური და მარშრუტული შეხსნის ელექტრული ცენტრალიზაციების განსაზღვრებამდე განვიხილოთ თუ რას ეწოდება მარშრუტის შეხსნა.

მარშრუტის შეხსნის განსაზღვრისათვის ინდივიდუალური მართვის ელექტრული ცენტრალიზაციაში საწყის ერთეულად გამოყენებულია ისარი, ხოლო მარშრუტული მართვის ცენტრალიზაციაში – ელემენტალური მარშრუტი. განვიხილოთ თვითოეული მათგანი.

ა) ინდივიდუალური მართვის ცენტრალიზაციაში მარშრუტის გასამზადებლად მასში შემავალი თითოეული ისარი ინდივიდუალურად გადაიყვანება სათანადო მდებარეობაში, ე.ი. შესაძლებელია აღნიშნული ისრების მართვა. მარშრუტის გამზადების (მისი გადამღობი შუქნიშნის გაღების) შემდეგ გამორიცხება მასში შემავალი ისრების მართვის შესაძლებლობა. **ისრის ჩაკეტვა (point locking)** ეწოდება მისი მართვის შესაძლებლობის გამორიცხვას. **მარშრუტის ჩაკეტვა** ეწოდება მასში შემავალი ყველა ისრის მართვის შესაძლებლობის გამორიცხვას

**ისრის შეხსნა (point locking release)** ეწოდება **ჩაკეტილი ისრის მართვის შესაძლებლობის აღდგენას**. შესაბამისად, ჩაკეტილი **მარშრუტის შეხსნა** ეწოდება მასში შემავალი ყველა ისრის მართვის შესაძლებლობის აღდგენას. მარშრუტი შეიძლება შეიხსნას ავტომატურად, მასში მოძრავი შემადგენლობის გავლის შემდეგ, ან ხელოვნურად, სადგურის მორიგის მიერ მართვის პულტ-ტაბლოზე სათანადო ოპერაციების ჩატარების შემდეგ.

ბ) მარშრუტული მართვის ელექტრულ ცენტრალიზაციაში მარშრუტის გამზადებისას სათანადო მდებარეობებში ისრების ინდივიდუალური გადაყვანა არ ხდება. ამ დროს სადგურის

მორიგის მიერ პულტ-ტაბლოზე უმეტეს შემთხვევებში მხოლოდ მარშრუტის საწყისი და საბოლოო წერტილებს აფიქსირებს; გამონაკლის შემთხვევებში, გარდა ზემოთაღნიშნული წერტილებისა, სადგურის მორიგეს პულტ-ტაბლოზე იმ საშუალებელ წერტილების დაფიქსირებაც უხდება, რომლებშიც ხდება მარშრუტის ძირითადი ტრასის შეცვლა.

პულტ-ტაბლოზე ზემოთაღნიშნული მანიპულაციების ჩატარების შემდეგ სისტემაში ავტომატურად იწყება აკრეფილი მარშრუტის გამზადება.

მარშრუტის გასამზადებლად გამოიყენება შემდეგი სტრატეგია.

სადგურის ფარგლებში არსებული თითოეული იზოლირებული უბანი, რომელიც აღჭურვილია სარელსო წრედით, განიხილება როგორც *ელემენტალური მარშრუტი*.

ასეთი მიდგომის დროს ჩვენს მიერ ზემოთ განხილული ნებისმიერი მარშრუტი სხვა არაფერია, თუ არა გარკვეული თანამიმდევრობით შეერთებული გარკვეული რაოდენობის ელემენტალური მარშრუტების ერთობლიობა.

ნორმალურ მდგომარეობაში, როდესაც სადგურის ყველა უბანი თავისუფალია მოძრავი შემადგენლობისაგან და ყველა შუქნიშანი დახურულია, შესაძლებელია ნებისმიერი მარშრუტის მომზადება. ეს ნიშნავს, რომ შესაძლებელია გასამზადებელ მარშრუტში შემავალი ყველა ელემენტალური მარშრუტი ერთმანეთთან მიმდევრობით შეერთდეს და გაიღოს მარშრუტის გადამღობი შუქნიშანი. აღნიშნული შუქნიშნის გაღების შემდეგ უკვე გამზადებულ მარშრუტში შემავალი ელემენტალური მარშრუტის გამოყენება სხვა მარშრუტის გასამზადებლად შეუძლებელი ხდება.

მოცემულ მარშრუტში *ელემენტალური მარშრუტის ჩაკეტვა* ეწოდება რომელიმე სხვა მარშრუტში მისი გამოყენების შესაძლებლობის გამორიცხვას. შესაბამისად, *მარშრუტის ჩაკეტვა* ეწოდება მასში შემავალი ყველა ელემენტალური მარშრუტის სხვა მარშრუტების გასამზადებლად გამოყენების შესაძლებლობის გამორიცხვას.

*ელემენტალური მარშრუტის შეხსნა* ეწოდება რომელიმე გასამზადებელ მარშრუტში მისი გამოყენების შესაძლებლობის აღდგენას, ხოლო *მარშრუტის შეხსნა* ეწოდება მასში შემავალი ნებისმიერი ელემენტალური მარშრუტის რომელიმე გასამზადებელ მარშრუტში გამოყენების შესაძლებლობის აღდგენას.

სექციური და მარშრუტული შეხსნის ელექტრული ცენტრალიზაციების ერთიანი განსაზღვრების ფორმულირებისათვის ისრებსა და ელემენტალურ მარშრუტებს ვუწოდოთ *პირობითი ელემენტები*.

- *მარშრუტული შეხსნის ელექტრულ ცენტრალიზაციაში* მარშრუტი (ე.ი. მასში შემავალი ყველა პირობითი ელემენტი) შეიხსნება ერთბაშად მარშრუტში შემავალი შემადგენლობის გაგლის შემდეგ.

- *სექციური შეხსნის ელექტრულ ცენტრალიზაციაში* მარშრუტში შემავალი პირობითი ელემენტები შეიხსნება თანდათან, მოძრავი შემადგენლობის მიერ მათზე გაგლის შესაბამისად.

სექციური შეხსნის პრინციპის გამოყენება ზრდის სადგურის გამტარობის უნარს, ამიტომ საშუალო და მსხვილ სადგურებში გამოიყენება სექციური შეხსნის ელექტრული ცენტრალიზაციები. მცირე სადგურებში, რომლებშიც მცირე რაოდენობის მარტივი მარშრუტებია, შეიძლება გამოყენებული იქნეს მარშრუტული შეხსნის ელექტრული ცენტრალიზაციები.

**4) გამოყენებული საელემენტო ბაზის** მიხედვით განასხვავებენ *რელეურ, ელექტრონულ და მიკროპროცესორულ ელექტრულ ცენტრალიზაციებს*.

- გასული საუკუნის 30-იან წლებში აგებულ ელექტრულ ცენტრალიზაციებში საელემენტო ბაზად გამოყენებული იყო ელექტრომაგნიტური რელეები, ე.ი. ისინი *რელეურ ცენტრალიზაციებს* წარმოადგენდნენ. რელეური ცენტრალიზაციები მეტად სიცოცხლისუნარიანები აღმოჩნდნენ. ამას ხელი შეუწყო იმ გარემოებამ, რომ განუწყვეტლივ ხდებოდა რელეური ბაზის სრულყოფა. საბჭოთა კავშირში შექმნილი იყო ოთხი თაობის რელეები: *HP, HIII, HMIII, PЭЛ*. მათი გამოყენებით დამუშავებული იქნა ელექტრული ცენტრალიზაციების სხვადასხვა სისტემები, რომლებიც დღეს ფუნქციონირებენ საქართველოს რკინიგზის სადგურებში.

- გასული საუკუნის 60-იან წლებში დამუშავებული იქნა ელექტრული ცენტრალიზაციები ნახევარგამტარული საელემენტო ბაზის გამოყენებით, მაგრამ ასეთი სისტემები მორალურად მანამდე მოძველდნენ, სანამ დაიწყებოდა სადგურებში მათი მასობრივი დანერგვა. ამის მიზეზი გახდა გასული საუკუნის 70-იან წლებში ინტეგრალური სქემების დამუშავება.

- გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან დაიწყო ელექტრული ცენტრალიზაციების დამუშავება მიკროპროცესორული საელემენტო ბაზის გამოყენებით. დღეისათვის **მიკროპროცესორული ელექტრონული ცენტრალიზაციები** წარმოადგენენ პერსპექტიულ სისტემებს, რომლებიც წარმატებით ფუნქციონირებენ მსოფლიოს რკინიგზების სხვადასხვა სადგურებში. მიმდინარეობს რელეური ელექტრული ცენტრალიზაციების მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციებით შეცვლის პროცესი. პარალელურად მიმდინარეობს რელეური სისტემების შემდგომი სრულყოფა-გაუმჯობესების პროცესი.

### 1.3.2. ავტომატიკის საბაზისარბენო სისტემები

**გადასარბენი (Station-to-station block)** ეწოდება რკინიგზის ხაზის ნაწილს, რომელიც ორივე მხრიდან შემოსაზღვრულია განმაცალკაველები პუნქტებით (სადგურებით, ასაქცევებით, გასასწრები პუნქტებით). გადასარბენზე მატარებელთა მოძრაობის მარგანიხებელმა სისტემამ საჭიროა

- გამორიცხოს ერთიდაიგივე ლიანდაგზე ურთიერთშემხვედრი მიმართულებით მატარებლების მოძრაობის შესაძლებლობა;

- ერთიდაიგივე ლიანდაგზე ერთმანეთის მიყოლებით მოძრაე მატარებლებს შორის დაიცვას მათი შეჯახების თავიდან ასაცილებლად აუცილებელი სივრცითი ინტერვალი.

ავტომატიკის სისტემას, რომელიც უზრუნველყოფს ზემოთაღნიშნული პირობების შესრულებას, ეწოდება გადასარბენზე მატარებლების მოძრაობის **ინტერვალური რეგულირების სისტემა**.

გადასარბენზე მატარებლების მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემა რთული სისტემაა და შედგება ცალკეული ქვესისტემებისაგან. ეს უკანასკნელები პირობითად შეიძლება დაგყოს ძირითად და დამატებით ქვესისტემებად.

**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 სადისპენერო კონტროლის ქვესისტემა.
- მოკლედ დავახასიათოთ ზემოთ ჩამოვლილი ყველა ქვესისტემები.

**- ნახევრადავტომატური ბლოკირება** ეწოდება მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემას, როდესაც მთელი გადასარბენი ერთ ბლოკ-უბნადაა განხილული, რომელზედაც ერთდროულად მხოლოდ ერთი მატარებლის მოძრაობაა შესაძლებელი და მატარებელთა შორის ინტერვალი იმ დროის ტოლია, რომელიც მატარებელს სჭირდება გადასარბენის გასაველად.

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

ნახევრადავტომატური ავტობლოკირების კიდევ ერთ ნაკლს წარმოადგენს ის გარემოება, რომ აღნიშნული სისტემის დროს, როგორც წესი, გადასარბენზე არ ეწევა 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 დამუშავებული იქნა სპეციალური, შედარებით დაბალი ღირებულების მქონე, უპირებირო სარელსო წრედი, რომლის მოქმედების პრინციპს განვიხილავთ მეორე თავში. მიუხედავად ამისა, იმ უბნებზე, რომლებზედაც 7-10 წლიანი პერსპექტივით მოსალოდნელია გადაზიდვების მოცულობის მკვეთრი ზრდა, ნახევრადავტომატური ბლოკირების დანერგვს 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 ეწეობა ელექტრული სარელსო წრედი, რომელიც გამოიყენება როგორც ბლოკ-უბნის მდგომარეობის (თავისუფალია თუ დაკავებულია) გადამწოდად, ასევე სარელსო ძაფების მთლიანობის გასაკონტროლებლად. ავტობლოკირებაში გამოყენებულ შუქნიშნებს ეწოდება **გასასვლელი შუქნიშნები** და ავტობლოკირებისათვის ისინი წარმოადგენენ მართვის ობიექტებს.

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

ავტობლოკირებს დროს თითოეულ გასასვლელ შუქნიშნთან იდგმება რელეური და საბატარეო კარადები. პირველ მათგანში განთავსებულია შუქნიშნის ნათურების მართვისათვის აუცილებელი აპარატურა, ხოლო მეორეში – აღნიშნული აპარატურისა და სარელსო წრედების კვებისათვის აუცილებელი კვების წყაროები.

შუქნიშნები ერთმანეთთან დაკავშირებულია საჰაერო ან საკაბელო სახაზო წრედებით. სახაზო წრედებთან აპარატურის მისაერთებლად ძალოვან სადენებზე იდგმება სარელეო კარადებთან დაკავშირებული საკაბელო ყუთები. ავტობლოკირების მოწყობილობები კვებას იღებენ 10კვ ძაბვის მქონე მაღალი ძაბვის სამფაზა ხაზისაგან. ამის განსახორციელებლად ძალოვან საყრდნებზე იდგმება კაბელით რელეურ კარადასთან დაკავშირებული დამადაბლებელი სახაზი ტრანსფორმატორები.

ავტობლოკირების აპარატურა მოძრავი მატარებლის ზემოქმედებით ანხორციელებს გასასვლელი შუქნიშნების სიგნალების ავტომატურ გადართვას. თითოეული გასასვლელი შუქნიშნის სასიგნალო ჩვენება მოცემულ შუქნიშნთან მიახლოებული მატარებლის მემანქანეს მიუთითებს წინ მიმავალი მატარებლის კოორდინატებს. ავტობლოკირების დროს გამოიყენება სამ- და ოთხნიშნა სიგნალიზაცია. ამაშთანავე, ოთხნიშნიანი ავტობლოკირება რეკომენდებულია გამოყენებული იქნას საგარეუბნო უბნებზე, რომლებზედაც კურსირებენ მკვეთრად განსხვავებული სიჩქარის მქონე მატარებლები.

**სამნიშნა სიგნალიზაციის ავტობლოკირების** დროს გასასვლელი 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 გასაველი შუქნიშნებით გადაიცემა შემდეგი სასიგნალო ჩვენებები:

- მწვანე შუქი - ნებადართულია დადგენილი სიჩქარით 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.

სატვირთო მატარებლების ადგილიდან დაძვრისა და გაჩერებისათვის ძნელი პროფილის მქონე ელემენტებზე დასაყენებელ გასასვლელ შუქნიშნებზე დაყენებული უნდა იყოს თეთრი ფერის ამრეკლავი ნიშნიანი ფარის სახის პირობით-ნებადამრთველი სიგნალი; ამრეკლავ ნიშანს აქვს ასო **T** –ს ფორმა. ამ სიგნალის არსებობა ნებას აძლევს სატვირთო მატარებელს 20 კმ/სთ სიჩქარითა და მოძრაობის დაბრკოლების წარმოქმნისას დაუყოვნებელი გაჩერების მზადყოფნით გაიაროს წითელი შუქიანი შუქნიშანი.

შუქნიშანზე წითელი შუქის ნათებისას ან შუქნიშნის განუსაზღვრელი ჩვენების დროს მემანქანემ უნდა გააჩეროს მატარებელი. იგი თუ ხედავს, ან მან თუ იცის, რომ მომდევნო ბლოკ-უბანი დაკავებულია მატარებლით, მაშინ ეკრძალება მოძრაობა ბლოკ-უბნის განთავისუფლებამდე; მემანქანემ თუ არ იცის მატარებლის არსებობა მომდევნო ბლოკ-უბანზე, იგი ვაღდებულება 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 გასაველ შუქნიშანს ეწოდება **წინაშესასვლელი შუქნიშანი**. მას გააჩნია უფრო გაფართოებული სიგნალიზაცია. კერძოდ, გარდა 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 (რელისი გატეხვის ან ამოღების) შემთხვევაში დაზიანებული რელსიანი ბლოკ-უბნის გადამღობ შუქნიშანზე ჩაერთვება წითელი სიგნალი, რომელიც მოითხოვს მატარებლის გაჩერებას.

ავტობლოკირებიან უბანზე გასავლელი შუქნიშნების ცუდი ხილვადობის დროს შესაძლებელია მატარებელმა დაარღვიოს მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მოთხოვნა და გაიაროს დახურული შუქნიშანი. უსაფრთხოების ასამაღლებლად ავტობლოკირებასთან ერთად გამოიყენება რიცხვითი ან სისწირული 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 სარელსო კარადებში, არამედ გადასარბენის მომიჯნავე სადგურებში არსებულ ცენტრალურ პოსტებზე. ამ სისტემაში ინტერვალური რეგულირების ძირითადი საშუალებაა რიცხვითი ან სისწირული ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სისტემა. გადასარბენზე დატოვებულია მხოლოდ ტრანსფორმატორები ან დროსველ-ტრანსფორმატორები, რომლებიც სადგურებთან დაკავშირებულია მხოლოდ საკაბელო ხაზებით. ცენტრალიზებულ ავტობლოკირებაში ძირითადად გამოიყენება სისწირული ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია, ხოლო სარეზერვოდ – რიცხვითი ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია. გადასარბენზე არსებული ყველა სარელსო წრედი იკვებება სადგურში არსებული საერთო კოდური სალიანდაგო

ტრანსმიტერიდან. კოდირება იწყება მატარებლის მიერ მოცემული სარელსო წრედის დაკავების მომენტიდან, ხოლო კოდის შინაარსს განსაზღვრავს იმ სარელსო წრედების რაოდენობა, რომლებიც არსებობს ურთიერთმიმყოფ მატარებლებს შორის.

დამუშავებულია და ინერგება ცენტრალიზებული ავტობლოკირების ორი სისტემა:

1) მაიხოლირებელი პირაპირებით ფორმირებული შეზღუდული სარელსო წრედებიანი ცენტრალიზებული ავტობლოკირება;

2) უპირაპირო შეზღუდული სარელსო წრედებიანი ცენტრალიზებული ავტობლოკირება.

რადგანაც ცენტრალიზებულ ავტობლოკირებაში არ არსებობს გასავლელი შუქნიშნები და მკაფიოდ არ არის ფიქსირებული ბლოკ-უბნების საზღვრები, ამიტომ მემანქანემ მატარებლის ტარებისას უნდა იხელმძღვანელოს სალოკომოტივო შუქნიშნის ჩვენებებით. ასეთ პირობებში მემანქანემ უნდა გამოიჩინოს განსაკუთრებული სიფხიზლე, რათა არ დაუშვას 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 სიტემაში კოდირება შეიძლება ჩაირთოს როგორც ავტომატურად, მოძრავი შემადგენლობის მიერ სათანადო სარელსო წრედზე ზემოქმედების შედეგად, ასევე პულტ-ტაბლოდან სადგურის მორიგის მიერ. ღიანდაგზე წინააღმდეგობების წარმოქმნის შემთხვევაში სადგურის მორიგეს შეუძლია ნებისმიერ სარელსო წრედში ამართოს ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სიგნალები, ან უფრო მეტად ნებადამრთველი კოდი შეცვალოს ნაკლებად ნებადამრთველი კოდით. ამით გამოირიცხება ავარიული სიტუაციების წარმოშობის ალბათობა და მაღლდება მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოება.

ჩქაროსნული (მაღალსინქარული) მოძრაობის მაგისტრალურ ხაზებზე ინტერვალური რეგულირება ხდება ოთხნიშნიანი სიგნალიზაციის მქონე ავტობლოკირებით, რომელსაც ემატება მრავალნიშნიანი ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია; ამ

უკანასკნელის დროს გამოიყენება სიხშირული კოდირება, ხოლო სალოკომოტივო შუქნიშანზე გათვალისწინებულია მრავალნიშნა სიგნალიზაცია.

200კმ/სთ სიჩქარის მქონე ჩქაროსნულ მატარებლებს გააჩნიათ გრძელი სამუხრუჭო მანძილები, ამიტომ ავტობლოკირება და ოთხნიშნა ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია ვერ უზრუნველყოფენ ასეთი კატეგორიის მატარებლების მოთხოვნილ ინტერვალურ რეგულირებას; ამიტომ აუცილებელია ავტობლოკირებასთან ერთად ფუნქციონირებდეს მრავალნიშნა სიგნალიზაციის მქონე ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია. სალოკომოტივო შუქნიშანზე სასიგნალო 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 სიგნალიზაციასთან დაკავშირებულია მიახლოების კვალდაზრუნველყოფის სალოკომოტივო შუქნიშანზე ჩნდება სიგნალი, რომელიც აჩვენებს მემანქანეს შეამციროს სიჩქარე ამკრძალავი სიგნალის მქონე შუქნიშნის წინ მის სრულ განხერხებამდე.

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

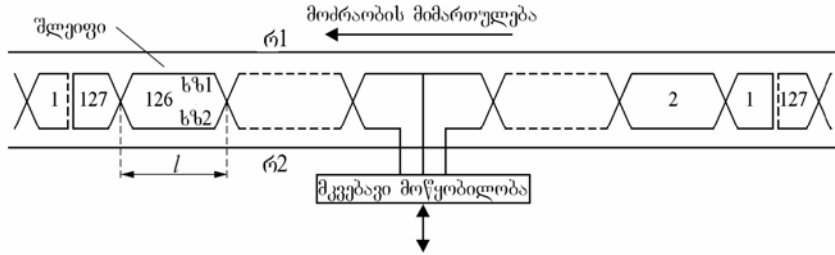
ა) ლოკომოტივიდან სასადგურო მოწყობილობებში (გადასარბენზე მატარებლის ადგილმდებარეობის კოორდინატების განსაზღვრავად);

ბ) სასადგურო მოწყობილობებიდან – ლოკომოტივზე (სალოკომოტივო შუქნიშანზე სიგნალების ჩასართავად).

ზემოთაღნიშნული შლეიფის საშუალებით ორგანიზებულ სისტემას ეწოდება **სალიანდაგო არხი**. არსებობს სალიანდაგო არხების მოწყობის (სალიანდაგო შლეიფების ჩალაგების)

სხვადასხვა ხერხები. ერთ-ერთი ასეთი ხერხის გამოყენებით ორგანიზებული სალიანდაგო არხი ნაჩვენებია ნახაზ 1.11-ზე

შლეიფებით აღჭურვილი რკინიგზის უბანი იყოფა დაახლოებით 10-20 კმ 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 უბნის დასაწყისიდან მატარებლის მდებარეობის ადგილამდე გადაჯვარედინებების დათვლით.



**ნახ.1.11.** სალიანდაგო არხის მოწყობის (სალიანდაგო შლეიფის ჩალაგების) სქემა

ინტერვალური რეგულირების კოორდინატულ სისტემაში სხვადასხვა ლოკომოტივებიდან მიღებული ინფორმაციები გადასარბენზე მატარებლების კოორდინატების შესახებ მუშავდება და ანალიზდება. კოორდინატების სხვაობათა გამოთვლის გზით განისაზღვრება ერთმანეთს მიმყოფ მატარებლებს შორის არსებული ფაქტიური მანძილი. მის მნიშვნელობაზე დამოკიდებულებით გამოიშვება ბრძანება უკან მოძრავი მატარებლის დასაშვები სიჩქარის შესახებ, რომელიც გარდაიქმება სისწორულ კოდურ სიგნალად და კავშირის ინდუქტიური არხით გადაიცემა შლეიფში. ამ უკანასკნელიდან აღნიშნულ სისწორული 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 გამოიმუშავენ ბრძანებას დასაშვები სიჩქარის შემცირების

შესახებ. სალოკომოტივო შუქნიშანზე თუ გაჩნდება სიგნალი, რომელიც ფაქტიურ სიჩქარეზე უფრო ნაკლები სიჩქარით მოძრაობის უფლებას იძლევა, ჩაირთვება სამომსახურეო დამუხრუჭება და ფაქტიური სიჩქარე შემცირდება დასაშვებ სიჩქარემდე. მატარებლების შემდგომი დაახლოება გამოიწვევს მდორე დამუხრუჭებას დაბრკოლების წინ მატარებლის სრულ გაჩერებამდე. ინტერვალური რეგულირების კოორდინატულ სისტემას შეიძლება დაემატოს სარელსო წრეები, რათა გაკონტროლდეს რელსების მთლიანობა, რათა ავტობლოკირებითა და ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციით აღჭურვილი უბნების დონეზე უზრუნველყოფილი იქნეს მატარებლების მოძრაობის სრული უსაფრთხოება.

გადასარბენზე მატარებელთა მოძრაობის ინტერვალური რეგულირების სისტემის დამატებით ქვესისტემებად, როგორც ზემოთ გვქონდა აღნიშნული, განიხილება გადასასვლელზე ავტომატური გადამღობი ქვესისტემა და მატარებლების მოძრაობის ავტომატური სადისპეჩერო კონტროლის სისტემა.

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

საქართველოს რკინიგზაზე გავრცელებულია ოთხნიშნა ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სისტემა, რომლის დროსაც სალოკომოტივო შუქნიშანს გააჩნია შემდეგი ჩვენებები:

- მწვანე შუქი – მაქსიმალური სიჩქარით მოძრაობის ნებართვას იძლევა; შუქნიშანზე, რომელსაც მატარებელი უახლოვდება, ანთია მწვანე, ან ციმციმა მწვანე, ან ერთად მნათი ერთი მწვანე და ერთი ყვითელი შუქი;

- ყვითელი შუქი - იძლევა მოძრაობის ნებას და ითხოვს სიჩქარის შემცირებას; შუქნიშანზე, რომელსაც მატარებელი უახლოვდება ანთია ერთი ან ორი ყვითელი შუქი; ან ორი ყვითელი შუქი, რომელთაგანაც ზედა ციმციმებს; ან ორი ყვითელი შუქი და მწვანე ზოლი; ან ციმციმა მწვანე, ყვითელი შუქი და მწვანე ზოლი;

- ყვითელ-წითელი შუქი, რომელიც მოძრაობის უფლებას იძლევა გზნერების მზადყოფნით; შუქნიშანზე, რომელსაც მატარებელი უახლოვდება ანთია წითელი ინ მომწვევი სიგნალი;



- წითელი შუქი, რაც ნიშნავს, რომ მატარებელმა გაიარა წითელი შუქიანი შუქნიშანი.

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 გადაძლობი სისტემა* ეწოდება სისტემას, რომელიც ეწეობა გადასასვლელზე 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 მიახლოებიდან მის სრულ განთავისუფლებამდე პერიოდში.

- *მატარებლების მოძრაობის ავტომატური დისპეჩერო კონტროლის სისტემა* ეწოდება სისტემას, რომელიც სამატარებლო დისპეჩერს საშუალებას აძლევს დროის ყოველ მომენტში იცოდეს მატარებლების ადგილმდებარეობა, აგრეთვე საკონტროლო უბანში განთავისუფლებული სადგურების შესასვლელ და გასასვლელ შუქნიშნებზე არსებული სიგნალები. ეს მნიშვნელოვნად ამსუბუქებს დისპეჩერის მუშაობის პირობებს, აძლევს მას საშუალებას მაღალი სიჩქარეებისა და ინტენსიური მოძრაობის დროს მოქნილად მართოს მატარებლების მოძრაობა.

## თ ა ვ ი 2

### სარელსო წრეების აბეზისა და ფუნქციონირების საფუძვლები

#### 2.1. სარელსო წრეების დანიშნულება, სახეები, სტრუქტურული სქემები და კლასიფიკაცია; მათი ელემენტები და კვების წყაროები

რკინიგზაზე მატარებლების მოძრაობის რეგულირების თანამედროვე ავტომატური და ავტომატიზებული სისტემების ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია მათ მიეწოდებოდეს პირველადი დისკრეტული ინფორმაცია ლიანდაგის მდგომარეობის (დაკავებულობის, თავისუფლების, მთლიანობის) შესახებ. ამ ინფორმაციის შეკრებისა და ფორმირებისათვის გამოიყენება **პირველადი სალიანდაგო გადამწოდები**, რომლებიც მოწვობილობისა და მოქმედების პრინციპის მიხედვით იყოფიან **უწყვეტ და წერტილოვან გადამწოდებად**. მოცემულ და მომდევნო თავებში ჩვენ განვიხილავთ უწყვეტ სალიანდაგო გადამწოდებს, ხოლო ბოლო მეოთხე თავში – წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდებს.

უწყვეტი ტიპის სალიანდაგო გადამწოდებს გააჩნიათ ფართო ფუნქციონალური შესაძლებლობები და სხვადასხვა საექსპლუატაციო პირობებში, კერძოდ, გადასარბენებზე, სადგურებში, მახარისხებელ გორარებზე და ა. შ., მუშაობის უნარი. ამიტომ უწყვეტი ტიპის სალიანდაგო გადამწოდებმა ისე მყარად დაიმკვიდრეს ადგილი სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემებში, რომ დღეს ძნელი წარმოსადგენია აღნიშნული სისტემების წარმოდგენა უწყვეტი ტიპის სალიანდაგო გადამწოდების გარეშე.

რკინიგზაზე გავრცელებულ უწყვეტი ტიპის სალიანდაგო გადამწოდს წარმოადგენს გასული საუკუნის 60-70-იან წლებში ამერიკელი გამომგონებლის უილიამ რობინსონის მიერ დამუშავებული ელექტრული სარელსო წრედი (შემოკლებით, სარელსო წრედი), რომელმაც განვლილი პერიოდის განმავლობაში მნიშვნელოვანი მოდიფიცირება განიცადა.

**სარელსო წრედი** ეწოდება ლიანდაგის მდგომარეობის (დაკავებულობისა და მთლიანობის) გადამწოდს, რომლის აღმქმელ ორგანოს წარმოადგენს სარელსო ხაზი. აღნიშნული სპეციფიკური აღმქმნელი ორგანოს გამოყენების წყალობით სარელსო წრედი წარმატებით ასრულებს მოძრავ შემადგენლობასა და იმ ხელსაწყოებს შორის უწყვეტი კავშირის დამყარების ფუნქციას, რომლებიც გამოიყენება მატარებლების მოძრაობის სარეგულირებლად და მათი უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად.

გადასარბენებსა და სადგურებში, სადაც ხდება მატარებლების ინტენსიური მოძრაობა, სარელსო წრედები აფიქსირებენ იზოლირებულ სალიანდაგო უბანზე მოძრავი შემადგენლობის არსებობას და რელსების მთლიანობას (სარელსო ძაფის სრული მექანიკური ან ელექტრული გაწყვეტის არარსებობას). მოძრავი შემადგენლობის არარსებობისა და სარელსო ძაფების წესიერულობის დროს სარელსო წრედების მიერ ხდება ლოგიკური ერთიანის ექვივალენტური სიგნალის ფორმირება. სარელსო ძაფები თუ დაკავებულია ან ელექტრულად გაწყვეტილია, სარელსო წრედებით ფორმირდება ლოგიკური ნულის ექვივალენტური სიგნალი (ლოგიკაში **დადებითი კონვენციის** გამოყენების შემთხვევაში ლოგიკურ 1-ად მიიღება გარკვეული ფიზიკური სიდიდის, მაგალითად ძაბვის ან დენის, მაღალი (გარკვეული), ხოლო ლოგიკურ 0-ად – დაბალი მნიშვნელობა; **უარყოფითი კონვენციის** გამოყენების შემთხვევაში პირიქით, ლოგიკურ 1-ად მიიღება აღნიშნული სიდიდეების დაბალი, ხოლო ლოგიკურ 0-ად – მაღალი მნიშვნელობა. რელეურ სისტემებში, როგორც წესი, გამოიყენება დადებითი კონვენცია, ხოლო ელექტრონულ, კერძოდ, მიკროპროცესორულ სისტემებში, შეიძლება გამოყენებული იქნას უარყოფითი კონვენციაც)

თავდაპირველად სარელსო წრედები ასრულებდნენ მარტო სალიანდაგო გადამწოდის ფუნქციებს, კერძოდ, აფიქსირებდნენ იზოლირებული უბნების დაკავებულობისა თუ თავისუფლების ფაქტს და აკონტროლობდნენ ლიანდაგების მთლიანობას.

დღეს სარელსო წრედები წარმატებით გამოიყენება ორ მეზობელ შუქნიშანს შორის, აგრეთვე ლიანდაგებიდან ლოკომოტივზე (ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის შემთხვევაში) კოდური სიგნალების გადამცემ ტელემექანიკურ არხადაც.

სარელსო წრედებს, რომლებიც ასრულებენ ზემოთ აღნიშნულ საპასუხისმგებლო ფუნქციებს, მეტად მძიმე საექსპლუატაციო პირობებში უხდებათ მუშაობა. ამასთანავე ეს

პირობები სულ უფრო და უფრო რთულდება. კერძოდ, მაღლდება დონეები და ფართოვდება სპექტრული შემადგენლობები იმ დაბრკოლებებისა, რომელთა წყაროებია წვეის დენები, ენერგოსისტემები, სამატარებლო ცენტრალიზებული განათებისა და ვაგონების გათბობისათვის გამოსაყენებელი დენები; უარესდება სარელსო ხაზების პარამეტრები, განსაკუთრებით რკინა-ბეტონის შპალების გამოყენებისას და ა.შ. ამიტომ მკაცრდება სარელსო წრედებისადმი წაყენებული მოთხოვნები. მათი დაკმაყოფილებისათვის განუწყვეტლად მიმდინარეობს ახალი მეთოდებისა და ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით სარელსო წრედების მოდერნიზება-სრულყოფის პროცესი. ამის შედეგად დამუშავებული იქნა მრავალი სახის სარელსო წრედი, რომელთა კლასიფიცირება შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით. სარელსო წრედების კლასიფიცირება ნაჩვენებია ნახ. 2.1-ზე.

უ. რობინსონის მიერ შექმნილი პირველი სარელსო წრედი წარმოადგენდა *მუდმივი დენის ნორმალურად განართულ სარელსო წრედს* (იხ. ნახ. 1.2), რომელიც აკონტროლებდა იზოლირებული უბნის დაკავებულობას, მაგრამ ვერ აკონტროლებდა რელსების მოლიანობას, ამიტომ მაგისტრალურ რკინიგზაზე ნორმალურად გგანართული სარელსო წრედები ვერ გავრცელდა. რობინსონის მიერვე 1870 წელს შემოთავაზებულ *ნორმალურად შეკრულ სარელსო წრედს* (იხ. ნახ. 1.3) შეუძლია ზემოთაღნიშნული ორივე ფუნქციის წარმატებით შესრულება; დღეისთვის რკინიგზის მაგისტრალურ ხაზებზე მხოლოდ ნორმალურად შეკრული სარელსო წრედები გამოიყენება. იშვიათ გამონაკლისად შეიძლება ჩაითვალოს მახარისხებელი გორაკები, სადაც დღემდეა შენარჩუნებული ნორმალურად განართული სარელსო წრედები. ამას განაპირობებს მათი მაღალი სწრაფმოქმედება. მახარისხებელ გორაკებზე, სადაც მოძრავ მოხსნებს შორის დროითი ინტერვალების ხანგრძლივობა რამდენიმე ათეული წამის ტოლია, სარელსო წრედების სწრაფმოქმედებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სისტემის წესიერულად მუშაობისათვის.

ნორმალურად შეკრული სარელსო წრედების მუშაობის თავისებურებების გასაანალიზებლად დაწვრილებით განვიხილოთ მათი უმარტივესი წარმომადგენლის – *მუდმივი დენის ნორმალურად შეკრული სარელსო წრედის* გამარტივებული სქემა (ნახ. 2.2.).

როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს სარელსო წრედის ორგანიზებისათვის მაიზოლირებელი პირაპირებით გამოიყოფა

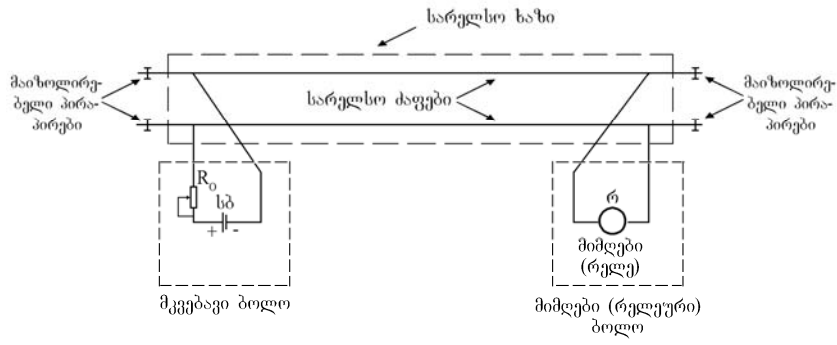
სარელსო ძაფებისაგან შემდგარი ხაზი, რომლის ერთ-ერთ ბოლოს ეწოდება *მკვებავი ბოლო*, ხოლო მეორეს – *მიმღები ბოლო*. რადგან სარელსო წრედში მიმღებად, როგორც წესი, გამოიყენება ელექტრომაგნიტური რელე, ამიტომ მიმღებ ბოლოს *რელეურ ბოლოსაც* უწოდებენ. ჩვენს მიერ განხილულია მუდმივი დენის სარელსო წრედი, ამიტომ მკვებავ ბოლოში კვების წყაროდ გამოიყენებულია სალიანდაგო ბატარეა (*სბ*).

მუდმივი დენის სარელსო წრედს წარმოადგენდა იმ პირველი სარელსო წრედი, რომელიც *უ. რობინსონის* მიერ იქნა შემოთავაზებული XIX საუკუნის 60-70-იან წლებში. იგი წარმატებით გამოიყენებოდა რკინიგზის უბნებზე, სადაც წვეის ძალად გამოიყენებოდა ორთქლის ძალა.

ბოსტონში განხორციელებულმა რკინიგზის ელექტროფიცირებამ აუცილებელი გახადა ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო მოთხოვნის ერთდროული შესრულება. ერთი მხრივ, სარელსო წრედის ორგანიზებისათვის აუცილებელი იყო მაიზოლირებელი პირაპირების საშუალებით გამოყოფილიყო ჩაკეტილი სარელსო ხაზი (იხ. ნახ. 2.2), ხოლო მეორე მხრივ წვეის უკუდენის შეუფერხებლად გატარებისათვის უზრუნველყოფილი ყოფილიყო რელსების ელექტრული უწყვეტობა (ნახ. 2.3).

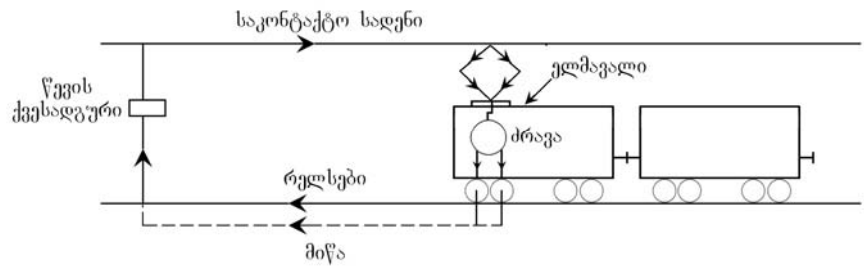
წვეის დენი ელმავალს წვეის ქვესადგურიდან საკონტაქტო სადენით მიეწოდება (იხ. ნახ. 2.3); აღნიშნული დენი წვეის ქვესადგურს უბრუნდება სარელსო ძაფებითა (რელსებითა) და მიწით. მაშასადამე რელსებზე მაიზოლირებელი პირაპირების არსებობა, რაც აუცილებელია სარელსო წრედის მოსაწყობად, წარმოადგენს წვეის უკუდენის გატარებისათვის ხელისშემშლელ გარემოებას. მიუხედავად იმისა, რომ მეზობელი სარელსო წრედები ერთმანეთისაგან განმხოლოებულია მაიზოლირებელი პირაპირებით, წვეის უკუდენს მაინც უნდა ჰქონდეს ერთი სარელსო წრედიდან მეორეში გადასვლის საშუალება. ამის უზრუნველსაყოფად პირველად შემოთავაზებული იქნა ერთრელსიანი (ერთაფიანი) სარელსო წრედი (ნახ. 2.4), რომლის ერთ-ერთი რელსით (წვეის რელსით) ხდებოდა წვეის I<sub>წ</sub> უკუდენის გატარება. ასეთი სარელსო წრედების ზღვრული სიგრძე არ აჭარბებდა 300-400 მეტრს. ისინი

მუდმივი ღირებულების სარეგისტრაციო წიგნი	უწყვეტი კვების სარეგისტრაციო წიგნი	გაუმჯობესებული სარეგისტრაციო წიგნი	მექანიკური პირამიდული სარეგისტრაციო წიგნი
დაბალი სიხშირის (f=250.75 ჰც) ცვლადი ღირებულების სარეგისტრაციო წიგნი	იმპულსური კვების სარეგისტრაციო წიგნი	პარალელურად გაუმჯობესებული სარეგისტრაციო წიგნი	ელექტრონიკული პირამიდული (უპირამიდული) სარეგისტრაციო წიგნი
ტონალური სიხშირის (100-2000 ჰც) ცვლადი ღირებულების სარეგისტრაციო წიგნი	კიდური კვების სარეგისტრაციო წიგნი	მიმდევრული გაუმჯობესებული სარეგისტრაციო წიგნი	იზოლირებული უკნი ორგანიზება
სასიგნალიზაციო ღირებულების საზე	მიმდევრული კვების რეჟიმი	სარეგისტრაციო საზე კონფორმული	სასიგნალიზაციო ღირებულების რეჟიმი
სასიგნალიზაციო ღირებულების საზე	სასიგნალიზაციო ღირებულების რეჟიმი	ორგანიზაციის სარეგისტრაციო წიგნი	ამპლტუდის მეორეხარისხიანი სარეგისტრაციო წიგნი
სასიგნალიზაციო ღირებულების საზე	სასიგნალიზაციო ღირებულების რეჟიმი	კონფორმული სარეგისტრაციო წიგნი	გაუმჯობესებული მეორეხარისხიანი სარეგისტრაციო წიგნი



**ნახ. 2.2.** უმარტივესი სარელსო წრედი

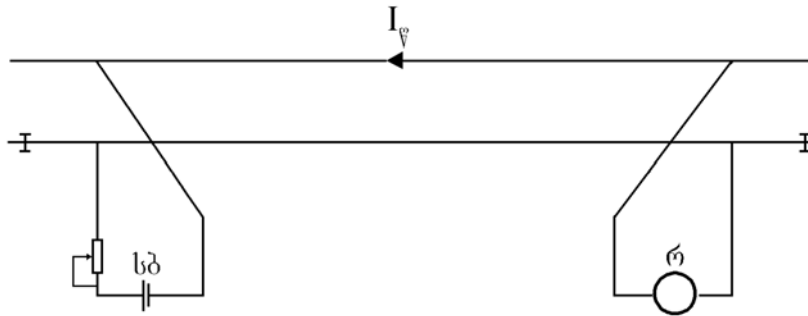
არადამაკამყოფილებელნი აღმოჩნდნენ, განსაკუთრებით ისეთი ელექტროფიცირებული უბნებისათვის, რომლებზეც ხდებოდა მატარებლების ინტენსიური მოძრაობა. მათი მთავარი ნაკლი იყო ის, რომ წვეის რელსის წინაღობის გაზრდის, კერძოდ მისი გატეხვის, შემთხვევაში წვეის დენი გავლენას ახდენდა სალიანდაგო რელეს მუშაობაზე. აღნიშნული სარელსო წრედის მოდიფიცირება-გაუმჯობესებისაკენ მიმართულმა სამუშაოებმა დამაკამყოფილებელი შედეგი ვერ მოგვცეს.



**ნახ. 2.3.** წვეის დენის გავლის სქემა ელექტროფიცირებულ უბანზე

სარელსო წრედების განვითარებაში ახალი ერის დასაწყისად შეიძლება ჩაითვალოს **1902** წელი, როდესაც სარელსო წრედების კვებისათვის **შტრუბლემ** პირველად გამოიყენა **ცვლადი დენი**. ამან, ერთი მხრივ, არსებითად გაამარტივა სარელსო წრედი მოწყობა და, მეორე მხრივ, მოგვცა ელექტროფიცირებულ რკინიგზაზე სარელსო ძაფების უნივერსალურად გამოყენების შესაძლებლობა. ამ საქმეში მთავარი როლი ითამაშა ამავე წელს **ტულენის** მიერ გამოგონებულმა დროსელურმა კოჭებმა.

სარელსო წრედებს, რომლებშიც წვეის  $I_{\text{წ}}$  დენი გადის ორივე რელსში, ეწოდა **ერთაფიანი (ორრელსიანი) სარელსო წრედი** (ნახ. 2.5.ა) ნახაზზე ნაჩვენებია სასიგნალო  $I_{\text{ს}}$  დენის ცირკულაცია სარელსო წრედის კონტურში და წვეის  $I_{\text{წ}}$  დენის გავლა მაიზოლირებელი პირაპირების გარშემოვლით. პირველად ასეთი სარელსო წრედები გამოყენებული იყო კალიფორნიაში. ცვლადი დენის სარელსო წრედებმა ორთქლის წვეიანი რკინიგზის უბნებიდანაც გამოდევნეს მუდმივი დენის სარელსო წრედები. კვების პირველადი ელემენტების (ბატარეების) ნაცვლად სარელსო წრედების კვებისათვის ელექტრული ენერჯის კომერციული წყაროების გამოყენებამ გააიაფა სარელსო წრედების ექსპლუატაცია და სარკინიგზო ავტომატიკის სისტემების განვითარების მძლავრ სტიმულად იქცა.

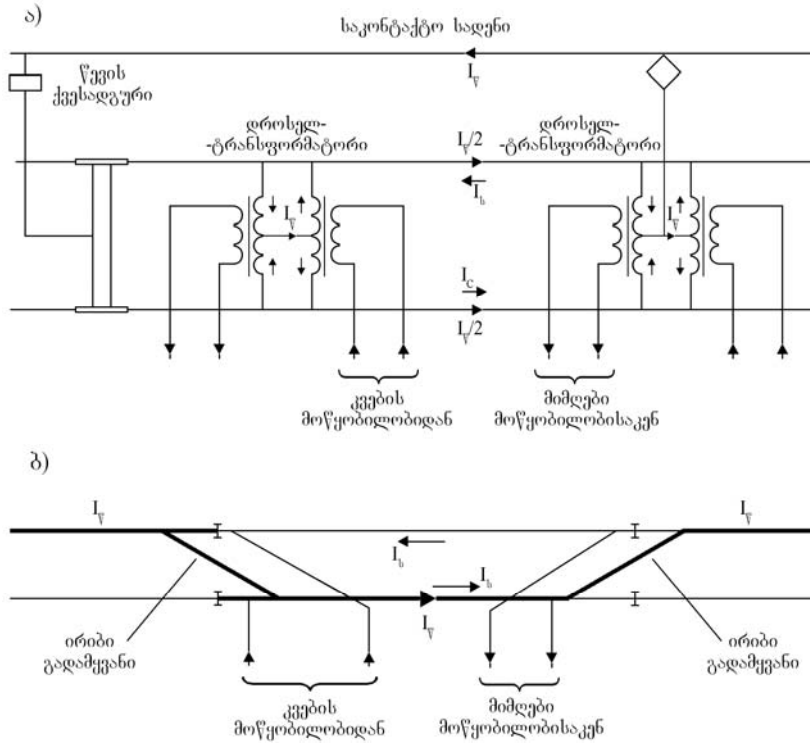


**ნახ. 2.4.** ერთაფიანი სარელსო წრედი

**ერთაფიანი სარელსო წრედები** წარმოადგენენ ყველაზე რთულ და ძვირ გადამწოდებს, ამიტომ ისინი გამოიყენება მხოლოდ გადასარბენებზე, სადგურის მთავარ და იმ გვერდით მისაღებ-გასაგზავნ ლიანდაგებზე, რომლებზედაც გათვალისწინებულია მატარებლების გაუჩერებლად გატარება და



რომელთა ფარგლებში უნდა ფუნქციონირებდნენ ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მოწყობილობები. დანარჩენ



**ნახ. 2.5.** ორძაფიანი (ა) და ერთძაფიანი (ბ) სარელსო წრედების გამარტივებული სქემები

სასადგურო ლიანდაგებზე გამოიყენება ერთძაფიანი სარელსო წრედები (ნახ. 2.5.ბ), რომლებშიც წვეის  $I_v$  დენის კანალიზაცია ხდება ერთ რელსში. ასეთი სარელსო წრედებით აღჭურვილ ლიანდაგებზე წვეის დენისათვის სარელსო ხაზების დიდი გასწვრივი ასიმეტრიის გამო დაუშვებელია ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სიგნალების ზედდება..

დამუშავებულია ორბაფიანი სარელსო წრედის საშუალო ტიპი, რომელშიც გამოიყენება მხოლოდ ერთი დროსელ-ტრანსფორმატორი (ყენდება მკვებავ ბოლოში). ასეთი ტიპის სარელსო წრედები ძირითადად გამოიყენება გვერდით ღიანდაგებზე, რომლებზედაც გათვალისწინებულია ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სიგნალების ზედდება.

ერთბაფიანი სარელსო წრედების მოწყობა დასაშვებია მეორეხარისხოვან საპარკო ღიანდაგებსა და ისრულ უბნებზე იმ შემთხვევაში, როდესაც:

ა) ორღიანდაგიანი უბნის შემთხვევაში წვევის დენის გატარება შესაძლებელია ექვსზე არანაკლები რაოდენობის პარალელურ რელსებში.

ბ) ერთღიანდაგიან უბანზე აღნიშნული დენის გატარება შესაძლებელია სამზე არანაკლები რაოდენობის პარალელურ რელსებში.

სარელსო წრედებში სასიგნალო დენად შეიძლება გამოყენებული იქნეს სხვადასხვა სიხშირის ცვლადი დენი (მუდმივი დენის სარელსო წრედები პირობითად შეიძლება განვიხილოთ  $f = 0$  სიხშირის სასიგნალო დენის მქონე სარელსო წრედად). არსებულ სისტემებში ფართოდაა გავრცელებული 25, 50 და 75 კვ სიხშირის სასიგნალო დენიანი სარელსო წრედები.

სარელსო წრედების საიმედო ფუნქციონირების ერთ-ერთი მოთხოვნის თანახმად მათში ცირკულირებადი სასიგნალო დენების სიხშირე უნდა განსხვავდებოდეს იმ უბანზე გამოყენებული წვევის დენის სიხშირისაგან, რომელ უბანზეც ხდება სარელსო წრედების მოწყობა.

საქართველოს რკინიგზაზე გამოყენებულია მუდმივი დენის ელექტრული წვევა, ამდენად ზემოთ ჩამოთვლილი სამივე სიხშირის დენი საქართველოს რკინიგზაზე შეიძლება გამოყენებული იქნეს სარელსო წრედებისათვის. ამიტომ რომელიმე მათგანისათვის უპირატესობის მისაცემად საჭიროა შევადაროთ მათი სხვა პარამეტრები.

სხვადასხვა სიხშირის (მათ შორის ნულოვანი სიხშირის, ანუ მუდმივი დენის) ცვლადი სასიგნალო დენიანი სარელსო წრედების ცალკეული პარამეტრები (მათ მიერ მოხმარებული სიმძლავრისა და  $\cos\phi$ -ს მნიშვნელობები) ნაჩვენებია ცხრ. 2.1-ში.

**ცხრილი 2.1** სარელსო წრედების მოხმარებული საშუალო სიმძლავრეები

სარელსო წრედის სიგრძე, მ	მუდმივი დენის სასიგნალო დენი				50 პკ სიხშირის ცველადი სასიგნალო დენი			
	ვტ	ვრ	ვა	cosφ	ვტ	ვრ	ვა	cosφ
500 – მდე	10,5	10,7	15	0,7	--	--	--	--
500-1000	10,5	10,7	15	0,7	24	54,9	60	0,4
1000-1500	14,0	14,26	20	0,7	40	69,6	80	0,5
1500-2000	14,0	14,26	20	0,7	90	120	150	0,6
2000-2250	--	--	--	--	--	--	--	--
2000-2300	21,0	21,39	30	0,7	--	--	--	--
2000-2500	--	--	--	--	120	160	200	0,6
2250-2500	--	--	--	--	--	--	--	--
2300-2600	28,0	28,52	40	0,7	--	--	--	--
2500-2600	--	--	--	--	150	200	250	0,6

სარელსო წრედის სიგრძე, მ	25 პკ სიხშირის ცველადი დენი				75 პკ სიხშირის ცველადი დენი		
	ვტ	ვრ	ვა	cosφ	ვტ	ვრ	ვა
500 – მდე	3,62	1,59	3,85	0,94	15	24	28
500-1000	6,55	3,62	7,55	0,87	21	27	34
1000-1500	13,6	7,25	15,5	0,87	34	28	44
1500-2000	25,5	13,1	28,5	0,87	70	40	80
2000-2250	34,6	16,9	38,5	0,87	95	60	102
2000-2300	--	--	--	--	--	--	--
2000-2500	--	--	--	--	--	--	--
2250-2500	40,2	23,1	54	0,87	178	87	200
2300-2600	--	--	--	--	--	--	--
2500-2600	--	--	--	--	--	--	--

კარგი ეკონომიკური მაჩვენებლების გარდა სარელსო წრედებს უნდა ჰქონდეთ კარგი ტექნიკური მაჩვენებლებიც; კერძოდ:

1) სასურველია, რომ მათ მიმღებებს (რელეებს) გააჩნდეთ რაც შეიძლება ნაკლები სიმძლავრე;

2) სარელსო წრედებმა უზრუნველყონ სარელსო ბოლოზე მოსული ელექტრული ენერჯის მაქსიმალურად აღქმა (გამოყენება) მიმღების (რელეს) მიერ.

პირველი მოთხოვნის დაკმაყოფილება შესაძლებელია სალიანდაგო მიმღების (რელეს) კვებისათვის გამოყენებული დენის სახეობის ფარგლებში აღნიშნული მიმღების კონსტრუქციული სრულყოფის გზით.

რამდენადმე დეტალურად განვიხილოთ მეორე მოთხოვნა.

რელეს მიერ სარელსო ბოლოზე მოსული ენერჯის სრულად აღქმას ხელს უშლის ის გარემოება, რომ ცვლადი დენის სიმძლავრე (მას სრული სიმძლავრე ეწოდება) იყოფა აქტიურ და რეაქტიულ მდგენელებად, რომელთაგანაც აქტიური სიმძლავრე იხარჯება სასარგებლო მუშაობისათვის (ჩვენს შემთხვევაში სალიანდაგო მიმღების ასამოქმედებლად), ხოლო რეაქტიული სიმძლავრე გროვდება წრედის ტევადობებსა და ინდუქციურობებში.

ელექტრული ენერჯის სალიანდაგო მიმღების მიერ მოხმარებული აქტიური სიმძლავრე:

$$P=UI\cos\varphi, \quad (2.1)$$

სადაც  $U$  არის მიმღებზე მოდებული ძაბვა,  $I$ -მასში გამავალი დენი, ხოლო  $\varphi$  კი  $U$  და  $I$  ვექტორებს შორის არსებული კუთხე. აღნიშნულ სიმძლავრეს **სასარგებლო სიმძლავრესაც** უწოდებენ.

ტრიგონომეტრიიდან ცნობილია რომ  $\cos\varphi$ -ს მნიშვნელობები იცვლება 0-დან 1-მდე. (2.1) ფორმულიდან ჩანს, რომ სასარგებლო  $P$  სიმძლავრე მაქსიმუმს მიაღწევს მაშინ, როდესაც  $\cos\varphi=1$  ანუ, როდესაც  $\varphi=0$ ; აღნიშნული პირობა უცილობლად მხოლოდ მუდმივი დენის შემთხვევაში სრულდება.

ცვლადი დენის შემთხვევაში რაც უფრო ნაკლებია ძაბვის და დენის ვექტორებს შორის არსებული  $\varphi$  კუთხე, (2.1) ფორმულის ძალით მით უფრო მეტია ცვლადი დენის სასარგებლო სიმძლავრე ( $\varphi$  კუთხის შემცირებით იზრდება  $\cos\varphi$  და, მაშაშინამე აქტიური  $P$  სიმძლავრეც) სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, რაც უფრო მეტია (ანუ, რაც უფრო ახლოსაა 1-თან)  $\cos\varphi$ , მით უფრო მეტია რელეს მიერ მოხმარებული ცვლადი დენის სიმძლავრე (სასარგებლო სიმძლავრე).

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე  $\cos\varphi$ -ს, სადაც  $\varphi$  არის  $U$  და  $I$  ვექტორებს შორის არსებული კუთხე, ეწოდება **სიმძლავრის კოეფიციენტი**. სიმძლავრის კოეფიციენტი (ე.ი.  $\cos\varphi$ ) იცვლება 0-დან 1-მდე ფარგლებში. როდესაც  $\cos\varphi=1$ , ე.ი. როდესაც  $\varphi=0$ , მაშინ (2.1) ფორმულის ძალით მოხმარებულ (ე.ი. სასარგებლო) სიმძლავრეს მაქსიმალური სიდიდისაა;

პრაქტიკულად ცვლადი დენის შემთხვევაში  $\varphi \neq 0$ , ე.ი.  $\cos\varphi \neq 1$ , ამიტომ, **რაც უფრო ახლოა სიმძლავრის კოეფიციენტი 1-თან (ე.ი. რაც უფრო ახლოა  $\varphi$  0-თან), მით უფრო მაღალია სასარგებლო სიმძლავრე.**

**ცხრილ 1.1-დან** ჩანს, რომ  $f=0, 25, 50, 75$  კც სიხშირის სასიგნალო დენიანი სარელსო წრედებიდან ყველაზე საუკეთესო ტექნიკური მაჩვენებლები გააჩნიათ 25 კც სიხშირიან ცვლადი დენის სარელსო წრედებს; კერძოდ, ასეთ წრედებში გამოყენებული მიმღებები (რელეები) მოიხმარენ ყველაზე ნაკლებ ელექტრულ ენერგიას და აღნიშნულ სარელსო წრედებს გააჩნიათ ყველაზე მაღალი სიმძლავრის კოეფიციენტი, კერძოდ მათთვის  $\cos\varphi=0.87 - 0.64$ .

ზემოთაღნიშნულს ემატება ის გარემოებაც, რომ სამრეწველო  $f=50$  კც სიხშირის დენიდან ყველაზე მარტივად (სიხშირის ორზე გამყოფის გამოყენებით) მიიღება 25 კც სიხშირის დენი, ამიტომ **25 კც სიხშირის სასიგნალო დენის** სარელსო წრედები წარმოადგენენ დღეისათვის ყველაზე გავრცელებულ სარელსო წრედებს.

ზემოთ განხილული სიხშირეებიანი სარელსო წრედების გარდა ბოლო პერიოდში მსოფლიოს რკინიგზებზე სარელსო წრედებში მასობრივად დაიწყო სასიგნალო დენებად ტონალური ( $f=100 - 20000$  კც) სიხშირის დენების გამოყენება.

**ტონალური დიაპაზონის სასიგნალო დენის** გამოყენება საშუალებას გვაძლევს ავამაღლოთ წვევის დენის დაბრკოლებების ზემოქმედებისაგან დაცულობა, პრაქტიკულად მთელი ხარისხით შევამციროთ მოხმარებული ენერგია, გამოვიყენოთ თანამედროვე საელემენტო ბაზა, განვახორციელოთ აპარატურის ცენტრალიზებულად განთავსება, გამოვრიცხოთ სარელსო წრედებს შორის ურთიერთგავლენა.

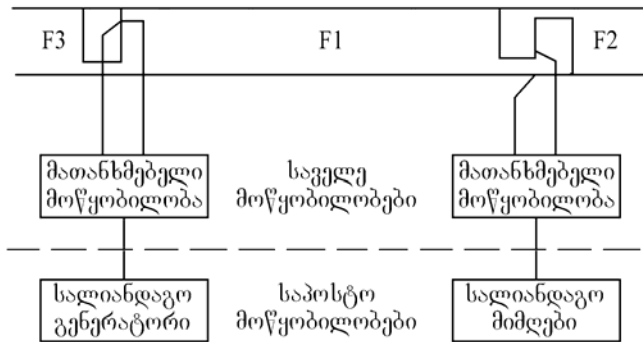
ტონალური დიაპაზონის სასიგნალო დენის გამოყენების ღირსებად უნდა ჩაითვალოს ის გარემოებაც, რომ ასეთ შემთხვევაში საშუალება გვეძლევა სარელსო წრედებიდან მთლიანად გამოვრიცხოთ ექსპლუატაციის თვალსაზრისით ისეთი ნაკლებ საიმედო ელემენტები, როგორცაა მაიზოლირებელი

პირაპირები; ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მთლიანშენადული წნულიანი უბნებისათვის, რომლებზედაც მაიზოლირებელი პირაპირების დაყენება ამცირებს ლიანდაგის სიმტკიცესა და მთლიანშენადული წნულების გამოყენების ეფექტურობას, განსაკუთრებით მოკლე სარელსო წრედების მოწყობის დროს.

მამხოლოებელი პირაპირების არარსებობის დროს უზრუნველყოფილია წვეის უკუდენის დაბრუნების წრედის ელექტრული უწყვეტობა, რამდენჯერმე მცირდება გამოყენებული დროსელ-ტრანსფორმატორების რაოდენობა, მცირდება წვეისათვის აუცილებელი ელექტროენერჯის ხარჯი.

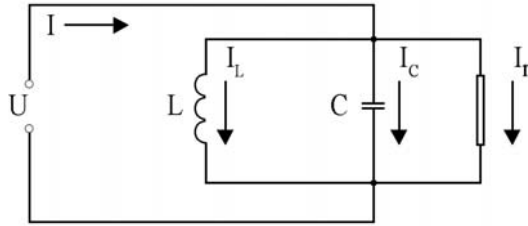
**უპირაპირო ტონალურ სარელსო წრედებს** (საჭიროა შევნიშნოთ რომ ტონალური სარელსო წრედები შეიძლება ფუნქციონირებდნენ როგორც მაიზოლირებელ პირაპირებთან ერთად, ასევე აღნიშნული პირაპირების გარეშეც) პირაპირების მიერ ზუსტად განსაზღვრული ფიზიკური საზღვრების ნაცვლად გააჩნიათ დამატებითი შუნტირების ზონები (დეტალურად იხილეთ **პარაგრაფი 2.6.1**).

დამატებითი შუნტირების ზემოთ აღნიშნული ზონების სიგრძის შესამცირებლად სარელსო წრედის მკვებავ და მიმღებ (რელეურ) ბოლოზე ეწყობა **ელექტრული პირაპირები**, რომელთა ელემენტებია რელსებს შორის ჩასაწყობი განსაზღვრული ფორმის სპილენძის გვარლი, რელსის ნაწილი და კონდენსატორები (სპილენძის გვარლი ასრულებს ინდუქტივობის როლს). ელექტრული პირაპირის ელემენტები წარმოქმნის **დენების რეზონანსზე აწყობილ კონტურს**, რომლის რეზონანსული სიხშირე უდრის სარელსო წრედის სასიგნალო დენის სიხშირეს (ნახ. 2.6).



**ნახ. 2.6.** ელექტრული პირაპირების ორგანიზება უპირაპირო სარელსო წრედებისათვის

**დენების რეზონანსული წრედი** შედგება პარალელურად შეერთებული  $L$  ინდუქციურობის მქონე კოჭასგან,  $C$  ტევადობის მქონე კონდენსატორისა და  $r$  წინაღობის მქონე რეზისტორისგან. განვიხილოთ ასეთი წრედისათვის ომის კანონის ფორმულა



**ნახ. 2.7.** დენის რეზონანსის წრედი

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}} \quad (2.2)$$

სადაც  $r$  არის რეზისტორის აქტიურის წინაღობა,  $x_L = \omega L$  - კოჭას ინდუქციური წინაღობა, ხოლო  $x_C = 1/(\omega C)$  - კონდენსატორის ტევადური წინაღობა.

(2.2)

წინააღმდეგობების ნაცვლად (2.2)-ში თუ შევიტანთ მათ შებრუნებულ სიდიდეებს - გამტარობებს, იგი მიიღებს სახეს:

$$I = U \cdot \sqrt{\frac{1}{r^2} + \left( \frac{1}{\omega L} - \omega C \right)^2} = U \cdot \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2} \quad (2.3)$$

დენების რეზონანსს ადვილი აქვს მაშინ, როდესაც ინდუქციური  $b_L$  და ტევადური  $b_C$  გამტარობები ერთმანეთს მთლიანად აკომპენსირებენ, ე.ი. როდესაც  $b_L = b_C$ . ასეთ შემთხვევაში წრედში გამავალი საერთო დენი  $I = Ug$  და  $\cos\phi = 1$ . რეაქტიულ შტოებში გამავალი დენები ერთიდაიგივე ძაბვის პროპორციულია და ამიტომ დენების რეზონანსის დროს ისინი ერთმანეთის ტოლებია:

(2.3)

$$I_C = Ub_C = I_L = Ub_L$$

ორივე ( $b_C$  და  $b_L$ ) რეაქტიულ გამტარობებს თუ ერთიდაიგივე  $n$  სიდიდით გაგამრავლებთ, ე.ი. თუ  $b_C$ -სა და  $b_L$ -ს შევცვლით  $b_C' = n \cdot b_C$ -ით და  $b_L' = n \cdot b_L$ -ით, მაშინ დენები ამ შტოებში  $n$ -ჯერ გაიზრდება, ხოლო ელექტრული ენერჯიის მიერ მოცემული საერთო დენი დარჩება უცვლელი, ე.ი.  $I = Ug$ . ამგვარად, რეაქტიულ შტოებში დენები შეიძლება

შეუზღუდავად ვავზარდოთ, ხოლო წყაროს დენი უცვლელი დარჩება. სინამდვილეში რეაქტიული დენების რეალურ მიმღებებს, კოჭებსა და კონდენსატორებს, გაანხიათ აქტიური გამტარობებიც (განსაკუთრებით რეაქტიულ კოჭებს), ამიტომ რეაქტიული გამტარობების გასაზრდელად ამ მიმღებების ჩართვა იწვევს აქტიური წინააღობის და, მასთან ერთად, წყაროს I დენის გაზრდასაც.

როგორც აღვნიშნეთ, დენების რეზონანსის დროს წრედის (იხ. ნახ. 2.7) წმინდა ინდუქციური შტოს  $b_L=1/(wL)$  გამტარობა უდრის წმინდა ტევადური შტოს  $b_C=wC$  გამტარობას, ე.ი. სრულდება პირობა  $1/(wL)=wC$ , საიდანაც შეიძლება განისაზღვროს რეზონანსის კუთხური სიხშირე:

$$w_0 = w = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2.4) \quad (2.4)$$

როგორც (2.4) ფორმულიდან ჩანს, რეზონანსის კუთხური სიხშირე კონტურის საკუთარი სიხშირის ტოლია, რაც შეესაბამება რეზონანსის ზოგად განსაზღვრებას (ფიზიკური სისტემისათვის გარედან გადაცემული იძულებითი რხევების თანხვედნას ამ სისტემის საკუთარ თავისუფალი რხევების სიხშირესთან ეწოდება **რეზონანსი**).

ინდუქციური და ტევადური დენები ურთიერთსაწინააღმდეგონი არიან როგორც ფაზით, ასევე ამპლიტუდით, ხოლო ენერჯის წყაროს მიმართ ისინი ერთმანეთს აკომპენსირებენ, რაც განაპირობებს მოვლენის სახელწოდებას – **დენების რეზონანსი**. როდესაც ინდუქციური დენი მიმართულია სქემის ზედა კვანძისაკენ, მაშინ ტევადური დენი გამოდის ამ კვანძიდან. ენერჯია ინდუქციურობის შტოს მაგნიტური ველიდან გადადის ტევადობის შტოს ელექტრულ ველში, ხოლო მუთხელი პერიოდის შემდეგ უკან – მაგნიტურ ველში ბრუნდება. დენი, რომელიც ცდილობს შეინარჩუნოს ინდუქციურობის ქრებადი მაგნიტური ველი, ასრულებს ტევადობის საშუებავი დენის ფუნქციას და პირიქით, ტევადობის განმუხტვის დენი ალაგზნებს ინდუქციურობის მაგნიტურ ველს.

დენების რეზონანსის დროს რეაქტიული დენი ცირკულირებს კოჭასა და კონდენსატორისაგან წარმოქმნილ წრედში, ხოლო ენერჯიის წყაროსთან რხევითი კონტურის შემადგენელი სადენები და თავად ენერჯიის წყარო მთლიანად თავისუფლდება რეაქტიული დენისაგან.

იდეალური კონტურისათვის (როდესაც კონტური შედგება მხოლოდ წმინდა რეაქტიული ელემენტებისაგან, ე.ი. როდესაც აქტიური გამტარობა  $g=0$ ) სრული გამტარობა  $y=0$ , ხოლო სრული წინააღობა  $Z=\infty$ ; ამგვარად, **დენების იდეალური რეზონანსი წრედის განრთვის ტოლფასია**.

პირობა  $w_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  არ შეიძლება გამოვიყენოთ სქემისათვის,



რომელშიც პარალელურ შტოებში რეაქტიული მიმღებების მიმღევრობით ხართულია აქტიური წინაღობები, რადგან ამ წინაღობების მნიშვნელობები გავლენას ახდენენ ინდუქტიურობისა და ტევადობის ექვივალენტურ მნიშვნელობებზე. მაგრამ ამ სქემისათვის სამართლიანი რჩება პირობა  $b_c = b_L$ , და რადგან მოცემულ შემთხვევაში (რეაქტიული მიმღებების მიმღევრობით აქტიური წინაღობების არსებობის გამო):

$$\left. \begin{aligned} b_L &= \frac{wL}{r_L^2 + (wL)^2} \\ b_C &= \frac{1/wC}{r_L^2 + \left(\frac{1}{wC}\right)^2} \end{aligned} \right\} (2.5)$$

ამიტომ ასეთი წრედისათვის დენების რეზონანსის პირობა იქნება

$$\frac{wC}{(wCr_C)^2 + 1} = \frac{wL}{r_L^2 + (wL)^2} \quad (2.6)$$

(2.6)

სადაც  $r_c$  და  $r_L$  შესაბამისად არიან კონდენსატორისა და კოჭას მიმღევრობით არსებული რეზისტორების აქტიური წინაღობები.

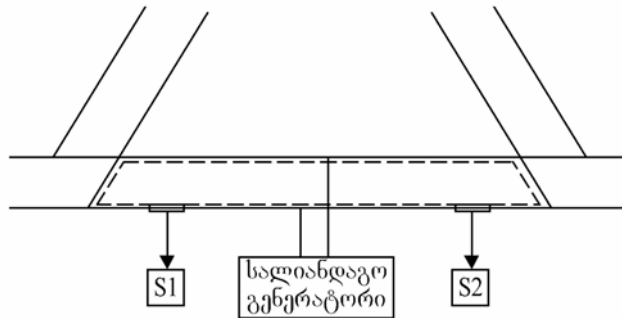
დენების რეზონანსი (ძაბვების რეზონანსისაგან განსხვავებით, რომელსაც 50 კვ სიხშირის ცვლადი დენის სარელსო წრედის შესწავლისას განვიხილავთ პარაგრაფში 2.5.1)) სრულიად უსაფრთხოა ელექტრული დანადგარისათვის. დენების რეზონანსის დროს განშტოებებში დიდი დენები მხოლოდ იმ შემთხვევაში წარმოიშევა, თუ შექმნილია შტოების დიდი რეაქტიული გამტარობები – დაყენებულია კონდენსატორების დიდი ბატარეა, მძლავრი რეაქტიული კოჭები. აქ გამორიცხულია ყოველგვარი მოულოდნელობა, რადგან ორივე (ინდუქტიურ) შტოში წარმოშობილი დენები ურთიერთდამოუკიდებელია და განისაზღვრებიან ომის კანონის საფუძველზე.

**ტონალური სიხშირის სარელსო წრედების** მოწყობის შემთხვევაში შესაძლებელია დენების რეზონანსის გამოყენების გზით სიმძლავრის კოეფიციენტის  $\cos\varphi$ -ს მნიშვნელობა მაქსიმალური გაეხადოთ ( $\cos\varphi=1$ ), რაც შეუძლებელია სხვა სარელსო წრედებში; მართლაც როგორც ცხრილ 1.1-დან ჩანს, მუდმივი დენის სარელსო წრედებში  $\cos\varphi=0.7$ , ცვლადი დენის 50 და 25კვ სიხშირის სარელსო წრედების შემთხვევებში კი სიმძლავრის კოეფიციენტების მაქსიმალური მნიშვნელობებია შესაბამისად 0.6 და 0.94. ამასთანავე, 25კვ სიხშირის სარელსო

წრედებში აღნიშნული კოეფიციენტი მაქსიმალურ მნიშვნელობას იღებს მოკლე (500 მეტრამდე) სიგრძის სარელსო წრედებში, ხოლო სხვა სიგრძის სარელსო წრედებისათვის კი მისი მნიშვნელობაა 0.87.

ტონალური სარელსო  $FI$  წრედის კვების წყაროდ გამოიყენება სალიანდაგო გენერატორი (იხ. ნახ. 2.6). ელექტრული ცენტრალიზაციის პოსტიდან კვება მათანხმებელი მოწყობილობებით ეწოდება სარელსო ხაზს. სარელსო ბოლოზე სასიგნალო დენი მათანხმებელი მოწყობილობებით მიეწოდება სალიანდაგო მიმღებს (რელეს).

არსებობს უპირაპირო ტონალური სარელსო წრედების სხვადასხვა ვარიანტები. სარელსო წრედის სიგრძის სტაბილიზაცია მიიღწევა დენური მიმღებების  $SI$ -ისა და  $S2$ -ის გამოყენებით, რომლებიც რელსებს უკავშირდება ინდუქტიურად (ნახ. 2.8).



**ნახ. 2.8.** დენური მიმღებებიანი უპირაპირო სარელსო წრედის სქემა

ასეთ სარელსო წრედებში მიმღები ამოქმედდება რელსთან მიმაგრებულ სალიანდაგო კოჭებში აღძრული ელექტრომაგნიტური ძალის შემწეობით. სარელსო წრედის ფარგლებში მატარებლის შესვლის დროს დენური მიმღებების ( $SI$ ,  $S2$ ) შესასვლელზე სიგნალი არ მიეწოდება.

ჩვენს მიერ განხილულ სარელსო წრედებში გამოიყენებოდა განუშტოებელი სარელსო ხაზები (იხ. ნახ. 2.2). ასეთი სარელსო წრედებით შეიძლება აღიჭურვოს გადასარბენები (სადაც არ გვაქვს

ისრები) და სადგურის ფარგლებში არსებული უისრო უბნები ან მისაღებ გასაგზავნი ლიანდაგები.

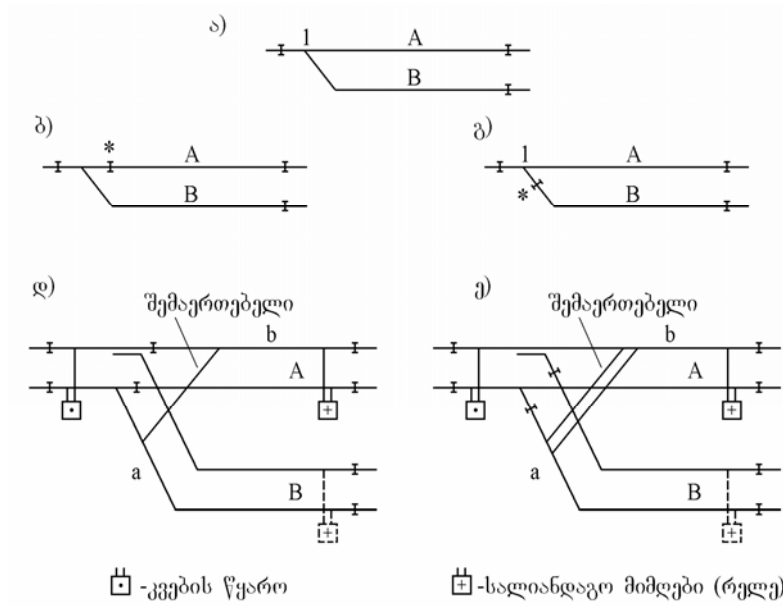
ისრული უბნების კონფიგურაციის გამო მათზე მოწყობილი სარელსო წრედების სარელსო ხაზები განშტოებულია. ისრების საშუალებით ხდება ლიანდაგის განშტოება; სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ისრის მეშვეობით ლიანდაგს უერთდება გარკვეული შტო. დაწვრილებით განვიხილოთ ეს შემთხვევა.

განვიხილოთ უმარტივესო ისრული უბანი (ნახ. 2.9.ა). ისარ 1-ის საშუალებით **A** ლიანდაგს უერთდება **B** შტო. აღნიშნული ისრის ცენტრალიზებული მართვისათვის უნდა მოხდეს ისრული გადაწყვენიტ აღჭურვა.

ისრული გადაწყვენიტ აღჭურვისათვის აუცილებელია ისრის კალმებსა და ჯვარედებს შორის შეზღუდული მაიზოლირებელი პირაპირების დაყენება. აღნიშნული პირაპირები მონაწილეობას არ იღებენ ისრულ უბანზე მოსაწყობი სარელსო წრედის ორგანიზებაში, ამიტომ ისინი ნახ. 2.9.ა-ზე ნაჩვენები არ არიან. მაიზოლირებელი პირაპირები შეიძლება დაყენებულნი იქნან როგორც პირდაპირ **A** ლიანდაგზე, ასევე **B** განშტოებაზე. ნახაზებზე 2.9. ბ.გ ისინი ვარსკვლავებითაა აღნიშნული.

შემზღუდველი მაიზოლირებელი პირაპირები გავლენას ახდენენ სარელსო წრედის მოწყობასა და ფუნქციონირებაზე. კერძოდ, აუცილებელი ხდება პირდაპირ **A** ლიანდაგზე მოწყობილი სარელსო წრედის სარელსო ხაზს სპეციალური შემაერთებლებით მიუერთდეს **B** განშტოებაზე არსებული სარელსო ხაზი. აღნიშნული მიერთება შეიძლება მოხდეს პარალელურად ან მიმდევრობით. ამისდა მიხედვით განასხვავებენ შესაბამისად **პარალელურად და მიმდევრობითად განშტოებულ სარელსო წრედებს.**

განშტოების პარალელურად მიერთების შემთხვევაში ნორმალურად (ისრული უბნების სითავისუფლის დროს) **A** სარელსო ხაზზე მოდებული ძაბვა **B** სარელსო ხაზზეც იქნება მოდებული, მაგრამ **A** სარელსო ხაზში გამავალი სასიგნალო დენი არ გაუა **B** სარელსო ხაზში, ე.ი. არ მოხდება მისი რელსების მდგომარეობის კონტროლი (რელსის გატეხვისას სალიანდაგო



**ნახ. 2.9.** პარალელურად განშტოებული სარელსო წრედის მოწყობა

მდგენელი არ დაკარგავს კვებას). მიმდევრობითად შეერთების შემთხვევაში სასიგნალო დენი გაივლის როგორც **A**, ასევე **B** სარელსო ხაზებში და მოხდება მათი რელსების მთლიანობის კონტროლი.

ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე, რელსების მთლიანობის კონტროლის თვალსაზრისით უპირატეობა გააჩნია მიმდევრობით სარელსო წრედს. მისი ნაკლია ის, რომ ასეთი წრედის მოსაწყობად საჭიროა შემაერთებელი გვარდების რაოდენობის გაზრდა. აღნიშნული შემაერთებლები არასაიმედო ელემენტებია (მაღალია რელსებიდან მათი მოწყვეტის ალბათობა), ამიტომ მათი რაოდენობის გაზრდა ამცირებს სარელსო წრედის მუშაობის საიმედოობას. ამ გარემოების გამო რკინიგზაზე გავრცელდა მხოლოდ პარალელურად განშტოებული სარელსო წრედები.

ნახ. 2.9 დ.ე-ზე ნაჩვენებია პარალელურად განშტოებული სარელსო წრედები შემზღვეველი მაიზოლირებელი პირაპირების

შესაბამისად პირდაპირ და გვერდით (განშტოებულ) ლიანდაგებზე დაყენების შემთხვევაში.

შემზღვეველი მაიზოლირებელი პირაპირების პირდაპირ ლიანდაგზე დაყენების შემთხვევაში (ნახ. 2.9.დ) შემაერთებელში გადის სასიგნალო დენი, რაც განაპირობებს მისი მთლიანობის კონტროლს. ამიტომ შემაერთებლის დუბლირება საჭირო არ არის

შემზღვეველი პირაპირების გვერდით ლიანდაგზე დაყენების შემთხვევაში ნორმალურად შემაერთებელში დენი არ გადის და ამიტომ საჭიროა მისი დუბლირება (ნახ. 2.9.ე)

განშტოებაზე კონტროლდება მისი სითავისუფლე, მაგრამ არ კონტროლდება რელსების მთლიანობა. იმისთვის, რომ პარალელურად განშტოებული სარელსო წრედის დროს მოხდეს განშტოებაზე რელსების მთლიანობის შემოწმებაც, საჭიროა განშტოებაზე დამატებით დაიდგას სალიანდაგო მიმღები. ნახ. 2.9 დ.ე-ზე ისინი ნაჩვენებია პუნქტური ხაზით.

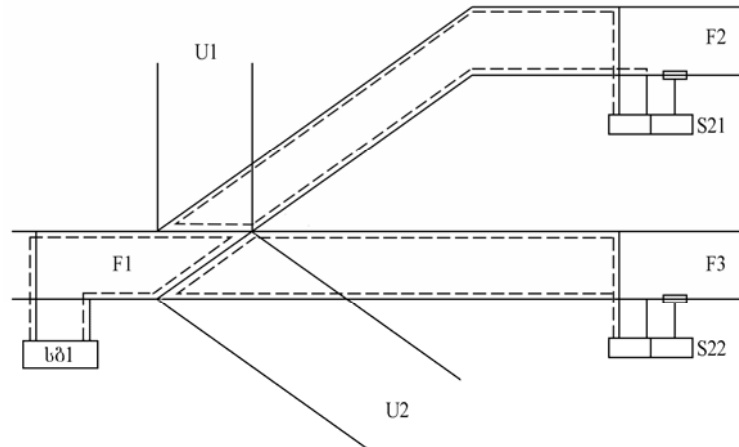
ისრული სექციებისათვის პერსპექტიულია უპირაპირო ტონალური სარელსო წრედების გამოყენება (ნახ. 2.10).

სასიგნალო დენის სიხშირის ამადლებით ადვილად ხორციელდება მეზობელი სარელსო წრედების დაცალკეება და მცირდება ურთიერთდაშუნტვის ზონა; ოღონდ საჭიროა მხედველობაში გვეყონდეს ის გარემოება, რომ 3.0კვტ-ზე უფრო მაღალი სიხშირის ცვლადი სასიგნალო დენის გამოყენების შემთხვევაში მკვეთრად მცირდება სარელსო წრედის სიგრძე.

სიგნალების მიღების შესამცირებლად საჭიროა 100-300 მეტრის დაშორებით ჩაირთოს კონდენსატორები, რათა შემცირდეს სარელსო ხაზის ინდუქციური წინააღობა.

უპირაპირო სარელსო წრედები ფართოდ ვრცელდება რკინიგზებზე. აღსანიშნავია, რომ ტონალური სარელსო წრედები სადგურებზე შიძლება მოწყობილ იქნეს იზოლირებული პირაპირების გამოყენების შემთხვევაში. მათ გააჩნიათ უპირატესობები დაბალსიხშირულ სარელსო წრედებთან შედარებით. კერძოდ, ტონალურ სარელსო წრედებში მაიზოლირებელი პირაპირებით იზოლაციის შემცირება, როგორც წესი, არ იწვევს ლიანდაგის უბნის ყაღბი დაკავების შესახებ ინფორმაციის ფორმირებას. ლიანდაგის მომიჯნავე უბნებში განსხვავებული მზიდი სიხშირისა და მოდულაციის სიხშირის გამოყენებისას ტონალური სარელსო წრედები უზრუნველყოფს უფრო მაღალ დაცულობას მაიზოლირებელი პირაპირების მოკლედ შერთვების დროს. ტონალური სარელსო წრედები “კრიტიკული

არ არიან” მაიზოლირებული პირაპირების მოკლედ შერთვის მოვლენისადმი.



**ნახ. 2.10.** ტონალური სისწირის უპირაპირო განშტოებული სარელსო წრედი

კვების რეჟიმის მიხედვით განასხვავებენ უწყვეტი კვების, იმპულსურ და კოდურ სარელსო წრედებს.

**უწყვეტი კვების სარელსო წრედებში** სასიგნალო დენი მიეწოდება უწყვეტი რეჟიმით, ხოლო **იმპულსურ სარელსო წრედებში** – სასიგნალო დენისაგან ფორმირებული იმპულსებით. იმპულსური კვება წარმოადგენს დაბრკოლებებისაგან დაცვის ეფექტურ საშუალებას; გარდა ამისა, იგი ამაღლებს შუნტისადმი, აგრეთვე რელსის დაზიანებისადმი, სარელსო წრედების მგრძობიარობას. ამ უკანასკნელის გამო უწყვეტი კვების შეცვლა იმპულსური კვებით სარელსო წრედის სიგრძეს 1.5-ჯერ და უფრო მეტად ზრდის.

სასიგნალო დენის იმპულსების გარკვეული წესით დაჯგუფებით შეიძლება ფორმირებული იქნეს კოდური სიგნალები. სარელსო წრედებს, რომლებშიც სასიგნალო დენებად გამოყენებულია კოდური სიგნალების სახის დენები, **კოდური სარელსო წრედები** ეწოდება. კოდური კვება იმპულსური კვებისთან შედარებით ზრდის სარელსო წრედის ფუნქციონალურ

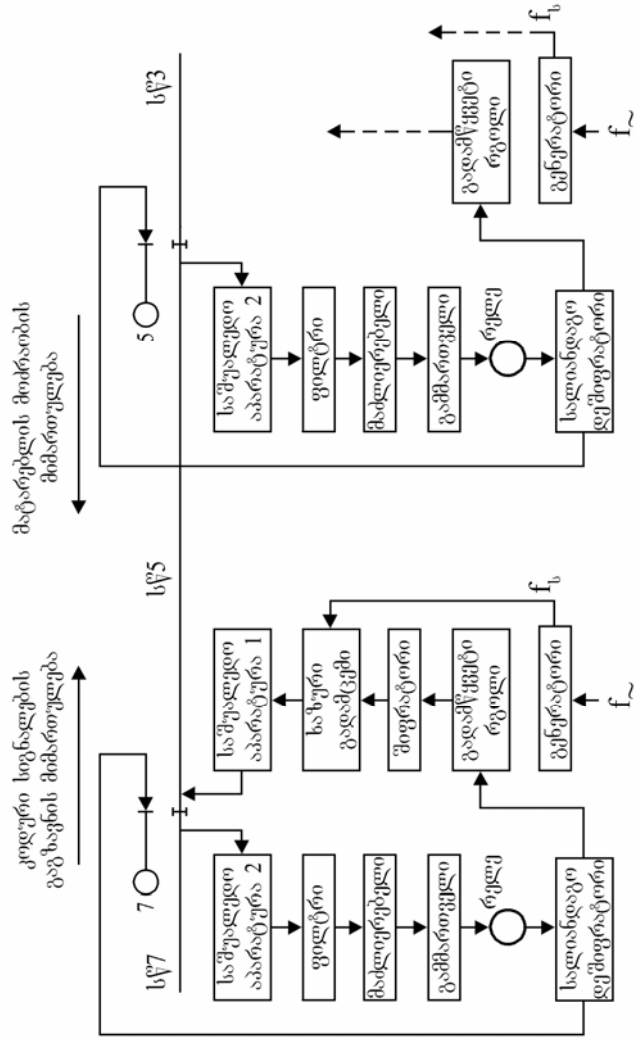
შესაძლებლობებს; კერძოდ, მან სალიანდაგო უბნების დაკავებულობებისა და რელსების მთლიანობების მამოწმებელი გადამწოდების ფუნქციების გარდა შეიძლება შეასრულოს ტელემექანიკური არხის ფუნქციაც.

**სარელსო წრედი, როგორც ტელემექანიკური არხი.** შედგება შემდეგი რგოლებისაგან (ნახ.2.11): გენერატორი, რომელიც კვებას იღებს ცვლადი დენის ქსელიდან და გამოიმუშავებს  $f_{\Sigma}$  სიხშირის სასიგნალო დენს; გადამწვევტი რგოლი, რომელიც წინამდებარე სარელსო წრეის (**სწ7**-ის) სალიანდაგო დეშიფრატორიდან იღებს სიგნალს აღნიშნული წრედის მდგომარეობის შესახებ და მას გადასცემს შიფრატორს. ამ სიგნალის შესაბამისად შიფრატორი ახდენს  $f_{\Sigma}$  სიხშირის სასიგნალო დენის ამპლიტუდურ ან სიხშირულ მოდულაციას, ე.ი. მას გარდაქმნის კოდურ სიგნალად. ეს უკანასკნელი ხაზური გაგამცემისა და საშუალოდ აპარატურა 1-ის საშუალებით გადაიცემა სარელსო წრედის (**სწ5**-ის) სარელსო ხაზში მატარებელი მოძრაობის შემხვედრი მიმართულებით.

სარელსო ხაზის მიმდებ ბოლოზე კოდური სიგნალი საშუალოდ აპარატურა 2-ის საშუალებით მიეწოდება ფილტრს, სადაც ხდება მისი გაფილტვრა; შემდეგ იგი მაძლიერებლისა და გამმართველის საშუალებით გაძლიერდება, გაიმართება და მიეწოდება სალიანდაგო რელეს. ეს უკანასკნელი ზემოქმედებს სალიანდაგო დეშიფრატორზე, რომელიც მართავს შუქნიშან **5**-ს და, ამავედროულად გადასცემს სათანადო სიგნალს უკანმდებარე სარელსო წრედის (**სწ3**-ის) გადამწვევტი რგოლს.

ზემოთგანხილულის თანახმად, სარელსო წრედი ასრულებს შუქნიშნების **7**სა და **5**-ს შორის ტელემექანიკური კავშირის არხის როლს. სარელსო **სწ5** წრედის გადამლობა შუქნიშან **5**ზე სიგნალების მართვა განხილული ტელემექანიკური არხის მეშვეობით ხორციელდება წინმდებარე სარელსო **სწ7** წრედის მდგომარეობაზე დამოკიდებულებით.

სარელსო წრედები შეიძლება გამოყენებული იქნას ისეთ ტელემექანიკურ არხადაც, რომელიც ლიანდაგების მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციას გადასცემს ლოკომოტივზე; ამ ინფორმაციის საფუძველზე შეიძლება მოხდეს ლოკომოტივის ავტომატიზებული (მემანქანის მონაწილებით) ან ავტომატური (მემანქანის გარეშე) მართვა. სარელსო წრედებიდან ლოკომოტივზე სიგნალების გადაცემა ხორციელდება ინდუქციურად (ლოკომოტივზე არსებული ინდუქციური გადამწოდებით).



**ნახ. 2.11** სარელსო წრედის, როგორც ტელეკეპანიკური არხის, სტრუქტურული სქემა



მუდმივი დენის სარელსო წრედებში მიმღები (რელე) რეაგირებს მხოლოდ სასიგნალო დენის (სასიგნალო ძაბვის) ამპლიტუდაზე. ცვლადი დენის სარელსო წრედებში შესაძლებელია სალიანდაგო რელეს ასამოქმედებლად გამოვიყენოთ კვების დენებსა და ძაბვებს შორის არსებული ფაზური თანაფარდობებიც.

სარელსო წრედებს, რომელთა ასამოქმედებლად გამოიყენება კვების დენებსა და ძაბვებს შორის არსებული ფაზური თანაფარდობები, ეწოდება **ფაზათმგრძობიარე სარელსო წრედები**. მათი შექმნის თარიღად ითვლება 1906 წელი, როდესაც ნიუ-იორკის ახლომდებარე რკინიგზა ელექტროფიცირებული იქნა 11კვ ძაბვისა და 25ჰც სისშირის ცვლადი დენის სისტემით. აუცილებელი გახდა დამუშავებულიყო ისეთი სალიანდაგო მიმღები (რელე), არ ამოქმედდებოდა 25ჰც სისშირის წვეის დენისა და მოხეტიალე მუდმივი დენისაგან.

ზემოთაღნიშნული პრობლემის გადასაწყვეტად დამუშავებული იქნა ერთელემენტური სექტორული რელე, რომელიც რეაგირებდა სამრეწველო სისშირის სასიგნალო დენზე (ამერიკაში სამრეწველო სისშირედ მიღებულია 60ჰც, ხოლო საქართველოსა და ევროპაში 50ჰც). მის ბაზაზე 1908 წელს შეიქმნა **ორელემენტური ინდუქციური სექტორული რელე**, რომლის ასამოქმედებლად გამოიყენებოდა კვების დენებსა და ძაბვებს შორის არსებული ფაზური თანაფარდობები და გააჩნდა კარგი ენერგეტიკული მაჩვენებლები; აღნიშნულის გამო იგი დღემდე წარმატებით გამოიყენება მსოფლიოს მრავალი ქვეყანის, მათ შორის საქართველოს, რკინიგზებზე (ცხადია, გარკვეული კონსტრუქციული სახეცვლილებით).

სარელსო წრედები წარმოადგენენ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ელემენტებს, რომელთა საიმედოდ და უსაფრთხოდ ფუნქციონირება მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს მთლიანად აღნიშნული სისტემების საიმედოდ და უსაფრთხოდ ფუნქციონირებასაც.

## 2.2. სარელსო წრედების მუშაობის რეჟიმიები

სალიანდაგო უბნის სარელსო წრედით აღჭურვის მიზანია განუწყვეტლივ გაკონტროლდეს ამ უბნის დაკავებული (მასზე მოძრავი შემადგენლობის არსებობა ან არარსებობა) და უბნის

წარმომქმნელი რელსების მთლიანობა. რეალურად სალიანდაგო უბანი შეიძლება იმყოფებოდეს ქვემოთხამოთვლილი სამი მდგომარეობიდან ერთ-ერთში:

1) უბანზე არ არის მოძრავი შემადგენლობა და უბნის წარმომქმნელი რელსები მთელია;

2) უბანზე არის მოძრავი შემადგენლობა და უბნის წარმომქმნელი რელსები მთელია;

3) უბანზე არ არის მოძრავი შემადგენლობა და დარღვეულია უბნის წარმომქმნელი რელსების მთლიანობა.

სალიანდაგო უბნის ზემოთხამოთვლილი სამი მდგომარეობა განსაზღვრავს ამ უბანზე ორგანიზებული სარელსო წრედების მუშაობის შესაბამის სამ რეჟიმს: **ნორმალურ, შუნტურ და საკონტროლო რეჟიმს.**

სარელსო წრედის მუშაობის **ნორმალური რეჟიმი** ეწოდება რეჟიმს, როდესაც სარელსო ხაზი თავისუფალია მოძრავი შემადგენლობისაგან, სარელსო ძაფები მთელია და ელექტრული ენერგია სარელსო ხაზით კვების წყაროდან გადაეცემა სარელსო მიმღებს (რელეს).

სარელსო წრედის მუშაობის **შუნტური რეჟიმი** ეწოდება რეჟიმს, როდესაც სარელსო ხაზის ნებისმიერ წერტილში ნორმატული ან ნაკლები წინაღობის სამატარებლო შუნტის ზედღებისას სარელსო წრედის მიმღები გამოიმუშავებს საკონტროლო სალიანდაგო უბნის დაკავებულობის ინფორმაციას.

სარელსო წრედის მუშაობის **საკონტროლო რეჟიმი** ეწოდება რეჟიმს, როდესაც სარელსო ხაზის ნებისმიერ წერტილში რომელიმე (ან ორივე) სარელსო ძაფის გაწყვეტის შემთხვევაში სარელსო წრედის მიმღები გამოიმუშავებს საკონტროლო სალიანდაგო უბნის დაკავებულობის ინფორმაციას.

სალიანდაგო უბანი განიცდის ატმოსფერულ ზემოქმედებებს, რომლებიც ცვლიან (აუარესებს ან აუმჯობესებენ) მასზე მოწყობილი სარელსო წრედის მუშაობის პირობებს. სარელსო წრედის მუშაობის ყველაზე ცუდი პირობების შემთხვევაშიც აუცილებელია იგი ფუნქციონირებდეს საიმედოდ. ამისათვის კი საჭიროა რომ ასეთ პირობებშიც კი რელეზე მიწოდებული ძაბვა არ იყო ამ რელეს საიმედოდ ამოქმედების ძაბვაზე ნაკლები.

**ნორმალური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობებია** ისეთი პირობები, რომელთა დროსაც მაქსიმალურად მცირდება სარელსო წრედის მიმღების შესასვლელზე მოსული სიგნალი. ამიტომ რელეს საიმედოდ ამოქმედები უ<sub>წ</sub> ძაბვა საჭიროა განისაზღვროს კვების

წყაროს დაბვის მინიმალური მნიშვნელობისათვის. გასათვალისწინებელია აპარატურის ელემენტების პარამეტრების გაფანტვის გავლენაც. სარელსო წრედის ელემენტების პარამეტრების დასაშვები მნიშვნელობების დიაპაზონიდან გაითვალისწინება ისეთი მნიშვნელობები რომლებიც ამცირებენ სალიანდაგო მიმღებზე მოდებული დაბვის სიდიდეს.

ზემოთაღნიშნული მნიშვნელობები დამოკიდებულია იმაზე, თუ სარელსო წრედის ელემენტები როგორ არიან მიერთებული სალიანდაგო მიმღებთან (რელესთან) და მათ მიერ წარმოიქმნება თუ არა რეზონანსული წრედები.

ელემენტები თუ სალიანდაგო რელეს მიმართ მიმდევრობით არიან მიერთებული და ისინი არ წარმოქმნიან რეზონანსულ წრედს, სარელსო წრედი საიმედოდ უნდა მუშაობდეს აღნიშნული ელემენტების წინააღობების შესაძლო მაქსიმალური მნიშვნელობების დროსაც.

პირიქით, თუ ელემენტები სალიანდაგო რელეს მიმართ პარალელურად არიან მიერთებული და ისინი არ წარმოქმნიან რეზონანსულ წრედს, სარელსო წრედი საიმედოდ უნდა მუშაობდეს აღნიშნული ელემენტების წინააღობების შესაძლო მინიმალური მნიშვნელობების დროსაც.

რთული სქემის მქონე სარელსო წრედისათვის, რომელიც შერეულად (მიმდევრობით-პარალელურად) მიერთებულ რამდენიმე რეაქტიულ ელემენტს შეიცავს, ძნელია განისაზღვროს ელემენტების პარამეტრების ისეთი კომბინაცია, რომელიც შეესაბამება ნორმალური რეჟიმის ყველაზე ცუდ პირობებს. ამ დროს მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნეს სარელსო წრედების გაანგარიშების ალბათური მეთოდები.

**სარელსო ხაზი** (იხ. ნახ. 2.2) წარმოადგენს სპეციფიკურ ელექტრულ წრედს, რომელშიც სადენების როლს ასრულებენ ერთმანეთისა და მიწის მიმართ იზოლირებული რელსები. იზოლირება ხდება ისეთი არასრულყოფილი იზოლატორებით, როგორიცაა საბალასტო ფენაში ჩაფლული შპალები. სალიანდაგო მიმღებს ენერგია მიეწოდება დანაკარგებით, რომლებსაც განაპირობებენ სარელსო ძაფების გრძივი წინააღობები და გაუონვის დენები.

**გაუონვის დენები** ეწოდება დენებს, რომლებიც ერთ-ერთი სარელსო ძაფიდან შპალებისა და ბალასტის გავლით განშტოვდებიან მეორე სარელსო ძაფისაკენ. გაუონვის დენები

ხასიათდება სარელსო ხაზის იზოლაციის  $R_{0\phi}$  წინაღობით ან იზოლაციის  $G_{0\phi}=1/R_{0\phi}$  გამტარობით.

მიღებულია რომ რელსების  $Z$  წინაღობა, სარელსო ხაზის იზოლაციის  $r_{0\phi}$  წინაღობა და იზოლაციის  $g_{0\phi}=1/r_{0\phi}$  გამტარობა განისაზღვროს კუთრი სიდიდეებით. **კუთრ სიდიდეებად** ითვლება ზემოთნაშთოვლილი პარამეტრების მნიშვნელობები იმ შემთხვევის დროს, როდესაც ლიანდაგის სიგრძე  $l_{კმ}$ -ის ტოლია. საქსპლუტაციო პირობებისაგან დამოკიდებულებით პარამეტრები შეიძლება იცვლებოდეს მინიმალური მნიშვნელობებიდან მაქსიმალურ მნიშვნელობებამდე.

ნორმალური რეჟიმის გაანგარიშება ხდება სარელსო ძაფების მაქსიმალური  $r_{max}$  და სარელსო ხაზის იზოლაციის მინიმალური  $r_{0\phi,min}$  წინაღობის (ან მაქსიმალური  $g_{0\phi,max}$  გამტარობის) შემთხვევისათვის.

მეტად საპასუხისმგებლოა **სარელსო წრედის მუშაობა შუნტურ რეჟიმში**. საქართველოს რკინიგზაზე ყველა სარელსო წრედისათვის, გარდა გორაკის სარელსო წრედებისა, შუნტის ნორმალურ წინაღობად მიღებულია 0.06 ომის ტოლი წინაღობა. მახარისხებელი გორაკის სარელსო წრედებისათვის, რომლებსაც ურთულეს პირობებში უხდებათ მუშაობა, ეს ნორმატული წინაღობის მნიშვნელობა გაზრდილია 0.5 ომამდე.

წყვილთვალის წინაღობას გააჩნია ინდუქტიური მდგენელი; თავის მხრივ, 0-დან 10კმ-მდე სიხშირის დიაპაზონში გარდამავალ წინაღობა გააჩნია სიხშირისგან დამოუკიდებელი აქტიური მდგენელი. რადგან გარდამავალი წინაღობა აქტიური ხასიათისაა და იგი აღემატება წყვილთვალის წინაღობას, ამიტომ ითვლება რომ სამატარებლო შუნტის წინაღობა აქტიურია.

სარელსო წრედი იმგვარად უნდა იქნეს დარეგულირებული, რომ ყველაზე არახელსაყრელი შუნტური რეჟიმის პირობებშიც კი სარელსო წრედის ნებისმიერ წერტილში ნორმატული  $R_{\phi} = 0.06$  ომი შუნტის დადებისას სალიანდაგო მიმდებზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა უნდა შემცირდეს საიმედოდ დაბრუნების ძაბვის მნიშვნელობამდე. სწორედ ასეთ შემთხვევაში შეუძლია გამოიმუშაოს სალიანდაგო მიმდებმა სარელსო წრედის დაკავებულობის ინფორმაცია.

რელსებზე სამატარებლო შუნტის ზედდების დროს სარელსო წრედში დენის შემცირების ეფექტს ეწოდება **შუნტური ეფექტი**. შუნტური ეფექტის შედეგად სარელსო წრედის მიმდების

შესასვლელზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა უნდა შემცირდეს საიმედოდ დაბრუნების ძაბვის მნიშვნელობამდე. სამატარებლო შუნტის წინაღობის გაზრდით იზრდება დაკავებული სარელსო წრედის დროს მიმღებზე მოდებული ძაბვა. ამიტომ სამატარებლო შუნტის დიდი წინაღობის დროს რომ გაიცეს ინფორმაცია სარელსო წრედის დაკავების შესახებ საჭიროა მიმღებს გააჩნდეს საიმედოდ დაბრუნების უფრო მაღალი ძაბვა, მაშასადამე, საიმედოდ დაბრუნების უფრო მაღალი კოეფიციენტი.

სალიანდაგო მიმღებად ელექტრომაგნიტური რელეს გამოყენების დროს იმპულსური ან კოდური სარელსო წრედები უფრო მგრძობიარენი არიან სამატარებლო შუნტის მიმართ; სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ასეთი სარელსო წრედები უფრო დიდი წინაღობის სამატარებლო შუნტს დააფიქსირებენ, ვიდრე უწყვეტი კვების სარელსო წრედები, ვინაიდან იმპულსურ და კოდურ მიმღებებს უწყვეტ მიმღებთან შედარებით უფრო მაღალი დაბრუნების კოეფიციენტი გააჩნიათ.

ზემოთაღნიშნულის ნათლად გაგებისათვის მოკლედ გავეცნით სალიანდაგო მიმღების (რელეს) ფუნქციონირების შეფასების საფუძვლებს.

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

**ნამუშევრობა (Operating time)** ეწოდება ობიექტის მუშაობის ხანგრძლივობას ან მოცულობას. სარელსო წრედის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ელემენტია სალიანდაგო მიმღები. სარელსო წრედებში შეიძლება გამოყენებული იქნას კონტაქტური (ელექტრომაგნიტური რელე) ან უკონტაქტო მიმღებები.

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

მუშა მდგომარეობაში, რომლის დროსაც გაიცემა სარელსო წრედის დაუკავებლობის (სითავისუფლის) ინფორმაცია, მიმღები იმყოფება იმ შემთხვევაში, როდესაც მის შესასვლელზე მოსული

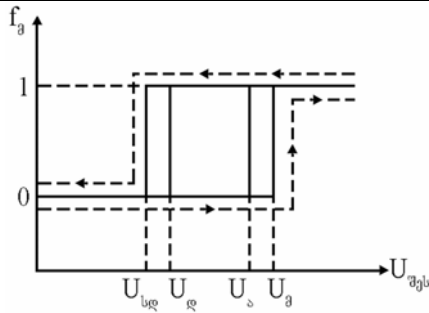
სიგნალის დონე აჭარბებს გარკვეულ მნიშვნელობას, რომელსაც მიმღების ამოქმედების ზღურბლი ეწოდება. ელექტრომაგნიტურ რელეში მიმღების ამოქმედების ზღურბლს წარმოადგენს გრაგნილზე მოდებული ისეთი ძაბვა, რომელიც უზრუნველყოფს რელეს ღუზას მიზიდვასა და მისი ფრონტული კონტაქტების შერთვას.

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

მიმღების მიერ რეალიზებული ლოგიკური ფუნქცია აღნიშნოთ როგორც  $f_a$  და იგი განვსაზღვროთ შემდეგნაირად (გამოვიყენოთ დადებითი კონვენცია):

$$f_a = \begin{cases} 1, & \text{თუ ფრონტალური კონტაქტები შერთულია;} \\ 0, & \text{თუ ფრონტალური კონტაქტები განრთულია.} \end{cases} \quad (2.7)$$

ნახ. 2.12-ზე მოყვანილია  $f_a = \varphi(U_{\text{გკ}})$  ფუნქციის გრაფიკი, სადაც  $U_{\text{გკ}}$  არის მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვა. არსებობს შემავალი სიგნალის ორი ზღურბლური მნიშვნელობა, რომელთა დროსაც მიმღები გადაირთვება ერთ-ერთი მდგომარეობიდან მეორეში. მიმღები თუ ამორთულია, მუშა მდგომარეობაში მისი გადაყვანისათვის შემავალი სიგნალი უნდა გაიზარდოს **ამოქმედების ძაბვამდე**, რომელიც აღინიშნება  $U_s$  სიმბოლოთი. მიმღები მუშა მდგომარეობიდან ამორთულ მდგომარეობაში ბრუნდება **დაბრუნების ძაბვის** დროს, რომელიც აღინიშნება როგორც  $U_{\text{დ}}$  ( $U_{\text{დ}} < U_s$ ). ამოქმედებისა და დაბრუნების ძაბვებს შორის  $U_s - U_{\text{დ}}$  სხვაობის სიდიდე დამოკიდებულია მიმღების ტიპზე; რაც უფრო მცირეა ეს სხვაობა, მით უკეთესია მიმღები. მიმღებად ელექტრომაგნიტური რელეს გამოყენების შემთხვევაში ამოქმედების  $U_s$  ძაბვას ეწოდება რელეს **ღუზის მიზიდვის ძაბვა**, ხოლო დაბრუნების  $U_{\text{დ}}$  ძაბვას – **ღუზის ჩამოშვების ძაბვა**. მათი მნიშვნელობები აღნიშნულია რელეს ტექნიკურ პასპორტებში.



ნახ. 2.12.  $f_a = \Phi(U_{შეს})$  ფუნქციის გრაფიკი

საიმედოდ მუშაობისათვის მიმღების შესასვლელზე სიგნალი რამდენადმე უნდა აღემატებოდეს  $U_s$  ძაბვას. ეს უზრუნველყოფს მიმღების ამოქმედებისათვის აუცილებელ მარაგს. მარაგის გათვალისწინებით განსაზღვრულ ამოქმედების  $U_g$  ძაბვას ეწოდება **მუშა ძაბვა** ანუ **საიმედოდ ამოქმედების ძაბვა** (იხ. ნახ. 2.12):

$$U_g = K' U_s \tag{2.8}$$

სადაც  $K' = U_g / U_s$ -ს ეწოდება **მარაგის კოეფიციენტი მიმღების ამოქმედებაზე ( $K' > 1$ )**. მარაგის კოეფიციენტი ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ არსებული მადესტაბილიზებული ფაქტორების დროს დაცული იყოს მიმღების დროითი მახასიათებლები. მაგალითად, კოდურ სარელსო წრედებში გამოყენებული იმპულსური რელეს საჭირო სწრაფამოქმედებისა და ამოქმედების სტაბილური დროის უზრუნველსაყოფად საჭიროა  $K' \geq 1,2$ . ჩვეულებრივ, კონტაქტური მიმღებისათვის  $K' = 1,1 - 1,5$ , ხოლო უკონტაქტო მიმღებისათვის  $K' = 1,05 - 1,20$ .

საღიანდაგო მიმღების დაბრუნების  $U_{ღ}$  ძაბვის ფარდობას მისი ამოქმედების  $U_s$  ძაბვასთან ეწოდება **მიმღების დაბრუნების კოეფიციენტი** და აღინიშნება  $K_{ღ}$  სიმბოლოთ, ე.ი.

$$K_{ღ} = U_{ღ} / U_s \tag{2.9}$$

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

საწყის მდგომარეობაში მიმღების საიმედოდ დაბრუნებისათვის ( $f_a = 0$ ) მიმღების შესასვლელზე ძაბვა  $U_{ღ}$  ძაბვაზე რამდენადმე დაბალი უნდა იყოს, რათა უზრუნველყოფილი იყოს მარაგი მიმღების

განთვალისწინებით განისაზღვრება როგორც (იხ. ნახ. 2.12):

$$U_{სღ} = K'' U_{ღ} \quad (2.10)$$

სადაც  $K'' = U_{სღ} / U_{ღ}$  – ს ეწოდება მარაგის კოეფიციენტი მიმღების განთვალისწინებით ( $K'' < 1$ ). იგი შეირჩევა მიმღების ტიპზე დამოკიდებულებით იმგვარად, რომ უზრუნველყოფილი იქნას დაკავებულობის ინფორმაციის საიმედოდ ფორმირება. მიმღებად გამოყენებული ელექტრომაგნიტური რელესათვის  $K'' = 0.6$ , ინდუქციური სექტორული რელესათვის -  $K'' = 0.85$ , იმპულსური სალიანდაგო რელესათვის კი  $K'' = 0.7$ .

მიმღების საიმედოდ დაბრუნების კოეფიციენტი განისაზღვრება როგორც:

$$K_{სღ} = U_{სღ} / U_{გ} \quad (2.11)$$

მიმღებად თუ გამოიყენება ელექტრომაგნიტური რელე, მაშინ მის გამოსასვლელზე სიგნალის მნიშვნელობა, რომლითაც გადაიცემა სარელსო წრედის დაკავებულობის ინფორმაცია (ფრომტული კონტაქტები განრთულია,  $f_{გ} = 0$ ), დამოკიდებულია სარელსო წრედის კვების რეჟიმზე: უწყვეტია იგი თუ იმპულსური. კერძოდ, უწყვეტ რეჟიმში მომუშავე ელექტრომაგნიტურ რელესთან შედარებით მაღალია იმპულსურ რეჟიმში მომუშავე ელექტრომაგნიტური რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი. **ორსექციური ინდუქციური რელეს დაბრუნების  $K_{ღ}$  კოეფიციენტის მნიშვნელობა** თითქმის თითქმის ერთხვევა იმპულსური სარელსო წრედის ელექტრომაგნიტური რელეს დაბრუნების კოეფიციენტის მნიშვნელობას.

სარელსო წრედი ნორმალურად უნდა ფუნქციონირებდეს შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს. **შუნტური რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდად ითვლება პირობები**, როდესაც იზრდება სიგნალი სალიანდაგო მიმღების (რელეს) შესასვლელზე. სალიანდაგო რელეზე მოდებული ძაბვა განისაზღვრება ისეთი სიტუაციისათვის, როდესაც:

- ა) მაქსიმალურია კვების ძაბვის მნიშვნელობა;
- ბ) მინიმალურია სარელსო ხაზების წინაღობა;
- გ) მაქსიმალურია იზოლაციის წინაღობა;
- დ) მინიმალურია მიმღებთან მიმდევრობით მიერთებული არარეზონანსული კონტურის ელემენტების წინაღობები;
- ე) მაქსიმალურია მიმღებთან პარალელურად მიერთებული არარეზონანსული კონტურის ელემენტების წინაღობები.

შუნტური ეფექტი დამოკიდებულია სარელსო ხაზზე შუნტის განთავსების ადგილზე. **მინიმალური შუნტური მგრძნობიარობის ადგილი** ეწოდება ადგილს, რომელზედაც



სამატარებლო შუნტის ზედდებისას ყველაზე სუსტად მქლავნდება შუნტური ეფექტი. აღნიშნულ ადგილს **შუნტური გრძობიერების კრიტიკული ადგილსაც უწოდებენ**. შუნტური რეჟიმის ერთ-ერთ ყველაზე ცუდ პირობად ითვლება შუნტის განთავსება მინიმალური შუნტური გრძობიერების ადგილზე.

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

სარელსო ძაფის გაწვევების დროს სალიანდაგო რელეში გამავალი დენის მნიშვნელობა დამოკიდებულია რელსის გაწვევების ადგილსა და სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღმდეგე კრიტიკულებად ითვლება აღნიშნული იზოლაციის წინააღმდეგე მნიშვნელობა და გაწვევების ადგილი (მანძილი გაწვევების ადგილიდან სალიანდაგო მიმღებამდე), რომელთა დროსაც მაქსიმალურია სარელსო წრედის მიმღებში გამავალი დენი.

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

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

- ა) მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვა;
- ბ) კვების წყაროს მაქსიმალური ძაბვა;
- გ) სარელსო ძაფების მინიმალური წინააღმდეგე;
- დ) სარელსო იზოლაციის კრიტიკული წინააღმდეგე.

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

ნახ. 2.13-ზე ნაჩვენებია ნორმალურ, შუნტურ და საკონტროლო რეჟიმებში სარელსო წრედების მუშაობის რაოდენობრივი შეფასებებისათვის მიღებული კრიტერიუმები. მოკლედ განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

**გადატვირთვის** **კოეფიციენტი** **განისაზღვრება**  
შემდეგნაირად:

$$K_{\text{გად}} = U_{\text{მწვ}} / U_{\text{გ}} \quad (2.12)$$

სადაც  $U_{\text{მწვ}}$  არის ნორმალური რეჟიმის დროს მიმღებზე მოდებული ფაქტიური ძაბვა. ხოლო  $U_{\text{გ}}$  – მიმღების მუშა ძაბვა.

ნორმალური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს გვაქვს **მინიმალური გადატვირთვის კოეფიციენტი** და იგი აღინიშნება როგორც -  $K_{\text{გად.მინ}}$ ;

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

**გადატვირთვის მაქსიმალურად დასაშვებ კოეფიციენტი** აღინიშნება სიმბოლოთი -  $K_{\text{გად.დას.}}$  ( $K_{\text{გად.ფ.}} < K_{\text{გად.დას.}}$ ).

ნორმალური რეჟიმის შესრულების პირობებია:

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{გად.მინ}} &\geq 1, \\ K_{\text{გად.ფ.}} &\leq K_{\text{გად.დას.}} \end{aligned} \right\} \quad (2.13)$$

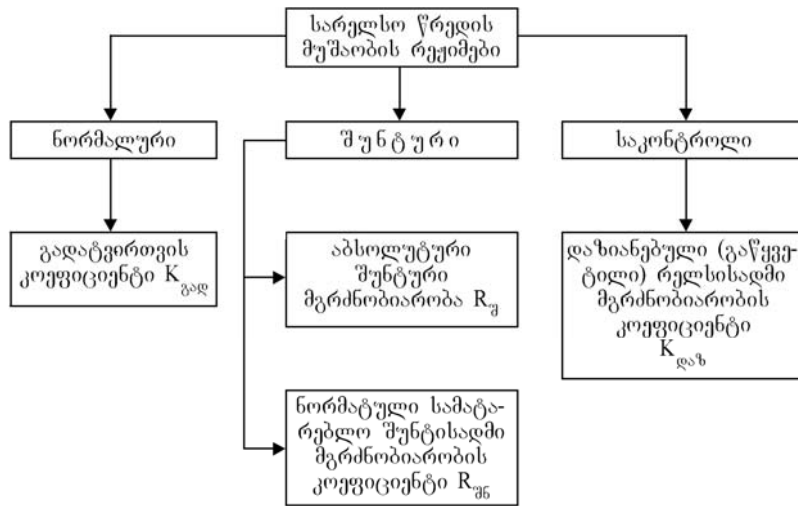
2.13

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

ნორმალური რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდი პირობების დროს მიმღებზე მუშა  $U_{\text{გ}}$  ძაბვის მიღება გარანტირებული უნდა იყოს სარელსო წრედის კვების მინიმალური  $U_{\text{მინ}}$  ძაბვის შემთხვევაშიც. აქედან გამომდინარე, ნორმალური რეჟიმის შესასრულების პირობას აქვს სახე:

$$U_{\text{გ}} \geq U_{\text{მინ}} \quad (2.14)$$

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



**ნახ. 2.13.** სარელსო წრედების მუშაობის რეჟიმების რაოდენობრივი შეფასების კრიტერიუმები

ფაზათმგრძობიარე მიმღებებიან სარელსო წრედებში აღნიშნული მიმღებების ამოქმედება დამოკიდებულია სალიანდაგო ელემენტზე არსებული სიგნალის არა მარტო ამპლიტუდაზე, არამედ ამ სიგნალის ფაზაზეც:

$$K_{გად} = (U_{გგფ} / U_{გგ}) \cos(\varphi_{გგფ} - \varphi_{გგ}) \quad (2.15)$$

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

რაც შეეხება **აბსოლუტურ შუნტურ  $R_{ჟ}$  მგრძობიარობას** (იხ. ნახ. 2.13), იგი წარმოადგენს სამატარებლო შუნტის წინაღობას, რომლის დროსაც შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს სარელსო წრედის მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვა მცირდება მიმღების საიმედოდ დაბრუნების ძაბვამდე. რაც უფრო მაღალია სარელსო წრედის აბსოლუტური შუნტური მგრძობიარობა, მით უფრო უკეთესადაა უზრუნველყოფილი შუნტური რეჟიმი. მართლაც, დაეუშვათ, რომ ერთ-ერთი სარელსო

წრედის აბსოლუტური შუნტური მგრძობიარობა უდრის 0,2 ომს, ხოლო მეორე სარელსო წრედისა კი – 0,06 ომს. უბანზე თუ არსებობს მოძრავი ერთეული, რომლის შუნტური წინაღობა შეიძლება გაიზარდოს 0,2 ომამდე (მსუბუქი დრეზინა), მაშინ პირველ სარელსო წრედზე მისი შედგომისას დაკავების შესახებ ინფორმაცია აუცილებლად იქნება ფორმირებული, რაც არ შეიძლება ითქვას ამ მოძრავი ერთეული მეორე სარელსო წრედზე შედგომის შემთხვევისათვის.

საქართველოს მაგისტრალურ რკინიგზაზე გამოყენებული სარელსო წრედებისათვის მიღებულია, რომ მათი შუნტური მგრძობიარობა არ იყოს ე.წ. **ნორმატულ შუნტურ მგრძობიარობაზე** ნაკლები, რომელიც **0,06 ომის ტოლია**. აქედან გამომდინარე, აღნიშნულ რკინიგზაზე მოძრავ ერთეულებს უნდა ჰქონდეთ 0,06 ომზე არაუმეტესი წინაღობის სამატარებლო შუნტი. თუ რომელიმე მათგანისათვის ეს მოთხოვნა არ სრულდება, მაშინ მათზე დაყენებული უნდა იყოს რელსებზე მოსრიალე დამატებითი საკონტაქტო მოწყობილობა, რაც უზრუნველყოფს შუნტური მგრძობიარობის სათანადოდ შემცირებას.

**ნორმატული სამატარებლო შუნტისადმი მგრძობიარობის**  $K_{\text{შ}} = U_{\text{სდ}} / U_{\text{გშფ}}$  (იხ. ნახ. 2.13) განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_{\text{შ}} = U_{\text{სდ}} / U_{\text{გშფ}} \quad (2.16)$$

სადაც  $U_{\text{სდ}}$  არის საიმედოდ დაბრუნების ძაბვა, ხოლო  $U_{\text{გშფ}}$  – ნორმატული შუნტის დადებისა და შუნტური რეჟიმის რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს მიმდების შესასვლელზე მოდებული ფაქტიური ძაბვა.

შუნტური რეჟიმის შესრულების პირობაა:

$$(R \geq R = 0.06) \vee (K \geq 1) \quad (2.17)$$

შუნტური რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდი პირობების შემთხვევაში სარელსო წრედზე ნორმატული შუნტის ზედდების დროს სალიანდაგო მიმდების შესასვლელზე მოდებული ძაბვა უდრის საიმედოდ დაბრუნების  $U_{\text{სდ}}$  ძაბვას, თუ სარელსო, სარელსო წრედის კვების წყაროს ძაბვა გარკვეული  $U_{\text{დგ}}$  ძაბვის ტოლია. კვების წყაროს ფაქტიური  $U_{\text{ფ}}$  ძაბვა თუ  $U_{\text{დგ}}$  ძაბვაზე მეტი იქნება, მაშინ მიმდების შესასვლელზე მოდებული  $U_{\text{გშფ}}$  ძაბვა გადააჭარბებს  $U_{\text{სდ}}$  ძაბვას. ამგვარად,  $U_{\text{დგ}}$  არის შუნტურ რეჟიმში სარელსო წრედის კვების დასაშვები (მაქსიმალური) ძაბვა.

შუნტური რეჟიმის დროს სრულდება შემდეგი უტოლობები:

$$\left. \begin{aligned} U_{ფ} &\leq U_{დშ} \\ K_{შ6} &= U_{დშ}/U_{ფ} \end{aligned} \right\} \quad (2.18)$$

ორელემენტოანი ინდუქციური (ფაზათმგრძობიარე) მიმღების დროს სამართლიანია ტოლობა:

$$K_{შ6} = U_{სდ.ინ.} / [U_{სხ.შ.ფ.} \cos(\varphi_{სხ.შ.ფ.} - \varphi_{სხ.ი.})] \quad (2.19)$$

სადაც  $U_{სდ.ინ.}$  არის იდეალური ფაზური თანაფარდობების დროს ინდუქციური რელეს საიმედოდ დაბრუნების დაბვა ვოლტებში;  $\varphi_{სხ.შ.ფ.}$  ( $\varphi_{სხ.ი.}$ ) – შუნტური რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს რელეს სალიანდაგო და ადგილობრივ ელემენტებზე მოდებული დაბვების ფაქტიურ (იდეალურ) ფაზებს შორის სხვაობა. დაზიანებული (გაწყვეტილი) სარელსო დაფისადმი მგრძობიარობის კოეფიციენტი  $K_{დაზ.}$  (იხ. ნახ. 2.13) განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_{დაზ.} = U_{სდ.} / U_{აეფ} \quad (2.20)$$

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

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

საკონტროლო რეჟიმისათვის ყველაზე ცუდი პირობების დროს სარელსო დაფის გაწყვეტისას სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე მოდებული დაბვა საიმედოდ დაბრუნების  $U_{სდ.}$  დაბვის ტოლი რომ იყოს, საჭიროა სარელსო წრედის კვების დაბვას ჰქონდეს გარკვეული  $U_{დკ.}$  მნიშვნელობა. კვების წყაროს დაბვის ფაქტიური  $U_{ფ.}$  მნიშვნელობა თუ  $U_{დკ.}$  მნიშვნელობაზე მეტი იქნება, მაშინ მიმღების შესასვლელზე მოდებული  $U_{აეფ.}$  დაბვა გადააჭარბებს  $U_{სდ.}$  დაბვას. ამგვარად,  $U_{დკ.}$  არის საკონტროლო რეჟიმში კვების წყაროს დასაშვები (მაქსიმალური) დაბვა.

საკონტროლო რეჟიმის შესრულების პირობებია:

$$\left. \begin{aligned} U_{ფ} &\leq U_{დკ} \\ K_{დაზ.} &= U_{დკ} / U_{ფ} \end{aligned} \right\} \quad (2.21)$$

ორელემენტოანი სალიანდაგო მიმღების მქონე სარელსო წრედებისათვის სამართლიანია ტოლობა:

$$K_{დაზ.} = U_{სა.ინ.} / [U_{სხ.კ.ფ.} \cos(\varphi_{სხ.კ.ფ.} - \varphi_{სხ.ი.})]_{\max} \quad (2.22)$$

სადაც  $\varphi_{სხ.კ.ფ.}$  არის საკონტროლო რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობების დროს მიმდების სალიანდაგო და ადგილობრივ ელემენტებზე მოდებულ ფაქტიურ ძაბვების ფაზებს შორის სხვაობა.

რეალური ფაზური თანაფარდობების გათვალისწინებით საკონტროლო რეჟიმში მიმდების (რელეს) საიმედოდ დაბრუნების ძაბვაა:

$$U_{სდკ} = U_{სდი} / \cos(\varphi_{სხ.კ.ფ} - \varphi_{სხ.ი}) \quad (2.23)$$

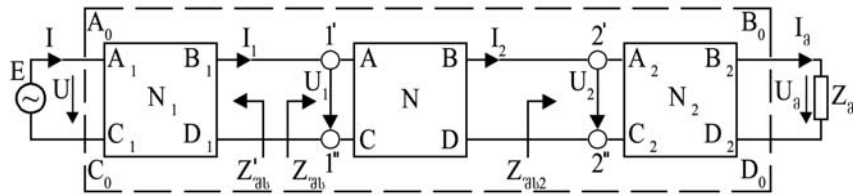
კრიტერიუმები  $K_{გად.}$ ,  $K_{უნ.}$ ,  $K_{დაზ.}$  გამოიყენება სარელსო წრედების გაანგარიშებისას თითოეულ გასათვლელ რეჟიმში აპარატურის ელემენტებისა და სარელსო ხაზის პარამეტრების ყველაზე არახელსაყრელი შეხამების დროს. ასეთ გაანგარიშებებს ეწოდება **დეტერმინირებული გაანგარიშებები**. სარელსო წრედების გაანგარიშების დეტერმინირებული მეთოდის დროს კვების წყაროს ძაბვას ისეთ მნიშვნელობას აძლევენ, რომ მუშაობის ყველა რეჟიმში სრულდება სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღობის საანგარიშო  $r_{ი.ხ.}$  (ტექნიკური პირობების მიხედვით, მინიმალური) სიდიდიდან უსასრულობამდე ცვლილების მთელ დიაპაზონში. სარელსო ხაზის იზოლაციის ფაქტიური  $r_{ი.ხ.ფ.}$  სიდიდე თუ ექსპლუატაციის პერიოდში აღმოჩნდა  $r_{ი.ხ.}$ -ზე ნაკლები, მაშინ  $K_{გად.} > 1$  და აქედან გამომდინარე არ შესრულდება ნორმალური რეჟიმი; ეს ნიშნავს, რომ სარელსო წრედის სქემის ელემენტების ყველა პარამეტრი თუ გადაიხარა ნორმალური მნიშვნელობებიდან არახელსაყრელი მიმართულებით, მაშინ მიმდებზე მოდებული ძაბვა საანგარიშო  $U_{გ}$  ძაბვაზე ნაკლები აღმოჩნდება.

სინამდვილეში ელემენტების პარამეტრების ასეთი ნაკრები ყველა სარელსო წრედში არ შეგვხვდება. იმ სარელსო წრედებში, რომლებშიც ელემენტების პარამეტრების მნიშვნელობები ახლო იქნება ნომინალურ მნიშვნელობებთან, ანუ თუ ისინი გადაიხრებიან ისეთი მიმართულებით, რომ ხელი შეუწყოს მიმდებზე ძაბვის გაზრდას, მაშინ ნორმალური რეჟიმი შესრულდება სარელსო ხაზის იზოლაციის უფრო დაბალი წინააღობის შემთხვევაშიც, ვიდრე ეს იქნა მიღებული დეტერმინირებული გაანგარიშების დროს. გარდა ამისა, ერთიდაიგივე ტიპის სხვადასხვა სალიანდაგო მიმდების ამოქმედების ძაბვები ერთნაირი არ არის და იცვლება გარკვეულ დიაპაზონში (მინიმალური მნიშვნელობიდან მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე). დეტერმინირებული გაანგარიშების დროს აიღება მაქსიმალური ძაბვა, რომელიც ტექნიკური პირობებით დასაშვებია

განხილული ტიპის სალიანდაგო მიმღებისათვის. ამიტომ შეიძლება არსებობდეს ისეთ შემთხვევებაც, როდესაც სარელსო წრედის ელემენტების ყველა პარამეტრის არახელსაყრელი ნაკრების დროს რელეური მიმღების ამოქმედების დაბვა აღმოჩნდეს არა მაქსიმალური, არამდე მინიმალური და მუშაობის ნორმალური რეჟიმი არ დაირღვეს.

**2.3. ზოგადი ცნობები სარელსო წრედების ჩანაცვლების სქემების შესახებ**

სარელსო წრედის ანალიზისა და განგარიშების გასამარტივებლად სასურველია იგი შეიცვალოს **ჩანაცვლების სქემით**, რომელიც შედგება კასკადურად შეერთებული  $N$ ,  $N_1$  და  $N_2$  **ოთხპოლუსისაგან**. (ნახ. 2.14). აღნიშნული ოთხპოლუსებიდან  $N_1$  ოთხპოლუსსათი ხდება სარელსო ხაზის დასაწყისში არსებული კვების აპარატურის,  $N$  ოთხპოლუსსათი – სარელსო ხაზის, ხოლო  $N_2$  ოთხპოლუსსათი – სარელსო ხაზის ბოლოში არსებული აპარატურის ჩანაცვლება. სქემაზე ნაჩვენები აღნიშვნები შეესაბამება სარელსო წრედის მუშაობას ნორმალურ რეჟიმში. შუნტურ და საკონტროლო რეჟიმებში სარელსო წრედის მუშაობის დროს ჩანაცვლების სქემა ისეთივე იქნება, ოღონდ სარელსო ხაზის  $N$  ოთხპოლუსსას კოეფიციენტები მიიღებენ სხვა მნიშვნელობებს.



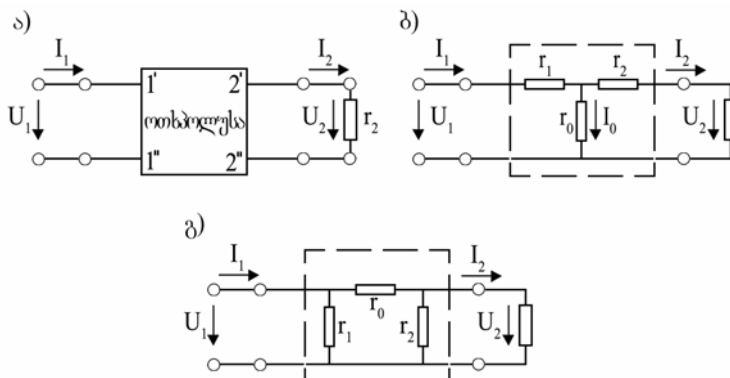
ნახ. 2.14. სარელსო წრედის ჩანაცვლების ზოგადი სქემა

*ოთხპოლუსა ეწოდება ორი წვეილი მომჭერების მქონე ელექტრული წრედის ნაწილს. პირველად ( $I-I'$ ) მომჭერებთან შეიძლება მიერთებული იქნას გარკვეული  $U_1$  ძაბვის მქონე კვების წყარო (ნახ. 2.15.ა), ხოლო მეორეულ მომჭერებთან – გარკვეული  $r_2$  წინაღობის მქონე მიმხმარებელი. პირველად მომჭერებს ეწოდება შესასვლელი, ხოლო მეორეულ მომჭერებს – გამოსასვლელი მომჭერები.*

ერთმანეთისაგან განასხვავებენ პასიურ და აქტიურ ოთხბოლუსებს. **აქტიური ოთხბოლუსა** ეწოდება ოთხბოლუსას, რომლის სტრუქტურა შეიცავს ენერჯიის წყაროს, ხოლო **პასიური ოთხბოლუსა** - ოთხბოლუსას, რომლის სტრუქტურაში არ არსებობს ენერჯიის წყარო.

შესასვლელ მომჭერებზე მოდებულ  $U_1$  ძაბვას (იხ. ნახ. 2.15.ა) ეწოდება შესასვლელი ძაბვა, ხოლო შესასვლელ მომჭერებთან მიწოდებულ  $I_1$  დენს - შესასვლელი დენი. ოთხბოლისას შესასვლელი ძაბვის ფარდობას შესასვლელ დენთან ეწოდება ეწოდება **ოთხბოლუსას შესასვლელი წინაღობა** და შემდეგნაირად აღინიშნება:  $r_{1შს} = U_1/I_1$ .

გამოსასვლელ მომჭერებზე მოდებულ  $U_2$  ძაბვას ეწოდება ოთხბოლუსას გამოსასვლელი ძაბვა, ხოლო გამოსასვლელ მომჭერებში გაძაღვალ  $I_2$  დენს - გამოსასვლელი დენი. მათი ფარდობა გვაძლევს **ოთხბოლუსას გამოსასვლელ  $r_{გამ}$  წინაღობას**:  $r_{გამ} = U_2/I_2$ .



ნახ. 2.15. ოთხბოლუსა და მისი ჩანაცვლების სქემები

**წრფივი ოთხბოლუსა ეწოდება** ოთხბოლუსას, თუ მისი წინაღობები დამოკიდებულნი არ არის ოთხბოლუსას დენებსა და ძაბვებზე (ამ უკანასკნელთა ცვლილება თუ არ იწვევს წინაღობის ცვლილებას).

ნებისმიერი პასიური წრფივი ოთხბოლუსა შეიძლება შევცვალოთ ვარსკვლავისებურად ან სამკუთხედად შეერთებული სამი წინაღობის მქონე სქემით; პირველ მათგანს ეწოდება T-ს მაგვარი (ნახ. 2.15.ბ), მეორეს კი - Π-ს მაგვარი (ნახ. 2.15.გ) სქემა.

ოთხბოლუსას შესასვლელ  $I_1$ ,  $U_1$  და გამოსასვლელ  $I_2$ ,  $U_2$  პარამეტრებს შორის არსებობს წრფივი დამოკიდებულებები, რომლებსაც ეწოდებათ **ოთხბოლუსას განტოლებები**.

მაგალითად, T-ს მაგვარი სქემისათვის (ნახ. 2.15.ბ) უშუალოდ შეიძლება დავწეროთ შესასვლელი დენის და ძაბვის გამოსახულებები:



$$\begin{aligned}
 I_1 &= I_2 + I_0 = I_2 + (U_2 + U_2 r_2) \frac{1}{r_0} = \frac{U_2}{r_0} + I_2 \left( 1 + \frac{r_2}{r_0} \right), \\
 U_1 &= I_1 r_1 + I_2 r_2 U_2 = \left[ \frac{U_2}{r_0} + \left( 1 + \frac{r_2}{r_0} \right) I_2 \right] r_1 + I_2 r_2 + U_2 = \\
 &= \left( 1 + \frac{r_1}{r_0} \right) U_2 + \left( r_1 + r_2 + \frac{r_1 r_2}{r_0} \right) I_2
 \end{aligned} \tag{2.24}$$

(2.24) სისტემის გასამარტივებლად შემოვიტანოთ აღნიშვნები:

$$A=1+r_1/r_2; \quad B=r_1+r_2+r_1 r_2/r_0; \quad C=1/r_0; \quad D=1+r_2/r_0 \tag{2.25}$$

აღნიშნული აღნიშვნების შეტანის შემდეგ (2.24) სისტემა მიიღებს სახეს:

$$\left. \begin{aligned}
 U_1 &= AU_2 + BI_2; \\
 I_1 &= CU_2 + DI_2
 \end{aligned} \right\} \tag{2.26}$$

სადაც  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , და  $D$  არის **ოთხბოლუსას კოეფიციენტები (მუდმივები)**.

$\Pi$ -ს მაგვარი სქემისათვის (ნახ. 2.15.გ) შეიძლება უშუალოდ დაეწეროს შესასვლელი დენის და ძაბვის გამოსახულებები:

$$\left. \begin{aligned}
 U_1 &= r_0 \left( I_2 + \frac{U_2}{r_2} \right) + U_2 = \left( 1 + \frac{r_0}{r_2} \right) U_2 + r_0 I_2; \\
 I_1 &= \frac{U_1}{r_1} + \frac{U_2}{r_2} + I_2 = \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{r_0}{r_1 r_2} \right) U_2 + \left( 1 + \frac{r_0}{r_1} \right) I_2
 \end{aligned} \right\} \tag{2.27}$$

შემოვიტანოთ აღნიშვნები:

$$A=1+r_0/r_2; \quad B=r_0; \quad C=1/r_1+1/r_2+r_0/r_1 r_2; \quad D=1+r_0/r_1 \tag{2.28}$$

ამ უკანასკნელებს თუ შევიტანთ (2.27) სისტემაში, მაშინ  $\Pi$ -ს მაგვარი სქემისათვისაც მივიღებთ  $T$ -ს მაგვარი სქემის მსგავს სისტემას:

$$\left. \begin{aligned}
 U_1 &= AU_2 + BI_2; \\
 I_1 &= CU_2 + DI_2
 \end{aligned} \right\} \tag{2.29}$$

სისტემები (2.26) და (2.29) გარეგნულად ერთმანეთს ჰგავს. ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  კოეფიციენტების (მუდმივების) გამოსახულებებით. ამ სისტემიდან ჩანს, რომ მუდმივები  $A$  და  $D$  – განყენებული რიცხვებია,  $B$ -ს აქვს წინალობის, ხოლო  $D$ -ს – გამტარობის განზომილება.

ოთხბოლუსას კოეფიციენტებს შორის არსებობს ასეთი

თანაფარდობა:

$$AD-BC=1 \quad (2.30)$$

რომლის სისწორის შემოწმება ადვილია როგორც T-ს მაგვარი, ასევე II-ს მაგვარი კოეფიციენტების მნიშვნელობების ჩასმით.

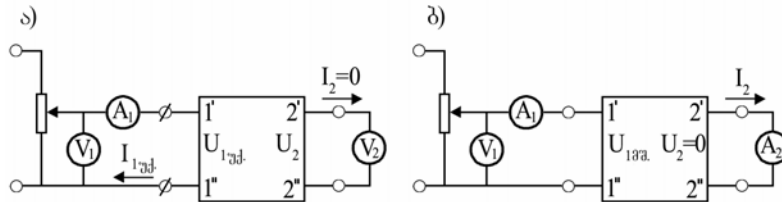
ოთხბოლუსებში თუ შევუცვლით ადგილებს შესასვლელ და გამოსასვლელ მომჭერებს, ე.ი. კვების წყაროს თუ ჩავრთავთ 2'-2'' მომჭერებთან, ხოლო დატვირთვას - 1'-1'' მომჭერებთან, მაშინ მივიღებთ, მაშინ მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} U_2 &= AU_1 + BI'_1; \\ I'_2 &= CU_1 + DI'_1 \end{aligned} \right\} \quad (2.31)$$

სადაც შტრიხებით ნაჩვენებია შებრუნებული მიმართულების დენები. ერთმანეთს თუ შევადარებთ (2.31) და (2.26) სისტემებს შევნიშნავთ, რომ კოეფიციენტები A და B ერთმანეთს უცვლიან ადგილებს.

**სიმეტრიული ოთხბოლუსა** ეწოდება ისეთ ოთხბოლუსას, რომლის კვების წყაროსა და დატვირთვის (მომხმარებელი) რეჟიმები არ იცვლება 1'-1'' და 2'-2'' მომჭერების ადგილების ურთიერთშენაცვლებით. სიმეტრიული ოთხბოლუსასათვის უნდა სრულდებოდეს ტოლობა  $A=B$ .

ორი წვეილი მომჭერებიანი ელექტრული წრედი, რომელიც შედგება ნებისმიერი რაოდენობი რაზისტორებისაგან შეიძლება შეიცვალოს კევიალენტური T-ს მაგვარი ან II-ს მაგვარი სქემით. ამიტომ შესასვლელ-გამოსასვლელ დენებსა და ძაბვებს შორის მიღებული დამოკიდებულებები სამართლიანია ნებისმიერი კონფიგურაციის პასიური წრფივი ოთხბოლუსებისათვის.



ნახ. 2.16. ოთხბოლუსას უქმი სვლისა (ა) და მოკლედ შერთვის (ბ) ცდის სქემები

ოთხბოლუსას რეჟიმს განრთული გამოსასვლელი მომჭერების დროს, ე.ი. როდესაც  $I_2=0$ , ეწოდება **ოთხბოლუსას უქმი სვლა** (ნახ. 2.16.ა). უქმი სვლის დროს შესასვლელი ძაბვა აღვნიშნოთ  $U_{1უქ}$  ხოლო შესასვლელი დენი -  $I_{1უქ}$  სიმბოლოთი და გადავწეროთ (2.26) სისტემა უქმი სვლისათვის:

$$\left. \begin{aligned} U_{1უქ} &= AU_2; \\ I_{1უქ} &= CU_2. \end{aligned} \right\} \quad (2.32)$$

ოთხბოლუსას რეჟიმს გამოსასვლელი მომჭერები მოკლედ შერთვის დროს, ე.ი. როდესაც  $U_2=0$ , ეწოდება **ოთხბოლუსას მოკლედ შერთვა** (ნახ. 2.16.ბ). მოკლედ შერთვის დროს ოთხბოლუსას შესასვლელი ძაბვა აღვნიშნოთ  $U_{1შ}$  ხოლო შესასვლელი დენი -  $I_{1შ}$  სიმბოლოთი და

გადავწეროთ (2.26) სისტემა მოკლედ შერთვისათვის:

$$\left. \begin{aligned} U_{1\text{მ.ა.}} &= B I_2; \\ I_{1\text{მ.ა.}} &= D I_2. \end{aligned} \right\} (2.33)$$

1-*ლ* მომჭერებიდან ოთხბოლუსას კვების დროს უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის შედგენილი განტოლებები საშუალებას გვაძლევს ვიპოვოთ შესასვლელი  $r_{1\text{უ.ს.}}$  წინაღობა უქმი სვლისა და  $r_{1\text{მ.ა.}}$  წინაღობა მოკლედ შერთვის დროს:

$$\left. \begin{aligned} r_{1\text{უ.ს.}} &= U_{1\text{უ.ს.}} / I_{1\text{უ.ს.}}; \\ r_{1\text{მ.ა.}} &= U_{1\text{მ.ა.}} / I_{1\text{მ.ა.}}. \end{aligned} \right\} (2.34)$$

აღვიღებს თუ შეეუცვლით პირველად და მეორედ მომჭერებს, ე.ი. კვებას თუ მივაწვდით 2-2 მომჭერებიდან და თუ ვავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ ამ შემთხვევაში არცერთი კოეფიციენტი არ იცვლება, ხოლო  $A$  და  $D$  კოეფიციენტები აღვიღებს ცვლიან, ანალოგიურად მივიღებთ შესასვლელ წინაღობებს.

$$\left. \begin{aligned} r_{2\text{უ.ს.}} &= U_{2\text{უ.ს.}} / I_{2\text{უ.ს.}}^I; \\ r_{2\text{მ.ა.}} &= U_{2\text{მ.ა.}} / I_{2\text{მ.ა.}}^I. \end{aligned} \right\} (2.35)$$

მიღებული ოთხი განტოლებიდან თუ შევირჩევთ სამს და მხედველობაში მივიღებთ (2.30) განტოლებას, შეიძლება განსაზღვროთ ოთხბოლუსას  $A$ ,  $B$ ,  $C$  და  $D$  კოეფიციენტები. მაგალითად,  $C$  მუდმივას განსაზღვრავად დავწეროთ:

$$\left. \begin{aligned} r_{1\text{უ.ს.}} - r_{1\text{მ.ა.}} &= 1/CD \\ r_{2\text{უ.ს.}} (r_{1\text{უ.ს.}} - r_{1\text{მ.ა.}}) &= 1/C_2, \end{aligned} \right\} (2.36)$$

საიდანაც ვპოულობთ კოეფიციენტს:

$$C = \frac{1}{\sqrt{r_{1\text{უ.ს.}}(r_{1\text{უ.ს.}} - r_{1\text{მ.ა.}})}} (2.37)$$

ახლა (2.34) და (2.35)-დან ვიპოვოთ დანარჩენი კოეფიციენტები:

$$\left. \begin{aligned} A &= C r_{1\text{უ.ს.}} \\ D &= C r_{2\text{უ.ს.}} \\ B &= D r_{1\text{მ.ა.}} \end{aligned} \right\} (2.38)$$

$A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  პარამეტრების განსაზღვრის შემდეგ შეიძლება, მაგალითად, ვიპოვოთ  $T$ -ს მაგვარი ჩანაცვლებული სქემის პარამეტრები (2.25) გამოსახულებებიდან:

$$r_0 = 1/C; \quad r_1 = (A - 1) / C; \quad r_2 = (D - 1) / C (2.39)$$

ანალოგიურად შეიძლება ვიპოვოთ  $\Pi$ -ს მაგვარი ჩანაცვლების სქემის პარამეტრები (2.28) გამოსახულებებიდან.

პასიური ოთხბოლუსას მნიშვნელოვან თვისებას წარმოადგენს ის,

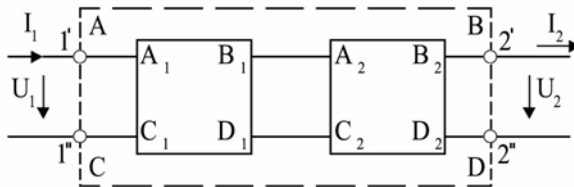
რომ მისი მუშაობის რეჟიმი შესაძლებელია განხილული იქნეს როგორც უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის რეჟიმების ზედღების შედეგი. ეს თვისება, ერთი მხრივ, ამარტივებს ოთხპოლუსის გამოთვლას და, მეორე მხრივ, უზრუნველყოფს გამოცდის ჩასატარებლად მოხმარებელ იყოს შედარებით მცირე სიმძლავრე.

უქმი სვლის გამოცდის დროს (იხ. ნახ. 2.15.ა) პირველადი  $U_{უქმ}$  ძაბვის რეგულირების გზით გამოსასვლელ 2'-2'' მომჭერებზე მოდებული ძაბვის სიდიდე ნომინალური  $U_2$  ძაბვის ტოლად შევირჩიოთ. ასევე მოკლედ შერთვის გამოცდის დროს (იხ. ნახ. 2.15.ბ) პირველადი  $U_{1უქმ}$  ძაბვის რეგულირებით შეიძლება გამოსასვლელ კონტურში გამავალი დენის მნიშვნელობა ნომინალური  $I_2=U_2/I_2$  დენის მნიშვნელობის ტოლად შევირჩიოთ. ძაბვები და დენები იზომება ნახაზზე ნაჩვენები,  $A_1, A_2$  ამპერმეტრებითა და  $V_1, V_2$  ვოლტმეტრებით.

უქმი სვლის დროს შესასვლელი ძაბვა და შესასვლელი დენი განისაზღვრება (2.32) სისტემით, ხოლო მოკლედ შერთვის დროს ანალოგიური სიდიდეები – (2.33) სისტემებით. აქედან გამომდინარე, (2.26) სისტემით მოცემული ოთხპოლუსის მუშაობის რეჟიმები მიიღება უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის რეჟიმების ზედღებით.

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= AU_2 + BI_2 = U_{1უ.ს.} + U_{1ა.შ.} , \\ I_1 &= CU_2 + DI_2 = I_{1უ.ს.} + I_{1ა.შ.} . \end{aligned} \right\} (2.40)$$

დასასრულს განვიხილოთ ყველაზე გავრცელებული შეერთებები ოთხპოლუსების გამოყენებით. ნახ. 2.17-ზე ნაჩვენებია ოთხპოლუსების კასკადური შეერთების მაგალითი;



ნახ. 2.17. ოთხპოლუსების კასკადური შეერთება

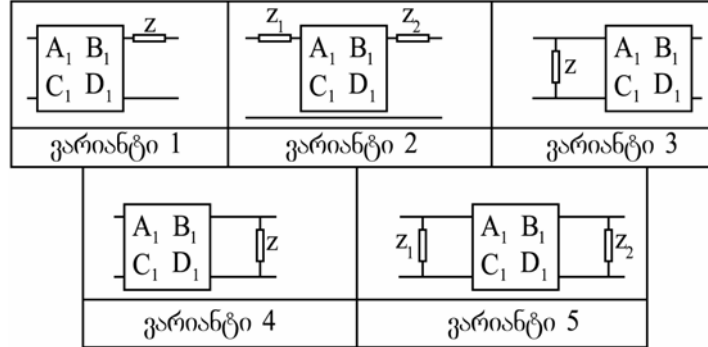
თუ მათი პარამეტრები შესაბამისად არის,  $A_1, B_1, C_1, D_1$ , და  $A_2, B_2, C_2, D_2$ , ხოლო მათი შეერთებით მიღებული ოთხპოლუსის პარამეტრებს აღვნიშნავთ როგორც  $A, B, C, D$ , მაშინ სამართლიანია გამოსახულება:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{bmatrix} \quad (2.41)$$

საიდანაც მიიღება:

$$\left. \begin{aligned} A &= A_1A_2 + B_1C_2 \\ B &= A_1B_2 + B_1D_2 \\ C &= C_1A_2 + D_1C_2 \\ D &= C_1B_2 + D_1C_D \end{aligned} \right\} (2.42)$$

ოთხბოლუსასთან შეიძლება მიერთებული იყოს გარკვეული წინაღობები. ნახ. 2.18-ზე მოყვანილია ასეთი მიერთებების ყველაზე გავრცელებული ვარიანტები.



**ნახ. 2.18.** ოთხბოლუსასთან წინაღობების მიერთების ვარიანტები  
ნახ. 2.18-ზე მოყვანილი ვარიანტებისათვის გვექნება:

**ა) ვარიანტი 1:**  
 $A=A_1; B=A_1Z+B_1; C=C_1; D=C_1Z+D_1.$  (2.43)

**ბ) ვარიანტი 2:**  
 $A=C_1Z_1+A_1; B=A_1Z_2+B_1+(C_1Z_2+D_1)Z_1; C=C_1$   
 $D=C_1Z_2+D_1$  (2.44)

**გ) ვარიანტი 3 :**  
 $A=A_1; B=B_1; C=C_1+A_1/Z; D=D_1.$  (2.45)

**დ) ვარიანტი 4 :**  
 $A=A_1+B_1/Z; B=B_1; C=C_1+D_1/Z; D=D_1.$  (2.46)

**ე) ვარიანტი 5 :**  
 $A=A_1+B_1/Z_2; B=B_1; C=C_1+A_1/Z_1+(D_1+B_1/Z_1) 1/Z_2;$   
 $D=D_1+B_1/Z_1$  (2.47)

**დანართ 1-ში** მოყვანილია პრაქტიკაში გავრცელებული ტიპური ოთხბოლუსების კოეფიციენტები (**ცხრილი დ.1.10**).

სარელსო წრედის ჩანაცვლების ზოგად სქემაზე ნაჩვენებია  $N_1$ ,  $N$  და  $N_2$  ოთხპოლუსადან თოთოეული მათგანის შესასვლელზე დაბვა და დენი განისაზღვრება (2.26) სისტემის მსგავსი სისტემის საშუალებით. მაგალითად,  $N$  ოთხპოლუსასათვის შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= A\dot{U}_2 + B\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 &= C\dot{U}_2 + D\dot{I}_2 \end{aligned} \right\} (2.48)$$

ზემოთაღნიშნული ოთხპოლუსების კოეფიციენტები განისაზღვრება ჩვენს მიერ განხილული მეთოდების გამოყენებითა და სარელსო წრედის სათანადო ელემენტების პარამეტრების გათვალისწინებით.

ტრანსფორმატორებისა და დროსეულ-ტრანსფორმატორების ჩანაცვლების  $N_1$  და  $N_2$  ოთხპოლუსების (იხ. ნახ. 2.14) კოეფიციენტები განისაზღვრება ექსპერიმენტულად და მოცემულია სპეციალურ ლიტერატურაში ცხრილების სახით.

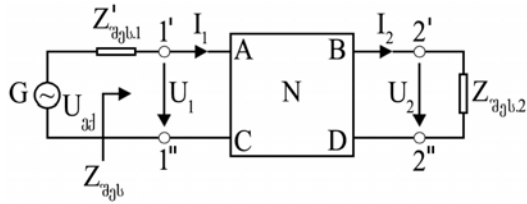
$N_1$  და  $N_2$  ოთხპოლუსების კოეფიციენტები მუდმივი სიდიდეებია და დამოკიდებული არ არის სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმებზე.  $N$  ოთხპოლუსას პარამეტრები ცვლადი სიდიდეებია. ისინი იცვლებიან უწყვეტად (ლიანდაგზე გარემო პირობების ზემოქმედების, ე.ი. სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღობის ცვლილების კვალობაზე) ან დისკრეტულად (სარელსო წრედზე სამატარებლო შუნტის ზედდების ან სარელსო ძაფის გაწყვეტის შესაბამისად).

კვების წყაროსა და სალიანდაგო მიმდებს შორის არსებული სარელსო წრედის მთელი სქემა შეიძლება შევცვალოთ  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $C_0$ ,  $D_0$  პარამეტრებიანი ოთხპოლუსათი (იხ. ნახ. 2.14), რომლისთვისაც შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\begin{bmatrix} A_0 & B_0 \\ C_0 & D_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{bmatrix} \quad (2.49)$$

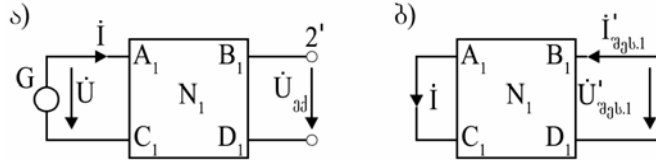
ასეთ შემთხვევაში სარელსო წრედის კვების წყაროს დაბვა და დენი:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U} &= A_0\dot{U}_a + B_0\dot{I}_a \\ \dot{I} &= C_0\dot{U}_a + D_0\dot{I}_a \end{aligned} \right\} (2.50)$$



**ნახ. 2.19.** სარელსო წრედის ჩანაცვლების ძირითადი სქემა

$N_1, N, N_2$  ოთხპოლუსები შეიძლება ჩაითვალოს წრფივებად. ეს საშუალებას გვაძლევს სარელსო წრედის ანალიზისა და გაანგარიშების დროს ვისარგებლოთ ჩანაცვლების უფრო მარტივი სქემით, რომელსაც ჩანაცვლების ძირითადი სქემა ეწოდება (ნახ. 2.19). იგი მიიღება სარელსო ხაზის დასაწყისში ელექტრული სქემის შეცვლით **ექვივალენტური გენერატორის მეთოდის** მიხედვით, ხოლო სარელსო ხაზის ბოლოში არსებული მოწყობილობების შეცვლით **ექვივალენტური დატვირთვის მეთოდის მიხედვით**. ამ დროს ექვივალენტური გენერატორის ძაბვა უდრის უქმი სვლის ძაბვას  $N_1$  ოთხპოლუსას გამოსასვლელზე (ნახ. 2.20.ა). ექვივალენტური გენერატორის შენაგანი  $Z_{შგს.1}$  წინაღობა წარმოადგენს კვების წყაროს მოკლედ შერთული მომჭერების დროს  $N_1$  ოთხპოლუსას შესასვლელი წინაღობის შებრუნებულ წინაღობას (ნახ. 2.20.ბ).



**ნახ.2.20.** სარელსო წრედის ჩანაცვლების ძირითადი სქემის მკვებავი ბოლოს ექვივალენტური პარამეტრების განსაზღვრის სქემები

$Z_{შგს.2}$  წინაღობა (იხ. ნახ. 2.19) წარმოადგენს  $N_2$  ოთხპოლუსას შესასვლელ წინაღობას (იხ. ნახ. 2.14), რომლის გამოსასვლელზე მიერთებულია შესასვლელი  $Z_a$  წინაღობიანი სარელსო წრედის მიმღები. ოთხპოლუსის განტოლებების დახმარებით მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_2 &= A_2 \dot{U}_a + B_2 \dot{I}_a = (A_2 + B_2/Z_a) \dot{U}_a = K_{\text{კბ.2}} \dot{U}_a \\ \dot{I}_2 &= C_2 \dot{U}_a + D_2 \dot{I}_a = (C_2 Z_a + D_2) \dot{I}_a = K_{\text{დგ.2}} \dot{I}_a \end{aligned} \right\} (2.51)$$

სადაც  $K_{\text{კბ.2}} = (A_2 + B_2/Z_a)$  არის  $N_2$  ოთხპოლუსას ძაბვის შემცირების კოეფიციენტი, ხოლო  $K_{\text{დგ.2}} = (C_2 Z_a + D_2)$  –  $N_2$  ოთხპოლუსას დენის შემცირების კოეფიციენტი.

მაშინ:

$$Z_{\text{შეს.2}} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} = (A_2 Z_a + B_2) / (C_2 Z_a + D_2). \quad (2.52)$$

გენერატორის ძაბვის ფარდობას მიმდებში გამავალ დენზე ეწოდება **სარელსო წრედის ჩანაცვლების სქემის გადაცემის წინაღობა**; სარელსო წრედის ჩანაცვლების ზოგადი (ნახ. 2.14) და ძირითადი (ნახ. 2.19) სქემებისათვის გადაცემის  $Z_{\text{გდ.ზოგ.}}$  და  $Z_{\text{გდ.ძირ.}}$  წინაღობები შესაბამისად იქნება:

$$\begin{aligned} Z_{\text{გდ.ზოგ.}} &= \dot{U}/\dot{I}_a = (A_0 \dot{I}_a Z_a + B_0 \dot{I}_a) / \dot{I}_a = A_0 Z_a + B_0 = \\ &= C Z'_{\text{შეს.1}} Z_{\text{შეს.2}} + D Z'_{\text{შეს.1}} + A Z'_{\text{შეს.2}} + B \end{aligned} \quad (2.53)$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{გდ.ძირ.}} &= \dot{U}_{\text{ექ}} / \dot{I}_2 = C Z'_{\text{შეს.1}} Z_{\text{შეს.2}} + D Z'_{\text{შეს.1}} + \\ &\quad + A Z_{\text{შეს.2}} + B \end{aligned} \quad (2.54)$$

სარელსო წრედის გადაცემის წინაღობა იცვლება სარელსო ოთხპოლუსას კოეფიციენტებზე დამოკიდებულებით, რომლებიც ნორმალური რეჟიმის დროს აღინიშნება სიმბოლოებით  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ . (2.53) და (2.54) გამოსახულებებით განისაზღვრება სარელსო წრედის ზოგადი და ძირითადი ჩანაცვლების სქემების გადაცემის წინაღობების სარელსო წრედის მუშაობის ნორმალური რეჟიმის დროს. შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების დროს გადაცემის წინაღობები ძირითადი ჩანაცვლების სქემისათვის  $Z_{\text{გ.ა.შ.}}$  და  $Z_{\text{გ.ა.კ.}}$  განისაზღვრებიან იგივე განტოლებებით, ოღონდ შუნტური რეჟიმის დროს გამოიყენება კოეფიციენტები  $A_{\text{შ.}}$ ,  $B_{\text{შ.}}$ ,  $C_{\text{შ.}}$ ,  $D_{\text{შ.}}$ , ხოლო საკონტროლო რეჟიმის დროს კოეფიციენტები –  $A_{\text{კ.}}$ ,  $B_{\text{კ.}}$ ,  $C_{\text{კ.}}$ ,  $D_{\text{კ.}}$ .



## 2.4. სარელსო წრედების საიმედოდ და უსაფრთხოდ

### ფუნქციონირების პრობლემები

პრაქტიკულად სარელსო წრედების საიმედოდ და უსაფრთხოდ ფუნქციონირების პრობლემა წყდება შემდეგ ეტაპებზე:

#### 1) *სარელსო წრედების სინთეზის ეტაპზე.*

სარელსო წრედის სინთეზი ნიშნავს საწყისი მინაცემების მიხედვით მის დაპროექტებას; ამ დროს იზოლაციის წინააღმდეგობის მოცემულ მინიმალურ წინააღმდეგობასა და სასიგნალო დენის სისწორეზე დამოკიდებულებით განისაზღვრება სარელსო წრედის შესაძლო მაქსიმალური სიგრძე; აგრეთვე ხდება ხელსაწყოების პარამეტრების იმგვარად შერჩევა, რომ სარელსო ხაზის განსაზღვრული სიგრძისა და იზოლაციის წინააღმდეგობის შესაძლო მაქსიმალური მნიშვნელობის დროს უზრუნველყოფილი იყოს სარელსო წრედი მუშაობის უნარი;

#### 2) *სარელსო წრედების ექსპლუატაციის ეტაპზე.*

ზემოთ ჩამოთვლილ ეტაპებზე გადასწვევტ ამოცანებს, ერთი მხრივ გააჩნიათ შეფარდებითი დამოუკიდებლობები და, მეორე მხრივ, მათ შორის არსებობს მჭიდრო ურთიერთკავშირი. მართლაც, სინთეზის დროს გამოყენებული ისეთი პარამეტრის სათანადო ფარგლებში შენარჩუნება, როგორცაა სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღმდეგობა, უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს სარელსო წრედების ექსპლუატაციის ეტაპზე, აგრეთვე ამ ეტაპზე უნდა მოხდეს სალიანდაგო მიმდების საიმედოდ დაცვა სასიგნალო დენის სისწორის ტოლი მოხეტიალე პარამონიკული დენებისაგან.

სარელსო წრედების ექსპლუატაციის სწორად ორგანიზებისათვის სარელსო წრედების სხვადასხვა (ნორმალური, შუტური, საკონტროლო) რეჟიმებისათვის უნდა მოხდეს ჩვენს მიერ ზემოთ განხილული სარელსო წრედების მუშაობის კრიტერიუმების გაანგარიშება. ეს ამოცანა წყდება სარელსო წრედების ნორმალური, შუტური და საკონტროლო რეჟიმების გაანგარიშების პროცესში. აღნიშნულ პროცესში გამოიყენება სარელსო წრედების ჩანაცვლების ზოგადი და ძირითადი სქემები. (იხ. §2.2).

სარელსო წრედების სინთეზის, ექსპლუატაციის და მათი რეჟიმების ანგარიშების ამოცანები თავიანთი არსით საკმაოდ რთული კომპლექსური ამოცანებია და მათი დეტალური განხილვა

ცდება ჩვენი სახელმზღვანელოს ფარგლებს. ამდენად ჩვენ მათ განვიხილავთ ზოგადად და ყურადღებას გავამახვილებთ ამ ამოცანების ცალკეულ ასპექტებზე.

## 2.4.1. სარელსო ხაზის პირველადი და მეორეული

### პარამეტრები

სარელსო ხაზში სიგნალების გადაცემის პირობები განისაზღვრება მისი პირველადი და მეორეული პარამეტრებით. **სარელსო ხაზის პირველადი პარამეტრებია** რელსების ელექტრული წინაღობა და მათ შორის არსებული იზოლაციის (ბალასტის) წინაღობა, ხოლო **მეორეული პარამეტრებია** ტალღის გავრცელების კოეფიციენტი და ტალღური წინაღობა.

**რელსების კუთრი ელექტრული  $Z$  (ომი/კმ) წინაღობა** წარმოადგენს ორივე სარელსო ძაფით წარმოქმნილი 1 კმ სიგრძის სარელსო მარყუჟის წინაღობას, რომელიც მოიცავს არა მარტო მარყუჟის წარმომქმნელი რელსების, არამედ მარყუჟში შემავალი საპირაპირე შემაერთებლების წინაღობასაც. რელსების წინაღობა დამოკიდებულია მათ ტიპზე, საპირაპირე ზესადებების მდგომარეობაზე, რელსში გამავალი სასიგნალო დენის სახეზე, საპირაპირე შემაერთებლების ტიპსა და მდგომარეობაზე.

მუდმივი დენისადმი რელსების  $r$  წინაღობა ძირითადად განისაზღვრება საპირაპირე შემაერთებლების ტიპითა და მდგომარეობით, რადგან უწყვეტი რელსის წინაღობა მცირეა. სარელსო მარყუჟის წინაღობა ორივე სარელსო ძაფის წინაღობის ჯამის ტოლია:  $r = r_1 + r_2$ .

დადგენილია მუდმივი დენისადმი რელსების კუთრი წინაღობის შემდეგი ნორმატიული მნიშვნელობები: ფოლადის შტეფსელური შემაერთებლების დროს მაქსიმალური წინაღობაა  $r_{\max} = 0.6$  ომი/კმ, ხოლო მიღუღებული შემაერთებლების დროს –  $r_{\max} = 0.2$  ომი/კმ; მინიმალური წინაღობა შტეფსელური შემაერთებლების დროს –  $r_{\min} = 0.3$  ომი/კმ, ხოლო მიღუღებული შემაერთებლების დროს –  $r_{\min} = 0.1$  ომი/კმ. ამ მნიშვნელობების შედარება გვიჩვენებს, რომ მიღუღებული შემაერთებლებით ფოლადის შტეფსელური შემაერთებლების შეცვლისას რელსების წინაღობა სამჯერ მცირდება. დადგენილია, რომ საპირაპირე შემაერთებლების მდგომარეობაზე დამოკიდებულებით რელსების წინაღობა მუდმივი დენისადმი ექსპლუატაციის პროცესში შეიძლება ორჯერ გაიზარდოს ან შემცირდეს. სარელსო წრეების

რეჟიმისაგან დამოკიდებულებით ანგარიშის დროს იყენებენ რელსების მაქსიმალურ ( $r_{max}$ ) ან მინიმალურ ( $r_{min}$ ) წინაღობებს.

მუდმივი დენისადმი რელსების წინაღობა მცირე და უცვლელ წინაღობიანი საპირაპირე შემაერთებლების გამოყენების დროს მნიშვნელოვნად სტაბილიზირდება. მუდმივი დენის სარელსო წრელში სიგნალების გადასაცემად ყველაზე სასურველი პირობებია იმ უბნებზე, სადაც გამოყენებულია 900 მეტრი სიგრძის მთლიანშენადული სარელსო წნულები. ასეთ შემთხვევაში რელსების წინაღობა მუდმივი დენისადმი 0,05 ომი/კმ სიდიდემდე, ე.ი. 12-ჯერ მცირდება შტეფსელური შემაერთებლებისათვის წინაღობის ნორმატულ მნიშვნელობასთან შედარებით და 4-ჯერ – მიღებული შემაერთებლებისათვის წინაღობის ნორმატულ მნიშვნელობასთან შედარებით.

რელსების სრული წინაღობა  $R = r_l$ , სადაც  $r$  არის რელსების კუთრი წინაღობა (ომი/კმ), ხოლო  $l$  – სარელსო ხაზის სიგრძე (კმ).

ცვლადი დენისადმი სარელსო მარყუჟის კუთრი  $Z$  (ომი/კმ) წინაღობა კომპლექსური სიდიდეა, რომელსაც გააჩნია აქტიური და ინდუქციურ მდგენელები:

$$Z = r_{აქ} + j\omega_{სრ} \quad (2.55)$$

სადაც  $r_{აქ}$  არის საპირაპირე შემაერთებლებთან ერთად აღებული რელსების აქტიური წინაღობა (ომი/კმ);  $L_{სრ}$  – სარელსო მარყუჟის საერთო ინდუქციურობა (ჰნ/კმ), ხოლო  $\omega$  – სასიგნალო დენის კუთხური სიხშირე (რად/წმ).

სასიგნალო დენის კუთხური სიხშირეა  $\omega = 2\pi f$ , სადაც  $f$  არის სასიგნალო დენის პერცებში გამოსახული სიხშირე.

სარელსო წრედების საერთო ინდუქციობა განისაზღვრება ფორმულით;

$$L_{სრ} = L_{გ} + 2(L_{უ} + L_{კ}), \quad (2.56)$$

სადაც  $L_{გ}$  არის სარელსო მარყუჟის გარეგნული ინდუქციურობა,  $L_{უ}$  – მთელი სარელსო ძაფის შინაგანი ინდუქციურობა,  $L_{კ}$  – საპირაპირე შემაერთებლების ინდუქციურობა (გარეგანი ინდუქციურობა განპირობებულია თითოეული რელსის გარშემო წარმოშობილი მაგნიტური ნაკადით, ხოლო შინაგანი ინდუქციურობა – რელსებს შორის წარმოშობილი მაგნიტური ნაკადით). მიღებულია, რომ:

$$L_{\text{გ.}}=0.4 \cdot 10^{-3} \ln \frac{a-b}{b},$$

$$L_{\text{ა.}}=0,0955 \cdot r_{\text{აქ}}/f,$$

$$L_{\text{კ.}}=\begin{cases} 1,27 \cdot 10^{-6} \text{ ჰნ, მიღუღებული შემაერთებლებისათვის} \\ 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ ჰნ, შტეფსელური შემაერთებლებისათვის} \end{cases} \quad \left. \vphantom{L_{\text{გ.}}} \right\} 2.57$$

სადაც  $a$  არის მანძილი რელსების ღერძებს შორის (მ),  $b=P/2\pi$  – ექვივალენტური გამტარის რადიუსი, რომლის წრეწირის სიგრძე უდრის რელსის  $P$  პარამეტრს (მ),  $r_{\text{აქ}}$  – რელსების აქტიური წინაღობა,  $f$  – სასიგნალო დენის სიხშირე.

საერთო  $L_{\text{სრ}}$  ინდუქტიურობის ძირითად ნაწილს შეადგენს შინაგანი  $L_{\text{ა}}$  ინდუქტიურობა. ისევე, როგორც ნებისმიერი ორსადენიანი ხაზისათვის, მის სიდიდეს განსაზღვრავს სარელსო ხაზის გეომეტრიული ზომები.

შინაგანი  $L_{\text{ა}}$  ინდუქტიურობა და აქტიური  $r_{\text{აქ}}$  წინაღობა ზედაპირული ეფექტისა და ფერომაგნიტურ გამტარებში ჰისტერეზის გამო დამოკიდებულია სასიგნალო დენის სიხშირეზე, მაგნიტურ შეღწევადობაზე, სარელსო ფოლადის კუთრ წინაღობასა და რელსის გეომეტრიულ ზომებზე. მაგალითად, აქტიურ  $r_{\text{აქ}}$  წინაღობა შეიძლება განისაზღვროს *ნეიმანის ფორმულით*:

$$r_{\text{აქ}}=2.8\sqrt{\mu\epsilon_0\rho f}/P, \text{ ომი/კმ} \quad (2.58)$$

სადაც  $\mu\epsilon_0$  არის სარელსო ფოლადის ფარდობითი მაგნიტური შეღწევადობა;  $\rho$  -სარელსო ფოლადის კუთრი წინაღობა;  $f$  – სასიგნალო დენის სიხშირე, ხოლო  $P$  – რელსის განივკვეთის პერიმეტრი მეტრებში.

სასიგნალო დენებით შექმნილი სუსტი ველებისათვის მიღებულია, რომ  $\mu\epsilon_0=100$ .

(2.58)-ე ფორმულა საშუალებას გვაძლევს აქტიური წინაღობის მხოლოდ მიახლოებითი მნიშვნელობა გამოვითვალოთ. ასევე მიახლოებითაა შესაძლებელი  $L_{\text{ა}}$  ინდუქტიურობის მნიშვნელობის გამოთვლა. სასიგნალო დენის სიხშირის გაზრდით ზედაპირული ეფექტისა და ჰისტერეზისის მოვლენის გამო იზრდება რელსების აქტიური წინაღობა.

ცვლადი დენისათვის რელსების სრული წინაღობა გამოისახება მოდულითა და არგუმენტით (ფაზური კუთხით). 25, 50 და 75 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენისათვის რელსების კუთრი

წინაღობის ნორმატიული მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილ 2.1-ში.

ცხრილ 2.1-დან ჩანს, რომ მუდმივი დენისადმი რელსების წინაღობისაგან განსხვავებით ცვლადი დენისადმი რელსების წინაღობა საპირაპირე შემაერთებლების ტიპზე დამოკიდებულებით უმნიშვნელოდ იცვლება და იგი ძირითადად განისაზღვრება თავად რელსების აქტიური და ინდუქტიური წინაღობებით. სპილენძის მიღუღებული საპირაპირე შემაერთებლებით ფოლადის მიღუღებული შემაერთებლების შეცვლით (მთლიანშენადული სარელსო წნულების გამოყენების შემთხვევაშიც კი, როდესაც პირაპირების წინაღობა 10-ჯერ მცირდება) რელსების სრული წინაღობა მხოლოდ 20%-ით მცირდება; ამიტომ ცვლადი დენის სარელსო წრედების გაანგარიშების დროს არ გაითვალისწინება ექსპლუატაციის პერიოდში პირაპირების წინაღობების ცვლილებით გამოწვეული რელსების წინაღობის რყევა (ცვალებადობა) და სარელსო წრედების მუშაობის ყველა რეჟიმის გაანგარიშებისას სარგებლობენ ცხრილ 2.1-ში მოყვანილი მნიშვნელობებით, ე.ი. ერთმანეთის ტოლად ითვლება  $Z_{max}$  და  $Z_{min}$  მნიშვნელობები.

**ცხრილი 2.1** რელსების კუთრი წინაღობები ცვლადი სასიგინალო დენისათვის

სასიგინალო დენის სიხშირე, ჰც	საპირაპირე შემაერთებლების ტიპი	რელსების სრული წინაღობის მოდული, ომი/კმ	არგუმენტი (ფაზური კუთხე, გრად.)
25	სპილენძის მიღუღებული	0,5	52
50	სპილენძის მიღუღებული	0,8	65
	ფოლადის მიღუღებული ფოლადის შტეფსელური	0,85 1,0	60 56
75	სპილენძის მიღუღებული	1,07	68

75 ჰც სიხშირეზე მეტი სიხშირის სასიგინალო დენებისათვის რელსების წინაღობა პრაქტიკულად სიხშირეთა პროპორციულად იზრდება, რადგან ამ შემთხვევაში გაბატონებული ხდება გარე ინდუქტიურობით განპირობებული ინდუქტიური მდგენელი, რომელიც სასიგინალო დენის სიხშირის ცვლილებისას უცვლელი რჩება. ცხრილ 2.2-ში მოყვანილია რელსების კუთრი წინაღობები მაღალი სიხშირის ცვლადი დენებისათვის.

ცვლადი დენისათვის სარელსო მარყუჟის  $Z$  წინაღობა არ წარმოადგენს ცალ-ცალკე აღებული სარელსო ძაფების  $Z_1$  და  $Z_2$  წინაღობების ჯამს, ე.ი.  $Z \neq Z_1 + Z_2$ . ფიზიკურად ეს აიხსნება საისრო ძაფების ურთიერთინდუქციურობის მოვლენით. თითოეულ სარელსო ძაფში გამავალი დენი მეორე ძაფში აღძრავს ურთიერთინდუქციის დენს, რომლის მიმართულება ემთხვევა სასიგნალო დენის მიმართულებას. დენის გაზრდა წინაღობის შემცირების ექვივალენტურია, ამიტომ სარელსო მარყუჟის სრული წინაღობაა:

$$Z = Z_1 + Z_2 - 2Z_{12}, \quad (2.59)$$

სადაც  $Z_{12}$  არის სარელსო ძაფების ურთიერთინდუქციურობით განპირობებული წინაღობა.

ცალკე აღებული თითოეული სარელსო ძაფის წინაღობაა:

$$Z_1 = Z_2 = Z/2 - Z_{12} \quad (2.60)$$

გაანგარიშება გვიჩვენებს, რომ სარელსო მარყუჟის წინაღობა და ცალკე აღებული თითოეული ძაფის წინაღობა დაახლოებით ერთმანეთის ტოლია, ე.ი.  $Z \approx Z_1 = Z_2$ .

I სიგრძის სარელსო ხაზის სრული წინაღობა კუთრი  $Z$  წინაღობით განისაზღვრება, როგორც  $Z = zL$ .

**ცხრილი 2.2.** რელსების კუთრი წინაღობები მაღალი სისშირის სასიგნალო დენებისათვის

სასიგნალო დენის სისშირე, ჰც	სრული წინაღობის მოდული, ომი/კმ	სრული წინაღობის არგუმენტი გრად.	სასიგნალო დენის სისშირე, ჰც	სრული წინაღობის მოდული, ომი/კმ	სრული წინაღობის არგუმენტი, გრად.
125	1,54	71	475	5,4	79
175	2,0	73	725	6,6	80
225	2,6	73	1000	8,9	81
275	3,1	76	2000	17,3	84
325	3,7	76	3000	23	85
375	4,3	77	5000	42	86
425	4,9	78	—	—	—

**სარელსო ხაზის ბალასტის (იზოლაციის) ელექტრული რიზ. (ომი/კმ) წინაღობა** ეწოდება იმ წინაღობას, რომელსაც უწევს შპალები და ბალასტი (იზოლაცია) ერთ-ერთი რელსიდან მეორეში გაუონვის დენს. ბალასტის წინაღობის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ბალასტისა და შპალების ტიპსა და მდგომარეობაზე, შპალებზე რელსების მისამაგრებელ არმატურაზე, რელსების ძირსა და ბალასტს შორის არსებულ ღრეხოზე, ჰაერის ტემპერატურასა და ტენიანობაზე, აგრეთვე სხვა მრავალ მიზეზზე.

სასიგნალო დენის სისშირის 0-დან 2000 ჰც-მდე ცვლილების დროს იზოლაციის წინაღობა უმნიშვნელოდ იზრდება და აქვს აქტიური ხასიათი. 2000 ჰც-ზე მაღალი სისშირის დროს ჩნდება იზოლაციის წინაღობის ტევადური მდგენელი.

იზოლაციის წინაღობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ბალასტის სახესა და მდგომარეობაზე. ბალასტისათვის საუკეთესო მასალად ითვლება ღორღი; კარგი საიზოლაციო თვისებები გააჩნია ხრეშსაც, ხოლო სილისა და აზბესტის ბალასტის დროს დაბალია იზოლაციის წინაღობა.

ბალასტის წინაღობის სიდიდეზე დიდ გავლენას ახდენს ბალასტის დანაგვიანების ხარისხი. ღორღიანი ბალასტიც კი დაგებიდან რამოდენიმე წლის შემდეგ სილით, მტვრით, წილით, ნახშირითა და სხვა მასალებით იმდენად ნაგვიანდება, რომ შეიძლება მისი წინაღობა ნორმატულ წინაღობაზე ნაკლები აღმოჩნდეს.

ბალასტის წინაღობა განსაკუთრებით მკვეთრად მცირდება უბნებზე, სადაც გადაზიდავენ სასუქებსა და სხვა მარილებს, აგრეთვე მლაშე ნიადაგებიან უბნებზე. ექსპლუატაციის პერიოდში იზოლაციის წინაღობა შეიძლება შეიცვალოს ამინდისა და სხვა პირობების გამო ომის რაღაც ნაწილიდან (ზაფხულში წვიმის შემდეგ) 100 ომი.კმ-მდე (ზამთარში მაგარი ყინვის დროს) სიდიდით.

მუდმივი და ცვლადი დენის სარელსო წრედების ნებისმიერი სახის ბალასტისათვის დადგენილია ბალასტის (იზოლაციის) მინიმალური წინაღობის ერთიანი ნორმა და იგი 1 ომი.კმ-ის ტოლია. აღნიშნული ნორმის დაცვა ექსპლუატაციის პერიოდში ხშირად ვერ ხერხდება. კერძოდ, ბალასტის (იზოლაციის) წინაღობა შეიძლება 0,5 ომი.კმ-მდეც შემცირდეს იმ შემთხვევაში, როდესაც:

- ბალასტი ეხება რელსების ძირს;
- ხაზზე არსებობს დამპალი შპალები;
- შპალები გაუღენთილია დენგამტარი ანტისეპტიკებით (მაგ. ქლოროვანი ცინკით);

- აზბესტოვანი ბალასტი დანაგვიანებულია ფხვიერი მასალით;

- რელსები დაგებულია მლაშე ნიადაგზე.

ასეთ დროს შეიძლება დაირღვეს სარელსო წრედების ნორმალური მუშაობა.

რკინაბეტონის შპალებიან უბნებზე გართულებულია მუდმივი დენის სარელსო წრედების მუშაობა ეგრეთ წოდებული აკუმულატორული ელექტროქიმიური ეფექტის წარმოქმნის გამო.

**ელექტროქიმიური ეფექტის** დროს სარელსო ხაზი მასში გამავალ იმპულსში აგროვებს ენერგიას, რომლის ხარჯზე იმპულსური რელე იმპულსებს შორის არსებულ ინტერვალში მიზიდულ მდგომარეობაში ინარჩუნებს ღუზას, რაც იწვევს ამოვარდნას სარელსო წრედის მუშაობაში. ამ პირობებში სარელსო წრედების ნორმალური მოქმედების უზრუნველსაყოფად დამუშავებულია სპეციალური სქემები, სარელსო წრედის ორპოლარული კვების სქემა.

1 სიგრძის მქონე სარელსო ხაზის იზოლაციის სრული წინააღობაა:

$$R = r_{\text{იზ.}}/L,$$

სადაც  $r_{\text{იზ.}}$  არის 1 კმ ხაზის სიგრძის სარელსო ხაზის იზოლაციის (ბალასტის) კუთრი წინააღობა.

მოკლედ განვიხილოთ სარელსო ხაზის **მეორეული პარამეტრები**, რომლებიც ახასიათებენ სარელსო ხაზში (როგორც განაწილპარამეტრებიანი ხაზის ერთ-ერთ ნაირსახეობაში) ელექტრული სიგნალების გავრცელების პროცესს. ეს პარამეტრებია ტალღის გავრცელების  $\gamma$  (1/კმ) კოეფიციენტი და ტალღური  $Z_{\text{ტ}}$  წინააღობა.

**ტალღის გავრცელების კოეფიციენტი** განისაზღვრება ფორმულით:

$$\gamma = \alpha + j\beta \quad (2.61)$$

სადაც  $\alpha$  არის მიღვევის კოეფიციენტი, ხოლო  $\beta$  - ფაზური კოეფიციენტი.

**მიღვევის კოეფიციენტი** ფიზიკურად ახასიათებს ამპლიტუდის ცვლილებას, ხოლო **ფაზური კოეფიციენტი** – სიგნალის ფაზის ცვლილებას 1 კმ სიგრძის სარელსო ხაზში მისი გავლის დროს.



გავრცელების კოეფიციენტი შეიძლება განისაზღვროს პირველადი პარამეტრებით:

$$\gamma = \sqrt{Z/r_{0\phi}} = |\sqrt{Z/r_{0\phi}}| e^{j\phi/2} \quad (2.62)$$

სადაც  $Z$  და  $r_{0\phi}$  შესაბამისად არის რელსებისა და იზოლაციის კუთრი წინაღობები, ხოლო  $\phi$  – რელსების წინაღობის არგუმენტი.

მუდმივი დენისათვის ( $\gamma=\alpha$ ,  $\beta=0$ ) გვაქვს:

$$\gamma = \sqrt{Z/r_{0\phi}} \quad (2.63)$$

ფოლადის მიღუღებული შემაერთებლების დროს  $\gamma=\alpha=0,447$  კმ<sup>-1</sup>

50 ჰც სისშირის ცველადი დენისა და მიღუღებული სპილენძის შემაერთებლების დროს  $\gamma=0,89e^{j32,59}$  1/კმ.

**ტალღური წინაღობა** ახასიათებს სარელსო წრედის თითოეულ წერტილში ძაბვასა და დენს შორის თანაფარდობას ელექტრომაგნიტური ტალღის გავრცელების დროს. ტალღური წინაღობა შეიძლება შეიძლება განისაზღვროს პირველადი პარამეტრებით:

$$Z_{\phi} = \sqrt{Z \cdot r_{0\phi}} = |\sqrt{Z \cdot r_{0\phi}}| e^{j\phi/2}$$

**შეთანხმებული წრედი** ეწოდება ისეთ წრედს, რომლის ტალღური წინაღობა ტოლია წრედის დატვირთვის წინაღობისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში წრედს ეწოდება **შეუთანხმებული წრედი**.

ენერგია წრედში ე.წ. მვარდნი ტალღის სახით ვრცელდება. შეთანხმებულ წრედის ბოლოში მოსული ენერგიის მვარდნი ტალღა მთლიანად აღიქმება დატვირთვის მიერ. არაშეთანხმებულ სარელსო წრედის ბოლოში მოსული ენერგიის მვარდნი ტალღის ნაწილი აღიქმება დატვირთვის მიერ, ნაწილი კი (ტალღური წინაღობისა და დატვირთვის წინაღობის ურთიერთუტოლობის გამო) ხაზის ბოლოდან აირეკლება; არეკლილი ტალღა ვრცელდება წრედის ბოლოდან – წრედის დასაწყისისაკენ. მისი ამპლიტუდა მვარდნი ტალღის ამპლიტუდაზე ნაკლებია (მის სიდიდეს განსაზღვრავს ტალღური და დატვირთვის წინაღობათა შეუთანხმებლობის ხარისხი);

აღნიშნული (მვარდნი და არეკლილი) ტალღები ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით ვრცელდებიან. ამიტომ მვარდნი ტალღების ამპლიტუდათა სიდიდეებს აკლდება არეკლილი ტალღების ამპლიტუდათა სიდიდეები, რაც ამცირებს

ჯამური მვარდნი ტალღის ამპლიტუდის სიდიდეს. ეს იწვევს წრედის ბოლოში მოსული ენერგიის შემცირებას, რაც არასასურველია.

ზემოთ აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად უნდა ვეცადოთ, რომ დატვირთვის წინაღობა გავუტოლოთ ტალღურ წინაღობას (ე.ი. არაშეთანხმებული წრედი გარდაეკმნათ შეთანხმებულ წრედად) ან, თუ ეს ობიექტური მიზეზების გამო შეუძლებელია, მაქსიმალურად შევამციროთ განსხვავება წრედის ტალღურ და დატვირთვის წინაღობათა სიდიდეებს შორის.

ანალოგიურად, წრედის შესასვლელი წინაღობაც ტოლი უნდა იყოს მისი ტალღური წინაღობისა (ასეთ შემთხვევაში არეკლილი ტალღები არ წარმოიშევა ხაზის დასაწყისიდანაც). შეთანხმებულ წრედად გადაქცევის მიზნით სარელსო წრედის როგორც მკვებავ, ასევე რელეურ ბოლოზე აუცილებელია სპეციალური *მათანხმებელი მოწყობილობების* ჩართვა (იხ. ნახ. 2.6).

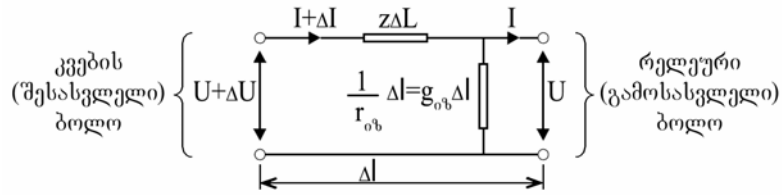
მეორადი პარამეტრები, რადგანაც ისინი განისაზღვრებიან პირველადი პარამეტრებით, დამოკიდებულნი არიან სასიგნალო დენის სიხშირეზე. სასიგნალო დენის სიხშირის ამდლებით მეორადი პარამეტრები იზრდებიან დაახლოებით სიხშირიდან კვადრატული ფესვის პროპორციულად.

## 2.4.2 ზოგადი ცნობები სარელსო წრეების გაანგარიშების შესახებ

სარელსო წრედი რთული ელექტრული წრეა, რომლის ძირითადი ელემენტებია მკვებავი ბოლოს ხელსაწყოები, სარელსო ხაზი და რელეური (მიმღები) ბოლოს ხელსაწყოები. მკვებავ და სარელსო ბოლოებში ჩართული ხელსაწყოები წარმოადგენენ ჩვეულებრივ შექურსულპარამეტრებიან წრედებს. ასეთ წრედებში დენებსა და ძაბვებს შორის არსებული დამოკიდებულებები უშუალოდ ელემენტების პირველადი პარამეტრებით (წინაღობებით, ინდუქციურობებით, ტევადობებით) გამოისახება.

სარელსო ხაზი წარმოადგენს თანაბრად განაწილებული პარამეტრებიან ელექტრულ წრედს, რომელშიც რელსების ელემენტარული წინაღობები მიმდევრობითაა შეერთებული, ხოლო იზოლაციის ელემენტარული წინაღობები – პარალელურად. განვიხილოთ უსასრულოდ მცირე  $\Delta l$  სიგრძის სარელსო წრედი (ნახ. 2.21), რომლის პირველადი პარამეტრებია  $Z$  და  $r$ . რელსების

წინაღობა მოცემულ შემთხვევაში იქნება  $z\Delta l$ , ხოლო იზოლაციის გამტარობა  $\Delta l/r_{\text{ოზ}}$ .



ნახ. 2.21. უსასრულოდ მცირე სიგრძის სარელსო წრედი

განხილული ელემენტარული სარელსო რგოლის რელეურ (გამოსასვლელ) ბოლოზე ძაბვა და დენია შესაბამისად  $U$  და  $I$ , ხოლო კვების (შესასვლელ) ბოლოზე –  $U+\Delta U$  და  $I+\Delta I$ ; რადგან ელემენტარული მონაკვეთის  $z\Delta l$  წინაღობაზე წარმოიშვება ძაბვის  $\Delta U$  ვარდნა, ხოლო  $\Delta l/r_{\text{ოზ}}$  გამტარობით განშტოვდება დენის  $\Delta I$  ნაწილი, ამიტომ ძაბვა და დენი სქემის შესასვლელში შესაბამისად  $U+\Delta U$ -თი და  $I+\Delta I$ -თი მეტი იქნება, ვიდრე სქემის გამოსასვლელზე.

შევადგინოთ უსასრულოდ მცირე სიგრძის საზის მონაკვეთისათვის დიფერენციალური განტოლებები ( $\Delta l \rightarrow 0$ ):

$$\left. \begin{aligned} dU &= -Izdl ; \\ dI &= U \frac{1}{r_{\text{ოზ}}} dl \end{aligned} \right\} (2.64)$$

(2.64) სისტემებიდან გვექნება:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dU}{dl} &= -I \cdot z \\ \frac{dI}{dl} &= U \cdot \frac{1}{r_{\text{ოზ}}} \end{aligned} \right\} (2.65)$$

(2.65) წარმოადგენს ელექტრული საზის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას; მათი ამოხსნით მიიღება:

$$U_1 = U_2 \cosh \gamma l + I_2 Z_0 \sinh \gamma l \quad \left. \vphantom{U_1} \right\}$$

$$I_1 = U_2 \frac{\text{sh}\gamma l}{Z_0} + I_2 \text{ch}\gamma l \quad (2.66)$$

სადაც  $U_1$  და  $I_1$  არის ძაბვისა და დენის კომპლექსები ხაზის დასაწყისში;  $U_2$  და  $I_2$  – იგივე კომპლექსები ხაზის ბოლოში;  $\gamma$  და  $Z_0$  – ხაზის მეორადი პარამეტრები,  $l$  – ხაზის სიგრძე,  $\text{sh}\gamma l$  და  $\text{ch}\gamma l$  – ჰიპერბოლური სინუსი და კოსინუსი.

(2.66) სისტემაში გაერთიანებული განტოლებებით გამოსახება სარელსო წრედის ნორმალური რეჟიმის დროს ხაზის დასაწყისსა და ბოლოში არსებულ დენებსა და ძაბვებს შორის კავშირი. ასეთი განტოლებები პირველად გამოყენებული იქნა ტელეგრაფირების დროს სიგნალების გადაცემის გასაანგარიშებლად, ამიტომ მათ **სატელეგრაფო განტოლებებსაც** უწოდებენ.

შემოვიღოთ აღნიშვნები  $A=D=\text{ch}\gamma l$ ,  $B=Z_0 \text{sh}\gamma l$ ,  $C=(\text{sh}\gamma l)/Z_0$  და შევიტანოთ იგი განტოლებათა (2.66) სისტემაში:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= AU_2 + BI_2 \\ I_1 &= CU_2 + DI_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.67)$$

მივიღოთ (2.66) სისტემის ანალოგიური სისტემა;  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  წარმოადგენენ ოთხბოლუსას კოეფიციენტებს, ამასთანავე  $A$  და  $D$  კოეფიციენტები განყენებული რიცხვებია,  $B$  კოეფიციენტს აქვს წინაღობის, ხოლო  $C$ -ს – გამტარობის განზომილება.

მუდმივი დენის სარელსო წრედების გაანგარიშებისას  $\gamma$  და  $Z_0=R_0$  წარმოადგენენ ნამდვილ სიდიდეებს (რიცხვებს), ამიტომ  $\text{sh}\gamma l$ -ის და  $\text{ch}\gamma l$ -ის მნიშვნელობები უშუალოდ ჰიპერბოლური ფუნქციების ცხრილებით შეიძლება განისაზღვროს. ცვლადი სასიგნალო დენის დროს სარელსო წრედის მეორეული  $\gamma$  და  $Z_0$  პარამეტრები კომპლექსური სიდიდეებია. კომპლექსური არგუმენტებისათვის ჰიპერბოლური ფუნქციების ცხრილები არ არსებობს და პრაქტიკულად შეუძლებელია მათი შედგენაც, რადგან მათი მნიშვნელობები დამოკიდებულია როგორც მოდულზე, ასევე ფაზურ კუთხეზე. ამ შემთხვევაში  $\text{ch}\gamma l$ -ისა და  $\text{sh}\gamma l$ -ის მნიშვნელობის განსასაზღვრავად გამოიყენება ფორმულები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს კომპლექსურ არგუმენტიანი პარაბოლური ფუნქციების მნიშვნელობები ვიპოვოთ კომპლექსური არგუმენტის ნამდვილი და წარმოსახვითი ნაწილების ჰიპერბოლური და ტრიგონომეტრიული ფუნქციებით:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{ch} \gamma l &= \operatorname{ch}(\alpha l + j\beta l) = \operatorname{ch} \alpha l \cdot \cos \beta l + j \operatorname{sh} \alpha l \beta \cdot \sin \beta l; \\ \operatorname{sh} \gamma l &= \operatorname{sh}(\alpha l + j\beta l) = \operatorname{sh} \alpha l \cdot \cos \beta l + j \operatorname{ch} \alpha l \beta \cdot \sin \beta l. \end{aligned} \right\} (2.68)$$

კომპლექსური არგუმენტის ნამდვილ  $\alpha l$  და კომპლექსურ  $\beta l$  ნაწილებზე დამოკიდებული ჰიპერბოლური და ტრიგონომეტრიული ფუნქციების მნიშვნელობები შეიძლება ვიპოვოთ ცხრილებით.

სარელსო წრედების გაანგარიშებები ძალიან დიდი მოცულობისაა და შესასრულებლად მოითხოვენ დიდ დროსა და ბევრ შრომას. აღნიშნულ სირთულეს განაპირობებს ის გარემოება, რომ გაანგარიშებები უნდა ჩატარდეს სხვადასხვა სიგრძისა და იზოლაციის ცვლადი წინააღობების მქონე სარელსო წრედებისათვის მათი მუშაობის სამივე (ნორმალური, შუნტური, საკონტროლო) რეჟიმის პირობების გათვალისწინებით.

შესასრულებელი ანგარიშების რაოდენობა რამდენჯერმე იზრდება ახალი ტიპის სარელსო წრედების დამუშავებისა და გამოკვლევის დროს, როდესაც ხდება სქემის ოპტიმალური პარამეტრებისა და აპარატურის შერჩევა.

ელექტრულ წვეიან ხაზებზე ანგარიშის დროს საჭიროა დმატებით იქნეს გათვალისწინებული სარელსო წრედის მუშაობაზე საკონტაქტო ქსელის ზეგავლენა.

სირთულის თავიდან ასაცილებლად სასურველია გაანგარიშება მოვახდინოთ კომპიუტერის გამოყენებით. ეს მნიშვნელოვნად აჩქარებს ანგარიშის პროცესს და ამადლებს შრომის მწარმოებლურობას.

ზოგჯერ სარელსო ხაზში სიგნალების გავლის პირობების ზუსტად აღმწერი განტოლებების გამოყვანა შეუძლებელია. ასეთ შემთხვევაში სარელსო წრედების გაანგარიშება და გამოკვლევა ხდება ხელოვნური ხაზების გამოყენებით, რომლებიც რეალური ხაზების ფიზიკურ მოდელს წარმოადგენენ.

ხელოვნური სარელსო ხაზების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს ახალი სარელსო წრედების დამუშავებასთან ან სარელსო წრედების სრულყოფასთან დაკავშირებული გამოკვლევები სარელსო წრედების ყველა სპეციფიკური თავისებურებების გათვალისწინებით ჩავატაროთ შრომის უმცირესი დანახარჯებით და დროის მცირე მონაკვეთში. ლაბორატორიულ და საქსპლუატაციო პირობებში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ხელოვნური სარელსო ხაზები სასიგნალო დენის სისშირის 0-დან 500 კვ-მდე დიაპაზონში

საკმაოდ ზუსტად ასახავენ რეალური სარელსო ხაზების თვისებებს.

სარელსო წრედის ოთხპოლუსების კოეფიციენტის მნიშვნელობები მოცემულია *დანართ 1-ში*.

### 2.4.3 სარელსო წრედების დაცვა წვევის დენის

#### ხელისშემშლელი და სახიფათო ზეგავლენებისაგან

საქართველოს რკინიგზაზე გამოიყენება მუდმივი დენის ელექტრული წვევა. წვევის დენისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს ცვლადი დენიც. ჯერ კიდევ *1906* წელს ნიუ-იორკის ახლოს ზოგიერთ რკინიგზის ხაზზე წვევისათვის გამოყენებული იყო 11კვ ძაბვის მქონე 25 ჰც სიხშირის ცვლადი დენი. ვინაიდან სამრეწველო სიხშირედ საქართველოს ენერჯისისტემაში გამოყენებულია 50 ჰც, ამიტომ 25 ჰც სიხშირის წვევის დენზე გადასვლა დაკავშირებული იქნება დამატებით ხარჯებთან, რომელიც საჭიროა 50 ჰც სიხშირის გამყოფი მოწყობილობების დასაყენებლად. ამიტომ პერსპექტივაში უპირატესობა შეიძლება მიენიჭოს 50 ჰც სიხშირის წვევის დენის გამოყენებას.

სარელსო წრედებზე ზემოთაღნიშნული სახის თითოეული წვევის დენის ზეგავლენის სასიათი და ხარისხი განისაზღვრება წვევის დენის სპექტრული შემადგენლობით, სარელსო წრედებში მისი კანალიზაციის (ერთდაფიანი ან ორდაფიანი) ხერხითა და სარელსო ხაზის ასიმეტრიის ხარისხით.

მუდმივი დენის სპექტრული შემადგენლობა დამოკიდებულია ელმავლების მუდმივი დენის ძრავების მკვებავ წვევის ქვესადგურებში გამმართველების თავისებურებებსა და გამართვის სქემებზე, მათი მოქმედების საიმედოობაზე, აგრეთვე ქვესადგურების გამფილტრავის მოწყობილობების სქემებზე.

მუდმივი წვევის დენი გარდა მუდმივი მდგენელისა შეიცავს ცვლად მდგენელებსაც – სამრეწველო სიხშირის უმაღლეს ჰარმონიკებს, რომლებიც წარმოიშვება წვევის ქვესადგურებში. ქვესადგურებში დაყენებული და გამართვის ექვსფაზიანი ან თორმეტფაზიანი სქემების მქონე გამმართველების ნორმალურად მუშაობის დროს წვევის მუდმივი დენის შემადგენლობაში ჩნდება  $f_a = n.m.f$  სიხშირის მქონე ჰარმონიკული მდგენელები, სადაც  $n = 1, 2, 3, \dots$  არის ჰარმონიკების რიგი,  $m$  – გამართული წვევის დენის პულსაციის პერიოდულობა (იგი გამართვის ფაზების რაოდენობის

ტოლია, ე.ი. ექვსფაზიანი გამართვის დროს  $m = 6$ , ხოლო თორმეტფაზიანი გამართვის დროს  $m = 12$ ), ხოლო  $f$  არის იმ ცვლადი დენის სიხშირე, რომლის გამართვა ხდება.

ექვსფაზიანი გამართველების მუშაობისას ჰარმონიკებს გააჩნიათ შემდეგი სიხშირეები და საორიენტაციო **მოქმედი მნიშვნელობები** (ძველი ტერმინოლოგიით – **ეფექტური მნიშვნელობები**): 300 ჰც – 8%, 600 ჰც – 2,5%, 900 ჰც – 1,7% და 1200 ჰც – 1,2%.

*ზემოთ ჩვენ გამოვიყენეთ მაღალსიხშირული ჰარმონიკული (ცვლადი) დენების დენების მოქმედი მნიშვნელობის ცნება. იგი ხშირად გამოიყენება ცვლადი დენის წრედების როგორც გაანგარიშების დროს, ასევე მათი ექსპერიმენტული შეფასებისათვისაც. გარკვეული წინააღმდეგობის მქონე წრედში დროის რაღაც პერიოდის განმავლობაში გამავალი ცვლადი დენის მოქმედი მნიშვნელობა ექვივალენტურია მუდმივი დენის ისეთი მნიშვნელობისა, რომელიც იგივე წინააღმდეგობის წრედში დროის იმავე პერიოდში გავლისას გამოყოფს ისეთივე რაოდენობის სითბოს, რა რაოდენობის სითბოც იქნა გამოყოფილი ცვლადი დენის გავლისას. ზემოთაღნიშნულის თანახმად, ერთიდაიგივე წრედში თუ გავატარებთ ჯერ მუდმივ და შემდეგ 300 ჰც სიხშირის ცვლად დენს, უკანასკნელ შემთხვევაში გამოიყოფა იმ სითბოს რაოდენობის 8%, რაც იყო გამოყოფილი პირველ შემთხვევაში.*

გამართველების ნორმალური მუშაობის დარღვევისა და გასამართი ცვლადი დენის წრედში ასიმეტრიის წარმოშობის შემთხვევაში შეიძლება გაჩნდნენ სხვა ჰარმონიული დენებიც, რომელთაც ექნებათ შემდეგი სიხშირეები და მოქმედი მნიშვნელობები: 50 ჰც – 7,7%, 150 ჰც – 12%, 200 ჰც – 1,5%, 400 ჰც – 1%.

ცვლადი დენის ელექტრული წვევის შემთხვევაში მისი სპექტრული შემადგენლობა განისაზღვრება გამართვის გამოყენებული სქემითა და ელმავლებზე არსებული ცვლადი დენის იმ გამართველი მოწყობილობების კონსტრუქციული თავისებურებებით, რომლებიც გამოიმუშავებენ ელმავალზე არსებული მუდმივი დენის ელექტრული ძრავების კვების მუდმივ (გამართულ) დენს (ცვლადი დენის ელექტრული წვევის დროსაც ელმავლებზე გამოყენებულია მუდმივი დენის ძრავები) 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის ელექტრული წვევის დროს გამართულ დენში გარდა ძირითადი 50 ჰც სიხშირის ჰარმონიკისა არსებობენ აგრეთვე კენტი  $(2n - 1)f$  სიხშირის ( $f = 50$  ჰც) ჰარმონიკები. წვევის დენში კენტი ჰარმონიკების გაჩენა იმითაა განპირობებული

რომ, იგნიტრონული გამმართველებიანი ელმავლები წარმოადგენენ არაწრფავ დატვირთვას. ამიტომ რელსებში გამავალი ცვლადი დენის მრუდს აქვს არასინუსოიდური ფორმა და გამმართველების ჩართვის გამოყენებული სქემის დროს სიმეტრიულია აბსცისთა ღერძის მიმართ. ფურიეს მწკრივად ასეთი მრუდის დაშლის დროს წარმოიშვება მხოლოდ კენტი ჰარმონიკები.

ცვლადი დენის ელექტრული წვეის დროს (აქაც და შემდგომშიაც ცვლადი დენის ელექტრული წვეის აღნიშვნისას ვგულისხმობთ 50 ჰც სისშირის ცვლად დენს) წვეის ქვესადგურებში იდგმება მხოლოდ დამადაბლებელი ტრანსფორმატორები, რომლებიც სარელსო წრედებისათვის არ წარმოადგენენ დაბრკოლებათა წყაროს.

ჩვეულებრივ, წვეის დენის სპექტრული შემდგენილობა განისაზღვრება მოქმედ უბნებზე სხვადასხვა სახის ელმავლებისა და ენერგომომარაგების სისტემების არსებობის პირობებში ჩატარებული ხანგრძლივი ექსპერიმენტული დაკვირვებების შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე. დადგენილი იქნა, რომ სხვადასხვა უბნებზე იცვლება ჰარმონიკული მდგენელების მოქმედი მნიშვნელობების მხოლოდ აბსოლუტური და შეფარდებითი განაწილებები, მაგრამ მუდმივი რჩება წვეის დენის სპექტრული შემადგენლობა (50 ჰც, 150 ჰც, 350 ჰც და 450 ჰც). ამასთანავე, სპექტრული სისშირის გაზრდით როგორც მუდმივი, ასევე ცვლადი დენის წვეის დროს, მცირდება ჰარმონიკების მოქმედი მნიშვნელობები.

არსებობს წვეის დენისა და მისი მდგენელი ჰარმონიკების სახიფათო და ხელშემშლელი ზეგავლენებისაგან სარელსო წრედების დაცვის მრავალი საშუალება. ისინი შეიძლება დავეოთ ორ ჯგუფად. პირველ ჯგუფში შედის საერთო ანუ აქტიური საშუალებები, ხოლო მეორე ჯგუფში – ინდივიდუალური, ანუ პასიური საშუალებები.

**სარელსო წრედების საერთო (აქტიური) დაცვითი საშუალებები** ეწოდება ისეთი საშუალებებს, რომლებიც ხელს უშლიან წვეის დენში ჰარმონიკული მდგენელების წარმოშობას და ახშობენ (ასუსტებენ) ასეთ მდგენელებს. ამის მისაღწევად სწორად უნდა იქნას შერჩეული გამმართველი და მფილტრაჟი (მასწორებელი) მოწყობილობების სქემების და აპარატურა (გამმართველი და მფილტრაჟი მოწყობილობები მუდმივი დენის ელექტრული წვეის დროს დაყენებულია წვეის ქვესადგურებში, ხოლო ცვლადი დენის ელექტრული წვეის დროს – ელმავლებზე). საერთო საშუალებებს მიეკუთვნებათ აგრეთვე მოწყობილობები,



რომლებიც მუდმივი დენის ელექტრული წვეის დროს გამორიცხავენ გამმართველებში 50 ჰც სიხშირის ჰარმონიკის წარმოქმნას.

**სარელსო წრედების ინდივიდუალური (პასიური) დაცვის** მიზანია სასიგნალო დენისათვის ძირითადი სიხშირედ შეირჩეს ისეთი სიხშირე, რომლის დროსაც სალიანდაგო და სალოკომოტივო მიმღებები საიმედოდ იქნება დაცული წვეის დენის ხელშემშლელი და სახიფათო ზეგავლენებისაგან.

ჩვეულებრივ, სასიგნალო დენის სიხშირე უნდა განსხვავდებოდეს წვეის დენის ძირითადი და ჰარმონიკული მდგენელების სიხშირეებისაგან, ან მისი სიხშირე უნდა ემთხვეოდეს ძალიან მცირე მოქმედი (ეფექტური) მნიშვნელობის უმაღლესი ჰარმონიკია სიხშირეს. ამ დროს თითოეულ სარელსო წრედში გამოყენებული უნდა იყოს სელექტორული მიმღებები, რომლებიც ამოქმედდებიან მხოლოდ სასიგნალო სიხშირის დენის ზემოქმედებით.

მუდმივი წვეის დენის მუდმივი მდგენელებისაგან დასაცავად გამოიყენება სპეციალური საშუალებები; კერძოდ:

- ორძაფიან სარელსო წრედებში ამ მიზნით გამოიყენება დროსელ-ტრანსფორმატორები, რომელთა მაგნიტურ სისტემებში გათვალისწინებულია საჰაერო ღრეხობები;

- ერთძაფიან სარელსო წრედებში გამოიყენება არამაგნიტური ღრეხოსა და აქტიური დამცავი რეზისტორების მქონე მათანხმებელი (რელეური) ტრანსფორმატორები.

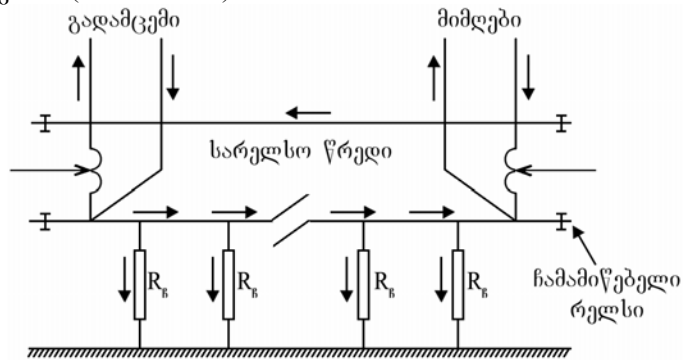
ელექტრული წვეის მქონე უბნებისათვის სარელსო წრედების დამუშავების დროს წამოჭრილ პრობლემებს შორის ყველაზე რთულია სასიგნალო დენის სიხშირის სწორად შერჩევის პრობლემა. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სასტემებს დამუშავებისას მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში წაყენებათ სხვადასხვა მოთხოვნები. აღნიშნული მოთხოვნების მრავალფეროვნება განაპირობებს სარელსო წრედებში მრავალფეროვანი სიხშირის მქონე ცვლადი სასიგნალო დენების გამოყენებას. კერძოდ, არსებობს 0,25; 50; 60; 75; 83,3; 100; 125; 175; 225; 265; 300; 325; 375; 720; 840; 850; 1000; 1300; 1500; 1502,55; 1674,28; 1831,25; 2000; 2014,8 და 10000 ჰც სიხშირის მქონე ცვლადი სასიგნალო დენიანი სარელსო წრედები.

სარელსო წრედების ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების დამუშავების დროს აუცილებელია აგრეთვე გათვალისწინებული იყოს ელექტროწვეის დენების გავლენა ორძაფიან და ერთძაფიან სარელსო წრედებზე.

ორბაფიან სარელსო წრედებში წვეის დენი ორივე სარელსო ძაფში ერთი მიმართულებით გადის (იხილეთ ნახ. 2.5,ა). ამ დენის ჰარმონიკულმა მდგენელებმა სალიანდაგო რელეზე შეიძლება მხოლოდ მაშინ მოახდინონ გავლენა, როდესაც სარელსო ძაფებში (რელსებში) გადის არაერთნაირი სიდიდის ჰარმონიკული დენები. ამ დროს დროსელ-ტრანსფორმატორის ძირითად გრაგნილებში წარმოიშევა ჰარმონიკული დენების პოტენციალთა სხვაობა, რომელიც მოქმედებს მიმღებზე.

ორბაფიანი სარელსო წრედის სარელსო ძაფებში გამავალი ჰარმონიკული დენების უტოლობა ჩნდება სარელსო ძაფების, ან სარელსო ძაფებს შორის არსებული იზოლაციის (ბალასტის) მიწის მიმართ წინაღობათა **ასიმეტრიის (არაერთნაირნიშენელობის) დროს.**

სარელსო ძაფების წინაღობათა ასიმეტრიის წარმოშობის მიზეზია საპირაპირე შემაერთებლების ცუდი (უწესიერო) მდგომარეობა და პირაპირების წინაღობათა ცვალებადობა (არასტაბილურობა). მიწის მიმართ სარელსო ძაფების წინაღობის ასიმეტრია ძირითადად წარმოიშევა ერთ-ერთ რელსთან საკონტაქტო ქსელის ლითონური საყრდენების ან ლიანდაგთან ახლოს განლაგებული ლითონური კონსტრუქციების მიერთების შედეგად. ასეთი მიერთება (რომლის წინაღობასაც ეწოდება ჩამიწების წინაღობა და აღინიშნება როგორც  $R_{\text{ჩ}}$ ) აუცილებელია საკონტაქტო ქსელში მოკლედ შერთვის წარმოშობის დროს დაცვის სქემის საიმედოდ ამოქმედების უზრუნველსაყოფად და იგი გათვალისწინებულია უსაფრთხოების ტექნიკის ინსტრუქციის მოთხოვნებით (ნახაზი 2.22).



ნახ. 2.22. სარელსო ძაფით საკონტაქტო ქსელის ჩამიწების სქემა

სარელსო დაფებში წვევის დენის განაწილების არათანაბრობა ხასიათდება *ასიმეტრიის კოეფიციენტით*, რომლის გამოთვლა შეიძლება ფორმულით:

$$K_{ას.} = (I_{\varphi 1} - I_{\varphi 2}) / (I_{\varphi 1} + I_{\varphi 2}) \quad (2.69)$$

სადაც  $I_{\varphi 1}$  და  $I_{\varphi 2}$  არის შესაბამისად პირველ (ერთ-ერთ) და მეორე რელსში გამავალი წვევის დენები. როდესაც  $I_{\varphi 1} = I_{\varphi 2}$ , მაშინ  $K_{ას.} = 0$  და ამბობენ, რომ სარელსო დაფების წინაღობები სიმეტრიულად არიან განაწილებულნი. ამ დროს ორმაფიან სარელსო წრედებში არ წარმოიშვებიან სალიანდაგო მიმღებზე მავნე ზეგავლენის მომხდენი ჰარმონიკული დენები. ფაქტიურად ასეთი იდეალური შემთხვევის პრაქტიკაში წარმოშობის ალბათობა თითქმის ნულის ტოლია. რეალურად  $K_{ას.} = 2-10\%$ .

მიწის მიმართ სარელსო დაფების უდიდესი ასიმეტრიული წინაღობა წარმოიშვება იზოლაციის (ბალასტის) დაბალი გამტარობის დროს (ზამთარში), როდესაც ჩამიწებისათვის გამოყენებულ რელსს აქვს იზოლაციის მაღალი გამტარობა, ხოლო მეორე რელსს – დაბალი (0,02-დან 0.033 სიმ/კმ-მდე) გამტარობა. ასეთ შემთხვევაში სასიგნალო დენი გადამცემიდან მიმღებს (რელსს) შეიძლება მიეწოდოს სარელსო დაფის გაწვევების ან სამატარებლო შუნტის დადების ადგილის შემოვლითი წრედით, რომელიც შედგება ჩამიწებისათვის გამოყენებული რელსისა და ჩამიწების  $R_{ჩ.}$  წინაღობებისაგან (იხილეთ ნახ. 2.22).

ამგვარად, დროსელ-ტრანსფორმატორის ძირითად გრავნილზე მოდებული დაბრკოლების დაბვა (რომელიც ფაქტიურად სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე მოდებულ დაბვას წარმოადგენს) დამოკიდებულია რელსებში გამავალი დაბრკოლებების დენების სხვაობაზე; აღნიშნული სხვაობა ხასიათდება არათანაბრობის  $K_{ათ.}$  კოეფიციენტით, რომლის გამოთვლა შეიძლება შემდეგი ფორმულით:

$$K_{ათ.} = (I_{d1} - I_{d2}) / (I_{d1} + I_{d2}) = (j_{d1} - j_{d2}) / j_{დ.} \quad (2.70)$$

$K_{ათ.}$  კოეფიციენტი დამოკიდებულია მიწის მიმართ საკონტაქტო ქსელის იზოლაციის წინაღობაზე, ჰარმონიკის სიხშირესა და სარელსო დაფთან მიერთებულ ჩამიწების გამტარში გამავალი ჰარმონიკული დენების მიერ გამოწვეულ ინდუქტიურ

ზემოქმედებაზე. ამ ფაქტორების ანალიზური გაანგარიშება მეტად ძნელია, ამიტომ უმჯობესია დენების არათანაბრობა დადგენილი იქნას პრაქტიკული გაზომვების საშუალებით.

სარელსო ძაფების ბალასტის (იზოლაციის) წინაღობების ასიმეტრიის შესამცირებლად საკონტაქტო ქსელის ლითონური საყრდენები, რომელთა იზოლაციის  $R_{\text{წ}}$  წინაღობა 20 ომზე (მუდმივი დენის ელექტრული წვეის დროს) ან 100 ომზე (ცვლადი დენის ელექტრული წვეის დროს) ნაკლებია, რელსებს უნდა მიეუერთოთ 600 ვოლტზე არაუმეტესი გარდევვის ძაბვის მქონე მრავალჯერადი მოქმედების ნაპერწკლური შუალედებით. უფრო მაღალი წინაღობების საყრდენები, აგრეთვე სექციური გამთიშველების მქონე საყრდენები, რომლებიც ადამიანების თავშეყრის ადგილებთან ახლოს არიან განთავსებული, რელსზე უშუალოდ (დამატებითი წინაღობების გარეშე) ჩამოვდებათ. ნაპერწკლური შუალედების დაყენების დროს საყრდენთა იზოლაციის წინაღობები იზრდებიან 2 – 15 ომი.კმ-მდე.

ნაპერწკლური შუალედები გამოიყენება აგრეთვე საკონტაქტო ქსელის საყრდენებზე ჩამოკიდებული ძალოვანი და განათების ქსელიდან სასადგურო და საგადასრბენო სარელსო წრეებში ცვლადი დენის მოხვედრის გამოსარიცხავად. საყრდენს, რომელზედაც ეწეობა ნაპერწკლური შუალედი, მიწის მიმართ უნდა ქონდეს ისეთი წინაღობა, რომ მიწაზე შერთვის დროს ნაპერწკლურ შუალედზე მოდებული ძაბვა აღემატებოდეს 600 ვოლტს. ამ პირობის შეუსრულებლობისას საყრდენები უშუალოდ რელსს უნდა მიუერთდეს.

სარელსო ხაზების ასიმეტრიის თავიდან ასაცილებლად ხიდების და სხვა დიდი ნაგებობების ფერმები უნდა ჩამოვდნენ უახლოესი ძირითადი ან დამატებითი **ДТ-0,6** ტიპის დროსელ ტრანსფორმატორების შუა გამომყვანზე. ამ დროსელ ტრანსფორმატორების მაღალომიან გრაგნილებს უნდა მიუერთდეს 24-32 მკვ საერთო ტევადობის კონდენსატორული ბლოკი.

წვეის დენის ხელშემშლელი და სახიფათო ზეგავლენისაგან ერთაფიანი და ორაფიანი სარელსო წრეების დაცვის დამატებით ღონისძიებას წარმოადგენს სასიგნალო დენით მათი კოდური ან იმპულსური კვების ორგანიზება. ელექტრული წვეის დენით წარმოქმნილი დაბრკოლებებისაგან იმპულსურ სალიანდაგო რელეებს საიმედოდ იცავს ფილტრები. ამ შემთხვევაში ფილტრის ელემენტების დაზიანება არღვევს რელეს იმპულსურ მუშაობას, რაც იწვევს შუქნიშანზე ნებადართველი სიგნალის შესცვლას ამკრძალავი სიგნალით.

სასადგური სარელსო წრედებში შეიძლება მზიდი სიხშირის დენის ამპლიტუდური მოდულაცია მოხდეს მექანიკურად, ტრანსმიტერების კონტაქტებით, ან ელექტრულად – ელექტრონული გენერატორის სპეციალური სქემით. ელექტრომექანიკური მოდულაციის დროს პირაპირების მოკლედ შერთვა სქემატურად კონტროლდება, რაც ართულებს სასადგურო სარელსო წრედების სქემებს; გადასარბენებზე სქემური დაცვა კოდური ავტობლოკირების განუყოფელი ელემენტია. ელექტრული, ამპლიტუდური ან სიხშირული მოდულაციის დროს მაიზოლირებელი პირაპირები კონტროლდება მომიჯნავე სარელსო წრედებში განსხვავებული მზიდი სიხშირეების გამოყენებით.

## **2.5 მუდმივი დენის ელექტრული წივის უზანაზ**

### **ბამოყენებული სარელსო წრედები**

სარელსო წრედებს, როგორც ობიექტებს, რომლებიც ასრულებენ რკინიგზის უბნების მდგომარეობის შესახებ აუცილებელი ინფორმაციის გადამწოდებისა და ტელემექანიკური არხის ფუნქციებს, გააჩნიათ შეფარდებითი დამოუკიდებლობა. ეს უკანასკნელი განაპირობებს იმ ზოგად მოთხოვნებს, რომლებსაც ისინი უნდა აკმაყოფილებდნენ. აღნიშნული მოთხოვნები ჩვენს მიერ განხილული იყო წინა თავში.

მიუხედავად შეფარდებითი დამოუკიდებლობისა, სარელსო წრედების კონსტრუქციულ თავისებურებებს განაპირობებს ის გარემოებაც, თუ რა სახის წვევა გამოყენებული რკინიგზის უბნებზე, რომლებზეც უხდებათ სარელსო წრედებს ფუნქციონირება.

რკინიგზაზე შეიძლება გამოყენებული იქნას ავტონომიური ან ელექტრული წვევა. ავტონომიური წვევის დროს ლოკომოტივებზე ძირითადად გამოიყენება თბომავლები, თუმცა შეიძლება შემორჩენილი იყოს წარმოებიდან დიდი ხნის წინათ მოხსნილი და ისტორიულ რელიქვიად ქცეული ორთქმავლებიც.

ელექტრულ წვევად შეიძლება გამოიყენებოდეს მუდმივი ან (ძირითადად 50 ჰც სიხშირის) ცვლადი დენი. ამის მიხედვით განასხვავებენ მუდმივი და ცვლადი დენის ელექტრულ წვევას. ორივე შემთხვევაში ელმავლებში გამოყენებულია მუდმივი დენის ელექტრული ძრავები. რადგან ენერგოსისტემა გამოიმუშავებს (საქართველოსა და ევროპის ქვეყნების ტერიტორიაზე – 50 ჰც

სიხშირის, ხოლო ამერიკაში – 60 ჰც სიხშირის) ცვლად დენს, დღის წესრიგში დგება ელმაველებში არსებული მუდმივი დენის ელექტრული ძრავების კვებისათვის აღნიშნული ცვლადი დენის მუდმივ დენად გარდაქმნის პრობლემა.

მუდმივი დენის ელექტრული წვეის შემთხვევაში ზემოთაღნიშნული ცვლადი დენი მუდმივ დენად გარდაიქმნება ამ მიზნისათვის სპეციალურად აგებულ ქვესადგურებში, რომელთა მიერ გამომუშავებული მუდმივი დენი საკონტაქტო ხაზით მიეწოდება ელმაველებზე არსებულ ძრავებს.

ცვლადი დენის ელექტრული წვეის შემთხვევაში მუდმივ დენად ცვლადი დენის გარდამქმნელები დაყენებულია ელმაველებზე; ამდენად, ამ გარდამქმნელებს საკონტაქტო ხაზით მიეწოდება წვეის ცვლადი დენი, რომელსაც ისინი გარდაქმნიან მუდმივ დენად და უზრუნველყოფს ძრავების კვებას.

საქართველოს რკინიგზაზე გამოყენებულია მუდმივი დენის ელექტრული წვეა. ამდენად ჩვენი რეალობისათვის აქტუალურია სარელსო წრედების იმ კონსტრუქციული თავისებურებების სიღრმისეული განხილვა, რომლებიც განპირობებულია წვეისათვის მუდმივი დენის გამოყენებით.

როგორც აღნიშნეთ, მუდმივი წვეის დენი მიიღება წვეის ქვესადგურებში არსებული მძლავრი გამმართველებით, რომლებიც იყენებენ გამართვის ექვსფაზიან სქემას, 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის გამართვით. აღნიშნული დენი გადაიცემა საკონტაქტო ხაზით. რელსებისა და მიწის მიმართ აღნიშნული ხაზის ძაბვა 3კვ-ის ტოლია. გამართული დენის მრუდი, გარდა მუდმივი მდგენელისა, შეიცავს 300 ჰც სიხშირის ჯერადი (300, 600, 900 ჰც და უფრო მაღალი) სიხშირეების ჰარმონიკებს. ეს ჰარმონიკები ხელისშემშლელ ზეგავლენებს ახდენენ სარელსო წრედების მუშაობაზე. ჰარმონიკების დონეთა შესამცირებლად წვეის ქვესადგურში დაყენებულია მანელებელი ფილტრები. გამმართველი დანადგარების უწესიერობების გამო წვეის დენში გარდა ზემოთაღნიშნულისა, შეიძლება გაჩნდეს 50 ჰც სიხშირის ჯერადი (50, 100, 150, 200 ჰც და უფრო მაღალი) სიხშირეების ჰარმონიკები. ნებისმიერ შემთხვევაში **სარელსო წრედები დაცული უნდა იყოს წვეის დენის სახიფათო ზეგავლენისაგან**, ეს იმას ნიშნავს, რომ წვეის დენის ზემოქმედებით არ უნდა ამოქმედდეს სალიანდაგო მიმღები (კერძოდ, რელე) მაშინ, როდესაც ფაქტიურად დაკავებულია სარელსო წრედი ან დარღვეულია სარელსო ხაზის მთლიანობა.

მუდმივი დენის ელექტრული წვეის დროს გადასარბენებზე სასიგნალო დენის სიხშირედ იყენებენ 50 ჰც-ს, ხოლო სადგურებში – 25 და 50 ჰც-ს. ამასთანავე, 50 ჰც სიხშირის სასადგურო სარელსო წრედები წარმოადგენენ მოძველებულ სარელსო წრედებს, რომლებიც შეიძლება შემორჩენილ იყოს სადგურებზე. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო სისტემების განახლების შემთხვევაში ხდება 50 ჰც სიხშირიანი სარელსო წრედების შეცვლა 25 ჰც სიხშირის სარელსო წრედებით. ამასთანავე უნდა აღენიშნოს, რომ სარელსო წრედების კოდირებისათვის გამოიყენება 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენი.

რამდენადმე დეტალურად განვიხილოთ ზემოთხამოთვლილი სარელსო წრედების კონსტრუქციული და ფუნქციონალური თავისებურებები.

### 2.5.1. 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის სარელსო წრედები

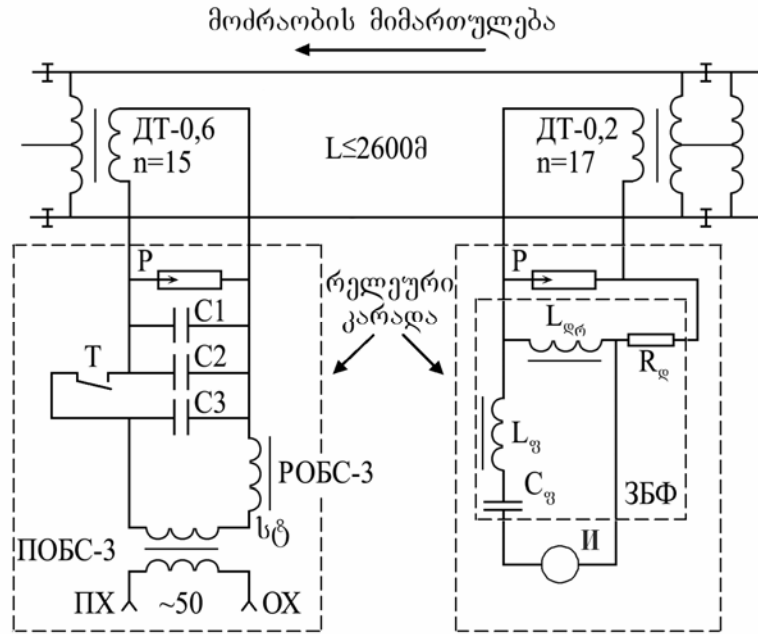
#### რიცხვით-კოდეური ავტოზლოკირებისათვის

მუდმივი დენის წვეიან გადასარბენებზე, როგორც წესი, გამოიყენება 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის სარელსო წრედები (ნახ. 2.23).

წვეის დენის გასატარებლად მკვებავ ბოლოზე იდგმება **DT-0,6**, ხოლო რელეურ ბოლოზე **DT-0,2** ტიპის დროსელ-ტრანსფორმატორი. დროსელ-ტრანსფორმატორების შუა წერტილები შეერთებულია მომიჯნავე დროსელ-ტრანსფორმატორების შუა წერტილებთან. კვებისა და რელეური აპარატურა მიერთებულია დროსელ-ტრანსფორმატორების დამატებით გრანნილებთან. გადამეტაბვებისაგან აპარატურის დასაცავად დაყენებულია განმმუხტველები ან მათანაბრებლები.

სარელსო წრედი იკვებება სალიანდაგო **ПОБС-3** ან **ПОБС-3А** ტრანსფორმატორებისაგან. შემზღუდეველად გამოყენებულია **РОБС-3** ან **РОБС-3А** რექატორი. მოხმარებული ენერჯის შესამცირებლად მკვებავ ბოლოში ჩართულია 24 მკუ საერთო ტევადობის კონდენსატორები (C1=16 მკუ, C2=C3=4 მკუ). კონდენსატორების დახმარებით დროსელ-ტრანსფორმატორის დამატებითი გრანნილი 50 ჰც სიხშირეზე აწყობილია **დენების რეზონანსში** (იხილეთ პარაგრაფი 2.1-ში მოცემული ტექსტი).

**DT-06** ტრანსფორმატორის დამატებით გრანნილში გამავალი ინდუქტიური დენი კომპენსირდება კონდენსატორების



**ნახ. 2.23.** 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის კოდური სარელსო წრედი

ტვეადური დენით, რის შემწეობითაც მნიშვნელოვნად მცირდება სალიანდაგო ტრანსფორმატორიდან (~~სტ~~-დან) მოხმარებული დენი. ამავდროულად კონდენსატორები ამცირებენ ნაპერწკლების წამოქმნას *T* რელეს კონტაქტზე, აუმჯობესებენ მის მუშაობის პირობებს და ამით ზრდიან რელეს მუშაობის ვადას.

**DT-0,6** დროსელ-ტრანსფორმატორის დამატებითი გრაგნილი ინდუქტივობის წინააღობა 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენისათვის ( $w=314$ ) უდრის  $0.6n^2=0.6 \cdot 15^2=135$  ომს ( $n$  არის დროსელ-ტრანსფორმატორის კოეფიციენტი), ამიტომ დენის რეზონანსში აწყობისათვის აუცილებელია, რომ ტვეადური წინააღობაც 135 ომის ტოლი იყოს, ე.ი.  $x_c=135$  ომს.

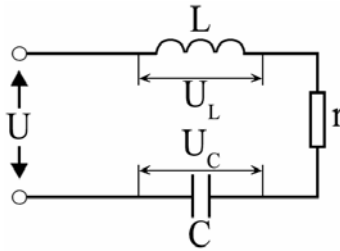
ვიციით რა  $w$ -სა და  $x_c$ -ს მნიშვნელობები,  $x_l=1/(wc)$  გამოსახულებიდან ადვილად შეიძლება ვიპოვოთ დენების



რეზონანსული წრედის ტევადობის მნიშვნელობა:  $c=1/\omega x_c=10^6/314 \cdot 135 \approx 23.6 \approx 24$  მკფ. როგორც ზემოთ გვქონდა ნახვენები, სწორედ ასეთი ჯამური ტევადობა აქვთ C1, C2 და C3 კონდენსატორებს.

კოდური სარელსო წრედი დაცულია წვეის დენის პარმონიკების სახიფათო და ხელისშემშლელი მოქმედებისაგან. სარელსო წრედის თავისუფლების დროს სალიანდაგო **H** რელე მუშაობს იმპულსურ რეჟიმში და წარმოქმნის სასგინალო რელეების აგზნების წრედს. დაკავებული სარელსო წრედის დროს სალიანდაგო რელეში თუ მოხვდება წვეის დენის პარმონიკები, მაშინ იგი ღუზას შეინარჩუნებს მიზიდულ მდგომარეობაში (შეწვევტს პულსირებას) და სასიგნალო **Ж, З**, რელეები არ აღიგზნებიან. ეს გამოიწვევს სალიანდაგო შუქნიშნის დახურვას. თავისუფალი სარელსო წრედის დროს წვეის დენის პარმონიკების ზემოქმედებამ რომ არ დაარღვიოს სარელსო წრედის ნორმალური მუშაობა, სალიანდაგო **H** რელესა და სარელსო ხაზს შორის ჩართულია დამცავი **ЗБФ** ფილტრი; იგი 50 კც სიხშირეზე **ძაბვების რეზონანსში** აწყობად ფილტრს წარმოადგენს, რომელიც გამოიყენება 300 კც-ის ჯერადი სიხშირეების პარმონიკების ჩასასშობად.

*ძაბვების რეზონანსი შესაძლებელია წარმოიქმნას ცვლადი დენის განუშტოებელ წრედში, რომელიც ენერგიის წყაროს გარდა შეიცავს L ინდუქტიურობას, C ტევადობასა და აქტიურ r წინალობას (იხ. ნახ. 2.24)*



**ნახ. 2.24** ძაბვების რეზონანსის წრედი

*ომის კანონის თანახმად განხილულ წრედში გამავალი დენი განისაზღვრება ფორმულით:*

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (2.71)$$

როდესაც  $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ , მაშინ ერთმანეთის ტოლია წრედის ინდუქციური და ტევადური წინაღობები ( $\omega L = 1/(\omega C)$ ) რის შედეგადაც:

$$I = \frac{U}{r}; \quad Z = r; \quad \cos\varphi = \frac{r}{Z} = 1 \quad (2.72)$$

წრედის აქტიური  $r$  წინაღობა თუ მცირეა, მაშინ რეზონანსის დროს შეკვეთად იცვლება წრედში გამავალი დენი და, რაც მთავარია, იმპედროულად ძალიან იზრდება კონდენსატორსა და კოჭაზე მოდებული ძაბვები: მათმა სიდიდეებმა შეიძლება რამდენჯერმე გადააჭარბოს წრედის შესასვლელზე მოდებული ძაბვის სიდიდე. ამას ადვილი ექნება მაშინ, როდესაც  $r < \omega L$  და, აქედან გამომდინარე,  $r < 1/(\omega C)$ ;

რეზონანსის დროს  $\omega L < 1/(\omega C)$ , ამიტომ წინაღობათა ორივე უტოლობაში თუ ჩავსვათ  $\omega$ -ს მნიშვნელობას, მივიღებთ ამდლებული ნაწილობრივი ძაბვების წარმოშობის ზოგად პირობას:

$$r < \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (2.73)$$

სადაც სიდიდეს  $\sqrt{\frac{L}{C}}$  აქვს წინაღობის განზომილება და მას ეწოდება რხევითი კონტურის ტალღური (მახასიათებელი) წინაღობა. აღვნიშნოთ იგი  $\rho$  სიმბოლოთი, ე.ი.  $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ . ტალღური წინაღობის ფარდობას რხევითი კონტურის აქტიურ წინაღობასთან ეწოდება კონტურის ვარგისიანობა:

$$Q = \rho/r = \sqrt{\frac{L}{C}} : r \quad (2.74)$$

ამასთანავე ვარგისიანობა უდრის რეზონანსის დროს ტევადობაზე ან ინდუქტიურობაზე მოდებული ძაბვის ფარდობას აქტიურ წინაღობაზე მოდებულ ძაბვასთან.

ძაბვების რეზონანსის დროს ენერჯიის წყაროს მცირე ძაბვამ შეიძლება მაღალი ნაწილობრივი ძაბვები წარმოქმნას წრედის რეაქტიულ ელემენტებზე.

*ელექტროენერგეტიკული მოწყობილობების მუშაობაში დაბეჭდვის რეზონანსი უმეტესწილად არასასურველი მოვლენაა, რომელიც დაკავშირებულია უეცარი გადაძაბვების, ე.ი. დანადგარის მუშაობაში დაბეჭდვით რამდენჯერმე მეტი დაბეჭდვის წარმოქმნასთან. მაგრამ ზოგადად ელექტრონიკაში, სამავთულო ტელეფონიაში, ავტომატიკაში და ა.შ., ხოლო კერძოდ, ჩვენს მიერ განხილულ სარელსო წრედებში, დაბეჭდვის რეზონანსის მოვლენა ფართოდ გამოიყენება გარკვეულ სიხშირეზე წრედის ასაწყობად.*

წვეის  $I_{\text{წ.უდ.}}$  უკუდენის კანალიზაცია, როგორც ვიცით, სარელსო დაფებით ხდება. ამასთანავე, საჭიროა, რომ ეს დენი თანაბრად იყოს განაწილებული სარელსო დაფებში, ე.ი. თითოეულ სარელსო დაფში გადიოდეს  $I_{\text{წ.უდ.}}/2$  დენი. ასეთ შემთხვევაში ამბობენ, რომ წვეის უკუდენები სიმეტრიულადაა განაწილებული სარელსო დაფებში.

წვეის მუდმივ დენს გააჩნია **მაღალი სიხშირის ჰარმონიული მდგენელები – ე.წ. ჰარმონიკები**. სარელსო დაფებში წვეის უკუდენების სიმეტრიულად განაწილების შემთხვევაში აღნიშნული ჰარმონიკები დროსელ ტრანსფორმატორების ნახევარგრაგნილებში ურთიერთშემხვედრი მიმართულებით გავლის გამო წარმოქმნიან ურთიერთმაკონვენსირებელ შემხვედრ მაგნიტურ ნაკადებს. ამიტომ ისინი გავლენას ვერ ახდენენ სალიანდაგო მიმღების მუშაობაზე.

წვეის უკუდენების სიმეტრიულად განაწილების უზრუნველყოფა პრაქტიკული ხშირად ვერ ხერხდება. ამის მიზეზებია:

- საპირაპირე შემაერთებლების უწესივრობების შედეგად გამოწვეული სარელსო დაფების განსხვავებული წინააღობები;
- სარელსო დაფიდან წვეის დენის გაჟონვა საკონტაქტო ქსელის საყრდენების გავლით;
- დროსელ-ტრანსფორმატორის რომელიმე ზღუდარის ცუდი ელექტრული კონტაქტი და ა.შ.

ზემოთ ჩამოთვლილი და სხვა მიზეზების გამო ხშირად ირღვევა წვეის უკუდენის სარელსო დაფებში სიმეტრიულად განაწილების რეჟიმი, ე.ი. იგი ნაწილდება ასიმეტრიულად; ასიმეტრიული განაწილების სიდიდემ შეიძლება 10-12%- მიაღწიოს. ასეთ შემთხვევაში დროსელ-ტრანსფორმატორის ნახევარგრაგნილებში ურთიერთშემხვედრი მიმართულებით წვეის დენის ცვლადი ჰარმონიკების გავლისას არ ხდება მათი მაგნიტური ნაკადების სრული გაკომპენსირება; ნარჩენი

მაგნიტური ნაკადით წარმოიშვება ემ ძალა, რომელიც ხელს უშლის სალიანდაგო რელეს სწორ მუშაობას.

**წვეის დენის მუდმივი მდგენელი** ახდენს დროსელ-ტრანსფორმატორის შემავნიტებას, რაც ამცირებს წინაღობას. ასიმეტრიის 240ა დენის დროს წინაღობა 10%-ზე მეტად მცირდება. წინაღობის სტაბილიზაციას უზრუნველყოფს საჰაერო დრენო. ასიმეტრიის უფრო მაღალი დენის დროს ირღვევა სარელსო წრედის ნორმალური მუშაობა. ფილტრების ბლოკში თავსდება  $L_{დრ}$  დროსელი, რომელიც სალიანდაგო რელეს იცავს მაიზოლირებელი პირაპირების გარღვევის (მოკლედ შერთვის) დროს წარმოშობილი ძაბვისაგან; ამ დროს სალიანდაგო რელეს გრაგნილზე მომიჯნავე სარელსო წრედის მკვებავი ბოლოდან მოედება დიდი ძაბვა, რომლის მოქმედებამ შეიძლება მწყობრიდან გამოიყვანოს რელეს გამმართველი.

აღნიშნულ დროსელს აქვს მაღალი წინაღობა (4 ვოლტი ძაბვის დროს დაახლოებით 5000 ომი) და ხელს არ უშლის რელეს მუშაობას; მაგრამ ძაბვის 12 ვოლტამდე და უფრო მეტად გაზრდისას ხდება დროსელის გულარის გაჯერება; ამის შედეგად მკვეთრად (20 ომამდე და უფრო დაბლა) ეცემა მისი წინაღობა, იგი აშუნიტებს სალიანდაგო რელეს გრაგნილს, ხოლო ჭარბი ძაბვა ეცემა დამატებით  $R_{დ}$  რეზისტორზე.

სარელსო წრედების თეორიიდან ცნობილია, რომ **სარელსო წრედის ბოლოებისათვის ოპტიმალურ წინაღობის სიდიდე**, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილია მაქსიმალური სიგრძის სარელსო წრედის ყველა რეჟიმი, უდრის 0.2 – 0.4 ომს.

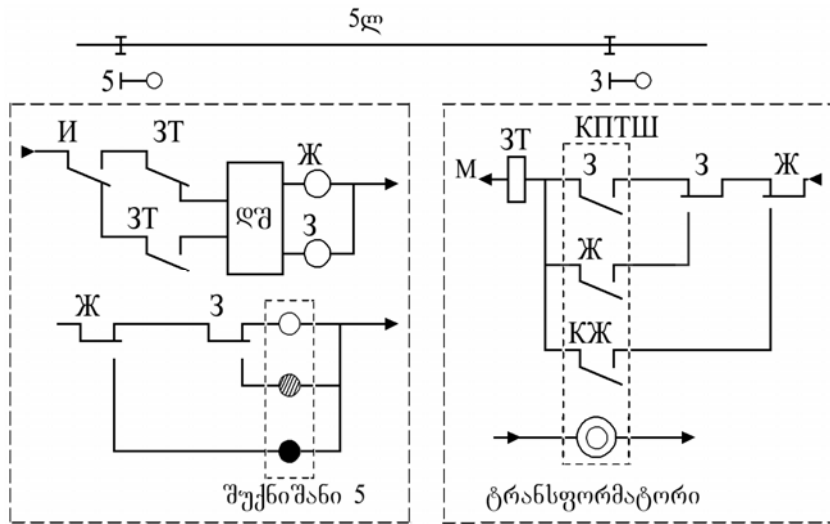
რელეურ ბოლოზე ძირითად დატვირთვას წარმოადგენს 0.2 ომის ტოლი ინდუქტიური წინაღობის მქონე **DT-0,2** დროსელ-ტრანსფორმატორის გრაგნილი. იმპულსურ **I** რელეს შესასვლელი წინაღობაა 200 ომი, ხოლო **3BF** ფილტრის წინაღობა – 120 ომი. ასეთი წინაღობების შემთხვევაში **3BF** ფილტრის მიმდევრობით დატვირთვის (რელეს) მიერთება გავლენას არ ახდენს რელეური ბოლოს წინაღობაზე, რადგან ეს წინაღობა დროსელ-ტრანსფორმატორის ძირითადი გრაგნილის მიმართ გადაანგარიშების დროს არის:  $Z'_{გად} = Z_{დატ}/n^2 = 320/17^2 \approx 1,1$  ომი. ინდუქტიურ 0.2 ომის ტოლ წინაღობასთან ზემოთაღნიშნული 1,1 ომის ტოლი აქტიური წინაღობის პარალელურად მიერთება შესამჩნევად არ ცვლის სარელსო წრედის ბოლოს საერთო ჯამურ წინაღობას.

სარელსო წრედის მკვებავ ბოლოზე შესასვლელი (სარელსო ხაზის მხრიდან) წინაღობა წარმოიშვება *DT-0,6* დროსელ-ტრანსფორმატორის ძირითადი გრაგნილისა და *ΠΟΕС-3A* შემზღუდველის 45 ომის ტოლ დაყვანილი წინაღობების პარალელურად შეერთებით. ამ დროს მხედველობაში არ მიიღება კონდენსატორების ტეკადური წინაღობა, რადგან შუნტური და საკონტროლო რეჟიმები უზრუნველყოფილნი უნდა იყვნენ კონდენსატორების გარღვევის შემთხვევაშიც.

ნახ. 2.25-ზე ნაჩვენებია კოდური სარელსო წრედის მუშაობის პრონციპული სქემა. შუქნიშნების ჩვენებების მართვისა და ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მუშაობისათვის გამოიყენება კოდური ტრანსმიტერების მიერ გამომუშავებული რიცხვითი *KЖ*, *Ж* და *3* კოდები (ნახ. 2.26). კერძოდ, შუქნიშანზე მწვანე სინათლის ნათებისას სარელსო ხაზში მატარებლის მოძრაობის შემხვედრი მიმართულებით გაიგზავნება სამი იმპულსისაგან შემდგარი *3* კოდი, ყვითელი სიგნალის ნათებისას – ორი იმპულსისაგან შემდგარი *Ж* კოდი, ხოლო წითელი სიგნალის ნათებისას – ერთი იმპულსისაგან შემდგარი *KЖ* კოდი. მომიჯნავე სარელსო წრედებში გამოყენებული ზემოთაღნიშნული კოდების წარმომქმნელი იმპულსებისა და იმპულსებს შორის არსებული ინტერვალების ხანგრძლივობები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან. განსხვავებული დროითი პარამეტრების მქონე იმპულსებისაგან შედგენილი რიცხვითი კოდების გამომუშავება ხდება *KΠΠ-5* და *KΠΠ-7* ტიპის ტრანსმიტერებით. მათ მიერ გამომუშავებული კოდები ნაჩვენებია ნახ. 2.26-ზე.

კოდური სარელსო წრედები გამოიყენება უბნის თავისუფლებისა და დაკავებულობის გასაკონტროლებლად და ტელემექანიკურ არხად, რომლის მეშვეობითაც ხდება ორი მომიჯნავე შუქნიშნის ჩვენების ურთიერთდაკავშირება და ლოკომოტივზე შუქნიშნების მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის გადაცემა.

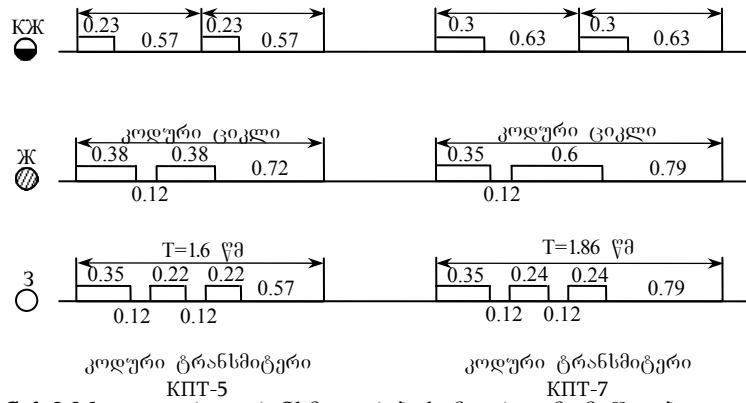
სარელსო წრედის მკვებავი ბოლოდან ტრანსმიტერული რელეს 3T კონტაქტით (იხ. ნახ. 2.25) შუქნიშან *3*-ზე არსებული ჩვენებების შესაბამისად მატარებლის მოძრაობის შემხვედრი მიმართულებით *KЖ*, *Ж* და *3* კოდური სიგნალებიდან გადაიცემა ერთ-ერთი.



ნახ.2.25 კოდური სარელსო წრედის პრინციპული სქემა

აღნიშნულ შუქნიშანზე მწვანე ფერის ჩვენების დროს აგზნებულია სასიგნალო რელეები **Ж** და **3**, რის შედეგადაც რელე **3T** მიერთებულია **KPTM** ტრანსმიტერის **3** კონტაქტს და სარელსო ხაზში გადაიცემა **3** სიგნალი; ყვითელი ჩვენების დროს რელე **3T** მიერთებულია ტრანსმიტერის **Ж** კონტაქტს და ხაზში გადაიცემა კოდური **Ж** სიგნალი; წითელი ჩვენების დროს რელე **3T** მიერთებულია **KЖ** კონტაქტთან და ხაზში გადაიცემა **KЖ** სიგნალი.

კოდურ სიგნალებს სარელსო წრედის სითავისუფლის დროს აღიქვამს იმპულსური **И** რელე (იხ. ნახ. 2.23), რომელის კონტაქტი ზემოქმედებს **დშ** დეშიფრატორულ უჯრედზე (იხ. ნახ. 2.25); ამ უკანასკნელის გამოსასვლელზე ჩართულია სასიგნალო **Ж** და **3** რელეები. კოდური **KЖ** სიგნალის მიღებისას აღიგზნება **Ж** რელე, ხოლო **Ж** და **3** სიგნალების მიღებისას – შესაბამისად **Ж** და **3** რელეები. სასიგნალო **Ж** და **3** რელეების კონტაქტები მართავს სალიანდაგო შუქნიშნის ჩვენებებს და არჩევს მეზობელ (მომდევნო) სარელსო ხაზში გასაგზავნ კოდურ სიგნალებს.



**ნახ.2.26.** კოდური ტრანსმიტერების მიერ გამოიშავებული რიცხვითი კოდები

ბლოკ-უბნის დაკავებისას წყდება **И** რელეს იმპულსური მუშაობა, სასიგნალო **3** და **Ж** რელეები კარგავენ კვებას, შუქნიშან **5**-ზე ჩაირთვება წითელი შუქის ნათურა. ამ დროს რელსებში გამავალი კოდური კომბინაციები ლოკომოტივზე არსებული ინდუქტიური კოჭებით აღიქმება და გადაეწოდება ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მოწყობილობებს.

ბლოკ-უბნის განთავისუფლების შემდეგ შუქნიშან **3**-დან გაიგზავნება **KЖ** სიგნალი (შუქნიშან **3**-ზე ანთია წითელი სიგნალი); **И** რელეს კონტაქტი მოახდენს ზემოქმედებას დეშიფრატორზე, რის შედეგადაც შუქნიშან **5**-ზე აინთება ყვითელი შუქის ნათურა.

სქემაში გამოყენებული ერთელემენტური იმპულსური **И** რელე არ რეაგირებს მიღებული სიგნალის ფაზაზე. მას არ გააჩნია შინაგანი მოწყობილობა მაიზოლირებელი პირაპირების გარღვევის (მოკლედ შერთვის) დროს მომიჯნავე სარელსო წრედიდან შემოსული სასიგნალო დენის ზემოქმედებისაგან თავდასაცავად. აღნიშნულ სასიგნალო დენს შეუძლია ამოქმედოს **И** რელე.

მეზობელი სარელსო წრედიდან შემოსული სასიგნალო დენისაგან **И** რელეს იმპულსური მუშაობის დროს სასიგნალო **Ж** და **3** რელეების ამოქმედების გამოსარიცხავად გამოიყენება სპეციალური **სქემური დაცვა**. ამ უკანასკნელის საშუალებით

მეზობელი სარელსო წრედიდან მოსული სასიგნალო დენით **II** რელეს ამოქმედებისას წყდება **Ж** და **II** რელეების აგზნების წრედი. ეს მიიღწევა იმპულსური **II** და დამცავი **3T** რელეების ასინქრონული მუშაობით. მათი ასეთი მუშაობა წარმოადგენს სარელსო წრედის ნორმალურად ფუნქციონირების აუცილებელ პირობას. **II** და **3T** რელეების ასინქრონულ მუშაობას უზრუნველყოფს მომიჯნავე სარელსო წრედებში განსხვავებული სიგრძის კოდური ციკლების მქონე (**KITIII-5** და **KITIII-7**) ტრანსმიტერების გამოყენება (ნახ. 2. 26), რომლებიც მომიჯნავე სარელსო წრედებში სიგნალებს ასინქრონულად გადასცემენ.

სარელსო წრედს მაქსიმალური სიგრძეა 2600 მეტრი. მუშაობის ნორმალური რეჟიმის დროს მაქსიმალური სიგრძის სარელსო წრედის მიერ მოხმარებული სიმძლავრეა 250 ვოლტ-ამპერი, ხოლო შუნთური რეჟიმის დროს – 500 ვოლტ-ამპერი.

სარელსო წრედში სალიანდაგო მიმდებარე გამოყენებულია ერთელემენტიანი ელექტრომაგნიტური რელეები, რომელთა ელექტრული მახასიათებლები მოყვანილია **დანართ I-ში** (ცხრილები **დ.1.1.** და **დ.1.2.**).

ორმხრივ მოძრაობიან (ერთლიანდაგიან) უბნებზე მოძრაობის მიმართულების შეცვლის დროს ხდება სარელსო წრედის მკვებავი და რელეური ბოლოების ურთიერთგადართვა, ამიტომ თითოეულ მათგანს უწევს ხან მკვებავი, ხანაც რელეური ბოლოს ფუნქციის შესრულება. ამის გამო ორივე ბოლოზე უნდა დაყვებით ერთნაირი, კერძოდ **DT-06** ტიპის, დროსელ-ტრანსფორმატორები.

ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციისათვის სარელსო წრედის დარეგულირება ხდება მკვებავ ბოლოში კვების წყაროს ისეთი ძაბვის შერჩევით, რომლის დროსაც რელეურ ბოლოში სალოკომოტივო კოჭების ქვემოთ რელსებში გადიოდეს ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის 2 ამპერზე არანაკლები სიდიდის დენი. აქედან გამომდინარე, მუშაობის ნორმალური რეჟიმის დროს რელეური ბოლოს რელსებზე (დროსელ-ტრანსფორმატორის მაღალი, კერძოდ 0,6 ომის ტოლი წინაღობის გამო) მოდებული ძაბვა მნიშვნელოვნად (დაახლოებით 2-ჯერ) აღემატება იმ ძაბვას, რომელიც გვაქვს ორლიანდაგიანი უბნის დროს. ნაჭარბი ძაბვის ჩაქრობა ხდება დამატებითი  $R_{დ.}=300$  ომი წინაღობის მქონე რეზისტორის ჩართვით (იხ. ნახ. 2.23)

რელსებთან წვეის ქვესადგურის გამწოვი გამომწოვი ფიდერის (აგრეთვე ლითონის კონსტრუქციის ჩამამიწებელი გვარლის) მისაერთებლად სარელსო წრედში ყენდება მესამე



(*DT-06* ტიპის) დროსელ-ტრანსფორმატორი. აღნიშნული დროსელ-ტრანსფორმატორის წინააღმდეგობის ამადლებსა და სარელსო წრედის მუშაობაზე გავლენის შემცირების მიზნით მისი დამატებითი გრაგნილის წრედში უნდა ჩავრთოთ 24 მკვ ტევადობის კონდენსატორი. იგი დროსელ ტრანსფორმატორის გრაგნილთან ერთად წარმოქმნის დენის რეზონანსულ კონტურს 50 ჰც სიხშირისათვის. აღნიშნული სიხშირის ცვლადი სასიგნალო დენისათვის ამ კონტურის სრული წინააღმდეგობა სარელსო ხაზის მხრიდან 4 ომის ტოლია.

საკონტაქტო ქსელის 100 ომზე არანაკლები წინააღმდეგობის მქონე საყრდენების ჩამოწება რელსზე უნდა მოხდეს უშუალოდ; დანარჩენ შემთხვევებში საყრდენები რელსს უნდა მიეუერთოთ მრავალჯერადი მოქმედების ნაპერწკლური შუალედებით.

## 2.5.2. ფაზათმგრძობიარე სარელსო წრედები

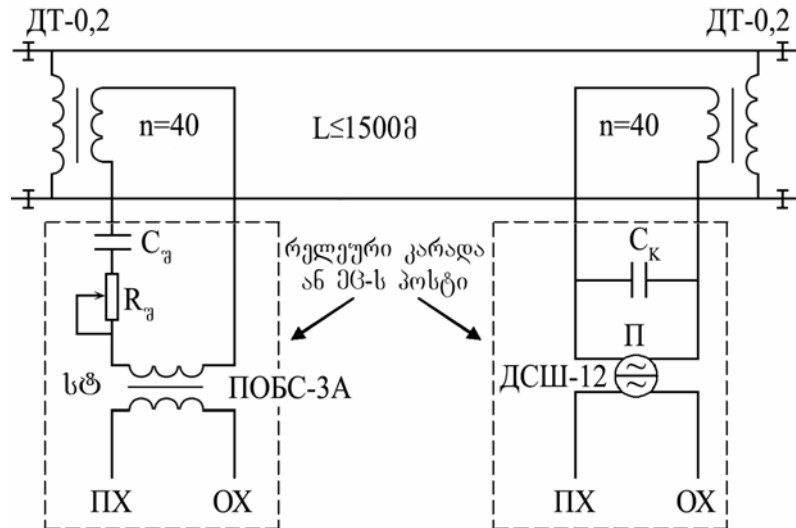
სადგურებში გამოიყენება დროსელ-ტრანსფორმატორებისა და ფაზათმგრძობიარე რელეების მქონე ორძაფიანი სარელსო წრედები. ამასთანავე მუდმივი დენის ელექტროწვეიან უბნებისათვის განკუთვნილ სარელსო წრედებში სასიგნალო დენისათვის შეიძლება გამოიყენებული იქნას 50 ან 25 ჰც სიხშირის ცვლადი დენი.

50 და 25 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენებიან სარელსო წრედებს ერთმანეთს თუ დაბრკოლებებისადმი მდგრადობის ნიშნის მიხედვით თუ შევადარებთ, უპირატესობა მეორე მათგანს გააჩნია, რომლებიც ამასთანავე გამოირჩევიან უფრო მაღალი ეკონომიურობით. მიუხედავად ამისა, საქართველოს სარკინიგზო სადგურებში დღემდე ფუნქციონირებენ 50 ჰც სიხშირის ფაზათმგრძობიარე სარელსო წრედები. ელექტრული ცენტრალიზაციის რეკონსტრუქციის შემთხვევაში რეკომენდებულია ისინი შეიცვალოს 25 ჰც სიხშირის ფაზათმგრძობიარე სარელსო წრედებით.

ნახ. 2.27-ზე მოყვანილია 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის ფაზათმგრძობიარე სარელსო წრედის სქემა, რომელშიც გამოყენებულია ორი დროსელ-ტრანსფორმატორი.

სარელსო წრედის ორივე (მკვებავ და რელეურ) ბოლოზე გამოყენებულია ტრანსფორმაციის 40 კოეფიციენტის მქონე *DT-0,2* ტიპის დროსელ-ტრანსფორმატორები, რომელთა საშუალებითაც ხდება სარელსო წრედების აპარატურის მაღალი წინააღმდეგობის შეთანხმება სარელსო ხაზის დაბალ შესასვლელ წინააღმდეგობასთან.

ტრანსფორმაციის მაღალი კოეფიციენტის გამო შესაძლებელია მთელი აპარატურა განთავსდეს ცენტრალურ პოსტზე. 2 კმ-მდე სივრცის კაბელის დროს ძარღვების დუბლირება საჭირო არ არის. გამომწოვი ფიდერის ან ჩამამიწებელი გვარლის მისაერთებლად იდგმება **DT-0,6** ტიპის მესამე დროსელ ტრანსფორმატორი (სქემაზე არ არის ნაჩვენები), რომლის დამატებითი გრაგნილი 24 მკვ ტევალობის კონდენსატორის გამოყენებით აწყობილი უნდა იქნას დენების რეზონანსზე 50 ჰც სიხშირეზე.



**ნახ. 227.** 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის ფაზათმგრძობიარე სარელსო წრედი ორი დროსელ-ტრანსფორმატორით

სარელსო წრედის ბოლოებში შესასვლელი წინაღობების სტაბილიზაცია უზრუნველყოფილია **DT-0,2** დროსელ ტრანსფორმატორების ძირითადი გრაგნილებით (50 ჰც სიხშირის დენისათვის მათი წინაღობებია 0,2 ომი). ამ სქემაში გამოყენებულია ტევაური  $C_a$  შემზღვეველი, რომელიც 50 ჰც სიხშირეზე **DT-0,2** დროსელ-ტრანსფორმატორის დამატებითი გრაგნილის ინდუქციურობასთან (სარელსო ხაზის რეაქტიული წინაღობის გათვალისწინებით) წარმოქმნის რეზონანსულ

კონტურს. რადგან სარელსო ხაზის შესასვლელი წინაღობის სიდიდე დამოკიდებულია ამ ხაზის  $L$  სიგრძეზე, ამიტომ:

$$C_{\text{ჟ}} = \begin{cases} 16 \text{ მკვ, როდესაც } L \leq 500 \text{ მ} \\ 12 \text{ მკვ, როდესაც } L = 500 - 1500 \text{ მ} \end{cases} \quad (2.75)$$

$C_{\text{ჟ}}$  კონდენსატორი უზრუნველყოფს ორელემენტიანი ფაზათმგრძობიარე სალიანდაგო რელეს ადგილობრივ ელემენტზე მოდებული ძაბვის ვექტორის მიმართ სალიანდაგო ელემენტზე მოდებული ძაბვის ვექტორის ძერას დაახლოები  $90^\circ$ -ის ტოლი კუთხით, რაც აუცილებელია აღნიშნული რელეს ნორმალური მუშაობისათვის.

ტევადური შემზღვევლის მქონე სარელსო წრედისათვის დამახასიათებელია ის, რომ მუშაობის შუნტური რეჟიმის დროს მოხმარებული ენერგია ნაკლებია მუშაობის ნორმალური რეჟიმის დროს მოხმარებულ ენერგიაზე.

თავისუფალი სარელსო წრედის დროს მისი მკვებავი ბოლო აწყობილია ძაბვების რეზონანსზე. ამ დროს დროსელ-ტრანსფორმატორის დამატებითი გრაგნილის ინდუქტიური წინაღობა კომპენსირდება  $C_{\text{ჟ}}$  კონდენსატორის ტევადური წინაღობით და საერთო წინაღობა არის მინიმალური. ამ მიზეზის გამო კონტურში ცირკულირებს მაქსიმალური დენი. იგი განისაზღვრება კაბელის  $R_{\text{კ}}$ , რეზისტორის  $R_{\text{რ}}$  და კონტურში არსებული დანაკარგების  $R_{\text{დ}}$  წინაღობათა მნიშვნელობებით:

$$I_{\text{კმ}} = \frac{U_{\text{კმ}}}{R_{\text{ჟ}} + R_{\text{კ}} + R_{\text{დ}}} \quad (2.76)$$

შუნტურ რეჟიმში, როდესაც შემაღვენლობის წყვილთვალთ ხდება დროსელ-ტრანსფორმატორის წინაღობის დაშუნტვა, რაზონანსული კონტური აიშლება და მისი წინაღობა გაიზრდება გაუკომპენსირებელი ტევადური  $x_c$  წინაღობის მნიშვნელობით, რაც ორ-სამჯერ აღემატება საერთო აქტიური წინაღობის მნიშვნელობას. სალიანდაგო ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილიდან მოხმარებული დენი მცირდება შემდეგ სიდიდემდე:

$$I'_{\text{კმ}} = \frac{U_{\text{კმ}}}{\sqrt{(R_{\text{ჟ}} + R_{\text{კ}} + R_{\text{დ}})^2 + x_c^2}} \quad (2.77)$$

მკვებავ ბოლოში შემზღუდველი R<sub>ა</sub> რეზისტორის ჩართვის მიზანია ის, რომ აღნიშნულ ბოლოზე შემადგენლობის არსებობის მომენტში C<sub>ა</sub> კონდენსატორის გარღვევისას გამოირიცხოს სალიანდაგო ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვა. R<sub>ა</sub> რეზისტორისა და კაბელის ძარღვების საერთო წინაღობა 200 ომზე მეტი არ უნდა იყოს. აღნიშნული რეზისტორი ამადლებს სქემის მუშაობის სტაბილურობას ქსელში გამავალი დენის სიხშირის შესაძლო რყევებისა და ოპტიმალური მნიშვნელობიდან C<sub>ა</sub> კონდენსატორის ტევადობის გადახრების დროს. მაქსიმალური სიგრძის სარელსო წრედის მიერ მოხმარებული სიმძლავრეა 90 ვა, ხოლო სიმძლავრის კოეფიციენტი -  $\cos\varphi = 0,8$ .

სალიანდაგო ტრანსფორმატორის ძაბვის შერჩევით სარელსო წრედი ისე უნდა დავარეგულიროთ, რომ მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში იზოლაციის (ბალასტის) წინაღობის მინიმალური მნიშვნელობის დროს სალიანდაგო **ДСШ-12** რელეს სალიანდაგო ელემენტზე მოდებული იყოს 14 ვოლტზე არანაკლები ძაბვა.

**ДСШ-12** სალიანდაგო რელეს სალიანდაგო გრაგნილზე აუცილებელი მუშა ძაბვისა და მოთხოვნილი ფაზური თანაფარდობების უზრუნველსაყოფად მისი სალიანდაგო გრაგნილის პარალელურად ჩართულია 4 მკვ ტევადობის C<sub>რ</sub> კონდენსატორი. მაიხოლირებელი პირაპირების გარღვევისას მომიჯნავე სარელსო წრედის წყაროდან შემოსული სასიგნალო დენის ზემოქმედებით ყალბად რომ არ ამოქმედდეს სალიანდაგო რელე საჭიროა მოვხდინოთ მომიჯნავე სარელსო წრედებში მოქმედი ძაბვების მისი პოლარობების მონაცვლეობა. ამასთანავე, სალიანდაგო ტრანსფორმატორების პირველადი გრაგნილები უნდა ჩავრთოთ ერთიდაიგივე ფაზაში. ამ მოთხოვნის შესრულების შეუძლებლობისას დასაშვებია სალიანდაგო ტრანსფორმატორების პირველადი გრაგნილების ჩართვა სამფაზა წრედის სხვადასხვა ფაზებში, ოღონდ ამ შემთხვევაში ასეთი სარელსო წრედების შეპირაპირება უნდა მოხდეს მკვებავი ბოლოებით, ან ისინი განცალკევებულები უნდა იყვნენ იმპულსური სარელსო წრედებით.

**ДСШ** ტიპის რელეების ელექტრული მახასიათებლები მოყვანილია **დანართ 1-ში** (ცხრილი **დ.13**).

ნახ. 2. 28-ზე ნაჩვენებია 25 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის სარელსო წრედის სქემა.

მუდმივი დენის ელექტრული წვეის მქონე უბნებზე ავტომატური სალოკომოციო სიგნალიზაციის სისტემისათვის 50ჰც

სისშირის ცვლადი დენია გამოყენებული. ამიტომ განხილული სარელსო წრედში კოდირებისათვის თუ გამოვიყენებდით 50 ჰც-საგან განსხვავებულ ცვლად დენს, მაშინ ასეთ სისშირეზე უნდა გადაგვეყვანა ლოკომოტივი შეუცვლელად გავლის მთელ უბანზე არსებული ავტომატური სალოკომოტივი სიგნალიზაციის სისტემა. ასეთი უბნის დიდი სიგრძის გამო (თეორიულად მისი სიგრძე 1000 კმ-მდეა) ამას დაჭირდებოდა დიდი საკონსტრუქციო სამუშაოების ჩატარება, რაც ძვირი “სიამოვნებაა”. აქედან გამომდინარე 25 ჰც სისშირის სასიგნალო დენის სარელსო წრედებში კოდირებისათვის გამოყენებულია 50 ჰც სისშირის ცვლადი დენი.

25 ჰც სისშირის ცვლადი დენის სარელსო წრედი (იხ. ნახ.2.28) უწყვეტად იკვებება **ПЧ 50/25** ტიპის გარდამქმნელიდან. სალიანდაგო რელედ გამოიყენება ფაზათმგრძობიარე **ДСШ-12** ტიპის რელე. აღნიშნული სალიანდაგო რელეს ადგილობრივი გრაგნილი იკვებება 25 ჰც სისშირის ცვლადი დენით, ამიტომ აღნიშნული რელე სწორედ ასეთი სისშირის ცვლად დენზე რეაგირებს. 50 ჰც ცისშირის ცვლადი დენის გამოყენებით ფორმირებული კოდური სიგნალები **T** რელეს კონტაქტით გადაიცემა **ПОБС-3А** ტიპის კოდური **ЖБ** ტრანსფორმატორიდან.

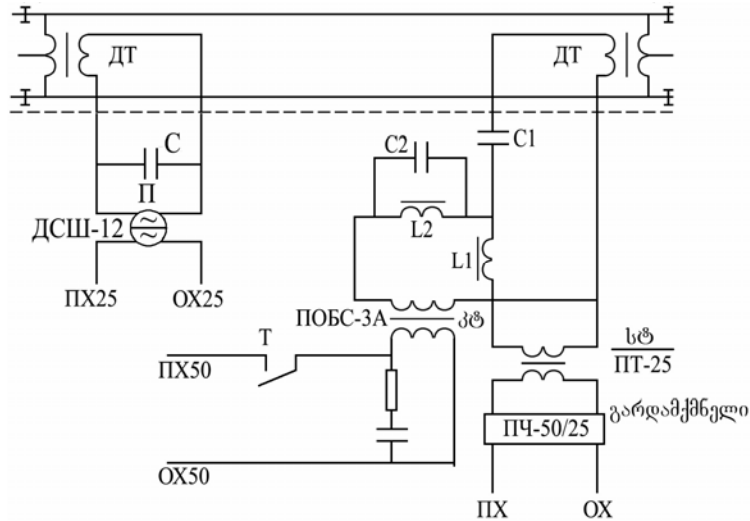
25 და 50 ჰც სისშირის ცვლადი დენის კვების წყაროების დაცალკეებისათვის სარელსო წრედის მკვებაზე ბოლოზე ჩართულია ელექტრული ფილტრები. 25 ჰც სისშირის სასიგნალო დენის მიწოდების წრედში ჩართულია 20 მკფ ტევადობის **С1** კონდენსატორის, **L1** რეაქტორისა და **ДТ-0,6** ტიპის დროსელ-ტრანსფორმატორის დამატებითი გრაგნილისაგან წარმოქმნილი ძაბვების რეზონანსული (იხ. 5.2.1 ქვეპარაგრაფში პეტიტით აწყობილი ტექსტი) რხევითი (მიმდევრობითი) კონტური, რომლის რეზონანსული სისშირეა 25 ჰც.

25 ჰც სისშირის ცვლად დენს ეს კონტური უწევს მინიმალურ წინაღობას, რადგან მისი ინდუქციური და ტევადური წინაღობები ერთმანეთს აკომპენსირებენ და მოქმედებს მხოლოდ წრედში არსებული დანაკარგებით განპირობებული აქტიური წინაღობა.

**ЖБ** ტრანსფორმატორიდან სარელსო წრედში 50 ჰც სისშირის დენის მიწოდებისას **L1** რეაქტორის ინდუქციური წინაღობა ეწინააღმდეგება **ПТ-25** ტრანსფორმატორის გავლით მის გატარებას. 25 ჰც სისშირის სასიგნალო დენი **ЖБ** ტრანსფორმატორის შემცველ წრედში რომ არ შეიკრას, 50 ჰც

სისშირის ცვლადი დენის გატარების წრედში ჩართულია L2 რეაქტორითა და C2 კონდენსატორით წარმოქმნილი პარალელური რხევითი კონტური (დენების რეზონანსული კონტური). იგი აწვობილია 25 ჰც სისშირეზე. ამ სისშირის დენისათვის კონტურს აქვს მაქსიმალური წინაღობა და ხელს უშლის კოდური კტ ტრანსფორმატორის წრედში მის გავლას.

ამ სარელსო წრედში კოდირების ზედდება შეიძლება განხორციელდეს რელეური ბოლოდანაც (ნახ. 2.28-ზე იგა არ არის განხორციელებული).



ნახ. 2.28. 50 ჰც სისშირის დენით კოდირებადი 25 ჰც სისშირის ცვლადი სასიგნალო დენის სარელსო წრედი

განხილული სარელსო წრედის რეგულირება შესაძლებელია მოვასდინოთ სალიანდაგო სტ მეორეულ გრაგნილზე მოდებული ძაბვის ცვლილებით; ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციისათვის განკუთვნილი კოდური დენის დარეგულირება შესაძლებელია კოდური კტ ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილზე მოდებული ძაბვის ცვლილებით. ფილტრის ელემენტები, აგრეთვე მკვებავი და რელეური ტრანსფორმატორები საჭიროა განვითავსოთ განცალკევებულ ბლოკებში.

სალიანდაგო *DCIII-12* ტიპის რელე რეაგირებს მხოლოდ ისეთი სისშირის ცვლად დენზე, როგორი დენიც გადის მის ადგილობრივ გრაფიკში. ამის გამო 25 ჰც სისშირის ცვლადი დენის *DCIII-12* რელეს მქონე სარელსო წრედები საიმედოდაა დაცული სამრეწველო 50 ჰც სისშირის ელექტროგადამცემი ხაზების, ასევე წვეის დენის პარმონიკების ზეგავლენებისაგან.

განხილული სარელსო წრედის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ღირსებაა ის, რომ შესაძლებელია 50 ჰც სისშირის დენით მისი **წინასწარი კოდირება**, რაც ამაღლებს ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის სისტემათა სალოკომოტივი მიმღები მოწყობილობების მუშაობის საიმედოობას;

წინასწარი კოდირების დროს ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციისათვის განკუთვნილი 50 ჰც სისშირის დენისაგან ფორმირებული კოდური სიგნალების სარელსო ხაზში მიწოდება იწყება მოძრავი შემადგენლობით არა ამ ხაზის დაკავებისას, არამედ წინასწარ, კერძოდ, მარშრუტის გამზადებისთანავე, ან გასაკონტროლებელი უბნის წინ მდებარე უბანზე მოძრავი შემადგენლობის შედგომისას. სარელსო წრედში ერთდროულად გამავალი 25 და 50 ჰც სისშირის ცვლადი დენებიდან სალიანდაგო რელე რეაგირებს მხოლოდ 25 ჰც სისშირის სასიგნალო დენზე.

სქემის ნაკლია მისი სირთულე; კერძოდ, მკვებავ ბოლოზე საჭირო ხელსაწყოების რაოდენობა ორჯერ და მეტად იზრდება. ამას განაპირობებს ის, რომ 25 ჰც სისშირის სასიგნალო დენის გადასაცემად საჭიროა დამატებითი ხელსაწყოების გათვალისწინება; ამას ემატება ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მოქმედებისათვის საჭირო ხელსაწყოები, აგრეთვე 25 და 50 ჰც სისშირის ცვლადი სასიგნალო დენების დამაცალკეებელი ხელსაწყოები; საჭიროა აგრეთვე *DT-0,2* დროსელ-ტრანსფორმატორების ნაცვლად *DT-0,6* ტიპის დროსელ-ტრანსფორმატორების დაყენება (25 ჰც სისშირის ცვლადი სასიგნალო დენისათვის მათი წინაღობაა 0,3 ომი). *DT-0,2* ტიპის დროსელ-ტრანსფორმატორები 25 ჰც სისშირის დენისადმი დაბალი (0,1 ომი) წინაღობის გამო არ შეიძლება იქნას გამოყენებული.

## 2.6. განსაკუთრებული სახის სარელსო წრედები

140 წლის წინათ უილიამ რობინსონის მიერ სარელსო წრედების გამოგონების შემდეგ დაიწყო ახალი ერა არა მარტო სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების, არამედ საერთოდ რკინიგზის ტრანსპორტის განვითარებაში. მათი საშუალებით პირველად გახდა შესაძლებელი დამყარებულიყო უწყვეტი კავშირი ლიანდაგებსა და მასზე მოძრავ შემადგენლობებს შორის, რის შედეგადაც დამთავრდა ერთიან ჩაკეტილ სისტემად რკინიგზის, როგორც სპეციფიკური სატრანსპორტო საწარმოს, ჩამოყალიბების პროცესი.

ზემოთაღნიშნული უმნიშვნელოვანესი პრობლემების გადაწყვეტასთან ერთად სარელსო წრედების შექმნისთანავე წარმოიშვა აღნიშნული წრედების უსაფრთხოდ და საიმედოდ მუშაობის არანაკლებ რთული პრობლემები.

სარელსო წრედებს მუშაობა უხდებოდა მეტად მძიმე კლიმატურ და ტექნიკურ პირობებში, რაც არის მათი არასაიმედო მუშაობის მიზეზები. სტატისტიკური ანალიზის შედეგად მიღებული მონაცემები გვიჩვენებს, რომ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემებში წარმოშობილი მტყუნებების საერთო რაოდენობიდან 33% მოდის სარელსო წრედების, 14,5% - მართვის აპარატურის გაუმართაობაზე, 11% - ექსპლუატაციის მუშაკების მიერ სამუშაოთა წარმოების წესების დარღვევაზე, 11% - მონტაჟის, 8,5 - ისრული ელექტროამპრაჟების, 7% - კაბელების, 4% - ელექტრული კვების წყაროების და 11% - დანარჩენ გაუმართაობებზე.

სარელსო წრედების გაუმართაობაზე მოსული მტყუნებების ასეთი დიდი წილი გახდა იმის მიზეზი, რომ სარელსო წრედების სრულყოფის პროცესი დაიწყო მათი შექმნისთანავე და ეს პროცესი დღემდე გრძელდება.

სარელსო წრედების ექსპლუატაციის გამოცდილებამ გვიჩვენა, რომ მათი ყველაზე არასაიმედო ელემენტებია მაიხოლირებელი პირაპირები. კერძოდ, დადგენილი იქნა, რომ მაიხოლირებელი პირაპირების მწყობრიდან გამოსვლის მიზეზით გამოწვეული სარელსო წრედების მტყუნებების რაოდენობა უდრის სარელსო წრედების მტყუნებათა საერთო რაოდენობის 50%-ს. გადასარბენებზე მათი აღმოჩენა და აღმოფხვრა საჭიროებს დიდ



დროს, რაც ინტენსიური მოძრაობის უბნებზე იწვევს მატარებლების შეყოვნებებსა და მოძრაობის გრაფიკის დარღვევებს.

მაიზოლირებელი პირაპირების არსებობა უარყოფით გავლენას ახდენს წვევის უკუდენის სარელსო ძაფებით კანალიზაციაზე, განსაკუთრებით უბანზე მიმეწონიანი მატარებლების მოძრაობისას. უკანასკნელ შემთხვევაში მთელ რიგ უბნებზე ტიპური დროსელ-ტრანსფორმატორების ნახევარგრაგნილებში გამავალმა წვევის დენის მნიშვნელობებმა შეიძლება გადააჭარბოს დასაშვებ სიდიდეებს.

ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე სარელსო წრედების კონსტრუქციული სრულყოფის ერთ-ერთი მიმართულებაა უპირაპირო სარელსო წრედების დამუშავება.

მეტად აქტუალურია წვევის დენის ჰარმონიკების სახიფათო და ხელშემშლელი ზეგავლენებისაგან სარელსო წრედების დაცვის პრობლემის იმგვარად გადაწყვეტა, რომლის დროს მინიმიზებული იქნება მოხმარებული ენერგია და ხელსაყრელი პირობები შეიქმნება სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ასაგებად თანამედროვე მიკრიელექტრონული ბაზის გამოყენებისათვის. ამ მხრივ მეტად პერსპექტიულია სასიგნალო დენად ტონალური სიხშირის ცვლადი დენის გამოყენება.

ასევე, მოხმარებული ენერგიის მინიმიზირებისათვის საინტერესოა მიმართულება, რომლის დროსაც სალიანდაგო რელეს კვებისათვის გამოყენებული იქნება სარელსო წრედის ინდუქტიურ ელემენტში დაგროვილი ენერგია, ანუ ეგრეთწოდებული, რეაქტიული სარელსო წრედების დამუშავების მიმართულება.

მოცემულ თავში მოკლედ მიმოვიხილავთ ზემოთ აღნიშნული მიმართულებით ჩატარებული მუშაობის შედეგად მიღწეულ ძირითად შედეგებს.

### 2.6.1. უპირაპირო სარელსო წრედები

უპირაპირო სარელსო წრედებს შეუზღუდავ სარელსო წრედებსაც უწოდებენ. მათი ღირსებაა ელექტრულ წრედში მცირედსაიმედო ელემენტების (მაიზოლირებელი პირაპირების, გამტარი შლეიფების და სხვათა) არარსებობა.

ელექტრული წვევის მქონე უბნებზე უზრუნველყოფილია წვევის უკუდენის წრედის უწყვეტობა. ამიტომ პრაქტიკულად სრულდება სარელსო ძაფებში გამავალი წვევის დენის

კანალიზაციისათვის წაყენებული ყველა მოთხოვნა, რომელთა განუხრელი დაცვა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ უბნებისათვის სადაც მოძრაობენ დიდი მასის მატარებლები. ამის გამო რამდენჯერმე მცირდება გამოყენებული ლითონტევადი დროსელ-ტრანსფორმატორების საერთო რაოდენობა კერძოდ;

ა) ცვლადი დენის ელექტროწვეიანი ხაზების გადასარბენებზე დროსელ-ტრანსფორმატორების დაყენება პრაქტიკულად არ ხდება; შესასვლელ შუქნიშნებთან მათ დგამენ საგადასარბენო და სასადგური სარელსო წრედების განმაცალკავებელი მაიზოლირებელი პირაპირების არსებობის გამო.

ბ) მუდმივი დენის ელექტროწვეიანი ხაზებზე დროსელ-ტრანსფორმატორები გამოიყენება წვეის დენის გასათანაბრებლად (ასიმეტრიის შესამცირებლად). ამ მიზნით ორლიანდაგიანი უბნების შემთხვევაში დროსელ-ტრანსფორმატორები საჭიროა დაეყენოს:

- ორლიანდაგიანი უბნებზე არსებულ ლიანდაგთშორის ზღუდარებთან (შესაკრავებთან);

- სასადგურო შესასვლელ შუქნიშნებთან;

- რელსებთან წვეის ქვესადგურების გამომწოვი ფიდერების მიერთების ადგილებზე;

- რელსებთან ჩამამიწებლების მიერთების ადგილებზე.

მაიზოლირებელი პირაპირების გამორიცხვა ხელს უწყობს მატარებელთა წვეისათვის საჭირო ელექტროენერჯის დანაკარგების შემცირებას.

უპირაპირო სარელსო წრედების მუშაობისათვის რკინიგზის ხაზებზე გამოიყენება ამპლიტუდურად მოდულირებული სიგნალები; ამ დროს მზიდი სიგნალებისათვის გამოიყენება 425, 475 და 575 ჰც სიხშირეები, ხოლო ამპლიტუდური მოდულირებისათვის საჭირო სიგნალებისათვის 8 და 12 ჰც სიხშირეები. მეტროპოლიტების ხაზებზე მზიდი 775, 725 და 575 ჰც სიხშირის სიგნალების მოდულირება ასევე 8 და 12 ჰც სიხშირეების მქონე სიგნალებით ხდება. აუცილებლობის შემთხვევაში ხუთივე მზიდი სიხშირიანი სიგნალები შეიძლება გამოყენებული იქნეს როგორც რკინიგზაზე, ასევე მეტროპოლიტენში.

რკინიგზაზე უპირაპირო სარელსო წრედის მაქსიმალური სიგრძეა 1000 მეტრი. ამ შემთხვევაში უზრუნველყოფილია უპირაპირო სარელსო წრედების მუშაობის ყველა რეჟიმი, თუ იზოლაციის (ბალასტის) წინაღობა 0.7 ომი.კმ-მდეა. ბალასტის

წინააღმდეგობის შემცირებით მცირდება სარელსო წრედის ზღვრული სიგრძეც. მაგალითად, დაბალი წინააღმდეგობის ბალასტიან უბნებზე გამოიყენება 250 მ სიგრძის სარელსო წრედები. ისინი საიმედოდ მუშაობენ ბალასტის წინააღმდეგობის 0.1 ომიკმ-მდე შემცირების დროსაც.

მეტროპოლიტების ხაზებზე უპირაპირო სარელსო წრედების სიგრძე 300 მეტრია. სიგრძის შემცირება განპირობებულია ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის (სინქარის ავტომატური რეგულირების) სისტემის სიგნალების გადამცემის ზღვრული სიმძლავრით. პრაქტიკულად, მეტროპოლიტების ხაზების მუშაობის პირობების მიხედვით ახლად დაპროექტებულ უბნებზე უპირაპირო სარელსო წრედების მაქსიმალური სიგრძე 150 მ-ის ტოლადაა მიღებული.

უპირაპირო სარელსო წრედები ფართოდაა გავრცელებული ცენტრალიზებული ავტობლოკირების სისტემაში, რომელშიც მართვის აპარატურა მთლიანად სადგურებზეა განთავსებული.

ელექტრული წვეის მქონე სარკინიგზო უბნებზე აპარატურის განთავსების პუნქტებს შორის მანძილი 20 კმ-ს, ხოლო ავტონომიური წვეის უბნებზე – 30 კმ-ს აღწევს. მეტროპოლიტების ხაზებზე აპარატურის განთავსების პუნქტებს შორის მანძილი 8 კმ-დეა შემცირებული, ე.ი. აპარატურა სარელსო ხაზებს შეიძლება 4 კმ-მდე მანძილით დაშორდეს.

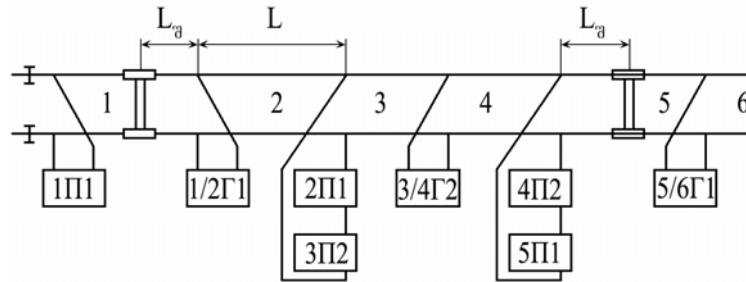
სარელსო ხაზებთან აპარატურა უერთდება სიმეტრიული სასიგნალო კაბელით, რომელშიც გამოყენებულია ძარღვების წყვილშეგრეხვა. ამავე კაბელით ხდება მეზობელ სადგურებში განთავსებული მოწყობილობების ურთიერთდაკავშირება.

უპირაპირო სარელსო წრედებში (იხ. ნახ. 2.29) აპარატურის, კაბელისა და გამოყენებული სასიგნალო სიხშირეების შესამცირებლად ორი მეზობელი უპირაპირო სარელსო წრედის კოდირება ხდება სასიგნალო დენის ერთი წყაროდან (გენერატორიდან). მაგალითად 1 და 2 სარელსო წრედები იკვებება  $1/2 \Gamma 1$  გენერატორიდან. დავუშვათ, რომ მისი მზიდი სიხშირეა 425 ჰც, ხოლო ამპლიტუდური მოდულაცია განხორციელებულია 8 ჰც სიხშირის დენით. 3 და 4 სარელსო წრედების კვებას ანხორციელებს  $3/4 \Gamma 2$  გენერატორი, რომლის მზიდი და მოდულაციის სიხშირეები განსხვავებული უნდა იყოს  $1/2 \Gamma 1$  გენერატორის მზიდი და მოდულაციის სიხშირეებისაგან.

დავუშვათ, რომ  $3/4 \Gamma 2$  გენერატორისათვის მზიდი სიხშირეა 475 ჰც, ხოლო მოდულაციის სიხშირე – 12 ჰც. ამგვარად,

მომიჯნავე  $1/2 \Gamma 1$  და  $3/4 \Gamma 2$  გენერატორებს გააჩნიათ განსხვავებული მზიდი და მოდულაციის სიხშირეები. ეს უზრუნველყოფს მომიჯნავე წრედების მიმღებების დაცვას არასაკუთრივი სასიგნალო დენების გავლენისაგან.

ამპლიტუდურად მოდულირებული სიგნალების გამოყენება უზრუნველყოფს მიმღები მოწყობილობების საიმედოდ დაცვას წვევის დენის ჰარმონიკური და იმპულსური დაბრკოლებებისაგან, აგრეთვე სამგზავრო ვაგონების ცენტრალიზებული ენერგომომარაგების დენების მიერ წარმოქმნილი დაბრკოლებებისაგან.



**ნახ. 2.29** უპირაპირო სარელსო წრედის სტრუქტურული სქემა

უპირაპირო სარელსო წრედის ასაგებად გამოყენებული განხილული სტრუქტურის დროს საკმარისია ორი (425 და 475 ჰც) მზიდი სიხშირის გამოყენება. **1** და **2** სარელსო წრედების მდგომარეობას აკონტროლებენ **1ΠI** და **2ΠI**, რომლებიც  $1/2 \Gamma 1$  გენერატორიდან იღებენ 8 ჰც სიხშირის სიგნალით ამპლიტუდურად მოდულირებულ მზიდი 425 ჰც სიხშირის სიგნალებს. (მიმღებების დასახელებებში პირველი ციფრი აღნიშნავს სარელსო წრედის ნომერს, ხოლო მეორე – მიმღების ტიპს. კერძოდ **ΠI** მიმღები აღიქვამს მზიდი 425 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენს, ხოლო **Π2** – მზიდი 475 ჰც სიხშირის სიგნალებს). **3** და **4** სარელსო წრედების მდგომარეობას ამოწმებს **3Π2** და **4Π2** მიმღებები, რომლებიც აღიქვამენ  $3/4 \Gamma 2$  გენერატორიდან მოსულ სიგნალებს. მიღებულ სტრუქტურაში სარელსო წრედ **2**-ის მიმღებ **2ΠI**-ზე შეიძლება გავლენა მოახდინოს სარელსო წრედ **5**-ის სასიგნალო დენმა (აღნიშნულ სარელსო წრედში გამოყენებულია იგივე ტიპის  $\Gamma$  გენერატორი). **2ΠI** მიმღები **5/6 \Gamma 1** გენერატორის სახიფათო

გავლენისაგან დაცულია ბუნებრივი მიღებით, რომელსაც 5/6 F1 გენერატორიდან წამოსული სიგნალი განიცდის 5, 4 და 3 სარელსო წრედებში გავლისას.

ანალოგიურადაა ურთირთდაცული სხვა მიმღებებიც შესაბამისი გენერატორების გავლენისაგან. ნებისმიერი ვარიანტის დროს მოცემული სარელსო წრედის მიმღები და იმავე სიხშირეზე მომუშავე გავლენის მომხდენი გენერატორი ერთმანეთისაგან დაშორებულია სამი სარელსო წრედით. გათვლები გვიჩვენებს, რომ საკუთარი სარელსო წრედის ფარგლებში გავლისას სიგნალის მიღება წარმოადგენს დაახლოებით 20 დბ-ს. სამ სარელსო წრედში გავლისას სიგნალის მიღებაა დაახლოებით 60 დბ. ამიტომ მიმღებში სამი სარელსო წრედით დაშორებული წყაროდან მოსული სიგნალი საკუთარ სარელსო წრედში ფორმირებულ სიგნალზე დაახლოებით 100-ჯერ ნაკლებია რაც საკმარისია იმისათვის, რომ მიმღები დაცული იყოს უცხო გენერატორიდან მოსული სიგნალისაგან.

სარელსო წრედების სიგრძეების არახელსაყრელი თანაფარდობების დროს იზრდება გავლენა იგივე სიხშირეზე მომუშავე სარელსო წრედებისაგან. ასეთ შემთხვევაში ურთიერთგავლენის გამოსარიცხად გარდა ზემოთაღნიშნული 425 და 475 კჰც მზიდი სიხშირეებისა შეიძლება გამოყენებული იქნეს მესამე, 575 კჰც სიხშირეც.

უპირაპირო სარელსო წრედის დაშუნტვა არ ხდება მყისიერად, ე.ი. მაშინვე, როგორც კი მოძრავი შემადგენლობის წყვილთვალის გაცდება რელსებთან აპარატურის მიერთების წერტილს, არამედ გარკვეული მანძილის გავლის შემდეგ.

ზონას, რომელიც იწყება რელსებთან სარელსო წრედის აპარატურის მიერთების წერტილიდან და მთავრდება რელსის იმ წერტილთან, სადაც მოძრავი შემადგენლობის გარკვეული (პირველი ან ბოლო) წყვილთვალის მისვლისას ხდება შუნტის დადების ან აღების ფიქსირება სალიანდაგო სალიანდაგო მიმღების მიერ, ეწოდება **დამატებითი დაშუნტვის ზონა**; მისი სიგრძე ნახ.2.29-ზე აღნიშნულია L<sub>ა</sub> სიმბოლოთი.

სარელსო წრედის დაკავება ფიქსირდება დაშუნტვის ზონის ბოლოში მოძრავი შემადგენლობის პირველი წყვილთვალის მისვლისას, ხოლო სარელსო წრედის განთავისუფლება – აღნიშნულ ადგილზე მოძრავი შემადგენლობის ბოლო გოგორწყვილი მისვლისას.

დამატებითი დაშუნტვის ზონების არსებობა განპირობებულია მაიზოლირებელი პირაპირების არარსებობით.

მაგალითად, სარელსო წრედ 2-თან მატარებლის მიახლოებისას სამატარებლო შუნტის გამო ძაბვა მის მკვებავ ბოლოზე, და მაშასადამე, **2III** მიმდების შესასვლელზე, იწყებს შემცირებას. რელეს ღუზას ჩამოშვების ძაბვამდე ზემოთაღნიშნული ძაბვის შემცირებამდე პირველი წყვილთვალი გაივლის  $L_{\text{ჟ}}$  მანძილს; ასევე, რომელიმე სალიანდაგო, ვთქვათ, **4II** მიმდები ამოქმედდება მაშინ, როდესაც მატარებლის ბოლო წყვილთვალი სარელსო წრედ **4ს** დაშორდება  $L_{\text{ჟ}}$  მანძილით. ამგვარად, უპირაპირო სარელსო წრედის ფაქტიური  $L_{\text{ფაქტ.}}$  სიგრძე აღემატება მის ფიზიკურ  $L$  სიგრძეს და განისაზღვრება ფორმულით:

$$L_{\text{ფაქტ.}} = L + 2L_{\text{ჟ}} , \quad (2.78)$$

სადაც  $L$  არის სარელსო წრედის ფიზიკური სიგრძე, ხოლო  $L_{\text{ჟ}}$  – დამატებითი დაშუნტვის ზონის სიგრძე.

ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მოწყობილობების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის საჭიროა სალოკომოტივო სიგნალიზაციის ნორმატული დენი უზრუნველყოფილი იყოს მანძილზე:

$$L_{\text{ახს}} = L + L_{\text{ჟ}} . \quad (2.79)$$

დაშუნტვის ზონის სიგრძე დამოკიდებულია სასიგნალო დენის სიხშირეზე, მიმდების შესასვლელზე სიგნალის მუშა ძაბვაზე, სარელსო ხაზის ბალასტის წინაღობაზე, სალიანდაგო მიმდების დაბრუნების კოეფიციენტზე, სამატარებლო შუნტის რეალურ წინაღობაზე, უპირაპირო სარელსო წრედის სიგრძეზე.

რკინიგზაზე 425 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენის დროს დამატებითი დაშუნტვის ზონის სიგრძის მნიშვნელობა 40 დან 120 მეტრამდე მერყეობს;

მეტროპოლიტენში 725 და 775 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენისათვის დამატებითი დაშუნტვის ზონის სიგრძე 15-25 მეტრის ფარგლებშია.

სასიგნალო დენის სიხშირის, მიმდების შესასვლელზე ძაბვის, ბალასტის წინაღობისა და რელსების წინაღობის გაზრდის დროს მცირდება დაშუნტვის ზონის  $L_{\text{ჟ}}$  სიგრძე, ხოლო მათი შემცირების დროს კი პირიქით,  $L_{\text{ჟ}}$ -ს მნიშვნელობა იზრდება.

ექსპლუატაციის პირობების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დაშუნტვის ზონის  $L_{\text{ჟ}}$  სიგრძის ცვლილებაზე სარკინიგზო ხაზების შემთხვევაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ბალასტის

წინააღმდეგობის ცვლილება, ხოლო მეტროპოლიტენის ხაზების შემთხვევაში – კვების წყაროს ძაბვის ცვლილება.

უპირაპირო სარელსო წრედის დამატებითი დაშუნტვის ზონის სიგრძის მინიმუმამდე შესამცირებლად სალიანდაგო მიმღების შესასვლელზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა უნდა გავზარდოთ ისეთ მაქსიმალურ დასაშვებ სიდიდემდე, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილი იქნება (შესრულება) აღნიშნული წრედის ყველა რეჟიმი.

დაშუნტვის ზონის არსებობა არსებით გავლენას ვერ ახდენს ხაზის გამტარობის უნარზე. მაგალითად, დაეუშვათ რომ უპირაპირო სარელსო წრედის სიგრძეა 1000 მეტრი, დაშუნტვის ზონის საშუალო სიგრძე - 80 მეტრი, ხოლო მატარებლის სიგრძე – 1000 მ. ასეთ პირობებში დაშუნტვის ზონის არსებობა ურთიერთმიმყოფ მატარებლებს შორის დასაშვებ მანძილს მხოლოდ 2 - 4%-ით გაზრდის, რაც პრაქტიკულად გავლენას ვერ მოახდენს გამტარობის უნარზე.

მეტროპოლიტენის ხაზებზე, სადაც მოითხოვება უზრუნველყოფილი იყოს შესაძლო მინიმალური მატარებელთაშორისი ინტერვალი, დაშორების მიხედვით დაშუნტვის ზონის მინიმალური გარანტირებული სიგრძე გათვალისწინებული უნდა იყოს სამუხრუჭო მანძილის განსაზღვრისა და უპირაპირო სარელსო წრედის აპარატურის მიერთების წერტილების შერჩევის დროს.

რკინიგზის ორლიანდაგიან უბნებზე მეზობელი სარელსო ძაგების შემთხვევით გაერთიანების დროს სალიანდაგო მიმღების ყალბი ამოქმედებისაგან დასაცავად გამოიყენება 4 განმასხვავებელი ნიშნის მქონე სიგნალები. ეს ნიშნები წარმოიქმნება ორი მზიდი 425 და 475 ჰც სიხშირეების მოდულაციით და 8 და 12 ჰც სიხშირეებით. ორლიანდაგიანი უბნის ერთ-ერთი ლიანდაგის უპირაპირო სარელსო წრედებში გამოიყენება სიგნალები – 425/8 და 475/12, ხოლო მეორე ლიანდაგის უპირაპირო სარელსო წრედებში – 425/12 და 475/8 სიგნალები (მრიცხველებში ნაჩვენებია მზიდი, ხოლო მნიშვნელებში – მოდულაციის სიხშირე).

უპირაპირო სარელსო წრედების შესაქმნელად შეიძლება გამოყენებული იქნას მრავალფეროვანი ტექნიკური გადაწყვეტები. ორგინალობით გამოირჩევა *ჟილინოს (სლოვაკეთი)* ტრანსპორტის ინსტიტუტის დოქტორ *ო.პოუპეს* მიერ შემოთავაზებული *NKO* სახელწოდების უპირაპირო სარელსო წრედი; მას კვება ეწოდება

სარელსო წრედის შუა წერტილიდან და გააჩნია წრედის ბოლოებში ჩართული ორი ფაზათმგრძობიარე სალიანდაგო რელე. ასეთმა მიდგომამ ავტორს საშუალება მისცა 1,0 ომი/კმ-ზე არანაკლები ბალასტის წინაღობის დროს უპირაპირო სარელსო წრედის სიგრძე 1600 მეტრამდე გაეზარდა [46]. აღნიშნული სარელსო წრედი გამოირჩევა მარტივი კონსტრუქციით, იაფია, აქვს მინიმალური სიგრძის (20-30 მ) დამატებითი დაშენების ზონა და გააჩნია მაღალი (0,3 ომის ტოლი) შუნტური მგრძობიარობა, რის მეოხებითაც შეუძლია საკონტროლო უბანზე მსუბუქი დრეჟინების არსებობის დაფიქსირებაც.

უპირაპირო სარელსო წრედების ჩანაცვლების სქემები მოცემულია [11]-ში.

## 2.6.2 გადასარბენის თავისუფლების მაკონტროლებელი

### უპირაპირო სარელსო წრედი ნახევრადავტომატური

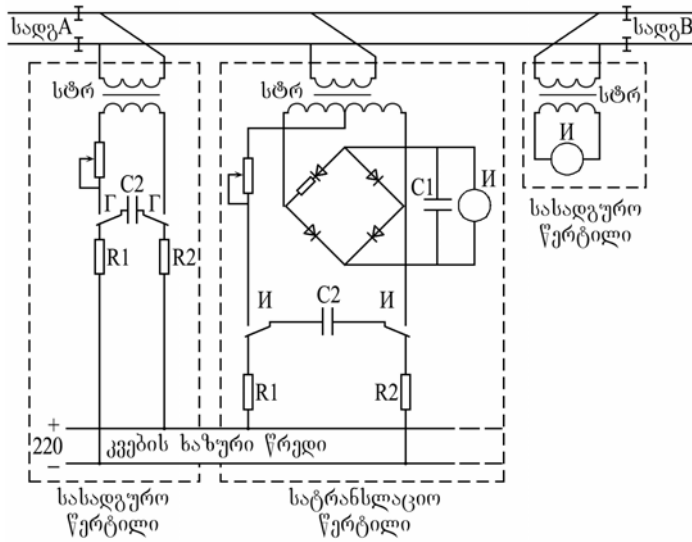
#### ბლოკირების სისტემისათვის

ნახევრადავტომატური ბლოკირების არსებულ სისტემებში გადასარბენი განიხილება როგორც ერთი მთლიანი ბლოკ-უბანი, რომელიც აღჭურვილი არ არის სარელსო წრედებით. ასეთი ბლოკირების დროს გადასარბენზე ერთდროულად რამდენიმე მატარებლის მოძრაობა დაუშვებელია – მასზე მხოლოდ ერთმა შემადგენლობამ შეიძლება იმოძრაოს.

სარელსო წრედებით გადასარბენის აღჭურვის არარსებობის გამო ნახევრადავტომატური ბლოკირების დროს წამოიჭრება გადასარბენზე მატარებელთა უსაფრთხოდ მოძრაობის უზრუნველყოფასთან დაკავშირებული ორი პრობლემა. პირველია გადასარბენზე მოძრავი შემსადგენლობის არსებობის განსაზღვრის, ხოლო მეორე – გადასარბენზე ლიანდაგის მთლიანობის კონტროლის პრობლემა.

პირველი მათგანის გადაწყვეტა ხდება მოძრავი შემადგენლობის წყვილთვალეების მთვლელი სისტემის დანერგვით, ხოლო მეორე პრობლემა ელის თავის ოპტიმალურ გადაწყვეტას. ერთ-ერთ ასეთ გადაწყვეტას მიეკუთვნება გადასარბენის თავისუფლების მაკონტროლებელი უპირაპირო სარელსო წრედი, რომლის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 2.30-ზე. საჭიროა აღინიშნოს რომ მისი დანერგვით ავტომატურად წყდება ზემოთაღნიშნული პირველი პრობლემაც და გამოირიცხება წყვილთვალეების მთვლელი სისტემის დანერგვის აუცილებლობა.





**ნახ. 2.30.** გადასარბენის თავისუფლების მაკონტროლებელი უპირაპირო სარელსო წრედი

გადასარბენის ფარგლებში ერთმანეთისაგან 1500 მ მანძილის დაშორებით ეწყობა სატრანსლაციო დანადგარები. იმპულსები ტრანსლირდება მუდმივი დენის 220ვ ძაბვის ორსადენიანი საპაერო წრედით წინასწარ დამუხტული (დამუხტვის წრედები შეიცავენ R1 და R2 რეზისტორებს) კონდენსატორებიდან.

იმპულსების გადაცემა იწყება სადგურიდან. მაკოდირებელი მოწყობილობებია სადგურებში დაყენებული გენერატორები, რომლებიც თითოეულ ციკლში (2-3 წმ) ფრონტული **F** კონტაქტებით პირველ უპირაპირო სარელსო წრედში **C2** კონდენსატორის განმუხტვის ხარჯზე აგზავნი იმპულსებს (აღნიშნული კონდენსატორი წინასწარ დამუხტულია სასადგურო ბატარეიდან იმ პერიოდში, როდესაც **F** რელე იყო უდენოდ). სარელსო ხაზში გაგზავნილი იმპულსების ხანგრძლივობაა 20-40 მკწმ.

ზემოთ აღნიშნულ იმპულსებს პირველ სატრანსლაციო წერტილზე აღიქვამს სალიანდაგო **H** რელე (**HP-5** ტიპის), რომელიც აღიგზნება **DI** და **D3** დიოდების შემცველი წრედით.

**II** რელეს ადგენების შემდეგ C2 კონდენსატორში დაგროვილი ენერგია (C2=30-50 მკუ) იმპულსის სახით გადაეცემა მომდევნო სარელსო წრედს (ე.ი. ხორციელდება მისი ტრანსლაცია) შემზღვეველი R<sub>ა</sub> რეზისტორისა და სალიანდაგო სტრ ტრანსფორმატორის საშუალებით. ანალოგიურად მუშაობს მომდევნო სატრანსლაციო წერტილი (ნახაზზე ნაჩვენები არ არის).

სატრანსლაციო დანადგარის მიერ იმპულსის გადაცემის პერიოდში **II** რელე აგზნებულია **D2 D4** დიოდებისა და R3 რეზისტორის შემცველი წრედით. ამით გამოირიცხება იმპულსების ტრანსლაციის დროს მომდევნო დანადგარიდან **II** რელეს განმეორებით აგზნება, როდესაც მაიზოლირებელი პირაპირების არარსებობის გამო გადაცემული იმპულსი სარელსო ხაზის ორივე მხარეზე ვრცელდება.

**B** სადგურზე **II** რელეს აგზნებით განისაზღვრება არა მარტო გადასარბენის განთავისუფლება, არამედ გადასარბენზე არსებული რელსების მთლიანობაც, რაც ნახევრადავტომატური ბლოკირების სისტემის თვისობრივ გაუმჯობესებას წარმოადგენს.

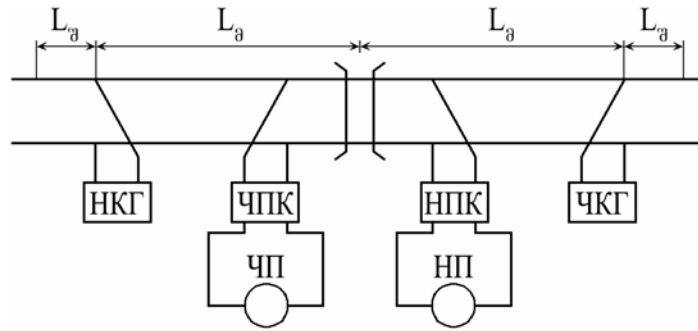
**A** სადგურიდან **B** სადგურისაკენ იმპულსის გადაცემის დამთავრების შემდეგ იწყება იმპულსის შებრუნებული გადაცემა **B** სადგურიდან **A** სადგურისაკენ, რითაც მიიღწევა გადასარბენის შესახებ სათანადო ინფორმაციის არსებობა ორივე სადგურზე.

## 2.6.3. ტონალური სიხშირის ზედღების უპირაპირო

### სარელსო წრედები

ტონალური სიხშირის ზედღების სარელსო წრედები გამოიყენება საგადასასვლელო სიგნალიზაციის სისტემაში გადასასვლელთან მატარებლის მიახლოების შეტყობინებისათვის (ნახ. 2.31). მისი ზედღება შეიძლება მოხდეს ავტობლოკირებისა და ელექტრული ცენტრალიზაციის როგორც მუდმივი, ასევე ცვლადი დენის სარელსო წრედებზე ისე, რომ არ დაირღვეს ამ უკანასკნელთა მუშაობა.

ზედღების სარელსო წრედებში გამოიყენება 1500-2000 ჰც სიხშირის ცვლადი სასიგნალო დენები. გენერატორების დაყენების ადგილიდან გადასასვლელამდე მანძილი უნდა იყოს გადასარბენთან მიახლოების L<sub>გ</sub> მანძილის ტოლი, ხოლო რაც შეეხება მიმღებებს, ისინი უშუალოდ გადასასვლელთან უნდა დაეაყენოს.



**ნახ. 231.** ტონალური სიხშირის ზედღების უპირაპირო სარელსო წრედის სტრუქტურული სქემა

მოახლოების უბნების თავისუფლების შემთხვევაში სალიანდაგო **ЧП** და **НП** რელეები აგზნებულია, ხოლო საგადასარბენო სიგნალიზაციის მოწყობილობები – ამორთული.

გადასასვლელის წინ არსებულ მოახლოების  $L_a$  უბანზე კენტი (ლუწი) მიმართულებით მოძრავი მატარებლის შესვლისას დაშენდება სარელსო წრედი, **НПК (ЧП)** რელე შეწყვეტს იმპულსურ მუშაობას და ჩართავს საგადასარბენო სიგნალიზაციის მოწყობილობებს. სინამდვილეში სარელსო წრედი დაშენდება არა მაშინ, როდესაც მატარებელი შედგება **HKГ (ЧКГ)** გენერატორის მიერთების წერტილზე, არამედ მაშინ, როდესაც ამ წერტილს მიუახლოვდება  $L_a$  მანძილზე. ასევე, სარელსო წრედი განთავისუფლდება არა მაშინ, როდესაც მატარებელი გაივლის **ЧПК (НПК)** მიმღების მიერთების წერტილზე, არამედ მაშინ, როდესაც ამ წერტილს გაცდება  $L_a$  მანძილით. რადგან ზედღების ტონალურ სარელსო წრედში გამოიყენება შედარებით მაღალი სიხშირის სასიგნალო დენი, ამიტომ  $L_a$  მანძილი დიდი არ არის და რამდენიმე ათეული მეტრის ტოლია. გენერატორებსა და მიმღებებში გამოიყენება მაღალი სტაბილურობის მქონე კამერტონული ფილტრები.

განხილული სარელსო წრედის ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ მისი საიმედოდ მუშაობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა რელსებს შორის ჩავრთოთ მაკომპენსირებელი კონდენსატორები და გამოვიყენოთ დასამზადებლად მეტად რთული კამერტონული ფილტრები; გარდა ამისა მატარებლების მოძრაობის სიჩქარის გაზრდით იზრდება მოახლოების უბნის სიგრძე, რაც ზრდის

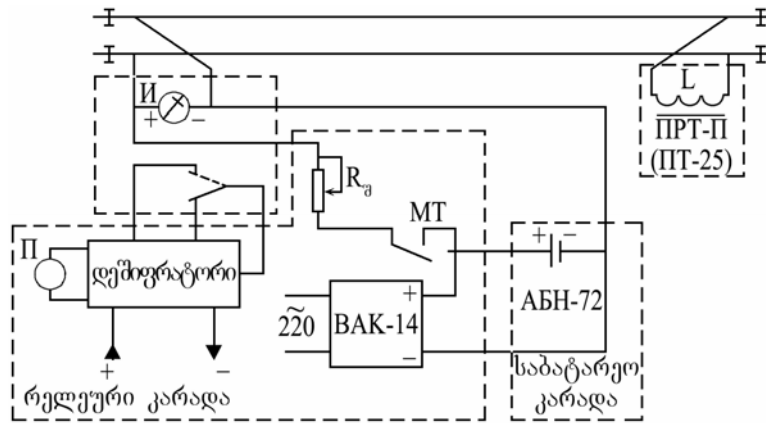
სარელსო წრედების სიგრძეს. ტონალური სიხშირის სარელსო წრედების სიგრძის გაზრდა აუარესებს მისი მუშაობის პირობებს, რომელთა გასაუმჯობესებლად საჭირო ხდება დამატებითი სარელსო წრედების მოწყობა.

**2.6.4. რეაქტიული სარელსო წრედები**

ნახევრადავტოური ბლოკირების დროს სადგურებთან და გადასასვლელებთან მიახლოების უბნების კონტროლისათვის მიზანშეწონილი გამოყენებული იქნას რეაქტიული სარელსო წრედები.

რეაქტიული სარელსო წრედი მუდმივი დენის იმპულსური სარელსო წრედის ნაირსახეობაა, რომელშიც იმპულსური სალიანდაგო მიიმდებს (რელეს) მუშაობისათვის გამოიყენება კეების წყაროდან იმპულსის გადაცემის პერიოდში ინდუქტიურ ელემენტში დაგროვილი ენერგია.

ინდუქტიური სარელსო წრედის (ნახ. 2.32) მკვებაზე ბოლოზე დაყენებულია იგივე ხელსაწყოები, რაც მუდმივი დენის ჩვეულებრივ სარელსო წრედში: **АВН-72** აკუმულატორთან ბუფერულ რეჟიმში მომუშავე **BAK-14** ტიპის გამმართველი; ქანქარული **MT** ტრანსმიტერი, რომლის კონტაქტით რეაქტიულ სარელსო წრედში გაიგზავნება იმპულსები; 0,6 ომი წინაღობის მქონე შემზღვეველი  $R_a$  რეზისტორი.



ნახ. 2.32. რეაქტიული სარელსო წრედი

რეაქტიული სარელსო წრედის მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე იმპულსური სალიანდაგო **II** რაღე შეიძლება სარელსო ხაზის ნებისმიერ წერტილში იქნას მიერთებული, მაგრამ მას, როგორც წესი, მკვებავ ბოლოზე აერთებენ.

ხაზში გაგზავნილი პირდაპირი იმპულსებისაგან რელეს ამოქმედების გამოსარიცხავად აღნიშნული რელეს მიერთება უნდა მოხდეს ბატარეის პოლარობის შებრუნებულად.

სარელსო ხაზში მუდმივი დენის იმპულსებად გაგზავნა ხდება ქანქარული **MT** რელეს კონტაქტით; აღნიშნულ იმპულსებს იღებს სარელსო ხაზის მეორე ბოლოში არსებული **L** ინდუქტიური კოჭა (ინდუქტიურ ელემენტად შეიძლება გამოყენებული იქნას, მაგალითად, **IIPT-A** ან **IIIT-25** ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილი). ამ ელემენტში ენერგია გროვდება მაგნიტური ველის სახით.

სარელსო წრედის კვების განრთვის მომენტებში (იმპულსურ შუალედებში) ინდუქტიურ **L** ელემენტში წარმოიშვება თვითინდუქციის ელექტრომამოძრავებელი ძალა, რომლის სიდიდე განისაზღვრება **L** ინდუქტიურობის სიდიდითა და წრედის ამორთვის შემდეგ მასში გამავალი დენის ცვლილების (კლების) სიჩქარით. თვითინდუქციის ელექტრომამოძრავებელი ძალის იმპულსის ამპლიტუდა რამდენჯერმე აღემატება პირდაპირი (კვების წყაროდან გაგზავნილი) იმპულსების ამპლიტუდას, ოღონდ მისი ხანგრძლიობა რამდენჯერმე ნაკლებია აღნიშნული იმპულსების ხანგრძლივობაზე; ამასთანავე, თვითინდუქციის ელექტრომამოძრავებელი ძალის იმპულსებს პირდაპირი (სამუხტავი) იმპულსების პოლარობის საწინააღმდეგო მიმართულება აქვთ. ისინი რეაქტიულ სარელსო წრედში უკუმიმართულებით (სამუხტავი იმპულსების მოძრაობისადმი საწინააღმდეგო მიმართულებით) ვრცელდებიან.

ზემოთ აღნიშნული იმპულსებისაგან ამოქმედდება (**IIIII-2** ან **IIIII-1** ტიპის) იმპულსური **II** რელეს; იგი საკუთარი კონტაქტით ზემოქმედებს დეშიფრატორზე, რომელიც ადაგზნებს გამოსასვლელზე ჩართულ სალიანდაგო **II** რელეს.

იმისათვის რომ მომიჯნავე რეაქტიულმა სარელსო წრედებმა ერთმანეთზე ზეგავლენა არ მოახდინონ, ისინი ერთმანეთთან შეპირაპირებილები უნდა იყვნენ რეაქტიული ბოლოებით. აღნიშნული ურთიერთზეგავლენის გამოსარიცხავად შეიძლება აგრეთვე ინდუქტიური სარელსო წრედების განცალკევება მოხდეს მუდმივი დენის იმპულსური სარელსო წრედებითაც.

ჩვეულებრივი იმპულსურ სარელსო წრედებითან შედარებით ინდუქტიური სარელსო წრედები ფუნქციონირებისას მოიხმარენ ნაკლებ ელექტრულ ენერგიას, რაც წარმოადგენს მათ ღირსებას.

## 2.7. ჩამამიწებელი მოწყობილობების ბავლენა სარელსო

### წრედების მუშაობაზე

წვეის დენის ქსელის მოკლედ შერთვის შემთხვევაში სარელსო წრედების მომსახურე პერსონალის ელექტროუსაფრთხოების საიმედოდ დასაცავად აუცილებელია ელექტროფიცირებულ უბნებზე არსებული საკონტაქტო ქსელის საყრდენები, აგრეთვე ყველა ლითონური და რკინაბეტონის ნაგებობები და კონსტრუქციები, ჩვამიწოთ ელექტროდანადგარების მოწყობის წესების შესაბამისად. ასევე საჭიროა ჩვამიწოთ სახიფათო ზონაში განთავსებული ყველა ლითონური კონსტრუქცია, ნაგებობა და მოწყობილობა. ზემოთ აღნიშნული წესების ზოგადი მოთხოვნის ძალით, ჩამიწების წინააღობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 ომს.

ჩამიწებების მოწყობა აუცილებელია **სწრაფმოქმედი ამომრთველების** გამართული მუშაობის უზრუნველსაყოფად.

აღნიშნული ამომრთველების დანიშნულებაა წვეის ქვესადგურების მოწყობილობების, წვეის ქსელის და სხვა კონსტრუქციების დაცვა შესაძლო მოკლედ შერთვისაგან. კერძოდ, მან წვეის ქვესადგურებისაგან უნდა განრთოს საკონტაქტო ქსელი, თუ ამ ქსელში გამავალი დენის მნიშვნელობა მიაღწევს სწრაფმოქმედი ამომრთველში არსებული დანადგარის ამოქმედების დენის მნიშვნელობას.

წვეის მაქსიმალური დენების დონე ხშირად აღწევს მოკლედ შერთვის დენების მინიმალურ დონეს (განსაკუთრებით უბნებზე, სადაც მოძრაობენ მძიმეწონიანი მატარებლები), ამიტომ ზემოთაღნიშნული სწრაფმოქმედი ამომრთველების საიმედოდ მუშაობისათვის აუცილებელია მოკლედ შერთვის წრედს ჰქონდეს მინიმალური წინააღობა. აღნიშნულ წრედს თუ ექნება მაღალი წინააღობა, მაშინ მოკლედ შერთვის დენის მნიშვნელობა ვერ მიაღწევს ამომრთველი დანადგარების ამუშავების დენის მნიშვნელობას, უკანასკნელები არ ამოქმედდება და კონსტრუქციებისაგან დენს არ განრთავს. ამ დროს წრედში გამავალი დენი, რომელიც ამომრთველების ასამოქმედებლად

საკმარისი არ არის, შეიძლება გახდეს მომსახურე პერსონალის ტრავმების, კონსტრუქციების ნგრევის, საკონტაქტო საკიდრების გამოწვისა და გაწვევების მიზეზი. ამის თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია **მოკლედ შერთვის წინაღობა ომის რამდენიმე მათედ ან მუასედ ნაწილზე ნაკლები იყოს.**

გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ლითონური საყრდენებისა და ნაგებობის ჩამიწების წრედების წინაღობა 0,5-დან 200 ომის ფარგლებში იცვლება, ხოლო სარელეო კარადებისა და შუქნიშნების ანძების ჩამიწების წინაღობაა 300 ომი. ამიტომ თუ არ მოვახდენთ ზემოთაღნიშნული ობიექტების საიმედოდ ჩამიწებას, მაშინ რომელიმე მათგანზე საკონტაქტო ქსელის მოკლედ შერთვისას იგი აღმოჩნდება საკონტაქტო ქსელის სრული ძაბვის ქვეშ. ამ დროს მოკლედ შერთვის დენი იქნება წვევის მუშა დენზე ნაკლები, ქვესადგურში დაყენებული ამომრთველი არ ამოქმედდება, რასაც შეიძლება მოჰყვეს მძიმე შედეგები როგორც მომსახურე პერსონალისათვის, ასევე ობიექტებისთვისაც.

ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე, ყველა კონსტრუქცია, რომელზედაც შეიძლება მოღებული იქნას მაღალი ძაბვა, საიმედოდ უნდა იყოს ჩამიწებული და ჩამიწების  $R_{\Sigma}$  წინაღობა არ უნდა აჭარბებდეს 0,5 ომს.

**ჩამიწება** წარმოადგენს ფოლადის წნელს, რომლის დიამეტრი მუდმივი წვევის დენის დროს 12 მმ-ის ხოლო ცვლადი დენის წვევის დროს - 10 მმ-ის ტოლი უნდა იყოს. ასეთი **ყრუ ჩამიწება** იდეალურია ელექტროუსაფრთხოების უზრუნველყოფისა და მოკლედ შერთვის დროს საკონტაქტო ქსელიდან ძაბვის საიმედოდ განრთვის თვალსაზრისით, მაგრამ იგი ზოგიერთ შემთხვევებში შეიძლება მიუღებელი აღმოჩნდეს შემდეგი მიზეზების გამო:

- სარელსო ქსელთან კონსტრუქციების მიერთებისას წარმოიქმნება სარელსო ხაზიდან მიწაში სასიგნალო დენის გაუონვის წრედი, რომელიც მოიცავს ჩამიწების  $R_{\Sigma}$  წინაღობასა და აღნიშნულ კონსტრუქციებს. ამან შეიძლება დაარღვიოს სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმები;

- მუდმივი დენის ელექტრული წვევის მქონე უბნებზე ჩამიწების  $R_{\Sigma}$  წინაღობის გავლით შეიქმნება სარელსო ხაზიდან მიწაში წვევის დენის გაუონვის წრედი; აღნიშნულმა დენმა შეიძლება გამოიწვიოს რელსის საშუალებით ჩამიწებული კონსტრუქციის **ელექტროკოროზიული დაშლა.**

ზემოთაღნიშნული უარყოფითი შედეგების (სარელსო წრედის მუშაობის დარღვევისა და ჩამიწებული კონსტრუქციების ელექტროკოროზიული დაშლის) თავიდან ასაცილებლად დამუშავებულია ჩამიწების მოწყობის სხვადასხვა ტექნიკური გადაწყვეტები; კერძოდ:

1) ყრუ ჩამიწება, რომლის დროსაც ხდება მიწისაგან ჩასამიწებელი კონსტრუქციის დამატებითი იზოლირება.

2) ჩამიწება დამცავი მოწყობილობების გამოყენებით.

3) ნეიტრალური ჩადგმის მქონე კომბინირებული ჩამიწება.

4) კომბინირებული ჩამიწება, რომლის დროსაც კონსტრუქციებს შორის ეწყობა დამატებითი იზოლაცია.

მათი განხილვა სცილდება მოცემული სახელმძღვანელოს ფარგლებს, ოღონდ აღვნიშნავთ, რომ საკონტაქტო ქსელის საყრდენებზე, რელეურ კარადებზე, შუქნიშნების ანძებზე და სხვა ასეთ კონსტრუქციებზე, რომლებიც განთავსებულნი არიან ხალხის თავშეყრის ადგილებზე, აგრეთვე ადგილებზე, სადაც მომსახურე პერსონალი პერიოდულად ატარებს სხვადასხვა ტექნოლოგიურ ოპერაციებს, სასურველია მხოლოდ ყრუ ჩამიწების მოწყობა.

ყრუ ჩამიწების მოწყობის შემთხვევაში თუ არ იქნება შესრულებული სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციისა და ბლოკირების მოწყობილობებისადმი წაყენებული მოთხოვნები, ან ელექტროკოროზიისაგან დაცვის მოთხოვნები, მაშინ ზემოთ ჩამოთვლილი ტექნიკური გადაწყვეტებიდან უნდა შევარჩიოთ ისეთი, რომელიც უზრუნველყოფს მიწისაგან კონსტრუქციის იზოლაციის დონის ამაღლებას.

ელექტროფიცირებულ რკინიგზებზე მიწისქვეშ განლაგებული ლითონური კონსტრუქციები განიცდიან ნიადაგის ელექტროლიტური არის აგრესიული ზემოქმედებით გამოწვეულ **ნიადაგურ კოროზიას** და გარე წყაროების მიერ წარმოშობილი მოხეტიალე დენების მოქმედებით გამოწვეულ **ელექტროკოროზიას**. ამათგან ელექტრული კოროზია წარმოადგენს აღნიშნული კონსტრუქციების დაშლის მთავარ მიზეზს. არაელექტროფიცირებულ უბნებზე გვაქვს მარტო ნიადაგური კოროზია, რომელსაც აქვს ელექტროქიმიური ხასიათი.

კოროზიის წარმოშობის აუცილებელი პირობაა ელექტროლიტთან ლითონის კონტაქტი. მიწაში ელექტროლიტს წარმოადგენს ნიადაგური ტენი, რომელშიც გახსნილია მჟავები, ტუტეები, მარილები და სხვა ნივთიერებები.

ელექტროლიტში დენის არსებობა განპირობებულია იონების გადაადგილებით, ხოლო ლითონებში – ელექტრონების



გადაადგილებით. ამასთანავე, ლითონის ზედაპირზე ყოველთვის არსებობს ანოდური და კათოდური უბნები. ანოდურ უბნებში კოროზიული დენი გადადის ლითონიდან ელექტროლიტში, ხოლო კათოდურ უბნებში პირიქით – ელექტროლიტიდან ლითონში. ანოდურ უბნებზე ხდება ლითონის გახსნა (მასის დაკარგვა), ე.ი. ხდება კოროზიული დაშლა; კათოდურ უბნებზე ხდება ლითონის შენარჩუნება. ამგვარად, კოროზიულ დაშლას განიცდის მხოლოდ ანოდური უბნები. ამ დროს ლითონის მასის დანაკარგი პროპორციულია ლითონიდან ელექტროლიტში გადასული დენის სიდიდისა.

ელექტრული კოროზიისაგან დაცულობის კრიტერიუმია მიწის მიმართ ანოდური პოტენციალის ნულამდე შემცირება, რაც ასევე ამცირებს ანოდური უბნებიდან ელექტროლიტში გადასული გაჟონვის დენების სიდიდეს.

ნიადაგური კოროზიის გამოსარიცხად საჭიროა მოხდეს ნაგებობების გაშიშვლებული უბნების კათოდური პოლარიზაცია. **კათოდური პოლარიზაცია** ნიშნავს მიწის მიმართ ნაგებობების გაშიშვლებული უბნების უარყოფითი პოტენციალის უზრუნველყოფას. ამგვარად, ლითონური კონსტრუქციების ელექტროკოროზიული დაშლა მაშინ ხდება, როდესაც მიწის მიმართ კონსტრუქციას აქვს დადებითი პოტენციალი (სწორედ ამ დროს ხდება გაჟონვის დენების გადასვლა კონსტრუქციიდან მიწაში).

მუდმივი დენის ელექტროწვევიან უბნებში სარელსო ქსელის უბანს, რომლიდანაც წვეის დენი გადადის ნიადაგში, ეწოდება **ანოდური ზონა**, ხოლო უბანს, რომლიდანაც ხდება წვეის დენის დაბრუნება სარელსო ქსელში – **კათოდური ზონა**.

სარელსო ქსელში მაქსიმალური დადებითი პოტენციალი არსებობს იქ, სადაც განთავსებულია ენერჯის მომხმარებელი – მატარებელი, ხოლო მაქსიმალური უარყოფითი პოტენციალი ყოველთვის რელსებთან ამომწოვი ფიდერების მიერთების წერტილებშია.

რადგან მატარებლები განუწყვეტლივ მოძრაობენ და იცვლება მათი დენური დატვირთვა, ამიტომ სარელსო წრედის თითოეული წერტილის პოტენციალი დროში იცვლება. ანოდურ ზონაში განთავსებული კონსტრუქციები განიცდიან ელექტრულ კოროზიას, ხოლო კათოდურ ზონაში განთავსებული კონსტრუქციები – არა.

რელსებიდან, ან მასთან მიერთებული კონსტრუქციებიდან მიწაში გარდამავალ წვეის დენს ეწოდება **გაჟონვის დენი**.

გაუონვის დენები მიწაში იკრიბება და წარმოშობს *მოხეტიალე დენს*. მაღალი ელექტროგამტარობის მქონე გრუნტში გაუონვის დენები თავს იყრიან რკინიგზის ტერასიდან რამდენიმე ასეული მეტრით დაშორებულ რაიონში. კლდიანი გრუნტის შემთხვევაში, რომლებიც ხასიათდებიან დაბალი ელექტროგამტარობით, მოხეტიალე დენები ტერასიდან 20-30კმ მანძილამდე ვრცელდება.

ლითონური კონსტრუქციების ელექტროკოროზიული დაშლის მიზეზია მოხეტიალე დენები, ამიტომ ელექტროკოროზიის წინააღმდეგ ბრძოლის ძირითადი მიმართულებაა გაუონვის დენების შემცირება.

გაუონვის დენზე გავლენას ახდენს სარელსო ქსელის გრძივი და განივი გამტარობა, წვევის დატვირთვები და წვევის ქვესადგურებს შორის მანძილები. გაუონვის დენების შესამცირებლად საჭიროა მაქსიმალური გავხადოთ გრძივი გამტარობა და მინიმუმამდე შევამციროთ განივი გამტარობა.

*გრძივი გამტარობის გასაზრდელად* საჭიროა გამოვიყენოთ მძიმე რელსები და უპირაპირო ლიანდაგი. *განივი გამტარობის შესამცირებლად* უნდა გავზარდოთ იზოლაციის (ბალასტის) წინაღობა და ზედაპირული გაუონვის კოეფიციენტი.

წვევის დენების გაუონვითა შესამცირებლად მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ლიანდაგებთან შორისი ზღუდარები. წვევის დენისადმი სარელსო ქსელის გასწვრივ წინაღობას აღნიშნული ზღუდარები იმის გამო ამცირებენ, რომ ისინი ახდენენ მეზობელი ლიანდაგების დაპარალელებას. წვევის დენებით წარმოშობილი მოხეტიალე დენების დონე მცირდება წვევის ქვესადგურებს შორის მანძილების შემცირებით. აღნიშნული მანძილები მუდმივი წვევის დენიან მაგისტრალურ ხაზებზე იცვლება 15-დან 18 კმ-მდე, ხოლო საგარეუბნო ხაზებზე – 8-დან 12 კმ-მდე.

მოხეტიალე დენებისაგან მიწისქვეშა ნაგებობების დასაცავად საჭიროა ღონისძიებათა მთელი კომპლექსის შესრულება, რომლის მიზანია მიწაში არსებული მოხეტიალე დენების შეზღუდვა (ისინი ზოგადად ზემოთ განვიხილეთ) და თავად ნაგებობებზე დაცვის აქტიური და პასიური საშუალებების გამოყენება.

*დაცვის პასიური საშუალებებით* მიიღწევა მიწისქვეშა ნაგებობებში მოხეტიალე დენების მოხვედრის შემცირება და მიწის მიმართ მათი პოტენციალების დადაბლება. *დაცვის აქტიური მეთოდების მიზანია* ან გამორიცხოს დასაცავი ობიექტებიდან რელსებში მოხეტიალე დენების გადასვლა, ან მოახდინოს აღნიშნული დენების ნეიტრალიზაცია.

მიწისქვეშა ნაგებობების **პასიური დაცვის საშუალებებია:**

- გაყვანის ტრასის რაციონალურად შერჩევა;
- მაიზოლირებელი დაფარვის მოწყობილობა და მაიზოლირებელი კანალიზაცია;
- რელსებთან ლითონური კავშირის მქონე ნაგებობებისა და კონსტრუქციებისაგან ელექტრული იზოლაცია;
- გასწვრივი ელექტრული სექციონირება და მიწისქვეშა ნაგებობების ჩამიწება.

მიწისქვეშა ნაგებობების **აქტიური დაცვის საშუალებებია** დრენაჟული და კათოდური დაცვა, აგრეთვე გაძლიერებული დრენაჟი.

**კათოდური დაცვა** გულისხმობს მოხეტიალე დენების ნეიტრალიზაციას შემხვედრი მიმართულების დენით. **დრენაჟული დაცვის** მიზანია მიწის მიმართ დასაცავი ნაგებობის პოტენციალი შეამციროს მიწის მიმართ რელსის პოტენციალთან შედარებით. ამით გამოირიცხება დასაცავი ნაგებობებიდან რელსებში გამავალი მოხეტიალე დენების წარმოშობა.

**გაძლიერებული დრენაჟი** გულისხმობს დრენაჟული და კათოდური დაცვის პრინციპების ურთიერთშერწყმას.

**დრენაჟული დაცვის** განხორციელებისას ჩამიწების წრედში არ გაითვალისწინება ელექტრული ენერჯიის წყარო, ამიტომ **ჩამიწებების** ასეთ მოწყობილობებს ეწოდება **პასიური მოწყობილობები**.

**ჩამიწების აქტიური მოწყობილობები** შეიცავენ ელექტრული ენერჯიის წყაროს. ისინი გამოიყენება კათოდური ან გაძლიერებული დრენაჟის დაცვის განსახორციელებლად.

ორძაფიანი სარელსო წრედების შემთხვევაში რელსებთან ნებისმიერი ტიპის ჩამამიწებელი მოწყობილობები ერთიდაიგივე სარელსო ძაფს უნდა მიუერთდეს. ეს აუცილებელია იმისათვის, რომ გამოირიცხოს სარელსო წრედების დაშუნტვა. რელსთან ჩამამიწებელი მოწყობილობის ორი სადენით მიერთებისას მათ მიერთებებს შორის მანძილი მინიმალური უნდა იყოს და არ აღარებდეს 200 მეტრს. ეს აუცილებელია იმიტომ, რომ სადენების მიერთების წერტილებს შორის სარელსო ძაფის მთლიანობა არ კონტროლდება.

განსაკუთრებით დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს რელსებზე კონსტრუქციების ჩამიწების წრედში ჩართული დამცავი მოწყობილობების კონტროლს. ეს აუცილებელია იმიტომ, რომ ჩამიწების მოწყობილობების (ნაპერწკლური შუალედის, დიოდური ან ტირისტორული ჩამამიწებლების) დაზიანების არსებობისას თუ

მოხდა სხვადასხვა ლიანდაგების რელსების შემთხვევითი შეერთება, მან შეიძლება სარელსო წრედის დაკავებისას შემთხვევით ამოქმედოს ამ წრედის სალიანდაგო რელე, რაც სარელსო წრედის სახიფათო მტყუნებაა.

პასიური და აქტიური ჩამამიწებელი მოწყობილობები სპეციფიკურ ზეგავლენებს ახდენენ სარელსო წრედების მუშაობაზე, ამიტომ ისინი განვიხილოთ ცალ-ცალკე.

## 2.7.1. პასიური ჩამამიწებელი მოწყობილობების ბავშენა

### სარელსო წრედების მუშაობაზე

პასიური ჩამამიწებელი მოწყობილობების მიერთება ცვლის კვების წყაროდან მიმღებში (რელეში) სარელსო ხაზით სასიგნალო დენის ენერჯის გადაცემის პირობებს. სარელსო ხაზი წარმოადგენს განაწილებულ პარამეტრებიან ხაზს. ასეთი ხაზით გადაცემის პირობები დამოკიდებულია პირველად პარამეტრებზე – სარელსო წრედის კუთრ წინაღობასა და სარელსო ძაფებს შორის გაუონვის დენის განმსაზღვრელ ბალასტის (იზოლაციის) კუთრ გამტარობაზე. გაუონვის დენი შედგება ორი მდგენელისაგან. ერთ-ერთ მდგენელს წარმოადგენს დენი, რომელიც რელსიდან რელსში გაიჟონება შპალებისა და ბალასტის ზედა შრის  $r_{0.12}$  წინაღობაში, ხოლო მეორე მდგენელს – დენი, რომელიც გაიჟონება თითოეულ რელსსა და მიწას შორის არსებულ  $r_{0.1}$  და  $r_{0.2}$  წინაღობებში.

ჩამამიწებელი მოწყობილობების არარსებობის დროს ბალასტის (იზოლაციის) წინაღობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$r_{0.12} = \frac{r_{0.12}(r_{0.1} + r_{0.2})}{r_{0.12} + r_{0.1} + r_{0.2}} \quad (2.80)$$

ხოლო ჩამამიწებელი მოწყობილობების არსებობის დროს:

$$r_{0.12} = \frac{r_{0.12}(r_{0.1} + r_{0.2} / (r_{0.2} + r_{\text{დ}}))}{r_{0.12} + r_{0.1} + r_{0.2} / (r_{0.2} + r_{\text{დ}})} \quad (2.81)$$

სადაც  $r_{\text{დ}}$  არის დამატებითი წინაღობა ერთ-ერთ რელსსა და მიწას შორის, რომელიც წარმოიქმნება ჩამამიწებელი მოწყობილობების არსებობის შედეგად. ასე, მაგალითად, თუ 1 კმ სიგრძეზე სარელსო ძაფთან უშუალოდაა მიერთებული საკონტაქტო ქსელის 16 საყრდენი, რომელთაგანაც თითოეულის ჩამამიწების წინაღობას აქვს მინიმალურად დასაშვები 100 ომის

ტოლი მნიშვნელობა, მაშინ  $r_{დ.} = 6$  ომი.კმ. ეს ამცირებს იზოლაციის (ბალასტის)  $r_{იზ.}$  წინაღობას. ზემოთ განხილული კონკრეტული შემთხვევის დროს თუ ჩამიწებამდე იზოლაციის (ბალასტის) წინაღობა იყო 1 ომი.კმ, ჩასამიწებლად აღნიშნული 16 საყრდენის ერთ-ერთ რელსზე მიერთების შემდეგ იგი 0,95 ომი/კმ-ის ტოლი გახდება, ე.ი. 5%-ით შემცირდება.

სარელსო წრედების შუნტური რეჟიმის გაანგარიშებისას იღებენ, რომ  $r_{იზ.} = \infty$ .

სარელსო ძაფებთან ჩამამიწებელი მოწყობილობების მიერთება სარელსო ხაზის გრძივი კუთრი წინაღობის შემცირების ექვივალენტურია (ამის მიზეზია ჩამიწებულ სარელსო ძაფის მიწაზე დაშუნტვა). გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ გაუონვათა წინაღობები თუ ნორმის ფარგლებშია, მაშინ 25 და 50 ჰც სისშირის დენის გამოყენების დროს სარელსო ხაზის გრძივი კუთრი წინაღობის შემცირება არ აჭარბებს 2-3%-ს, რაც პრაქტიკულად დასაშვებია და არ აღეგვს მუშაობის შუნტურ რეჟიმს.

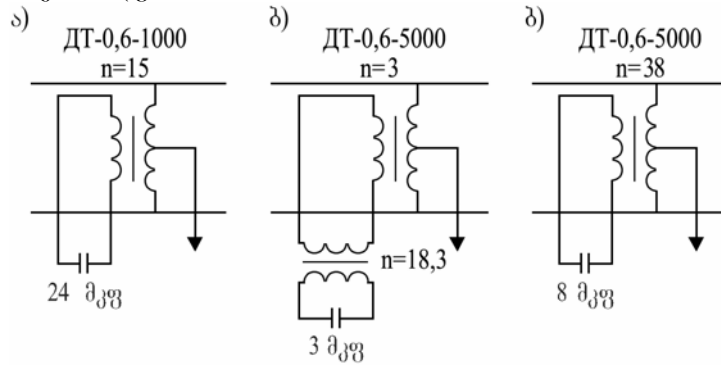
სარელსო ძაფთან მიერთებული ჩამიწებების არსებობა წარმოშობს სარელსო ძაფის ელექტრული მთლიანობის დარღვევის ადგილის გვერდით ავლით სასიგნალო დენის გავლის წინაპირობას. გათვლები გვიჩვენებს, რომ თუ სარელსო ხაზი სიმეტრიულია ( $r_{იზ.1} = r_{იზ.2}$ ) და ჩამიწების წინაღობის სიდიდე ნორმის ფარგლებშია, მაშინ 25 და 50 ჰც სასიგნალო დენის გამოყენებისას სარელსო ძაფის გაწყვეტისადმი გრძობიერების კრიტერიუმი 5-8%-ზე მეტად არ მცირდება. ამასთანავე, სარელსო ძაფების იზოლაციის კარგი წინაღობის შემთხვევაში დამცველი მოწყობილობების დამოკლება (რელსზე ჩამიწებული კონსტრუქციების ჩამწების  $R_{ჩ1}$  და  $R_{ჩ2}$  წინაღობების დაბალი მნიშვნელობების დროს) შეიძლება დაარღვიოს სარელსო წრედის საკონტროლო რეჟიმი. ამიტომ აუცილებელია ვაკონტროლებდეთ დამცველი მოწყობილობების წესიერულობას, განსაკუთრებით იმ კონსტრუქციებსა და ნაგებობებისათვის, რომლებსაც აქვთ ჩამიწების დაბალი წინაღობა.

ორძაფიანი სარელსო წრედის ერთ-ერთ სარელსო ძაფთან ჩამამიწებელი მოწყობილობების მიერთება წარმოშობს სარელსო ხაზის *განივ ასიმეტრიას*, რის გამოც წარმოიშობა წვეის დენის ასიმეტრია. კონსტრუქციათა ჩამიწებისადმი წაყენებული მოთხოვნების ძალით წვეის დენის ასიმეტრიის კოეფიციენტმა არ უნდა გადააჭარბოს 1%-ს.

ერთბაფიანი სარელსო წრედების წვეის რელსთან ჩამამიწებელი მოწყობილობების მიერთება არ არღვევს სარელსო წრედის მუშაობის რეჟიმებს, რადგან მიწის მიმართ წვეის ძაფის საანგარიშო წინაღობა ნულის ტოლადაა მიღებული.

წვეის ქვესადგურის ამომწოვი ფიდერის ან ჩამიწებული კონსტრუქციის რელსთან მიერთების ადგილი მთავარი ლიანდაგის ძირითადი დროსელ-ტრანსფორმატორებიდან 500 მეტრზე მეტი მანძილით თუ არის დაშორებული, მაშინ აუცილებელია დამატებითი დროსელ-ტრანსფორმატორების დაყენება (ნახ 2.33).

იმისათვის რომ შევამციროთ მესამე დროსელ-ტრანსფორმატორის ზეგავლენა სარელსო წრედის მუშაობის ნორმალურ რეჟიმზე, საჭიროა უზრუნველყოთ, რომ სასიგნალო დენის მიმართ ამ მესამე დროსელ-ტრანსფორმატორის წინაღობა იყოს მაქსიმალური.



**ნახ. 2.33.** 50 კვ (ა) და 25 კვ (ბ) სიხშირის, აგრეთვე 50 კვ სიხშირით კოდირებადი 25 კვ (გ) სიხშირის სარელსო წრედებში დამატებითი დროსელ-ტრანსფორმატორის ჩართვის სქემა

ზემოთაღნიშნულის უზრუნველსაყოფად დროსელ-ტრანსფორმატორის დამატებით გრაგნილს უნდა მივუერთოთ კონდენსატორი, რომელიც დროსელ ტრანსფორმატორს რეზონანსზე ააწყობს და რეზონანსული სიხშირე დაემთხვევა სასიგნალო დენის სიხშირეს.

განსხვავებული მდგომარეობა გვაქვს 50 კვ სიხშირით კოდირებად 25 კვ სიხშირის სარელსო წრედებისათვის; აღნიშნული შემთხვევის დროს რეზონანსული სიხშირედ აიღება საშუალოდ 34 კვ სიხშირე, ეს აუცილებელია იმისათვის, რომ

რეზონანსულ კონტურს მაღალი შესასვლელი წინაღობა ჰქონდეს როგორც 25, ასევე 50 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენისათვის.

რეზონანსზე აწყობისას **DT-0,6** ტიპის დროსელ-ტრანსფორმატორის შესასვლელი წინაღობაა:

- 4,5 – 5,5 ომი, თუ მისი დამატებითი გრაგნილის რეზონანსული სიხშირეა 25 ჰც;

- 2,0 – 3,0 ომი, თუ მისი დამატებითი გრაგნილის რეზონანსული სიხშირეა 50 ჰც;

- 25 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენისათვის 0,6  $e^{175}$  ომი ხოლო 50 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენისათვის 0,4  $e^{175}$  ომი, თუ მისი დამატებითი გრაგნილის რეზონანსული სიხშირეა 34 ჰც.

დამატებითი დროსელ-ტრანსფორმატორით სარელსო ხაზის დაშენების გამო მუშაობის ნორმალური რეჟიმის უზრუნველსაყოფად საჭიროა გაეზარდოს სამი დროსელ-ტრანსფორმატორის შემცველი სარელსო წრედის კვების ძაბვა. კერძოდ, 50 ჰც სიხშირის სარელსო წრედებისათვის კვების ძაბვა უნდა გაეზარდოს 2-დან 5%-მდე, 25 ჰც სიხშირის სარელსო წრედებისათვის – 5-დან 10%-მდე, 50 ჰც სიხშირით კოდირებული 25 ჰც სიხშირის სარელსო წრედებისათვის – 20-დან 40%-მდე.

დამატებითი დროსელ-ტრანსფორმატორის შუა წერტილთან 1 ომზე ნაკლები წინაღობიანი ჩამმიწებელი მოწყობილობის მიერთება (ამომწოვი ფიდერის ჩამმიწების წინაღობა 0,5 ომზე ნაკლებია) 15-20%-ით ამცირებს სარელსო ძაფის გაწყვეტისადმი სარელსო წრედის მგრძობიარობის კრიტერიუმს. ამ დროს 2,4 კმ-ზე მეტი სიგრძის 50 ჰც სიხშირისა და 2,2 კმ-ზე მეტი სიგრძის 25 ჰც სიხშირის კოდური სარელსო წრედები ვერ უზრუნველყოფენ სარელსო ძაფების მთლიანობის კონტროლს. საკონტროლო რეჟიმის შესრულების პირობები მით უფრო მეტად დაირღვევა, სარელსო წრედის ბოლოებიდან რაც უფრო მცირე დაშორებით ჩაერთვება ჩამმიწებელი მოწყობილობა და რაც უფრო გრძელი იქნება სარელსო წრედი. დამატებითი დროსელ-ტრანსფორმატორის შუა წერტილთან 8 ომი წინაღობის მქონე ჩამამიწებელი მოწყობილობის მიერთება საკონტროლო რეჟიმზე პრაქტიკულად არავითარ გავლენას არ ახდენს.

## 2.7.2 აქტიური ჩამამიწებელი მოწობილობების გავლენა

### სარელსო წრედების მუშაობაზე

ორქაფიან სარელსო წრედებს აქტიური ჩამამიწებელი მოწყობილობები (გაძლიერებული და უნიფიცირებული დრენაჟები) უნდა მიეუერთოთ ძირითადი ან დამატებითი დროსელ-ტრანსფორმატორების შუა წერტილების მეშვეობით. ამიტომ სარელსო წრედის მიმღებზე (რელეზე) და ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მიმღებზე ამ მოწყობილობების გავლენა განისაზღვრება სარელსო ხაზის ასიმეტრიით, ე.ი. რელსებში გამავალი  $I_{R1}$  და  $I_{R2}$  დენების სხვაობით, აგრეთვე აქტიური ჩამამიწებელი კვების წყაროებით წარმოქმნილი ძაბვების პარმონიკული მდგენელების დონეებით.

აღნიშნული ჩამამიწებელი მოწყობილობები შეიცავენ სამრეწველო 50 ჰც სიხშირის დენით მკვებაგ გამმართველ ბოგირებს, რომლებიც არიან 100 ჰც სიხშირის ჯერადი სიხშირეებიანი პარმონიკების მძლავრი წყაროები; ბოგირების მხრების დაზიანებისას დამატებით წარმოიშვება 50 ჰც სიხშირის ჯერადი პარმონიკებიც.

დრენაჟების მიერ გაძლიერებული გამართული  $I_{R}$  დენის სიდიდემ შეიძლება 100 ამპერსაც გადააჭარბოს. 50 და 100 ჰც სიხშირიანი პარმონიკული მდგენელების მაქსიმალური დონეები ნორმირდება. პარმონიკების მოთხოვნილი დონეების უზრუნველსაყოფად აქტიური ჩამამიწებლების წრედში უნდა ჩაერთოთ ტრანსფორმატორული ტიპის დამცავი ფილტრის სქემის მიხედვით შესრულებული მათანაბრებელი მოწყობილობა. აქტიური ჩამამიწებელი მოწყობილობების სახიფათო და ხელისშემშლელი გავლენისაგან სალიანდაგო მიმღების, აგრეთვე ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მიმღების დაცვის ყველაზე ეფექტური ხერხია ისეთი სარელსო წრედების გამოყენება, რომლებიც 50 ჰც სიხშირისაგან განსხვავებულ, კერძოდ, 25 ჰც სიხშირეზე მუშაობენ.

ნიადგური კოროზიისაგან კათოდური დანადგარებით მიწისქვეშა ნაგებობების დაცვის დროს არაელექტროფიცირებული რკინიგზების რაიონში საჭიროა გავითვალისწინოთ კათოდური დანადგარის დენების სახიფათო და ხელისშემშლელი გავლენა (აღნიშნული დენები ანოდური ჩამამიწებელიდან გადადის მუდმივი დენის სარელსო წრედის სალიანდაგო რელეში). ამ არასასურველი გავლენის გამოსარიცხავად ანოდური ჩამამიწებელი სარელსო



ძაფებიდან გარკვეულ  $h$  მანძილით უნდა იყოს დაშორებული, რომლის სიდიდე კონკრეტული შემთხვევებისათვის სპეციალური ნომოგრამებით განისაზღვრება.

ელექტროფიცირებულ უბნებზე ანოდურ ჩამმიწებელსა და განაპირა რელსს შორის 25 მეტრზე ნაკლები მანძილის დროს გამართული დენის ჰარმონიული მდგენელისაგან, აგრეთვე 100 ამპერზე მეტი სიდიდის დენისაგან სალიანდაგო რელესა და ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მიმღების დაცვისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ მანელბელი მოწყობილობა.

## **2.8. სარელსო წრედების აპარატურის დაცვა დენის ბარეში წყაროების ბავლენისაგან**

ელექტროფიცირებულ რკინიგზების საკონტაქტო ქსელზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში წვეის დენის სიდიდე ძალიან დიდ მნიშვნელობას იღებს; იგი, აგრეთვე საკონტაქტო ქსელზე მეხის პირდაპირი დაცემის დროს საკონტაქტო ქსელში, სარელსო ხაზში ან ავტობლოკირების მაღალი ძაბვის ხაზის სადენებში წარმოშობილი დენები, დამანგრეველ ზეგავლენას ახდენს სარელსო წრედის ხელსაწყოებზე.

საკონტაქტო წრედის მოკლედ შერთვის დროს წარმოშობილი მაღალი სიდიდის წვეის დენი სარელსო წრედზე ზეგავლენას იმიტომ ახდენს, რომ უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნების ძალით, აგრეთვე იმისათვის, რომ საკონტაქტო ქსელში მოკლედ შერთვის წარმოშობისას უზრუნველყოფილი რომ იყოს წვეის ქვესადგურში არსებული დაცვის სისტემის სწრაფი ამოქმედება, საკონტაქტო ქსელის საყრდენები უშუალოდ, ან ნაპერწკლური შუალედით, მიერთებულია სარელსო წრედის ერთ-ერთ სარელსო ძაფთან.

საკონტაქტო წრედებში მოკლედ შერთვა ყველაზე ხშირად ხდება საკონტაქტო ქსელის სადენებზე დაყენებული რქოვანი განმმუხტველების ამოქმედებისას, ან ატმოსფერული გადაძაბებისაგან იზოლატორების გარღვევის დროს.

სარელსო წრედებზე საკონტაქტო ქსელის მოკლედ შერთვის დენის სახიფათო ზეგავლენის შესაზღუდად საკონტაქტო ქსელის რქოვანი განმმუხტველების მქონე საყრდენები საჭიროა დავაშოროთ დროსელ-ტრანსფორმატორებისაგან.

რელსების დაბალი იზოლაციის გამო მოკლედ შერთვის დენის ნაწილი ერთ-ერთი სარელსო ძაფიდან გადადის მეორე

სარელსო ძაფში, რაც ხელს უწყობს დროსელის ნახევარგრაგნილებში მოკლედ შერთვის დენების გათანაბრებას, ამის შედეგად მცირდება მეორეულ გრაგნილში აღძრული ელექტრომაგნიტური ძალა. ამიტომ დასაშვებია რქოვანი გამმუხტველები დავაყენოთ საყრდენებზე, თუ ისინი დროსელ-ტრანსფორმატორებიდან 200 მეტრზე მეტი მანძილითაა დაშორებული.

საექსპლუატაციო პირობებში შეუძლებელია მივაღწიოთ სარელსო ხაზების სრულ სიმეტრიას. რეალური ასიმეტრიების დროს წვევის ქსელის მოკლედ შერთვის შემთხვევაში სარელსო წრედებზე მოდებული ძაბვებმა შეიძლება მიადწიოს რამდენიმე ათას ვოლტს. სარელსო წრედების იზოლაციის გამრღვევი ძაბვები 400-დან 1700 ვოლტამდე ფარგლებში იცვლება, ე.ი. კომუტაციურ გადაძაბვებზე გაცილებით დაბალია. ძაბვისა და დენის მიხედვით წარმოშობილი გადატვირთვებისაგან სარელსო წრედის ხელსაწყოების დასაცავად გამოიყენება დაცვის ისეთი ხელსაწყოები, როგორებიცაა დაბალძაბვიანი ვენტილური განმმუხტველები, მათანაბრებლები და ავტომატური ამომრთველები.

**დაბალძაბვიანი ვენტილური განმმუხტველები** იცავენ 380/320 ვოლტი ძაბვის მქონე ძალოვან წრედებს გადაძაბვისაგან. ვენტილური განმმუხტველების ძირითადი ელემენტებია მიმდევრობით შეერთებული ნაპერწკლური შუალედი და მუშა წინაღობა, რომელიც ირთვება სადენსა და მიწას შორის. ატმოსფერული ძაბვის ტალღა (იგი მაღალი ძაბვის წრედში წინასწარაა შეზღუდული მაღალძაბვიანი ვენტილური განმმუხტველებით), რომელიც მოდის ხაზიდან და რომლის ამპლიტუდა აჭარბებს ნაპერწკლური განმმუხტველის გამრღვევ ძაბვას, იწვევს მის გარღვევას. ტალღის ამპლიტუდა მცირდება დასაცავი მოწყობილობისათვის უსაფრთხო სიდიდემდე.

მეხის დაცემის დროს წარმოშობილი იმპულსური დენის არინება სადენიდან მიწაში ხდება ნაპერწკლური შუალედით. სადენზე მოდებული მუშა ძაბვის ზემოქმედების შედეგად ზემოთაღნიშნულ იმპულსურ დენთან ერთად სადენიდან მიწაში გადადის მუშა ცველადი დენიც; იგი წარმოადგენს მეხის დაცემისას წარმოშობილი დენის “თანმხლებ” დენს. მეხის დენის გავლისას ნაპერწკლური განმმუხტველის ელექტროდებს შორის წარმოიშვება რკალი, რომელიც მეხის დენის გავლის დამთავრების შემდეგ შენარჩუნდება ზემოთაღნიშნული “თანმხლები” დენით. საჭიროა ამ რკალის ჩაქრობა, რადგან მან შეიძლება დააზიანოს განმმუხტველი.

რკალი ქრება “თანმხლები” ცვლადი დენის ნულზე პირველივე გადახვლის დროს. რკალის ჩაქრობის შემდეგ ხდება ნაპერწკლური შუალედის ელექტროდებს შორის არსებული საჰაერო ღრეწოს დეიონიზაცია. ამის შედეგად განმმუხტველი შეიძლება მრავალჯერ იყოს გამოყენებული.

**მათანაბრებელი** წარმოადგენს გადამეტაბების ხელშემწყობი ენერჯის შთანთქმის უნარის მქონე არაწრფივ რეზისტორს. მათანაბრებლის წინაღობა წარმოადგენს მასზე მოდებული ძაბვის ფუნქციას: ძაბვის გაზრდით იგი მცირდება. მათანაბრებლის ამოქმედების დრო რამდენიმე ნანოწამია და სწრაფამოქმედებით მნიშვნელოვნად უსწრებს ვენტილურ გამმუხტველებს.

მათანაბრებელი პარალელურად უნდა მიეუერთოს დასაცავ ხელსაწყოს. ამ ხელსაწყოს მუშა ძაბვის დროს მათანაბრებლის წინაღობა დიდია და იგი გავლენას არ ახდენს ხელსაწყოს მუშაობაზე; გადამეტაბების შემთხვევაში მათანაბრებლის წინაღობა მკვეთრად მცირდება და ახდენს დასაცავი ხელსაწყოს დაშუნტვას. გადამეტაბების იმპულსების გავლის შემდეგ მათანაბრებლის წინაღობა იღებს ძველ მნიშვნელობას, ე.ი. მათანაბრებელს გააჩნია მრავალჯერადი მოქმედების თვისება.

**ავტომატური ამომრთველები** სარელსო წრედების ხელსაწყოებს იცავენ სარელსო ხაზის ასიმეტრიის დროს წარმოშობილი წვეის დენების გადატვირთვებისაგან, ხოლო 250 ვოლტამდე ძაბვის მქონე ძალოვან წრედებს – მოკლედ შერთვებისაგან.

ამომრთველის მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია გარკვეული მნიშვნელობის დენის გავლისას თერმოელემენტის (ბიმეტალური ფირფიტას) გახურების გამო კონტაქტების გათიშვის ხარჯზე ელექტრული წრედის გამორთვაზე, რომელიც ხელახლა ჩაერთვება თერმოელემენტის გაგრილების შემდეგ. ორმაგი გადატვირთვის დროს ამომრთველის კონტაქტების გათიშვის ხანგრძლივობა 1,5 წთ-ს არ აღემატება, ხოლო გაგრილების გამო კონტაქტების ხელახლა ავტომატური ჩართვის ხანგრძლივობა – 3 წუთს.

სარელსო წრედის ხელსაწყოებისათვის ყველაზე მეტად სახიფათოა საკონტაქტო ქსელზე ელვის პირდაპირი დარტყმები, რომლებსაც თან ახლავს განმმუხტველების გარღვევა და საკონტაქტო ქსელის საყრდენებზე არსებული იზოლაციის გადაფარვა.

ელვის დენებთან ერთად სარელსო ძაფებში ხვდება საკონტაქტო ქსელის მოკლედ შერთვის დენები. ადგილობრივ სასიგნალო და სარელსო წრედებში შეიძლება მოხდეს აგრეთვე ავტობლოკირების მაღალი ძაბვის ხაზის სადენებზე ელვის დარტყმის დროს წარმოშობილი მაღალი ძაბვის იმპულსები.

ავტობლოკირების მოწყობილობების საიმედო მუშაობისათვის სასიგნალო დანადგარებზე გამოიყენება ხელსაწყოების დაცვის ტიპური გადაწყვეტები. აღნიშნული გადაწყვეტებით დამუშავებულია სასიგნალო ხელსაწყოების დაცვის სქემები მუდმივი წვეის, ცვლადი წვეის და ავტონომიური წვეის უბნებისათვის.

თ ა ვ ი 3

სარელსო წრედების ექსპლუატაციის

ს ა ფ უ მ ე მ ლ ე ბ ი

3.1 სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის  
სასაფრთხო და საბადასარბენო სისტემებზე მოქმედ  
ობიექტური ფაქტორების ზოგადი დახასიათება

ექსპლუატაციის პერიოდში სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ელემენტებზე შემოქმედებენ ობიექტური ფაქტორები, რომელთა კლასიფიკაცია მოცემულია ნახ. 3.1-ზე. აღნიშნული ფაქტორები შეიძლება დავეოთ გარე და შიგა ფაქტორებად.

**გარე ფაქტორები** ეწოდება ფაქტორებს, რომლებიც ელემენტებისაგან დამოუკიდებლად თვითონვე იწვევენ აღნიშნული ელემენტების ყველა შესაძლი ცვლილებას, დაწყებულს მათი მუშაობის რეჟიმების დარღვევიდან (პარამეტრების ცვლილებიდან) და დამთავრებულს მთლიანად ელემენტების რღვევითა და დამტვრევით.

**შიგა ფაქტორები** ეწოდება ფაქტორებს, რომლებიც ელემენტებში იწვევენ მათი დაზიანებისა და დამტვრევის განმაპირობებელ ისეთ თვისობრივ ცვლილებებს, როგორებიცაა დაძველება და ცვეთა. შინაგანი ფაქტორები ძირითადად გავლენას ახდენენ თანდათანობრივი **მტყუნებების სიხშირეზე**.

<p><b>მტყუნება (Failure)</b> არის ობიექტის მუშაობის უნარის დამრღვევი ხდომილობა. განვსაზღვროთ შესაძლო მტყუნებათა სახეები:</p> <p>1) <b>თანდათანობითი მტყუნება (Gradual failure)</b> ეწოდება მტყუნებას, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ობიექტის ერთი ან რამდენიმე პარამეტრის მნიშვნელობის თანდათანობითი ცვლილება;</p> <p>2) <b>უეცარი მტყუნება (Sudden failure)</b> ეწოდება მტყუნებას, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ობიექტის ერთი ან რამდენიმე პარამეტრის მნიშვნელობის ნახტომისეული ცვლილება;</p> <p>3) <b>დამოუკიდებელი მტყუნება (Primary failure)</b> ეწოდება ობიექტის მტყუნებას, რომელიც გამოწვეული არ არის სხვა ობიექტების მტყუნებით;</p> <p>4) <b>დამოკიდებული მტყუნება (Secondary failure)</b> ეწოდება ობი-</p>
---

ექტის მტყუნებას, რომელიც სხვა ობიექტის მტყუნებითაა გამოწვეული.

5) **შენაცვლებითი მტყუნება (Intermittent failure)** ეწოდება ობიექტის მრავალჯერადად წარმოშობად თვითგამოსწორებად ერთიდაიგივე ხასიათის მტყუნებას.

6) **კონსტრუქციული მტყუნება (Design-error failure)** ეწოდება მტყუნებას, რომლის წარმოშობის მიზეზია ობიექტის კონსტრუირების დადგენილი ნორმის არასრულყოფილება ან დარღვევა.

7) **საწარმოო მტყუნება (Manufacture-error failure)** ეწოდება მტყუნებას, რომლის წარმოშობის მიზეზია სარემონტო საწარმოში დამზადების ან რემონტის დადგენილი პროცესის არასრულყოფილება ან დარღვევა.

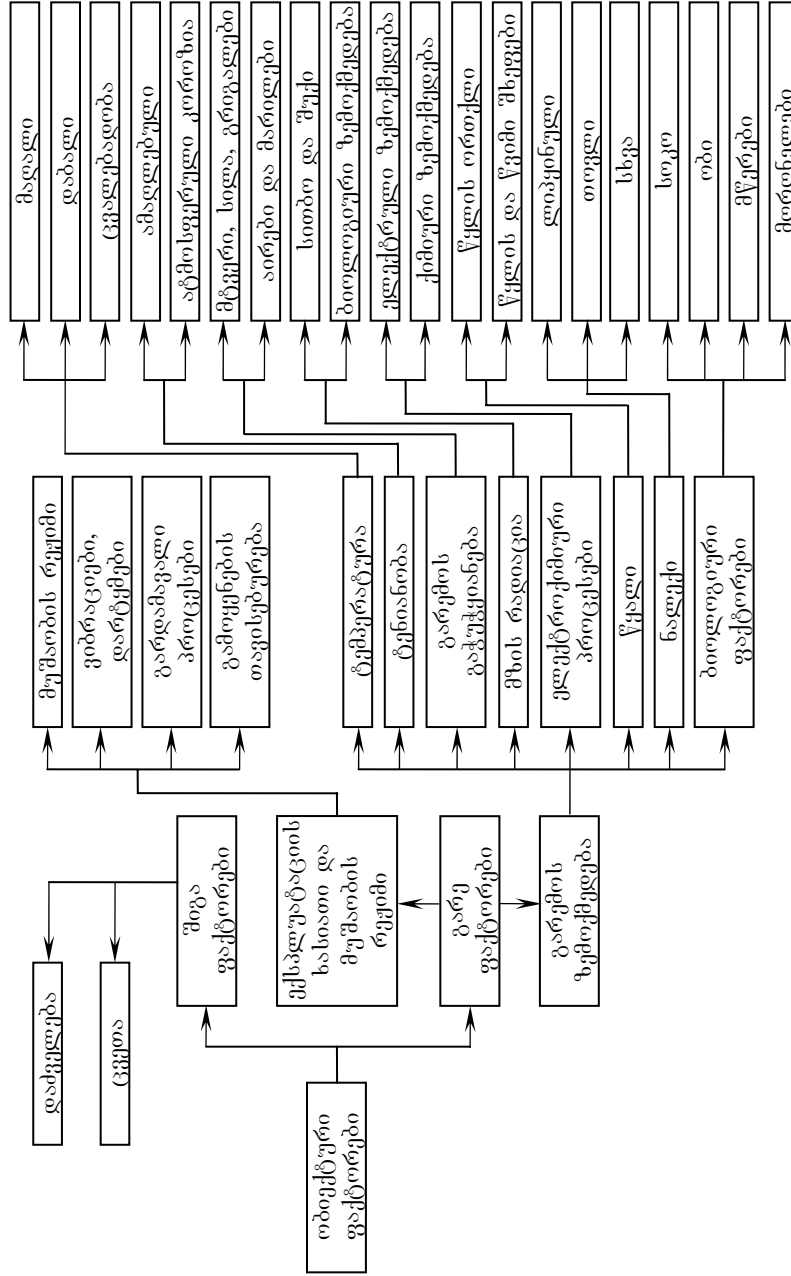
ელემენტების ტემპერატურა შეიძლება შეიცვალოს მზის სხივების ზემოქმედებით, ახლომდებარე მაღალი ტემპერატურის წყაროსაგან გახურებით, შინაგანი გახურებით.

ტემპერატურის სწრაფი ვარდნა ხდება ტემპერატურის დღე-ღამური ცვლილებით, თბილი შენობიდან აპარატურის ცივ არეში ან პირიქით გატანისას და ა.შ.; დღე-ღამის განმავლობაში ტემპერატურის რყევა გავლენას ახდენს აპარატურის მუშაობაზე.

საქართველო მზის რადიაციის რეჟიმით სუბტროპიკულ ზონაშია. ატმოსფერულ ცირკულაციის ხასიათისა და მასთან დაკავშირებული ამინდის პირობების მიხედვით მისი ტერიტორია იყოფა ცირკულაციური ჰავის ორ ოლქად და ერთ ქვეოლქად. ესენია: ა) ზღვის სუბტროპიკული ნოტიო ჰავის ოლქი; ბ) სუბტროპიკული კონტინენტური ჰავიდან ზღვის ჰავაზე გარდამავალი ოლქი და ამ ოლქში შემავალი წინა აზიის მთიანეთის მშრალი სუბტროპიკული ჰავიდან ნოტიონ ჰავაზე გარდამავალი ქვეოლქი.

პირველი ოლქი მოიცავს დასავლეთ, ხოლო მეორე ოლქი – აღმოსავლეთ საქართველოს, რომელშიც შედის ზემოთაღნიშნული ქვეოლქი (სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის ცენტრალური სტეპური ნაწილი).

დღე-ღამის განმავლობაში ტემპერატურათა სხვაობა (რყევა) დაახლოებით 25°-30°C ფარგლებშია. მაქსიმალური აბსოლუტური ტემპერატურა საქართველოში დაფიქსირებულია +42° (ქუთაისი), ხოლო მინიმალური აბსოლუტური ტემპერატურა -38° ახალქალაქი)



**ნახ. 3.1.** სარკინოზო ატომბტიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა ელემენტებზე ზემოქმედი ობიექტური ფაქტორების კლასიფიკაცია

აფხაზეთში ჰაერის აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურაა 40-დან (სოხუმი) 10-15<sup>0</sup>-მდე (თხემებზე), აბსოლუტური მინიმალური - შესაბამისად -13<sup>0</sup>-იდან -35<sup>0</sup> C-მდე.

აჭარის სანაპიროზე აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურე -9<sup>0</sup> C-ზე ქვემოთ არ ეშვება, ხოლო აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურა 40-43<sup>0</sup> C-ს აღწევს.

სამტრედიის აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურაა 41<sup>0</sup> C, ხოლო აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურა -17<sup>0</sup> C, ხაშურში შესაბამისად 37<sup>0</sup> C და -29<sup>0</sup> C, თბილისში კი - 40<sup>0</sup> C და -23<sup>0</sup> C.

აპარატურის მუშაობის დროს ელექტრული ენერჯიის ნაწილი გარდაიქმნება თბურ ენერჯიად, ამიტომ გარკვეული ელემენტების ტემპერატურამ შეიძლება მნიშვნელოვნად გადააჭარბოს გარემოს ტემპერატურას.

განსახვავებენ სამი სახის, კერძოდ, სტაციონარულ, პერიოდულ და აპერიოდულ ტემპერატურულ ზემოქმედებას.

- **სტაციონალურ ზეგავლენას** განიცდის გამთბარ სათავსში (შენობაში) უწყვეტად მომუშავე აპარატურა. მოცემულ შემთხვევაში ელემენტების დაზიანება შეიძლება მაშინ მოხდეს, როდესაც მათი დასაშვები მუშა ტემპერატურა არ შეესაბამება თბურ ზემოქმედებას. აპარატურამ შეიძლება იმტყუნოს მაღალი მუშა ტემპერატურითა და კონდიციონერების არარსებობით გამოწვეული დაჩქარებული დაძველებით.

- **პერიოდული ზეგავლენა** შეიძლება განპირობებული იყოს ტემპერატურის დღე-ღამური ცვლილებით, მზის რელგულარული დასხივებით და ა.შ. განსაკუთრებით მავნეა ტენიანობის არსებობისას ტემპერატურის 0<sup>0</sup>C-მდე და უფრო დაბლა დაწევა. იგი იწვევს კონტაქტების დაორთქვლას (დაჭარხვლას), რელეს ღუზის მიყინვას, ელექტროამძრავებში ავტოგადამრთველების კონტაქტის დარღვევას და ა.შ.

- **აპერიოდულ ზეგავლენას** იწვევს აპარატურაზე სითბოს ან სიცივის ერთეულოვანი ზემოქმედებები, მაგალითად, თბილი სათავსიდან აპარატურის სიცივეში გატანა ან პირიქით.

სითბო და სიცივე ძლიერ გავლენას ახდენს აპარატურაში ლითონების თვისებებზე, რაც ცვლის ჩასასმელ და საყენებლ ღრწოებს, იწვევს დეტალებისა და კვანძების დამაგრებათა მოშვებას, ერთმანეთის მიმართ მათ წანაცვლებას, დეტალების მადეფორმირებელი მნიშვნელოვანი ძაბვების წარმოშობას, ელექტრული და მაგნიტული პარამეტრების შეცვლას.



ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით იცვლება კონდენსატორების დიელექტრიკული დანაკარგები, იზოლაციის წინაღობა და დიელექტრიკული სიმტკიცე.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის აპარატურაში გამოყენებული რეზისტორები ტემპერატურის გადახრებისადმი საკმაოდ მგრძობიარენი არიან; კერძოდ, ტემპერატურის  $-60$ -დან  $+60^{\circ}\text{C}$ -მდე ცვლილებისას მათი წინაღობა  $15-25\%$ -ით იცვლება.

ინდუქტიურობის კოჭებში ტემპერატურის ცვლილებისას (დეტალების თბური გაფართოების გამო) იცვლება ინდუქტიურობა.

გარემოს ტემპერატურის  $-60$ -დან  $+60^{\circ}\text{C}$ -მდე ცვლილების დროს ნახევარგამტარული ხელსაწყოების პარამეტრები იცვლება  $10-25\%$ -ით. მაგალითად,  $-40^{\circ}\text{C}$ -ის დროს ნახევარგამტარული ხელსაწყოების პარამეტრების ცვლილების გამო შეიძლება მოხდეს დისპერსიული ცენტრალიზაციის კოდური მოწყობილობების მტყუნება.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის აპარატურის მტყუნებათა გარკვეული წილს იწვევს მათ მასალასა და ელემენტებზე ტენის ზემოქმედება. ტენი ცვლის მასალების ელექტრულ მახასიათებლებს, ხელს უწყობს *ჰიდროლიზს* (ბერძნ. *hydōr* – წყალი და *lisis* – დაშლა; *წყლით დაშლა*), აჩქარებს დაძველების პროცესს, იწვევს ლითონების ინტენსიურ კოროზიას, ხელს უწყობს ობის წარმოქმნას.

კოლხეთის დაბლობში წლიური საშუალო ფარდობითი ტენიანობაა  $70-80\%$ , იმერეთის მაღლობზე –  $75-80\%$ , აღმოსავლეთ კავკასიონზე –  $65-75\%$ , აჭარა გურიაში –  $70-80\%$ , მესხეთში –  $65-70\%$ , ჯავახეთის მთიანეთში –  $68-75\%$ , თრიალეთში –  $70-77\%$ , აჭარის ზღვის სანაპიროზე –  $80\%$ -ზე მეტი.

ჰაერის ტენიანობის და ტენის კონდენსაციის ცვლილება პრაქტიკულად იწვევს ლითონების მექანიკური და ელექტრული მახასიათებლების ცვლილებას. ტენის შეწოვისას მოცულობითი *ჰიგროსკოპულობის* (ბერძნ. *hygros* – ტენიანი, *skopeō* – ვუყურებ. *ტენის შთანთქმელი*) მქონე ზოგიერთი მასალის წრფივი ზომები იზრდება. ეს ზრდის შინაგან დაძაბულობას, ცვლის დრენობებს, ჩასასმელ ზომებს და ა.შ.

დიელექტრიკში ტენის შეჭრა ძალიან ამადლებს დიელექტრიკულ შედწვეადობას, რაც შესაბამისად ცვლის კონდენსატორთა ტევადობებს.

საიზოლაციო მასალით შთანთქმული ტენი ამცირებს გარღვევის ძაბვას და ზრდის დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსს.

ტენის არსებობისას:

1) იზრდება: ტევალობა, გაუონვის დენები, დანაკარგების კუთხის ტანგენსი; არამათეულიანი რეზისტორების წინააღობა; დიელექტრიკული შეღწევალობა, კონტურების საკუთარი ტევალობა და დანაკარგები; კაბელებსა და სადენებს შორის ტევადური კავშირი; ადგილობრივი გადახურებისა და თბური გარღვევის გამომწვევი დიელექტრიკული დანაკარგები; ტრანსფორმატორებისა და დროსელების კოროზია; კოროზიისა და ელექტროლიზის მიზეზით გრაფნილების გაწყვეტით გამოწვეული რელეთა მტყუნებების რაოდენობა.

2) მცირდება: კონდენსატორების ელექტრული სიმტკიცე; იზოლაციის წინააღობა; გრაფნილის ხვიებს შორის გარღვევის ძაბვის სიდიდე;

აპარატურის მასალებისა და ელემენტების ტენმედგობის ასამაღლებლად რეკომენდირებულია:

— არაჰიგროსკოპული მასალების გამოყენება;

— დეტალებისა და კვანძების დაფარვა არაჰიგროსკოპული ან ჰიდროფობური მასალებით (პლასტმასებით, ლაქებით, საღებავებით და ა.შ.);

— ლითონთა ზედაპირების გალვანური ან ლაქსაღებავური დაფარვა;

— აპარატურის (ტრანსფორმატორების, რელეების, დროსელების, სარელეო კარადების და ა.შ.) ცალკეული ელემენტების ჰერმეტიზაცია;

— არაჰიგროსკოპული მასალებით დეტალებისა და კვანძების გაუქმება;

— აპარატურაში საშრობი რეაგენტების (ტენშთანთქმელების) შეტანა.

ჩამოთვლილი ზომებიდან განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს ტენშთანთქმელების გამოყენება. ერთ-ერთ ასეთ ტენშთანთქმელს - სილიკაგელს ( $SiO_2$ ) შეუძლია საკუთარი წონის 60%-ის ტოლი წყლის შთანთქმა და მისი მტკიცედ შენარჩუნება; კერძოდ, აღსორბირებული წყლის გამოსადევნად საჭიროა სილიკაგელი  $500^{\circ}C$ -ზე მეტ ტემპერატურამდე გავაცხელოთ. სილიკაგელის გამოყენება იმიტომაცაა მოსახერხებელი, რომ წყლის შთანთქმის კვალობაზე იგი იცვლის ფერს, რაც მისი მდგომარეობის გაკონტროლების საშუალებას გვაძლევს.

განასხვავებენ სველ, ტენიან და მშრალ ატმოსფერულ კოროზიას.

**სველი კოროზია** კოროზია წარმოიშობება აპარატურის ელემენტებზე უშუალოდ წყლის მოხვედრისას ან 100%-იანი ტენიანობის დროს.

**ტენიანი კოროზია** მიმდინარეობს 100%-ზე ნაკლები ფარდობითი ტენიანობის დროს წარმოშობილი სითხის ძალიან თხელი, ხშირად თვალით უხილავი, ფენის ქვეშ.

**მშრალი კოროზია** მიმდინარეობს ზედაპირზე ტენის კონდენსირების გარეშე.

კოროზიის სიჩქარე დამოკიდებულია ჰაერის ფარდობით ტენიანობასა და დატუჭუქიანებაზე, აგრეთვე აპარატურის ელემენტების დატუჭუქიანებაზე.

ატმოსფერული კოროზია დაკავშირებულია ელემენტების ზედაპირზე ტენის ფენის წარმოქმნასთან. წყლის ეს ფენა თუ შეერია ჰაერში ყოველთვის არსებულ სხვადასხვა ქიმიურ შენაერთებს, მაშინ იგი გადაიქცევა **ელექტროლიტად**, რომელიც აჩქარებს აპარატურის ელემენტების დაშლას. ტენის შრე ელექტროლიტად შეიძლება გადაიქცეს ელემენტის ზედაპირის დატუჭუქიანების შედეგადაც.

მშრალ ატმოსფერულ კოროზიას ახასიათებს ელემენტის ზედაპირზე ნაუნგი აფსკის წარმოქმნა. იგი აიხსნება ლითონის იონებისა და უანგბადის ატომების ან იონების შემხვედრი **დიფუზიით** (ლათ. *Diffusio* განზნევა, გავრცელება, გაფართოება; ერთი ნივთიერების ატომებისა ან მოლეკულების თანდათანობითი შეღწევა მეორე ნივთიერების ატომების ან მოლეკულების შუალედებში მათი თბური მოძრაობის შედეგად).

მშრალი ატმოსფერული კოროზიის მაგალითია კონტაქტების მოვერცხლილი ზედაპირის მიმქრალეობა. ამ დროს იზრდება კონტაქტების ზედაპირული (გარდამავალი) წინაღობა.

კოროზიისაგან დაცვა დაიყვანება ანტიკოროზიულ ლითონურ ან ლაქსადებავიან დაფარვაზე, ჰერმეტიზაციის ან ტენშთანმთქმელების გამოყენებაზე, ხოლო ზოგჯერ ნაუნგი აფსკის მოცილებაზე.

**კონტაქტური კოროზია** წარმოადგენს სხვადასხვა ელექტრომექანიკური პოტენციალების მქონე ლითონების შეხების შედეგს, როდესაც შეხების ადგილზე არსებობს წყლის გამტარი აფსკი. ამ დროს წარმოიქმნება ელექტრომექანიკური მიკროწყვილი, რომელშიც უფრო მეტი უარყოფითი პოტენციალის მქონე ლითონი

თამაშობს კათოდის როლს და იწვევს ამ უკანასკნელის ინტენსიურ დაშლას.

კოროზიის ეფექტი იზრდება ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის გაზრდით. კონტაქტური კოროზია მნიშვნელოვნად ძლიერდება, თუ სხვადასხვა ლითონის შეხების ადგილში (საკონტაქტო ფურცლებში, რელეს კონტაქტებში, გასართებში და ა.შ.) გადის აპარატურის ელექტრული სქემით განპირობებული ელექტრული დენი. კონტაქტურ რელეებში ელექტრული დაშლის ეფექტი ღრმავდება კონტაქტების ეროზიით (ფიზიკური დაშლით). კონტაქტურ ეროზიას მიეკუთვნება აგრეთვე ზოგიერთი ლითონების (მაგალითად, რკინის, ფოლადის, ალუმინისა და ტყვიის) ინტენსიური დაშლა ზოგიერთი ჯიშის (მუხის, წაბლის და ა.შ.) მერქანთან შეხების დროს.

**ელექტროლიტურ კოროზიას** შეიძლება ვებრძოლოთ, უპირველეს ყოვლისა, მასალების გულმოდგინედ შერჩევით: საკონტაქტოდ უნდა შევარჩიოთ ისეთი წყვილები, რომელთა პოტენციალების სხვაობა იქნება მინიმალური. მშრალი ჰაერის დროს პოტენციალთა დასაშვები სხვაობაა 0,5 ვოლტი, ხოლო ნესტიანი ჰაერის დროს – 0,25 ვოლტი.

მასალების შერჩევით კონტაქტური კოროზია თუ ვერ გამოირიცხება მაშინ საჭიროა გამოვიყენოთ გალვანური დაფარვა (მონკელება, მოქრომვა, მოვერცხლება, მოოქროება და ა.შ.).

**ბიოლოგიურ კოროზიას** მიეკუთვნება სოკოსებრი წარმონაქმნები (ობი), მწერები (ხოჭოები, ტერმიტები, ჭიანჭველები), მღრღნელები (ვირთხები, თაგვები და ა.შ.).

ყველაზე მეტად აპარატურას აზიანებს ობი, რომელიც შეიძლება გაჩნდეს ლითონებზე, მინასა და კერამიკაზე. ამ შემთხვევაში მკვებავ არეს წარმოადგენს მტვრის (მიკროორგანიზმების) ფენა, რომელიც ფარავს მასალის ზედაპირს. ობის დამანგრეველი მოქმედებათა გამოვლინებებია:

— სხვადასხვა ობის მკვებავ არედ გამოყენებული მასალების (პლასტმასების, კაბელებისა და ა.შ.) მექანიკური და ელექტრული თვისებების შეცვლა;

— ობის მიერ გამოყოფილი ორგანული (ლიმონის, ნახშირის, მჟაუნას და ა.შ.) მჟავების მოქმედებით განპირობებული ლითონების კოროზია;

— ობით დაფარული მინების, ლინზებისა და სხვა მასალების ოპტიკური თვისებების შეცვლა.

ობისაგან თავის დასაცავად უნდა შევარჩიოთ ისეთი მასალები, რომლებიც ობისათვის არ წარმოადგენს მკვებავ არეს.

ობის გარდა აპარატურას სერიოზულად აზიანებენ ტერმიტები და ზოგიერთი სახის ჭიანჭველები. ტერმიტები აღწევენ აპარატურის შიგნით და ჭამენ ხის ნაკეთობებს, პლასტმასებს, ტყავს და ა.შ. მანვე მწერებს მიეკუთვნება აგრეთვე ზოგიერთი სახის ხოჭოები, რომლებიც აზიანებენ მიწაში არსებულ კაბელების გარსაცმებს.

კაბელებსა და სამონტაჟო სადენებს ხშირად აზიანებენ მღრღნელები. ისინი განსაკუთრებით “ემტერებიან” ქლორვინილური ან რეზინის გარსაცმის მქონე სადენებსა და კაბელებს. მწერებისა და მღრღნელებისაგან დაცვის ძირითადი საშუალებებია შხამქიმიკატების გამოყენება და ობიექტების მექანიკური დაცვა.

ექსპლუატაციის ან ღიად შენახვის დროს აპარატურაზე ზემოქმედებს მზის რადიაცია ან სხივები.

მზის სხივების სპექტრის გრძელტალღოვან ნაწილს გადააქვს თბური ენერჯია, რომელიც ამადლებს რელეური კარადების, ბლოკებისა და ა.შ. შიგნით არსებულ ტემპერატურას

მზის სპექტრის მოკლელტალღოვანი (იისფერი და ულტრაიისფერი) ნაწილი წარმოადგენს ფოტოქიმიური ზემოქმედების განმაპირობებელ ძირითად ფაქტორს. **ფოტოქიმიური ზემოქმედება (ფოტო – ბერძ. *photos* – სინათლე)** იწვევს ორგანული მასალების ჟანგვას, მათი თვისებების შეცვლას, საღებავების გახუნებასა და დაშლას და ა.შ.

მზის სხივების ზემოქმედებით მკვეთრად ძლიერდება პოლიქლორვინილის, პოლივინილქლორიდის, პლასტმასისა და ფტორფენის დაშლის პროცედურა. ნატურალური კაუჩუკი და რეზინა მზის სხივების ზემოქმედებით მაგრდება და სკდება, ხდება აგრეთვე ლაქსაღებავთა საფარველების დახეთქვა და მათი დამცავი თვისებების დაკარგვა მზის რადიაციის წინააღმდეგ ბრძოლის ძირითადი საშუალებებია აპარატურისათვის მიკროკლიმატის შექმნა და მასალების სწორად შერჩევა.

აპარატურაში შედწეულმა მტვერი და სილა უარყოფით გავლენას ახდენს მის მუშაობის უნარზე. **აბრაზიული ეფექტის** (ლათ. *abrasio* – ამოფხვნა) შედეგად მტვერი და სილა ხელს უწყობს აპარატურის მოძრავი ნაწილების ცვეთას. გარდა ამისა, მტვერსა და სილას გააჩნია საკმაოდ მაღალი ჰიგროსკოპულობა, რას შედეგადაც მათ მიერ წარმოშობილი ფენა შეიძლება აღმოჩნდეს კარგი გამტარი და დაარღვიოს აპარატურის მუშაობის ნორმალური რეჟიმი.

რელესა და გადამრთველების კონტაქტების ზედაპირზე მტვერისა და სილის ფენის გაჩენა ხშირად იწვევს ძაბვის რკალის

გაჩენას ან გამტარებს შორის წარმოქმნის გაუმტარ ზოლს. მტვრისა და სილის ზეგავლენის შედეგად შეიძლება ყველაზე ხშირად მოხდეს ბეჭდური სქემების მეთოდით დამზადებული აპარატურის მტყუნება, რადგან მათში გამტარებს შორის მცირე მანძილის არსებობის გამო მტვერი იწვევს აღნიშნული გამტარების წინააღმდეგობის მკვეთრ ვარდნას.

ორგანული წარმოშობის მტვერი წარმოადგენს ობის განვითარებისათვის კარგ არეს. ამიტომ მტვერთან ბრძოლის გარეშე სოკოსებრი წარმონაქმნების წინააღმდეგ ბრძოლა არ მოგვცემს საჭირო ეფექტს. მტვრისა და სილის წინააღმდეგ ბრძოლის საშუალებებიდან ყველაზე ეფექტურია მტვერგაუმტარი კორპუსების (სარეღო კარადების, საბატარეო ტუბების, ხელსაწყოებისა და ა.შ.) დამზადება; მაგრამ ასეთი კორპუსები მნიშვნელოვად აუარესებს თბოარინებას. ექსპლუატაციის პირობებში აპარატურის საიმედოობის შესანარჩუნებლად აუცილებელია მტვრისაგან მისი პერიოდული წმენდა.

შენახვის, ტრანსპორტირებისა და ექსპლუატაციის დროს აპარატურა განიცდის მექანიკურ დატვირთვებს. განასხვავებენ დარტყმით და ვიბრაციულ მექანიკურ ზემოქმედებებს.

**დარტყმა** ეწოდება კონსტრუქციაზე ძალის მყისიერ მოდებას (ზემოქმედებას), ხოლო **ვიბრაცია** – გარეშე ძალებით გამწვეულ აპარატურის ხანგრძლივ ნიშანცვლად რხევას.

დარტყმის შედეგად აპარატურაში წარმოიქმნება საკუთარი სისხირის მიღვეადი რხევები. ამ რხევებს განიცდის მთლიანად კონსტრუქცია და მისი ცალკეული ელემენტები. რხევების ამპლიტუდა შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი და გამოიწვიოს მყიფე დეტალების მტვრევა, სადენების აწვევტა, ნარჩილების დარღვევა, მოქნილი მასალების დეფორმაცია და ა.შ.

ვიბრაციამ შეიძლება გამოიწვიოს დეტალების დამტვრევა, სადენების აწვევტა, დარეგულირების მოშლა და ა.შ.

სარკინიგზო ავტომატიკის აპარატურის დაცვა მექანიკური გადატვირთვებისაგან შეიძლება მოხდეს:

- კონსტრუქციის სიმტკიცის გაზრდით;
- ამაღლებული მექანიკური სიმტკიცის ელემენტების გამოყენებით;
- მექანიკური ზემოქმედებებისაგან ელემენტების ან აპარატურის მაიზოლირებელი მოწყობილობებისა და სამარჯვების (ამორტიზატორების, შფუთვის და ა.შ.) გამოყენებით.

**დაძველება** ეწოდება შენახვის ან ექსპლუატაციის პროცესში მასალებია ფიზიკო-ქიმიური თვისებების შეფარებით ნელ ცვლილებას.

ძველება ყველა ლითონო და საიზოლაციო მასალა. დაძველების სიჩქარე დამოკიდებულია მუშაობის რეჟიმებზე, აგრეთვე გარემოს ზემოქმედების ხარისხზე.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ცალკეული მოწყობილობების ექსპლუატაციის დროს მომსახურე პერსონალს საქმე აქვთ სისტემებისა და ელემენტების მზა ნიმუშებთან და მათი მუშაობის თავისებურებებთან. ელექტრული და დიაპეტჩერული ცენტრალიზაციებისათვის, ავტობლოკირებისა და სხვა სისტემებისათვის თუ შეიქმნება მუშაობის საუკეთესო პირობები, მაშინ მათი რეალური (საექსპლუატაციო) საიმედოობა იქნება მაქსიმალური და შეიძლება მიუახლოვდეს იმ დონეს, რომელიც მათთვის გაანგარიშებული იყო დაპროექტებისა და დამზადების პროცესში.

ექსპლუატაციის პერიოდში თუ არ იქნება გატარებული საიმედოობის შენარჩუნებისათვის აუცილებელი ყველა ღონისძიება, მაშინ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ნებისმიერი, თუნდაც ყველაზე საიმედო სქემისა და კონსტრუქციის მქონე სისტემა, შეიძლება არასაიმედო გახდეს.

ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე ექსპლუატაციის პერიოდში სიგნალიზაციისა და კავშირგაბმულობის სამსახურის პერსონალმა აუცილებლად უნდა შეინარჩუნოს მათი მომსახურების ქვეშ არსებული სისტემების საიმედოობის დონე. ამის მიღწევა შეიძლება მტყუნებათა სისშირის შემცირებით. საჭიროა მთლიანად, ან თითქმის მთლიანად **გამორიცხოს თანდათანობითი მტყუნებები** და შესაძლებლობის კვალობაზე **მაქსიმალურად შემცირდეს უეცარი მტყუნებები**. თანდათანობითი მტყუნებების გამორიცხვა შესაძლებელია პროფილაქტიკის **სისტემის ორგანიზებით**, ხოლო უეცარი მტყუნებების რაოდენობის შემცირება – **უეცარი მტყუნებების გამომწვევი ზემოქმედებების შესუსტებით**.

ამა თუ იმ ელემენტის თანდათანობითი ან მოულოდნელი მტყუნებებისა და ამოვარდნების გამომწვევი ძირითადი მიზეზების ცოდნა საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ სწორი ექსპლუატაციის ორგანიზება და უზრუნველვეყთ მატარებელთა მოძრაობის მაქსიმალურად შესაძლო უსაფრთხოება.

სისტემებისა და მოწყობილობების არასაიმედოდ ფუნქციონირების მიზეზები პირობითად შეიძლება დავეოთ სუბიექტურ და ობიექტურ მიზეზებად.

**არასაიმედოების სუბიექტური მიზეზები** ეწოდება ისეთ მიზეზებს, რომლებიც მთლიანად მომსახურე პერსონალის მოქმედებებზეა დამოკიდებული, ხოლო **არასაიმედოების ობიექტური** მიზეზები – ისეთ მიზეზებს, რომლებიც დაკავშირებულია აპარატურაზე გარე ზემოქმედებებთან, სქემების მუშაობის თავისებურებებთან, მათში ცალკეული ელემენტების არსებობასთან, ელემენტების დაძველებისა და ცვეთის შინაგან პროცესებთან.

ექსპლუატაციის პერიოდში მომსახურე პერსონალის მოქმედება არსებით გავლენას ახდენს აპარატურის ხარისხსა და მისი მუშაობის საიმედოობაზე.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ყველა თანამედროვე სისტემაში გათვალისწინებულია დაცვა მომსახურე პერსონალის არასწორ მოქმედებებისაგან. მიუხედავად ამისა, დიდი რაოდენობების უწყვეტობების წარმოშობა მაინც ადამიანების არასწორი მოქმედებითაა განპირობებული. ამ არასწორი მოქმედებების მიზეზია არასაკმარისი ცოდნა, გამოუცდელობა, მომსახურებისა და პროფილაქტიკის დროს აპარატურისადმი უდიერი მოქცევა, დაკისრებული მოვალეობების შეუსრულებლობა.

სიგნალიზაციისა და კავშირგაბმულობის სამსახურის პერსონალის ყველაზე გავრცელებული სახიფათო მოქმედებებია:

- ელექტროკვების რეჟიმების არაზუსტი დაყენება;
- სხვადასხვა მანიპულაციების ჩატარება წრეებში, რომლებიც ქსელიდან გამორთული არ არის;
- ისეთი დამცველების დაყენება, რომლებიც არ შეესაბამება ნომინალებს;
- აპარატურის არასწორი აწყობა და მომართვა, რაც გამოწვეულია ხელსაწყოების მიერთების წერტილების არასწორი შერჩევით, აგრეთვე ხელსაწყოებისა და შესამოწმებელი სქემის შეუთავსებლობით;
- სქემაში არსებული სპეციფიკური ხელსაწყოების ან პარამეტრების არსებობით განპირობებული დარეგულირების თავისებურებების არცოდნა;
- მტყუნებების დიაგნოსტიკისა და ძიებასთან დაკავშირებული პროფილაქტიური და სარემონტო სამუშაოების ჩატარების წესის, მეთოდისა და მოცულობის დარღვევა;



— მტყუნებების უსისტემოდ ძიება და მათ შესახებ მონაცემების არარსებობა, რაც ახანგრძლივებს უწესიერობების პოვნისა და აღმოფხვრის პროცედურას;

— აპარატურის მუშაობაში მომხდარი არანორმალური მოვლენების არასწორად შეფასება და მტყუნებების გამომწვევი წვრილმანი უწესიერობების არადროული აღმოფხვრა;

— აპარატურის ან სქემების შეკეთების არცოდნა.

შეუძლებელია არასაიმედოობის სუბიექტური მიზეზების სრულად აღმოფხვრა (ამისათვის საჭიროა სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის დანადგარებისა და სისტემების მომსახურების პროცესიდან ადამიანების მთლიანად გამოთავისუფლება, რაც მიიღწევა არამომსახურებადი სისტემების შექმნით), ამიტომ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მომსახურე პერსონალის მომზადებასა და მის უწყვეტ კონტროლს.

ექსპლუატაციის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს ზუსტად იქნას დაცული მთელი ტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც განსაზღვრავს ყველა სარეგლამენტო სამუშაოს შესრულების გრაფიკსა და აუცილებელ მოცულობას. გრაფიკის დაცვა საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ მომსახურე პერსონალის მიერ დაშვებული შეცდომები. დიდი მნიშვნელობა აქვს ინჟინერ-ტექნიკური ხელმძღვანელი მუშაკების მიერ ტექნოლოგიური პროცესის შესრულებაზე მკაცრ კონტროლს. დიდ ეფექტს იძლევა დაგეგმვის ქსელური მეთოდების გამოყენება, რაც 15-30%-ით ამცირებს პროფილაქტიკური სამუშაოების მოცულობას.

### **3.2. საიმედოობის შეფასება მოწყობილობების მუშაობის**

#### **ინტენსიურობის გათვალისწინებით**

*სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების საიმედოობის შეფასებისას აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას ექსპლუატაციაში არსებული მათი მოწყობილობების რაოდენობა. სისტემა შეიძლება განხილული იქნას, როგორც ზოგადი, ხოლო მისი შემადგენელი ცალკეული მოწყობილობები – როგორც ამ ზოგადის შემადგენელი ერთეულები. მოცემულ შემთხვევაში წამოიჭრება ერთეულების გამოყენებით ზოგადის შეფასების ამოცანა. მისი გადაჭრა შესაძლებელია, რადგან ზოგადი და ერთეული ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული ფილოსოფიური კატეგორიაა. ერთეული არ არსებობს მთელის გარეშე, მაგრამ, მიუხედავად ამისა აქვს საკუთარი შეფარდებითი დამოუკიდებლობაც, რაც ზოგადის შესაფასებლად მისი გამოყენების საშუალებას იძლევა. მაგალითად, ელექტრულ*

ცენტრალიზაციის სისტემაში შემაჯავლი ისრები აღნიშნული სისტემის განუყოფელი, მაგრამ ზოგადისაგან (ელექტრული ცენტრალიზაციისაგან) განსხვავებული ერთეულებია, რომლებიც შეიქმნება გამოიყენოთ აღნიშნული ზოგადის შესაფასებლად. მაგალითად, სისტემა თუ შეიცავს  $N$  რაოდენობის ისარს და დროის მოცემულ მომენტში სისტემაში მოხდა  $M$  რაოდენობის მტყუნება, მაშინ ერთ ცენტრალიზებულ ისარზე მოხული მტყუნებების  $N/M$  რაოდენობა წარმოადგენს მახასიათებელს, რომელიც ერთეულის (ისრის) საშუალებით ზოგადის (ელექტრული ცენტრალიზაციის) შეფასების საშუალებას გვაძლევს. მიღებულია, რომ ამ კუთხით განხილულ ისარს ელექტრული ცენტრალიზაციაა **პირობითი ობიექტი (საზომი)** ეწოდოს. ცხრილ 3.1-ში მოცემულია პირობითი ობიექტები სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სახადგურო და საგადასარბერო სისტემებისათვის.

სისტემის ხანგამძლეობის (იხილეთ პარაგრაფი 1.2) ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პარამეტრია **მტყუნებათა ნაკადის  $w(t)$  პარამეტრი**. იგი უდრის ნებისმიერი მცირე ნამუშევრობის პერიოდში აღდგენადი ობიექტის მტყუნებათა საშუალო რაოდენობის ფარდობას ამ ნამუშევრობის მნიშვნელობაზე.

დისკრეტული ცენტრალიზაციის სისტემისათვის კოდური, არსწარმოქმნილი აპარატურისა და კავშირგაბმულობის ხაზის მტყუნებათა ნაკადის  $w(t)$  პარამეტრი შეიძლება განესაზღვროთ მისი ერთ-ერთი რომელიმე მართული ობიექტის მიმართებით. უფრო ღრმა ანალიზისათვის შეიძლება ეს ობიექტი დავშალოთ ქვეობიექტებად და ა.შ.

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემებისათვის შესაძლებელია გამოვიყენოთ მათთვის ყველაზე მეტად დამახასიათებელი ობიექტები: სარელსო წრედი; ისრული გადაამყვანი; სასიგნალო წერტილი; მართვისა და კონტროლის აპარატურის ხელსაწყოები და პულტები; კავშირგაბმულობის ხაზების ელექტრული წრედები; კვების წყაროები.

მტყუნებათა ნაკადის  $w(t)$  პარამეტრი წარმოადგენს კრიტერიუმს, რომლითაც ფასდება მტყუნებებისადმი ელემენტებისა და სისტემების მიდრეკილება. იგი დამოკიდებულია მოწყობილობების მუშაობის ხანგრძლივობასა და რეჟიმზე; კერძოდ, მუშაობის ვადის ბოლოში  $w(t)$  სიდიდე იზრდება. მისახმარისების პერიოდის შემდეგ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მრავალი ელემენტისა და სისტემისათვის ეს პარამეტრი პრაქტიკულად მუდმივია და აქვს მინიმალური მნიშვნელობა.

მოწყობილობების საიმედოობის დაყვანილი მაჩვენებლების განსაზღვრის დროს საჭიროა მტყუნებათა ჯამური რაოდენობა გავყოთ მოწყობილობების საერთო რაოდენობასა და მათი მუშაობის მოცულობაზე (ამოქმედებების, ციკლების და ა. შ. რაოდენობაზე). მაგალითად 150 რაოდენობის **HMIII-2000** რელედან 15000 ამოქმედების

შედეგად თუ იმტყუნა ოთხმა, მაშინ მტყუნებების ნაკადის პარამეტრი იქნება  $\alpha_r(t) = 4/(150 \cdot 15000) = 0,15 \cdot 10^{-15}$  1/ამოქმედება.

**ცხრილი 3.1** სისტემების დაყოფა პირობით საზომებად (ელემენტებად)

ს ი ს ტ ე მ ა	პირობითი საზომი
ელექტრული ცენტრალიზაცია; მექანიკური ცენტრალიზაცია; გორაკის ცენტრალიზაცია	ისრული გადამყვანი
ავტობლოკირება; მოძრაობის მიმართულების შეცვლის სქემა	სასიგნალო წერტილი
საგადასასვლელი სიგნალიზა- ცია	გადასასვლელი
სასადგურო კოდური მართვა	სადგური
დისპეტჩერული ცენტრალიზა- ცია	მართული ობიექტი, მართვის ობიექტი
ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია	დეშიფრატორი
ნახევრდავტომატური ბლოკი- რება	გადასარბენი

დეტალურად განვიხილოთ სარელსო წრედებისათვის მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრის განსაზღვრის პროცესი. აღნიშნული პარამეტრის განსაზღვრავად საჭიროა ვიცოდეთ ნამტყუნები სარელსო წრედების რაოდენობა, მათი ამოქმედებების (სამატარებლო წვეილთვალეებით დაშუნტვების) რაოდენობა და სარელსო წრედების საერთო რაოდენობა, რომლებსაც ვაკვირდებით. მაგალითად, ვთქვათ, რომ 150 კმ სიგრძის ავტობლოკირების უბანზე 135 რაოდენობის სარელსო წრედიდან 90 დღის განმავლობაში იმტყუნა სამმა; ყოველდღე ამ უბანზე მოძრაობდა 50 მატარებელი, ე.ი. მთელი განსახილველი პერიოდის განმავლობაში სარელსო წრედი ამოქმედების (დაშუნტვის) რაოდენობა იქნება  $90 \cdot 50 = 4500$ ; მაშინ  $\alpha_r(t) = 3/(135 \cdot 4500) = 0,247 \cdot 10^{-4}$  1/ამოქმედება. ანალოგურად განისაზღვრება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრები სხვა ობიექტებისთვისაც. მათში გათვალისწინებული იქნება აღნიშნული ობიექტების მუშაობის ინტენსიურობა.

### 3.3. სარელსო წრედების ექსპლუატაციის პროცესის დროს ბადასაწყვეტი ძირითადი პრობლემები

სარელსო წრედი წარმოადგენს ობიექტს, რომელსაც არ გააჩნია სპეციალური გარე იზოლაცია, ორგანიზებულია ადვილად მისადგომ ადგილებში და განიცდის მრავალი სახის ზეგავლენებს (ელექტრული ენერგიის გარეშე წყაროებიდან, ჰაერის ნესტისაგან, ტემპერატურული რყევებისაგან და ა.შ.).

სარელსო წრედებში გამოყენებულ შემაერთებელ და საიზოლაციო ელემენტებს გააჩნიათ მექანიკური სიმტკიცის არასაკმარისი მარაგი.

სარელსო წრედების პროფილაქტიკური მომსახურება და მტყუნებების შემდეგ მათი ოპერატიული აღდგენა ევალება რკინიგზის რამდენიმე (სიგნალიზაციისა და კავშირგაბმულობის, სალიანდაგო, ენერგეტიკულ) სამსახურს; ამასთანავე, სიგნალიზაციისა და კავშირგაბმულობის სამსახურის მუშაკებს, რომლებიც ახდენენ პროფილაქტიკურ გაზომვებსა და მტყუნების ადგილის განსაზღვრას, არა აქვთ უფლება დამოუკიდებლად აღმოფხვრან მტყუნებები ან განახორციელონ მათი თავიდან აცილების სამუშაოები, ხოლო ასეთი სამუშაოების შემსრულებელ სალიანდაგო სამსახურის მუშაკებს პირიქით, არა აქვთ უფლება დაადგინონ მტყუნების ადგილი ან განსაზღვრონ პროფილაქტიკის აუცილებლობა.

სარელსო წრედებისათვის ყველაზე მეტად დამახასიათებელი მტყუნებებია:

- შემაერთებლების გაწყვეტა;
- რამდენიმე შემაერთებლის არარსებობა;
- ზღუდარებისა და ჯემპერების გაწყვეტა;
- მაიზოლირებელი პირაპირების იზოლაციითა უწყესივრობა;
- ისრული გარნიტურის, მოსაჭიმი ზოლის, საკიდის (საყურის) ჯვარედის განმბჯენის იზოლაციის დარღვევა;
- ბალასტის წინააღობის შემცირება;
- სხვადასხვა ელემენტებით (მათუვლით, ინსტრუმენტით და ა.შ.) სარელსო ხაზის დამოკლება (შერთვა);
- კვების გარე წყაროს, ატმოსფერული განმუხტვების (ელვის) გაეღენა;
- მომსახურე პერსონლის მიერ მუშაობის რეჟიმის უხარისხოდ დარეგულირება;
- სარელსო ძაფის მთლიანობის დარღვევა და ა.შ.

შემაერთებლების უწყესივრობებისაგან სარელსო წრედების მტყუნებათა ძირითადი მიზეზებია კოროზია, უხარისხო მიდუღება, სალიანაგო სამუშაოების დროს წარმოშობილი დაზიანებები და ა. შ.

მიდუღებული ტიპის საპირაპირე შემაერთებლების მტყუნებები ძირითადად ხდება რელსთან მათი მიდუღების ადგილებში მიდუღების ტექნოლოგიის ნაკლოვანებების, აგრეთვე გვარლსა და ბუნიკს შორის არასაიმედო კონტაქტის გამო.

შტეფსელური შემაერთებლების ძირითადი ნაკლია შტეფსელისა და რელსისაგან წარმოქმნილ საკონტაქტო წყვილში არასტაბილური წინაღობა: იგი დამოკიდებულია რელსში არსებული ნახვრეტისა და შტეფსელის კონტაქტირებადი ზედაპირების მდგომარეობაზე, აგრეთვე კონტაქტის სიმკვრივეზე.

სარელსო წრედების მტყუნებათა საერთო რაოდენობაში დიდი წილი მოდის მაიზოლირებელი პირაპირებისა და ისრების იზოლაციის მტყუნებებზე

მაიზოლირებელი პირაპირების მტყუნება, როგორც წესი, წარმოიშეება მაიზოლირებელი დეტალების დაზიანების დროს, როდესაც შენარუნებულია ზესადებების მთლიანობა. მაიზოლირებელი პირაპირების მუშაობის ვადასა და შეკეთების პერიოდულობას განსაზღვრავს გვერდითი მაიზოლირებელი შუასადებები, რადგან ისინი მოძრავი შემადგენლობისაგან ყველაზე ძლიერ დინამიკურ გავლენებს განიცდიან. მაიზოლირებელი პირაპირების იზოლაციის დარღვევის მიზეზებია; რელსების წაძვრა, შპალების უხარისხო ამოტენვა, ლითონის ბურბუშეღით პირაპირის შერთვა და ა.შ.

არასტაბილურია სარელსო წრედის იზოლაციის (ბალასტის) წინაღობა. იგი დამოკიდებულია:

- ბალასტის სახესა და ხარისხზე, შპალების ტიპსა და ხარისხზე;

- ხის შპალების გაუღენთვის ხერხსა და ტექნოლოგიაზე, კლიმატურ ფაქტორებზე;

- უბანზე გადასაზიდ ტვირთებზე;

- უბანზე მოძრაობის ინტენსიურობაზე.

სამაგრებისა და რელსების ყველა ლითონურ დეტალს აქვს ელექტრული გამტარობა, ხოლო შპალები და ბალასტი, სადაც არსებობს ტენი, შეიძლება განვიხილოთ როგორც იონური გამტარობის მქონე თავისებური ელექტროლიტები. ტემპერატურისა და ტენიანობის ზრდით იზრდება ელექტროქიმიური პროცესების ინტენსიურობა, რაც ამცირებს იზოლაციის წინაღობას.

ელექტროქიმიური პროცესების აქტივაციაზე დიდ გავლენას ახდენენ მარილები, რომელთა მცირე რაოდენობების არსებობაც მკვეთრად ამცირებს იზოლაციის წინააღმდეგობას.

სარელსო წრედში გაჟონვის დენის დონეზე გადამწყვეტ გავლენას ახდენს შპალების ტიპები და მასალა, აგრეთვე სამაგრების კონსტრუქცია. შპალების ელექტრული წინააღმდეგობის საიმედოობის ასამაღლებლად აუცილებელია ლიანდაგის შენახვის დროს უზრუნველყოთ შპალური ცხაურიდან ტენის არინება.

ექსპლუატაციის პროცესში ხის მასალის ელექტრული დაძველების ხარისხის შესამცირებლად დიდი მნიშვნელობა აქვს ხის შპალების გაჟღენთვას. შპალებში სტეფალებისათვის (შურუპებისათვის) საჭირო ნახვრეტებს თუ მათ გაჟღენთვამდე გავაკეთებთ, შპალების ელექტრული წინააღმდეგობით 2-ჯერ იზრდება.

შპალების, საიზოლაციო ელექტრული დაძველების ინტენსიურობა და მთლიანად სარელსო ხაზის იზოლაციის წინააღმდეგობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ბალასტის თვისებებზე. სარელსო წრედების ბალასტისათვის დადებით თვისებებს ძირითადად განსაზღვრავს მისი უნარი გაატაროს ტენი და არ შეიცავდეს მარილებს, ტუტე ელემენტების მინარევებს.

სარელსო წრედის გაწყვეტის საერთო რაოდენობაში დიდი ადგილი უკავია საპირაპირო შემაერთებლების გაწყვეტას (კონტაქტის დარღვევას). ამის მიზეზია არსებული საპირაპირე (შტეფსეული და მიდუღებული) შემაერთებლის არასაკმარისად მოხერხებული კონსტრუქცია და მისი დაყენების დროს ტექნოლოგიის დარღვევა.

ელექტროფიცირებულ ებნებზე სარელსო წრედის ხანმოკლე ყალბი დაკავებულობა შეიძლება გამოიწვიოს სარელსო ხაზის განივმა და გრძივმა ასიმეტრიამ.

**განივი ასიმეტრია**, ანუ ასიმეტრია იზოლაციის მიხედვით, წარმოადგენს ერთ-ერთი წვევის რელსთან საკონტაქტო საყრდენების ან სხვა ლითონური ნაგებობების ჩამიწებათა მიერთების შედეგს; ეს იწვევს ამ რელსში მეორე რელსთან შედარებით წვევის უფრო დიდი დენის გავლას.

**გრძივი ასიმეტრია**, ანუ ანუ ასიმეტრია სარელსო ხაზის წინააღმდეგობის მიხედვით, უმეტეს შემთხვევაში წარმოიშობა ერთ-ერთ სარელსო ძაფში რამდენიმე საპირაპირე შემაერთებლის მთლიანობის დარღვევის ან მათი არარსებობის გამო; იგი ზრდის ამ სარელსო ძაფის წინააღმდეგობას და მასში მეორე რელსთან შედარებით უფრო მცირე დენი გაედინება.

ასიმეტრიის ეს სახეები ცვლადი დენის ელექტრული წვევის დროს ამახინჯებს უწყვეტი ტიპის ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის იმპულსებს.

ასიმეტრიამ თუ გამოიწვია სხვადასხვა რელსებში გამავალი წვევის დენების მნიშვნელობათა შორის დიდი განსხვავება, შეიძლება დაზიანდეს სარელსო წრედის აპარატურაც.

მუდმივი დენის ელექტრული წვევის დროს ამადლებული ასიმეტრიისას ორბაფიანი სარელსო წრედის სალიანდაგო რელემ შეიძლება ჩამოუშვას (ან არ მიიზიდოს) ღუზა. ამის გამომწვევი მიზეზია დროსელ-ტრანსფორმატორის წინაღობის შემცირება მუდმივი დენით მისი შემაგნიტების გამო. ასეთი შემაგნიტება წარმოიშება დროსელ-ტრანსფორმატორის ნახევარგრაგნილებში სხვადასხვა სიდიდის მუდმივი დენის გავლისას.

სარელსო წრედის ყველა მტყუნებათა შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია სარელსო ხაზის იზოლაციის წინაღობის შემცირებას.

ყველაზე ხშირად ზიანდება ისრებსა და მაიზოლირებელ პირაპირებში არსებული იზოლაცია. იგი ირღვევა ცხელი ამინდის დროს ტორსული იზოლაციის დაზიანების, აგრეთვე გვერდითი ფიბრების დაშლის, მილისებრი საყელურების ჩაჭყლეტის გამო. მაიზოლირებელი პირაპირების ექსპლუატაციის მრავალწლიანმა გამოცდილებამ გვაჩვენა, რომ მათ, განსაკუთრებით ინტენსიური მოძრაობის პირობებში, გააჩნიათ მუშაობის შეზღუდული ვადა.

უცხო საგნებიდან სარელსო წრედების ხანმოკლე შერთვა ჩვეულებრივ დაკავშირებულია ლიანდაგის მონტიორების საწარმოო ქმედებებთან. იგი ყველაზე ხშირად ხდება შემდეგ შემთხვევებში:

— რელსების შეცვლისას (შერთვის მიზეზია მოსახსნელი ან დასაგები რელსი);

— მაიზოლირებელი პირაპირის დაშორებისას (გართვისას); ხდება ამ პირაპირის შერთვა;

— ისრული გადამყვანის შეცვლისას;

— მოძრავი დეფექტოსკოპიური ურიკას იზოლაციის უწყესივრობისას;

— მაიზოლირებელ პირაპირზე დაბალი სინქარით მოდერონის გადავლისას;

— სალიანდაგო ელექტროაგრეგატების მუშაობისას, რომელთა სადენების იზოლაცია უწყესივრო მდგომარეობაშია;

— შპალების შეცვლისას;

— ლიანდაგის გადაგებისას (შერთვა ხდება ინსტრუმენტით).

ყველაზე მდგრადად მუშაობს ლიანდაგში დაგებული წებოჭანჭიკოვანი პირაპირები. დამზადების ტექნოლოგიის დაცვისა და სწორად დაყენების შემთხვევაში წებოჭანჭიკოვანი პირაპირები ხუთი და მეტი წლის განმავლობაში ინარჩუნებენ იზოლაციის ნორმატიულ მნიშვნელობას. წებოჭანჭიკოვანი პირაპირების შემოწმებისას საჭიროა გავითვალისწინოთ, რომ არ მათ არ გააჩნიათ ჭანჭიკებისაგან მაიზოლირებელი ზესადებები (ზესადებები და ჭანჭიკები ერთმანეთთანაა შეერთებული).

რკინაბეტონის შპალებიან უბნებზე სარელსო წრედების ექსპლუატაციამ გვიჩვენა, რომ მათი იზოლაცია ძირითადად მცირდება შპალების უწესიერო სამაგრ არმატურაში სასიგნალო დენის დიდი გაჟონვების არსებობის გამო. თავის მხრივ, შპალის სამაგრ არმატურაში იზოლაციის შემცირების (დაკარგვის) ძირითადი მიზეზებია:

— ჭანჭიკის ჩამჭერთან ჩასატანებელი ჭანჭიკის საჩერებელი საყელურის მოშება;

— რეზინის შუასადების გაცვეთა;

— ჩასატანებელი ჭანჭიკის მაიზოლირებელი მილისას გამოფხვნა;

— ჭანჭიკებს შორის არსებული სივრცის შევსება ბალასტური მთვრით, ჭუჭყით, მაზუთით.

სარელსო წრედების საიმედოდ მუშაობის ერთ-ერთი პირობათაგანია კვების გარე წყაროებიდან აღნიშნული წრედების დაცვის მოთხოვნების შესრულება.

ელექტროფიცირებულ სარკინიგზო უბნებზე ხელისშემშლელი და სახიფათო ზემოქმედების მთავარი წყაროა წვეის დენი.

უბნებზე, სადაც მოძრაობენ კვების არაიზოლირებული წყაროს მქონე მოძრავი შემადგენლობები, ხელისშემშლელი და სახიფათო ზემოქმედების წყაროებად შეიძლება იქცნენ ელექტრო გადაცემის, განათების ქსელის გრძივი ხაზები და სამატარებლო განათების წრედები.

წვეის მუდმივმა დენმა სარელსო წრედებზე გავლენა შეიძლება მოახდინოს საკონტაქტო ქსელის როგორც წესიერული მუშაობის დროს, აგრეთვე ამ ქსელში მოკლედ შერთვის წარმოშობისას (ამ დროს გავლენა მნიშვნელოვნად იზრდება).

სარელსო წრედზე წვეის მუდმივი დენის გავლენის ძირითადი მიზეზია მასში ჰარმონიკული მდგენელების არსებობა,



რომელთა სიხშირე და ამპლიტუდა დამოკიდებულია გამართვის სქემასა და წვეის ქვესადგურებში არსებული ფილტრების მდგომარეობაზე.

გამართვის ექსპლუატაციის სქემის დროს ჰარმონიკების სიხშირეები 300 ჰც-ის ჯერადია (300, 600, 900, 1200 ჰც და ა.შ.). ისინი, როგორც წესი, სარელსო წრედის მუშაობაზე ვერ ახდენენ სახიფათო გავლენას, რადგან, ჯერ ერთი, წვეის ქვესადგურებში დაყენებული ფილტრები მნიშვნელოვნად ზღუდავენ მათ ამპლიტუდებს და, მეორეც, ელექტროფიციურებზე უბნებზე არსებულ სარელსო წრედებში სალიანდაგო რელეებს გააჩნიათ 50, 25 ან 75 ჰც სიხშირის ზოლური ფილტრები.

50 ჰც სიხშირის სარელსო წრედზე ყველაზე სახიფათო გავლენა შეიძლება მოახდინოს მუდმივი წვეის დენის იმ ჰარმონიკამ, რომელიც საკონტაქტო წსელში ჩნდება წვეის ქვესადგურში არსებული გამართვის სქემის ზოგიერთი დაზიანების, კერძოდ არასრულფაზიანი გამართვის დროს.

ამ ჰარმონიკის განსაკუთრებით სახიფათო გავლენის გამო ქვესადგურები აღჭურვილია დაცვისა და სიგნალიზაციის სპეციალური მოწყობილობებით.

სარელსო წრედებზე წვეის დენის ჰარმონიკული მდგენელების გავლენა ყველაზე მეტად მაშინ იზრდება, როდესაც სარელსო წრედში ჩნდება გრძივი ან განივი ასიმეტრია. ***სიმეტრიულ რეჟიმში მომუშავე ორძაფიანი სარელსო წრედი საკმაოდ საიმედოდაა დაცული წვეის დენის ნებისმიერი ჰარმონიკის გავლენისაგან.***

სიმეტრიის დარღვევის შემთხვევაში დროულ-ტრანსფორმატორის ნახევარგრაგნილებში ურთიერთშემხვედრად გამავალი წვეის მუდმივი დენების სიდიდეები შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან, რაც დროულ ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილსა და, შესაბამისად, სალიანდაგო რელეზე, გააჩენს ხელშემშლელ ელექტრომაგნიტურ ძალებს.

ასიმეტრია შეიძლება გახდეს აგრეთვე მუდმივი წვეის დენით დროულ-ტრანსფორმატორის გულარის შემავნიტების მიზეზი. ეს გაზრდის მის ინდუქტიურ წინაღობას და, შესაბამისად, შეამცირებს სარელსო წრედის გადაცემის კოეფიციენტს. ამის შედეგად სარელსო წრედის ნორმალური რეჟიმის დროს შემცირდება სალიანდაგო რელეზე მოდებული ძაბვა და შეიძლება წარმოიშვას ყალბი დაკავებულობის ინფორმაცია. ასეთი სიტუაცია ყველაზე ხშირად წარმოიშება ელმავლის ან

ელექტრომატარებლის დაძვრისას; ამ დროს ასიმეტრიულ სარელსო წრედთან ახლოს წვეის დენის მოქმედი მნიშვნელობა იზრდება, რაც შეიძლება გახდეს ელმავლის ან ელექტრომატარებლის წინ არსებული შუქნიშნის დახურვის მიზეზი.

ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სარკინიგზო სისტემების ნორმალურად და უსაფრთხოდ მუშაობისათვის ექსპლუატაციის პერიოდში საჭიროა აღმოიფხვრას სარელსო წრედების განივი და გრძივი ასიმეტრიები.

სარელსო წრედების აპარატურისათვის განსაკუთრებით სახიფათოა საკონტაქტო ქსელის მოკლედ შერთვის რეჟიმი. მიუხედავად იმისა, რომ ძალიან მცირეა (0,1 – 0,5 წმ-ის ტოლია) მოკლედ შერთვის დენის გავლის დრო, იგი მეტად საშიშია, რადგან ამ დროს რელსებზე შეიძლება გაჩნდეს 1000 ვოლტამდე სიდიდის პოტენციალი; იგი დააზიანებს სარელსო წრედის დამცავ მოწყობილობებს და, ცალკეულ შემთხვევებში, მწყობრიდან გამოიყვანს სარელსო წრედის აპარატურას. ამიტომ სარელსო წრედები საიმედოდ უნდა იყვნენ დაცულნი საკონტაქტო ქსელის მოკლედ შერთვის დენისაგან.

სარელსო წრედები ასევე უნდა იყვნენ დაცულნი სხვა გარეშე დენების (ელექტროგადამცემი ხაზების, განათების ქსელის) ზემოქმედებისაგან. ამის მისაღწევად უპირველეს ყოვლისა არ უნდა დავეუშვათ სარელსო წრედების ასიმეტრია და თვალყური ვადევნოთ ჩამიწებულ ლითონური კონსტრუქციებისაგან რელსების იზოლაციის ხარისხს.

ელექტროფიცირებულ უბნებზე ჩამიწებული ლითონური კონსტრუქციებისაგან სარელსო წრედების იზოლირებისათვის კაბელების ლითონური ჯავშნები იზოლირებული უნდა იყოს რელსთან შეერთებული სარელსო კარადების კორპუსებისა და შუქნიშნების ანძებისაგან. არასრული იზოლაციის შემთხვევაში ლითონური კორპუსებისა და კაბელთა ლითონური ჯავშნების შესხების ადგილზე წარმოიშვება გარდამავალი წინაღობა, რაც დიდი რაოდენობის სითბოს გამოყოფას გამოიწვევს. ეს შეიძლება კაბელის გამოწვის მიზეზი გახდეს. დენის 50 ამპერამდე გაზრდისას არა მარტო დამცავი ჯავშნი გამოიწვევა, არამედ შეიძლება ჯუთის საფარველი და პოლიეთილენის გარსაცმიც დადნეს.

რადგან ქურობებში, კარადებსა და შუქნიშნების ჭიქებში კაბელების დაცალკეების ტექნოლოგია ვერ იძლევა მათი საიმედოდ იზოლაცირების სრულ გარანტიას, ამიტომ დაცვის

საიმედო საშუალებაა ქუროს, შუქნიშნისა და რელეური კარადის ხვრელში მოთავსებული კაბელებიდან ლითონის ჯავშნის მოხსნა.

დაცვის კარგი საშუალებაა რელსებთან სარელეო კარადებისა და შუქნიშნების მიერთება ნაპერწკლური შუალედებით. ამ დროს ხდება არა მარტო დაზიანებებისაგან სარელსო წრედების აპარატურისა და კაბელების დაცვა, არამედ გამოირიცხება ელექტროკოროზიის ზემოქმედებისაგან რკინაბეტონის ფუნდამენტების დაშლაც; ამ დროს უნდა გვახსოვდეს, რომ რელსთან ნაპერწკლური შუალედით მიერთებულ სარელეო კარადას, უსაფრთხოების ტექნიკის პირობების მოთხოვნის მიხედვით, თავად უნდა გააჩნდეს დამცავი ჩამიწება.

სარელსო წრედების ექსპლუატაციის პროცესის სწორად ორგანიზება აუცილებელია როგორც მათი, ასევე მთლიანად სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების, საიმედოდ და უსაფრთხოდ ფუნქციონირებისათვის.

### 3.4. სარელსო წრედების საპირაპირე შემაერთებლების გამართლოვის კონტროლი

საპირაპირე შემაერთებლები წარმოადგენენ სარელსო ხაზის მნიშვნელოვან ელემენტებს. სარელსო წრედის დაზიანებების დიდი წილი სწორედ საპირაპირე შემაერთებლის გაწყვეტაზე (კონტაქტის დარღვევაზე) მოდის. ამ მოვლენის ძირითადი მიზეზია არსებული საპირაპირე (შტეფსელური და მიდუღებული) პირაპირების არასრულყოფილი (მოუხერხებელი) კონსტრუქცია და მათი დაყენების საჭირო ტექნოლოგიის დარღვევა.

კონსტრუქციულ მოუხერხებლობის გამო დაბალია საპირაპირე შემაერთებლების დამზადების დაბალი ხარისხი.

საპირაპირე შემაერთებლების მუშაობის საიმედოობის ასამაღლებლად შეიძლება მოვახდინოთ მათი დუბლირება, მაგრამ ამ დროს თითქმის 4-ჯერ იზრდება საშუალო დანახარჯი.

საპირაპირე შემაერთებლების კონსტრუქციის გაუმჯობესების პროცესში დამზადებული იქნა მათი სრულყოფილი მრავალი სახესხვაობა, რომლებშიც მეტნაკლებად გაუმჯობესებული არის ზემოთაღნიშნული კონსტრუქცია.

მუდმივი დენისადმი რელსების წინაღობა ძირითადად შედგება პირაპირების წინაღობებისაგან (რადგან თავად რელსის წინაღობა უმნიშვნელოა), რომელიც თავის მხრივ განისაზღვრება

საპირაპირე შემაერთებლების გარდამავალი წინაღობისა და ზესადებების გარდამავალი წინაღობით.

**პირაპირების წინაღობათა ნორმატული მნიშვნელობები** გამოისახება მეტრებში გამოსახული ექვივალენტური სიგრძის უწყვეტი რელსის სიგრძით. მაგალითად, სპილენძის მიდუღებული საპირაპირე შემაერთებლის არსებობისას პირაპირის წინაღობა ექვივალენტურია 9 მეტრი სიგრძის უწყვეტი რელსის წინაღობისა, ამიტომ ამბობენ, რომ მისი წინაღობა 9 მეტრის ტოლი ექვივალენტური სიგრძის ტოლია; ფოლადის მიდუღებული საპირაპირე შემაერთებლიანი პირაპირის წინაღობა 36 მეტრის ტოლ ექვივალენტურ სიგრძეს, ხოლო ფოლადის შტეფსელური საპირაპირე შემაერთებლიანი პირაპირის წინაღობა 123 მეტრის ტოლ ექვივალენტურ სიგრძეს უდრის.

პირაპირების წინაღობების ომებში გამოსახვად უნდა ვისარგებლოთ შემდეგი მონაცემებით: 1 მეტრი სიგრძის **P50** რელსის წინაღობაა  $3,33 \cdot 10^{-5}$  ომი, ხოლო **P75** რელსის წინაღობაა -  $2,54 \cdot 10^{-5}$  ომი.

ზემოთ მოყვანილი მნიშვნელობის შესაბამისად რელსების 12,5 მეტრიანი რგოლების დროს მუდმივი დენისადმი რელსების ნორმატული წინაღობა რელსის ტიპზე დამოკიდებულებით იცვლება 0,6-დან 0,3 ომი/კმ-მდე.

სარელსო წრედების ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა კვირაში ერთხელ მაინც შევამოწმოთ შემაერთებლებისა და ზღუდარების მთლიანობა.

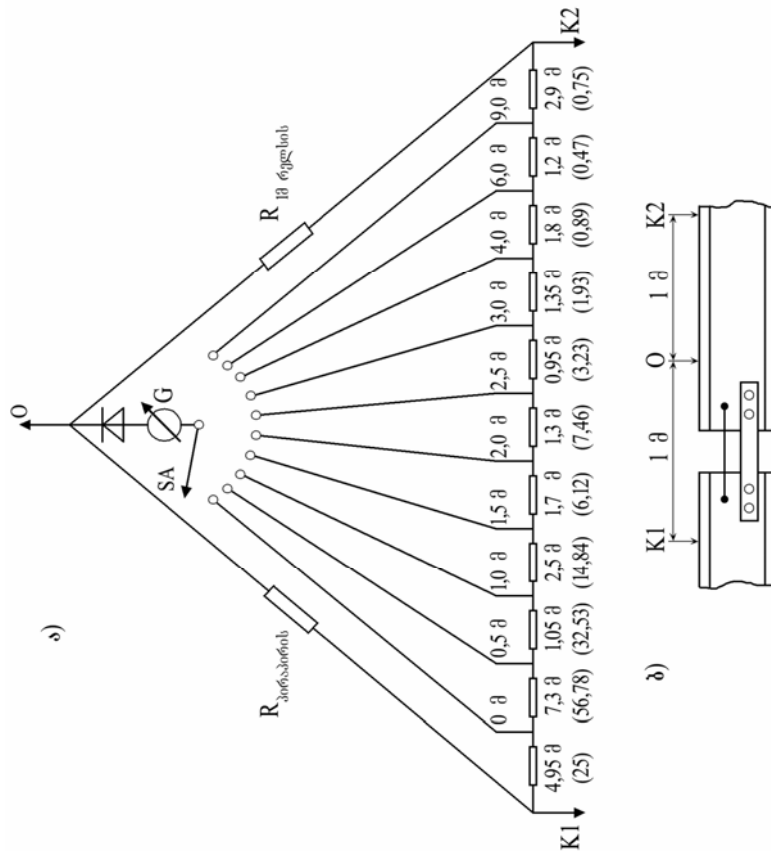
სხვადასხვა ტიპის საპირაპირე შემაერთებლების არსებობის დროს პირაპირების წინაღობა უმეტესწილად იცვლება 1-დან 20 მეტრამდე სიდიდის ექვივალენტური სიგრძით; საპირაპირე შემაერთებლების არარსებობისას აღნიშნული ექვივალენტური სიგრძე იცვლება 2-დან 200 მეტრამდე.

საპირაპირე შემაერთებლების წინაღობის საზომის პრინციპული სქემა ნახ. 3.2-ზეა ნაჩვენები.

პირაპირთან საზომის მიერთებისას აუცილებელია ყურადღება მივაქციოთ იმას, რომ სარელსო ზესადებები და საპირაპირე შემაერთებლები მთლიანად მოთავსებული იყოს **KI** და **O** მომჭერებს შორის (ნახ.3.2,ბ). ამასთანავე საჭიროა უზრუნველყოთ კარგი კონტაქტი მომჭერებსა და სარელსო ძაფს შორის. გალვანომეტრი **G** მუშაობს სარელსო ძაფში გამავალი წვეის მუდმივი დენით (ცვლადი დენის წვეის დროს საჭიროა **KI** და **O** მომჭერებს შორის ჩავრთოთ სპეციალური კვების მშრალი

ელემენტი, რომლის მოკლედ შერთვის დენი იქნება 30 ა, ან გადასატანი აკუმულატორი).

ხელსაწყო სქემა აგებულია არასრული გამმართველი ბოგირის სქემის პრინციპით. ხელსაწყო სარელსო ძაფთან



ნახ.

3.2. პირაპირსაზომის პრინციპული (ა) და პირაპირთან მისი მიერთების (ბ) სქემები

მიერთების შემდეგ **SA** გადამრთველი ისეთ მდებარეობაში უნდა დავაყენოთ, რომ ბოგირი გაწონასწორდეს, ე.ი. **G** გალვანომეტრმა გვიჩვენოს ნულოვანი ჩვენება. ამ დროს ურთიერთმოპირდაპირე მხრების წინაღობათა ნამრავლი ერთმანეთის ტოლი იქნება. **KI**

წერტილიდან  $SA$  გადამრთველის მიერთების წერტილამდე არსებული ჯამური წინაღობა აღვნიშნოთ  $R_1$ -ით, ხოლო  $SA$  გადამრთველისა და  $K2$  წერტილს შორის არსებული წინაღობა  $R_2$ -ით. სამართლიანი იქნება ტოლობა

$$R_{1\text{მ რელსის}} \cdot R_1 = R_{\text{პირაპირის}} \cdot R_2 \quad (3.1)$$

საიდანაც

$$R_{\text{პირაპირის}} = R_{1\text{მ რელსის}} \cdot (R_1/R_2) \quad (3.2)$$

თანაფარდობა  $R_1/R_2$  გვიჩვენებს თუ რამდენჯერ აღემატება პირაპირის წინაღობა  $1\text{მ}$  სიგრძის რელსის მთელი მონაკვეთის წინაღობას. ამ თანაფარდობის სიდიდე დატანილია ხელსაწყო სკალაზე. ნახ. 3.2-ზე ნაჩვენებ პირაპირსაზომის შეუძლია გაზომოს ისეთი პირაპირის წინაღობა, რომლის მნიშვნელობა არ აღემატება  $9$  მეტრის ტოლ ექვივალენტურ სიგრძეს, ე.ი. განკუთვნილია მხოლოდ სპილენძის შემაერთებლებისათვის. რეზისტორების წინაღობებს თუ გავზრდით (მათი მნიშვნელობები ნაჩვენებია ფრჩხილებში), შეიძლება ხელსაწყო გაზომვის საზღვარი გავზარდოთ  $200$  მეტრის ტოლ ექვივალენტურ სიგრძემდე, რაც ნებისმიერი ტიპის საპირაპირე შემაერთებლების წინაღობების გაზომვის საშუალებას მოგვცემს

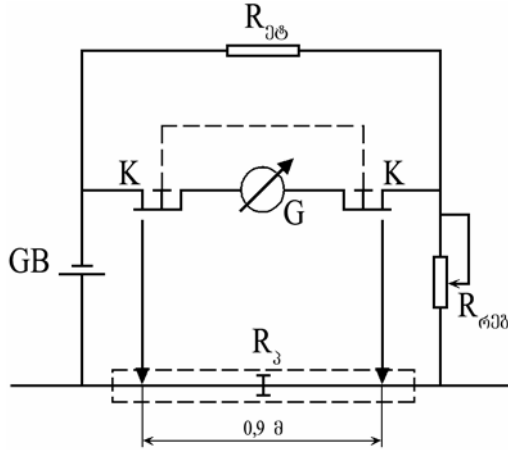
იმ შემთხვევებში, როდესაც საჭირო არ არის პირაპირის წინაღობის გაზომვა და საკმარისია დავადგინოთ, აჭარბებს თუ არა იგი ნორმატულ მნიშვნელობას, შეიძლება გამოვიყენოთ ვოლტმეტრ-ამპერმეტრის მეთოდი (ნახ. 3.3)

აღნიშნულ სქემაზე  $R_3$  არის გასაზომი პირაპირის ფაქტიური წინაღობა, ხოლო  $R_{\text{ეტ}}$  – ეტალონური წინაღობა, რომელიც უნდა ჰქონდეს პირაპირს. მათზე მოდებული ძაბვები შესაბამისად აღვნიშნოთ როგორც  $U_3$  და  $U_{\text{ეტ}}$ ; თუ  $R_3 = R_{\text{ეტ}}$ , მაშინ  $U_3 = U_{\text{ეტ}}$ ;

გალვანომეტრ  $G$ -ს საშუალებით ჯერ გავზომოთ  $U_3$ -ს, ხოლო შემდეგ  $U_{\text{ეტ}}$ -ს მნიშვნელობები; ამ დროს თუ გალვანომეტრის ისარი ერთნაირად გადაიხარა, მაშინ პირაპირის წინაღობა ნორმალურია. თუ  $R_3 \neq R_{\text{ეტ}}$ , მაშინ  $U_3 \neq U_{\text{ეტ}}$  და ამიტომ:

$$R_3 = R_{\text{ეტ}} \cdot (U_3/U_{\text{ეტ}}) \quad (3.3)$$

სადაც  $U_3/U_{\text{გ}}$  გვიჩვენებს თუ რამდენჯერაა გადახრილი პირაპირის წინაღობის ფაქტიური მნიშვნელობა მისი ნორმალური (ეტალონური) მნიშვნელობიდან. აღნიშნული ხელსაწყოს მეშვეობით მნიშვნელოვნად ჩქარდება წინაღობების მნიშვნელობათა მიხედვით პირაპირების დაწუნების პროცესი და საჭირო არ არის ყოველი გაზომვის დროს მოვახდინოთ გამმართველი ბოგირის ბალანსირება.



**ნახ. 3.3.** პირაპირის წინაღობის გაზომვა ვოლტ-ამპერული მეთოდით

საპირაპირე და ისრული შემაერთებლების ელექტრული მთლიანობის შემოწმება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იზოლირებული ისრული უბნების პარალელური განშტოებების ტექნიკური მომსახურების დროს, რადგან ნორმალური რეჟიმის დროს მათში არ გადის სასიგნალო დენები; ამიტომ სარელსო წრედის გაწყვეტისას შუნტური რეჟიმის დროს მივიღებთ მისი სითავისუფლის ყალბ ინფორმაციას, რაც სარელსო წრედებისათვის სახიფათო მტყუნებაა.

თუ არ გვაქვს ზემოთაღნიშნული სარელსო საზომი ხელსაწყო, ნორმალურად უდენო დუბლირებული შემაერთებლებისა და საპირაპირე შემაერთებლების წესიერულობა შეიძლება შევამოწმოთ დენსაზომი ( $II-91$  ტიპის) მარწუხით. ამისათვის განშტოების ბოლოში უნდა მოვახდინოთ ნორმატული შუნტის ზედდება და დავაფიქსიროთ გადის თუ არა თითოეულ შემაერთებელში დენი. აღნიშნული დენსაზომი მარწუხის არქონისას, პარალელური განშტოების ზემოთაღნიშნული

დაშუნტვის შემდეგ შეიძლება გავზომოთ სალიანდაგო რელეზე ნარჩენი ძაბვა. საპირაპირე შემაერთებლების ელექტრული მთლიანობის დროს ამ ძაბვის მნიშვნელობა უნდა იყოს:

— იმპულსური რელეს დროს – მიზიდვის ძაბვის 65%-ზე არაუმეტესი;

— ორელემენტიანი *ACIII*-ტიპის რელეს დროს – ჩამოშვების ძაბვის 85%-ზე არაუმეტესი;

— დანარჩენი რელეების დროს – ჩამოშვების ძაბვის 60%-ზე არაუმეტესი.

ამ დროს თითოეული კონკრეტული სარელსო წრედისათვის გამოანგარიშებული უნდა იყოს ამ ძაბვის დასაშვები მნიშვნელობები.

### 3.5. სარელსო წრედებში პოლარობის (ფაზების)

#### მონაცვლეობის შემოწმება

მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველსაყოფად, დაცული უნდა იყოს მეზობელი სარელსო წრედების რელსებში გამავალი სალიანდაგო დენების პოლარობის (ფაზების) მონაცვლეობა.

აღნიშნული მონაცვლეობის უზრუნველყოფის აუცილებლობა განაპირობა იმ გარემოებამ, რომ მაიზოლირებელი პირაპირების გარღვევის დროს მეზობელ სარელსო წრედებში სასიგნალო დენების პოლარობის (ფაზების) ურთიერთდამთხვევის მიზეზის გამო აღვილი ჰქონდა მოძრავი შემადგენლობის ქვეშ ისრების გადაყვანისა და დაკავებულ ლიანდაგზე მატარებლის მიღების შემთხვევებს. აღმოჩნდა, რომ ამის თავიდან ავიცილებთ, თუ მეზობელი სარელსო წრედების სალიანდაგო რელეების კვებისათვის გამოვიყენებთ:

- მუდმივი დენის სარელსო წრედების შემთხვევაში - განსხვავებული პოლარობის მქონე სასიგნალო დენებს;

- ცვლადი დენის სარელსო წრედების შემთხვევაში - განსხვავებული ფაზების მქონე სასიგნალო დენებს.

ზემოთ აღნიშნული მოთხოვნის დაცვის შემთხვევაში გამოირიცხება პირაპირების გარღვევისას მეზობელი სარელსო წრედიდან შემოსული სასიგნალო დენით სალიანდაგო რელეს ამოქმედებას.

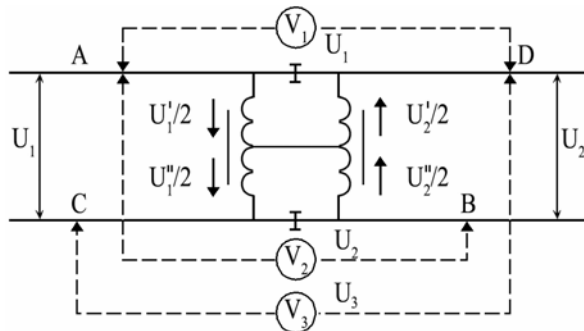
პოლარობის (ფაზების) მონაცვლეობა რეგულარულად უნდა შევამოწმოთ ტექნოლოგიური დათვალიერების გრაფიკის მიხედვით.



გარდა ამისა, ასეთი შემოწმება უნდა ჩავატაროთ სარელსო წრედის მკვებავ ბოლოზე აპარატურის ყოველი შეცვლის, ან საკაბელო ძარღვების, დროსეღური და ბუტლეგური ზღუდარების განრთვასთან დაკავშირებული სამუშაოების დამთავრების შემდეგაც.

მუდმივი დენის იმპულსური ან უწყვეტი კვების სარელსო წრედების გამოყენების შემთხვევაში მეზობელ წრედებში სასიგნალო დენების პოლარობის მონაცვლეობა განისაზღვრება ვოლტმეტრით. ვოლტმეტრი ჯერ უნდა ჩავრთოთ მაიზოლირებელი პირაპირიდან ერთ-ერთ მხარეზე, ხოლო შემდეგ შევცვალოთ მისი ბოლოები და იგი მივაერთოთ პირაპირიდან მეორე მხარეზე. ორივე შემთხვევაში ვოლტმეტრის ისარი თუ ერთიდაიგივე მხარეზე გადაიხარა, მაშინ პოლარობის მონაცვლეობა სწორია.

დაუშვათ, რომ მაიზოლირებელი პირაპირებით ერთმანეთისაგან განცალკევებულია დროსეღ-ტრანსფორმატორის მქონე ორძაფიანი სარელსო წრედები. ნახ. 3.4-ზე ნახვენებია მოცემულ შემთხვევაში პოლარობის მონაცვლეობის შემოწმების სქემა.



**ნახ. 3.4** დროსეღ-ტრანსფორმატორებიანი ორი სარელსო წრედის შეპირაპირების დროს პოლარობის მონაცვლეობის სისწორის შემოწმების სქემა

პოლარობის მონაცვლეობის შესამოწმებლად პირველად  $V_1$  ვოლტმეტრით გავზომოთ  $A$  და  $D$  წერტილებში შორის მოდებული  $U_1$  ძაბვა, რომლისთვისაც სამართლიანია ტოლობა:

$$U_1 = (U_1 + U_2) / 2 \quad (3.4)$$

შემდეგ გავზომოთ  $A$  და  $B$  წერტილებს ( $V_2$  ვოლტმეტრით), ან  $C$  და  $D$  წერტილებს ( $V_3$  ვოლტმეტრით) შორის მოდებული  $U_2$  ძაბვა, რომლისთვისაც სამართლიანია ტოლობა:

$$U_2 = (U_1 - U_2) / 2 \quad (3.5)$$

შესამოწმებელ მეზობელ სარელსო წრედებში დაცული იქნება სასიგნალო დენების ფაზათა მონაცვლეობა, თუ შესრულებული იქნება პირობა:

$$U_1 > U_2 \quad (3.6)$$

დაბრკოლებების ზემოქმედებათა გამო მითითებული გაზომვებით თუ ვერ შევძლებთ დავრწმუნდეთ სრულდება თუ არა (3.6) უტოლობა, მაშინ საჭიროა დავამოკლოთ ერთ-ერთი მაიზოლირებელი პირაპირი და გავაანალიზოთ სალიანდაგო რელეების რეაქცია ამ დამოკლებაზე:

- პირაპირებით თუ განცალკევებულია მეზობელი სარელსო წრედების მკვებავი და რელეური ბოლოები, პოლარობის სწორად მონაცვლეობის შემთხვევაში მაიზოლირებელ პირაპირთან მიერთებულმა სალიანდაგო რელემ უნდა დაუშვას სექტორი;

- მაიზოლირებელი პირაპირების ორივე მხარეზე თუ განთავსებულია მეზობელი სარელსო წრედების რელეური ბოლოები, მაშინ სექტორები უნდა დაუშვას ორივე ბოლოზე არსებულმა სალიანდაგო რელემ.

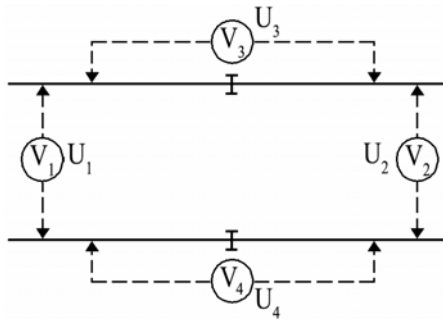
- ერთმანეთის მეზობლად მკვებავი ბოლოების განთავსების შემთხვევაში სექტორი უნდა დაუშვას ერთ-ერთმა სალიანდაგო რელემ მაინც.

დროსელ-ტრანსფორმატორების არმქონე მომიჯნავე სარელსო წრედების შემთხვევაში ფაზების სწორად მონაცვლეობის შემოწმება ხდება ნახ. 3.5-ზე ნაჩვენები სქემით შემდეგნაირად;  $V_1, V_2, V_3, V_4$  ვოლტმეტრებით შესაბამისად გავზომოთ  $U_1, U_2, U_3, U_4$  ძაბვები. პოლარობის მონაცვლეობა სწორია, თუ სრულდება პირობა:

$$\max(U_1; U_2) < \min(U_3; U_4) \quad (3.7)$$

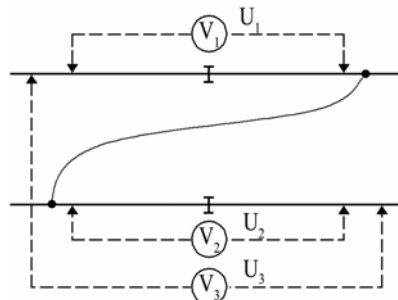
თუ ვერ დავრწმუნდებით სრულდება თუ არა (3.7) პირობა, მაშინ საჭიროა დავამოკლოთ მაიზოლირებელი პირაპირები და

სალიანდაგო რეღეების რეაქცია გავანალიზოთ ისე, როგორც ზემოთ გვქონდა აღნიშნული.



**ნახ. 3.5** დროსელ-ტრანსფორმატორების არმქონე ორი სარელსო წრედის დროს პოლარობის მონაცვლეობის სისწორობის შემოწმების სქემა

ორძაფიანი და ერთძაფიანი სარელსო წრედების შეპირაპირების დროს პოლარობის მონაცვლეობის სისწორის შესამოწმებლად საჭიროა გამოვრთოთ ორძაფიანი სარელსო წრედის მკვებავი ტრანსფორმატორის მეორეულ გრანტილზე მოდებული ძაბვა და დავამოკლოთ მაიზოლირებელი პირაპირები. ორძაფიანი სარელსო წრედის სალიანდაგო რეღემ თუ დაუშვა ღუზა, პოლარობის მონაცვლეობა სწორია, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი არა.



**ნახ. 3.6.** პოლარობის მონაცვლეობის სისწორობის შემოწმება ერთძაფიანი სარელსო წრედების შეპირაპირების დროს

ერთდაფიანი სარელსო წრედების შეპირაპირებისას (იხ. ნახ. 3.6) საჭიროა სრულდებოდეს პირობები:

$$U_3 < U_1, \quad U_3 < U_2. \quad (3.8)$$

რიცხვით კოდური ავტობლოკირების 25 და 50 ჰც სიხშირის სარელსო წრედების შემთხვევაში საჭირო არ არის შევამოწმოთ მომიჯნავე სარელსო წრედებში პოლარობის მონაცვლეობის სისწორე; ამას განაპირობებს ის გარემოება, რომ მეზობელი სარელსო წრედის სასიგნალო დენის ზემოქმედებით ყალბი ამოქმედებისაგან სალიანდაგო რელეს იცავს დეშიფრატორული უჯრედი. დაცულობა მოწმდება სარელსო წრედის დაკავებულობისა და მაიზოლირებული პირაპირების შერთვის დროს. ამ დროს არ უნდა ამოქმედდნენ ყვითელი და მწვანე სიგნალის სასიგნალო რელეები.

### 3.6. სარელსო წრედების შუნტური მგრძობიარ- ობისა და იზოლაციის წინააღობის შემოწმება

სარელსო წრედის შუნტური მგრძობიარობის ნორმატულ ფარგლებში შენარჩუნება მატარებელთ უსაფრთხოდ მოძრაობის უზრუნველყოფის ერთ-ერთი მთავარი პირობაა.

სარელსო წრედის შუნტური მგრძობიარობა უნდა შემოწმდეს როგორც ტექნოლოგიური მომსახურების გრაფიკის მიხედვით, ასევე ამინდის ყოველი მკვეთრი ცვლილების შემდეგ. ამისათვის საჭიროა

- განუშტოებელი ორდაფიანი სარელსო წრედის როგორც მკვებავ, ასევე რელეურ ბოლოზე მოვახდინოთ ნორმატული 0,6 ომის ტოლი წინააღობის ზედდება;

- განუშტოებელი სარელსო წრედის პარალელურ განუშტოებებში სალიანდაგო რელეების არსებობის დროს შუნტური ეფექტი საკმარისია შევამოწმოთ დაშუნტვადი განუშტოების მაკონტროლებელი სალიანდაგო რელეს მიხედვით;

- ერთდაფიან სარელსო წრედებში შუნტური მგრძობიარობის შემოწმებისას შუნტის დადება უნდა მოვახდინოთ სარელსო წრედის მთელ სიგრძეზე ყოველი 100 მეტრის ინტერვალებით;

სარელსო წრედის შუნტური მგრძობიარობა ნორმის ფარგლებშია, თუ:

— ნეიტრალური ტიპის სალიანდაგო რელე მთლიანად დაუშვებს ღუზას;

— დაეშვება ორელემენტის რელეს სექტორი და განითვება მისი ფრონტალური კონტაქტები;

— დენის იმპულსების დროს იმპულსური სალიანდაგო რელეს ღუზა ნაწილობრივ დაიძვრება ადგილიდან, მაგრამ ვერ შეძლება ზურგული კონტაქტების განთვას.

შუნტური მგრძობნიარობა დამოკიდებულია რელსის თავის ზედაპირის სისუფთავეზე. რელსების თავის ზედაპირი თუ დაფარულია ქანგით, საბუქსე საპოხით, თოვლით, სილით ან წილით, მაშინ მკვეთრად იზრდება წინაღობა რელსსა და წყვილთვალის გორვის ზედაპირს შორის. ამან შეიძლება გამოიწვიოს შუნტის დაკარგვა. ძლიერი (-25-დან -35°C-მდე) ყინვების დროს შეიძლება რელსებზე წარმოიქმნას თხელი მაიზოლირებელი აფსკი, რაც ხდება შუნტის დაკარგვის მიზეზი.

ხემოთაღნიშნული ნაკლოვანებები საჭიროა აღმოიფხვრას; კერძოდ რელსების ზედაპირის დაჭუჭყიანებისაგან გასაწმენდად მასზე რამდენჯერმე უნდა გაგატაროთ ლოკომოტივი.

სარელსო ხაზის იზოლაციის შემცირება ძალიან ხშირად იწვევს სარელსო წრედის მტყუნებებს. იზოლაცია ყველაზე ხშირად ზიანდება ისრებზე და მაიზოლირებელ პირაპირებში.

მაიზოლირებელი პირაპირების წინაღობის კონტროლთან დაკავშირებული პრობლემები ჩვენს მიერ საკმაოდ დეტალურად იყო განხილული წინა პარაგრაფში. ახლა განვიხილოთ სარელსო ხაზის ბალასტის წინაღობის კონტროლის პრობლემები.

სარელსო წრედის ხელსაწყოების გამორთვის გარეშე სარელსო ხაზის იზოლაციის (ბალასტის) წინაღობის გასაზომად გამოიყენება **ИСБ-1** ტიპის ხელსაწყო. მისი მუშაობის პრინციპი ეფუძნება გრძელი ხაზის შესასვლელი  $Z_{\text{უკ}}$  წინაღობის გაზომვას, რომელიც ტალღური  $Z_{\text{ტ}}$  წინაღობის ტოლია. ხელსაწყო მუშაობს 5 კჰც სიხშირეზე და გამოდგება მაშინ, როდესაც იზოლაციის წინაღობა იცვლება 0,2-დან 1,0 ომი.კმ ფარგლებში.

მისაღები სიზუსტის უზრუნველსაყოფად სარელსო ხაზის წერტილებთან ამ ხელსაწყოს მიერთების წერტილსა და სარელსო წრედის აპარატურას შორის მანძილი 200-400 მეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს, რადგან ამ დროს სრულდება პირობა:

$$Z_{\text{უკ}} \approx Z_{\text{ტ}}/2 \quad (3.9)$$

იზოლაციის წინაღობის გაზომვა ხდება სარელსო ხაზის შეზღუდული უბნისათვის. თუ გვინდა სარელსო წრედის მთელ სიგრძეზე განვსაზღვროთ იზოლაციის საშუალო კუთრი წინაღობა, მაშინ გაზომვა უნდა მოვახდინოთ რამდენჯერმე (ვთქვათ  $n$ -ჯერ), ყოველ 250-300 მეტრის ინტერვალებით. ამ დროს მთელი სარელსო წრედის იზოლაციის კუთრი წინაღობა ზემოთაღნიშნული გაზომვის შედეგად მიღებული მონაცემებით გამოიანგარიშება ფორმულით:

$$r_{\text{იზ.საშ.}} = \frac{n}{1/r_{\text{იზ.1}} + 1/r_{\text{იზ.2}} + \dots + 1/r_{\text{იზ.n}}} \quad (3.10)$$

სადაც  $r_{\text{იზ.1}}$ ,  $r_{\text{იზ.2}}$ , ...,  $r_{\text{იზ.n}}$  არის 1, 2, ...,  $n$  წერტილებში გაზომვების დროს მიღებული იზოლაციის წინაღობების მნიშვნელობები.

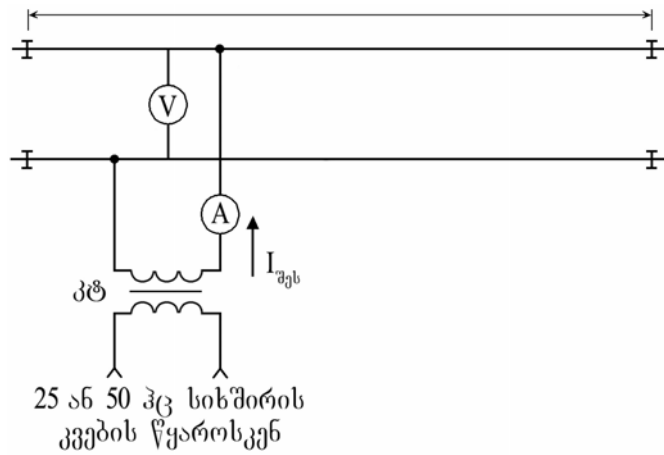
იზოლაციის კუთრი წინაღობა მიახლოებით შეიძლება განვსაზღვროთ 25 და 50 ჰც სიხშირეებზე 1 სიგრძის მქონე და ბოლოში გათიშული სარელსო ხაზის შესასვლელი წინაღობის  $|Z_{\text{შეს.}}|$  მოდულის გაზომვით, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 3.7-ზე.

მოცემული სქემის გამოყენებისას იზოლაციის კუთრი წინაღობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$r_{\text{იზ}} = |Z_{\text{შეს.}}|, \quad (3.11)$$

სადაც  $Z_{\text{შეს.}} = U_{\text{შეს.}}/I_{\text{შეს.}}$ .

იზოლაციის კუთრი წინაღობა თუ 1,0 ომი/კმ-ზე მეტია, მაშინ 25 და 50 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენისათვის გაზომვის ცდომილება არ აღარბეჭდს 10%-ს, ამასთანავე, ცდომილება მით უფრო ნაკლებია, რაც უფრო მეტია იზოლაციის ფაქტიური წინაღობა.



**ნახ. 3.7.** უქმი სვლის მეთოდით იზოლაციის კუთრი  $r_{ოზ}$  წინაღობის გაზომვის სქემა

### 3.7. სარელსო წრედების დარეგულირების საშუაშვლები

ექსპლუატაციის პროცესში სარელსო წრედებმა უნდა დააკმაყოფილოს მუშაობის ძირითადი რეჟიმების მოთხოვნები, რაც მიიღწევა მათი დარეგულირებით.

სარელსო წრედის რეგულირების დროს თითოეული სქემისათვის შედგენილი სარეგულაციო ცხრილის მოთხოვნის შესაბამისად უნდა დაგაყენოთ:

- სარელსო წრედების ბოლოებზე არსებული შემზღუდველი წინაღობების მნიშვნელობები;
- მათანხმებული ტრანსფორმატორებისა და დროსელ-ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტები.
- კვების წყაროს ძაბვის სიდიდე.

კვების წყაროს ძაბვის სიდიდე ისეთი უნდა იყოს, რომ ფართო ზღვრებში ბალასტის (იზოლაციის) წინაღობის ცვლილებისას თავისუფალი სარელსო წრედის სალიანდაგო რელემ საიმედოდ მიიზიდოს ღუზა (სექტორი), ხოლო სარელსო წრედი დაშუნტვის ან რელსის გატეხვის (ამოღების) დროს სალიანდაგო რელემ საიმედოდ უნდა დაუშვას (იმპულსურ წრედებში – არ მიიზიდოს) ღუზა (სექტორი).

ბალასტის მინიმალური წინაღობა თუ არ გადააჭარბებს ნორმატიულ მნიშვნელობას, დარეგულირებული სარელსო წრედი არ მოითხოვს ხელახლა გადარეგულირებას. სამწუხაროდ, რეალურ პირობებში ბალასტის წინაღობა შეიძლება აღმოჩნდეს ნორმალურ სიდიდეზე ნაკლები, რაც ასეთ სარელსო წრედებში მოითხოვს სეზონურ დარეგულირებას.

სარელსო წრედების მტყუნებათა ფუნქციების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს გამოვეყოთ წრედების უმტყუნო მუშაობის უზრუნველყოფის ორი ხერხი:

1) სარელსო წრედების სიგრძეთა ოპტიმიზაცია (მოცემულ შემთხვევაში, შემცირება);

2) სარელსო წრედების ნორმალური რეჟიმის დარეგულირება ბალასტის იზოლაციის წინაღობის დიფერენციალური სიდიდეების გათვალისწინებით; კერძოდ, კვების ძაბვას უნდა მიეცეთ ბალასტის იზოლაციის წინაღობის ზღვრული (დიფერენცირებული) სიდიდის შესაბამისი მნიშვნელობა. ამ დროს დაცული უნდა იყოს შუნტური და საკონტროლო რეჟიმების პირობები, მაგრამ თუ ბალასტის წინაღობის ფაქტიური მნიშვნელობა დასაშვებ ზღვრულ მნიშვნელობაზე (1 ომი.კმ-ზე) ნაკლები აღმოჩნდება, მაშინ ვერ ხერხდება ერთდროულად იყოს დაცული აღნიშნული ორივე რეჟიმის პირობები (ერთ-ერთი რეჟიმის პირობები დაირღვევა). განხილული ხერხის არსს წარმოადგენს ის, რომ ყველა სარელსო წრედისათვის მიღებულია შუნტური გრძნობიერებისა და სარელსო ძაფის გაწყვეტის გრძნობიერების ერთნაირი სიდიდეები.

საიმედოობის ამადლების განხილული ხერხების გამოყენება ტექნიკურ-ეკონომიკური და ორგანიზაციული მიზეზების გამო ძნელი და, გარდა ამისა, გაუმართლებელია, რადგან:

- *ჯერ-ერთი*, სარელსო წრედების სიგრძეთა შემცირება გაართულებს სქემებს და ზრდის მოწყობილობის ღირებულებას, შეამცირებს ავტომატიკის სისტემების (კოდირებად წრედებში – ტრანსლაციის მოწყობილობის) საიმედოობას, გააუარესებს ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის მუშაობას;

- *მეორეც*, სარელსო წრედის არსებული აპარატურის დროს წრედების სიგრძეთა მიხედვით ბალასტის წინაღობის დიფერენცირებული ნორმების შემოღება პრობლემას მხოლოდ ნაწილობრივ გადაწყვეტს, რადგან ბალასტის წინაღობის ფაქტიური მნიშვნელობა ობიექტური პირობების გამო თუ



დასაშვებ ზღვრულ მნიშვნელობაზე ნაკლები აღმოჩნდება, სარელსო წრედებში მტყუნებები მაინც წარმოიშვება.

აღნიშნულის გამო მიზანშეწონილია ბალასტის წინაღობის 1 ომი.კმ-ს ტოლი სიდიდე მიღებული იქნას რელსებისა და ლიანდაგის ზედნაშენის ელემენტების იზოლაციის წინაღობის ნორმატულ სიდიდედ.

ამასთანავე, ბალასტის ზღვრული წინაღობის (ტრანსფორმატორის ზღვრული ძაბვის) მიხედვით წრედის დარეგულირება შეიძლება გამართლებული იყოს მხოლოდ ბალასტის შემცირებული წინაღობიანი ცალკეული სარელსო წრედებისათვის. ბალასტის ნორმატულ წინაღობიან სარელსო წრედებში ასეთმა დარეგულირებამ შეიძლება მოითხოვოს ენერგიის გადამეტებული ხარჯვა და მაკომუტირებელი აპარატურა ჩააყენოს მძიმე პირობებში.

სარელსო წრედების ექსპლუატაციის პრაქტიკიდან ცნობილია, რომ ბალასტის წინაღობის შემცირების დროს წრედების ნორმალური რეჟიმის დარეგულირება შეიძლება განხორციელდეს კვების წყაროს ძაბვის მომატებითა და წრედის ბოლოებში არსებული შემზღუდველი რეზისტორების წინაღობების შემცირებით. ამ დროს ხშირად არ გაითვალისწინება ის, რომ *ძაბვის ამღლება დასაშვებია მხოლოდ გარკვეულ სიდიდემდე მანამ, სანამ არ წარმოიშვება სარელსო წრედის რომელიმე რეჟიმის დარღვევის საშოშროება*. გაანგარიშებების თანახმად, ერთაფიან სარელსო წრედებში ძაბვის ამღლება შეიზღუდება, როგორც წესი, მკვებავი ტრანსფორმატორის ნომინალური ძაბვის ან მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიხედვით, ხოლო დროსელ-ტრანსფორმატორებიან ორაფიან სარელსო წრედებში – შუნტური, ზოგჯერ კი – საკონტროლო რეჟიმის მიხედვით.

ბალასტის წინაღობის შემცირებითა და სარელსო წრედის სიგრძის გაზრდით მისი სარეგულირებელი რესურსი მცირდება. გრძელ სარელსო წრედებში, სადაც ასეთი რესურსები ისედაც შეზღუდულია, ნორმალური რეჟიმის დარეგულირების დროს ამცირებენ შემზღუდველი რეზისტორების წინაღობებს. ეს ამცირებს წრედის ბოლოებიდან შესასვლელ წინაღობებს და იზოლაციის წინაღობის გაზრდის დროს აუარესებს შუნტურ რეჟიმს.

მიუხედავად ამისა, საჭიროა მხედველობაში გვქონდეს, რომ სინამდვილეში ასეთ სარელსო წრედებში ხელსაყრელ მეტეოროლოგიური პირობებში (მშრალ ამინდში) დაჭუჭყიანებული ბალასტის კუთრი წინაღობა 0,5 – 0,8 ომი.კმ-ზე მეტად არ

იზრდება. ამ პირობებში სარელსო წრედს შუნტური მგრძობიარობის მიმართ გააჩნია გარკვეული მარაგი.

დარეგულირების გამო წრედის ბოლოებში აპარატურის ნორმატული პარამეტრების ცვლილების დროს შეიძლება ნაპოვნი იქნეს *ბალასტის კრიტიკული კუთრი წინაღობა, რომლის დროსაც ორბაფიან სარელსო წრედებში ვერ არის უზრუნველყოფილი საკონტროლო რეჟიმის პარამეტრები*. ამ კრიტიკული კუთრი წინაღობის მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს მკვებავი ტრანსფორმატორის დასაშვები მნიშვნელობა. მაგალითად, 75 კვ სისშირის სარელსო წრედის (რომელშიც სალიანდგო რელედ გამოიყენება **HPB 1-110** ტიპის რელე) გადატვირთვის  $K_{ზღვ}=1,2$ , კოეფიციენტს შეესაბამება ბალასტის “შუნტური” წინაღობა 1,5 ომი.კმ. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, კუთრი წინაღობის ზრდა შუნტური რეჟიმის მიხედვით დასაშვებია 0,18 ომი.კმ-დან 1,5 ომი.კმ-მდე.

კვების წყაროს ძაბვის შემცირების მომენტის განსაზღვრის დამხმარე კრიტერიუმად შეიძლება გამოყენებული იქნეს აგრეთვე სალიანდაგო რელეს ძაბვა. იგი წარმოადგენს მკვებავი ტრანსფორმატორზე მოდებული ძაბვისა და ბალასტის “შუნტური” წინაღობის ფუნქციას.

ხემოთ აღნიშნულიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ სარელსო წრედების სწორად დარეგულირებისათვის *სარეგულირებელ ცხრილებში აუცილებელია შევიტანოთ კვების წყაროს ზღვრულად დასაშვები ძაბვები*. ეს ძაბვები გამოანგარიშებული უნდა იყოს შუნტური რეჟიმის მიხედვით იმის გათვალისწინებით, რომ ბალასტის წინაღობა არის მაქსიმალური ( $R_{ბალ.} = \infty$ ) და მინიმალურია წრედის ბოლოებში არსებული შემზღვეველი რეზისტორების წინაღობები. გარდა ამისა, უნდა მოხდეს ძაბვათა მიღებული მნიშვნელობების კორექტირება საკონტროლო და შუნტური რეჟიმების მოთხოვნათა გათვალისწინებით.

სწორად დარეგულირებულ სარელსო წრედში კვების წყაროს ძაბვის მნიშვნელობამ არ უნდა გადააჭარბოს ძაბვის ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობას. კვების წყაროს ძაბვის ფაქტიური მნიშვნელობა თუ უფრო მაღალია, ვიდრე ძაბვის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობა (ზოგჯერ ეს აუცილებელია სარელსო წრედის ფუნქციონირებისათვის), მაშინ მომსახურე პერსონალმა განუწყვეტილად უნდა აკონტროლოს ბალასტის წინაღობის ცვლილება და ამ წინაღობის მკვეთრად გაზრდისას შეამციროს კვების წყაროს ძაბვის მნიშვნელობა.

განსაკუთრებით ხაზი უნდა გავუსვათ იმას, რომ სარელსო წრედის დარეგულირებისას დაუშვებელია სარელსო წრედის ბოლოებში არსებული შემზღუდველი რეზისტორების წინააღობების მნიშვნელობები დასაშვებზე მეტად შევამციროთ. აგრეთვე რელეურ ბოლოზე შევცვალოთ ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

ზემოთაღნიშნულის თანახმად სარელსო წრედის დარეგულირების არსია შემდეგი: სარელსო წრედის სქემისა და სარეგულირებელი ცხრილის შესაბამისად მკვებავ ბოლოზე დაგაყენოთ საჭირო ძაბვა ისე, რომ ნომინალური სიდიდის იყოს წრედის ორივე ბოლოში არსებული შემზღუდველი რეზისტორების წინააღობები, აგრეთვე მათანხმებელი ტრანსფორმატორებისა და დროსელ-ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტები. დარეგულირების პროცესის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნას სარელსო წრედის ელექტრული პარამეტრები, სიგრძე, კვების წყაროს ძაბვის ფაქტიური მნიშვნელობა და ბალასტის მდგომარეობა,

საგადასარბენო სარელსო წრედებისათვის სარეგულირებელი ცხრილები შეესაბამება კვების წყაროს ნომინალურ ძაბვას.

**ИР1-0,3** და **НМШ -0,3** რელეების მქონე მუდმივი დენის იმპულსური სარელსო წრედები უნდა დარეგულირდნენ სარეგულირებელი  $T_1$  ცხრილის მიხედვით (*იხ. ცხრილი 3.2*) ბატარეის 2,2 ვოლტი ძაბვის დროს.

დროსელ-ტრანსფორმატორებიანი 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის კოდური სარელსო წრედები (**ИРВ-110** და **НМВШ-110** ტიპის სალიანდაგო რელეების გამოყენებისას) უნდა დარეგულირდნენ სარეგულირებელი  $T_2$  ცხრილის მიხედვით (იხილეთ *ცხრილი 3.3*).

25 სიხშირის ცვლადი დენის კოდური სარელსო წრედები უნდა დარეგულირდნენ სარეგულირებელი  $T_2$  ცხრილის მიხედვით (იხილეთ *ცხრილი 3.4*).

ნებისმიერი სახის სარელსო წრედებში სალიანდაგო რელეზე მოდებული ძაბვა სარელსო ხაზის ბალასტის მდგომარეობაზე დამოკიდებულებით მით უფრო მეტად ირყევა, რაც მეტია მისი სიგრძე.

მუდმივი დენის იმპულსურ სარელსო წრედებში რელეზე მოდებული ძაბვა ექსპლუატაციის ნებისმიერი პირობის დროს უნდა იყოს 0,084 ვოლტზე არანაკლები და 0,32 ვოლტზე არაუმეტესი. ამგვარად, იმპულსური სარელსო წრედში ბალასტის

მდგომარეობაზე დამოკიდებულებით სალიანდაგო რელეზე მოდებული ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა შეიძლება 3,8-ჯერ აღემატებოდეს მის მინიმალურ მნიშვნელობას. სარეგულირებელ ცხრილში გარდა კვების ბატარეასა და რელეზე მოდებული ძაბვებისა ნაჩვენებია მკვებავ და რელეურ ბოლოებში არსებული შემზღვეველი რეზისტორების წინააღობების მნიშვნელობები.

**ცხრილი 3.2.** სარეგულირებელი  $T_1$  ცხრილი

სარელსო წრედის სიგრძე, მ	ბატარეის ძაბვა, ვ	წინააღობა, ომი		ძაბვა რელეზე, ვ ბალასტის დროს	
		მკვებავი	რელეური	სველი	ჩაყინული
500-მდე	2,2	2,1	1,60	0,084	0,16
500-1000		1,6	1,20		0,20
1000-1500		1,4	0,90		0,24
1500-2000		1,25	0,60		0,28
2000-2250		1,20	0,50		0,29
2250-2500		1,15	0,40		0,31
2500-2600		1,10	0,35		0,32

50 ჰვ სიხშირის ცვლადი დენის სარელსო წრედების სარეგულირებელ ცხრილში ნაჩვენებია მკვებავი ბოლოს სალიანდაგო ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილზე, რელეური ბოლოს რელსებზე, **35Φ-1** ფილტრის შესასვლელსა და სალიანდაგო რელეზე მოდებულ ძაბვათა მნიშვნელობები (იხ. **ცხრ. 3.3**).

25 ჰვ სიხშირის ცვლადი დენის სარელსო წრედების სარეგულირებელ ცხრილში ნაჩვენებია მკვებავი ბოლოს სიხშირული გარდამქმნელის გამოსასვლელზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობები (იხ. **ცხრ.3.4**). რაც შეეხება რელეური ბოლოს რელსებზე, ფილტრსა და სალიანდაგო რელეზე მოდებულ ძაბვებს, მათი მნიშვნელობები მოყვანილია შეყინული (მრიცხველში) და სველი (მნიშვნელში) ბალასტისათვის.

სალიანდაგო რელეზე მოდებული ძაბვის გაზომვისას თუ აღმოჩნდება, რომ მისი მნიშვნელობა აღემატება ნორმას, საჭიროა ნორმამდე მისი დარეგულირება. სალიანდაგო რელეზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა თუ ნორმაზე ნაკლები აღმოჩნდება, ხოლო კვების ტრანსფორმატორზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა ზედა ზღვარს შეესაბამება, მაშინ საჭიროა გულმოდგინედ შევამოწმოთ **სარელსო წრედის მდგომარეობა:**

**ცხრილი 3.3.** სარეგულირებელი  $T_2$  ცხრილი

სარელსო წრედის სიგრძე, მ	ძაბვა კვების ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილზე, ვ	ჩაყენული ბალასტის დროს ძაბვა, ვ		
		რელეური ბოლოს რელსებზე	3ნ0-1 ფილტრის 1-2 მომჭერებზე	რელეზე
500-მდე	27	0,4	5,5	4,5
500-1000	47	0,4	6,0	4,4
1000-1500	65	0,4	6,8	5,1
1500-2000	95	0,6	8,0	5,7
2000-2250	115	0,6	8,9	6,1
2250-2500	140	0,7	9,9	6,6
2500-2600	152	0,7	10,4	6,7

**ცხრილი 3.4.** სარეგულირებელი  $T_3$  ცხრილი

სარელსო წრედის სიგრძე, მ	25 პც კვების სისშირის წყაროს ძაბვა, ვ			
	სისშირის გარდამქმნელის გამოსასვლელზე	რელეური ბოლოს რელსებზე	ფილტრზე	რელეზე
500-მდე		0,33 / 0,30	7,1 / 6,6	4,1 / 3,9
500-1000		0,37 / 0,30	7,9 / 6,6	4,4 / 3,9
1000-1500		0,42 / 0,30	9,1 / 6,6	4,8 / 3,9
1500-2000		0,43 / 0,30	10,6 / 6,6	5,4 / 3,9
2000-2250		0,54 / 0,3	11,6 / 6,6	5,8 / 3,9
2250-2500		0,59 / 0,30	12,7 / 6,6	6,1 / 3,9

- საპირაპირე შემაერთებლების წესივრულობა;
- ბალასტის, მაიზოლირებელი პირაპირების, იზოლაციის სხვა ელემენტების, ჩამიწებების, ზღუდარების მდგომარეობები;
- ნაპერწკლური განმმუხტველებისა და გარე წრედებთან მიერთებული სარელსო წრედის სხვა ელემენტების წესივრულობა.

ორელემენტური სალიანდაგო (*DCM-12* და *DCP-12* ტიპის) რელეებიან სარელსო წრედებში ბალასტის მდგომარეობაზე დამოკიდებულებით სალიანდაგო გრაგნილზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა უნდა დავაყენოთ 14,2 – 46,2 ვოლტის ფარგლებში. ასეთი სარელსო წრედებისათვის შედგენილ სარეგულირებელ ცხრილებში გარდა ძაბვების მნიშვნელობებისა ნაჩვენები უნდა იყოს ადგილობრივი ელემენტების გრაგნილებში გამავალ დენსა და მათზე მოდებულ ძაბვას შორის ფაზური კუთხის მნიშვნელობა.

მუდმივი დენის წვეის მქონე უბნებზე დროსელ-ტრანსფორმატორებიან სარელსო წრედებში სალიანდაგო ელემენტის გრაგნილზე მოდებული ძაბვის ცვლილების ზღვრები მნიშვნელოვნად ნაკლებია, რადგან დროსელ-ტრანსფორმატორებიანი სარელსო წრედების სტაბილურობა გაცილებით მაღალია და სარელსო ხაზის ბალასტის (იზოლაციის) წინააღობის ცვალებადობა უფრო ნაკლებ გავლენას ახდენს ორელემენტური ფაზათმგრძობიარე რელეს სალიანდაგო ელემენტის გრაგნილზე მოდებულ ძაბვაზე

დროსელ-ტრანსფორმატორებიან და ფაზათმგრძობიარე *DCM-12* ტიპის სალიანდაგო რელეს მქონე სარელსო წრედებში კვების ძაბვის მნიშვნელობა შეიძლება ვარიირებდეს 14-დან 21 ვოლტამდე (სარელსო წრედის სიგრძისა და ბალასტის მდგომარეობაზე დამოკიდებულებით), ხოლო ერთი დროსელ-ტრანსფორმატორის მქონე (რომელიც იდგმება მკვებავ ბოლოში) სარელსო წრედებში - 14-დან 25,5 ვოლტამდე.

ერთაფიანი და ფაზათმგრძობიარე *DCM-12* ტიპის სალიანდაგო რელეს მქონე სარელსო წრედებში კვების ძაბვის მნიშვნელობის ვარიირება შეიძლება მოხდეს 14-დან 48 ვოლტამდე.

ორი დროსელ-ტრანსფორმატორის მქონე სასადგურო სარელსო წრედის შემთხვევაში, რომელიც გამოიყენება ცვლადი დენის ელექტროწვეის უბნებზე, სალიანდაგო *DCM-13* ტიპის რელეს სალიანდაგო ელემენტის გრაგნილზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა იცვლება 15,3-დან 19,4 ვოლტამდე ფარგლებში; ეერთდროსელიანი და ერთაფიანი სარელსო წრედებისათვის აღნიშნული ძაბვის მნიშვნელობის ვარიირების ფარგლებია შესაბამისად (15,3 – 23,2) და (15,0 – 25,2) ვოლტი.

მხედველობაში უნდა გვქონდეს ის გარემოება, რომ სარელსო წრედის რელეურ ბოლოზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა იცვლება კვების ძაბვის მნიშვნელობის პროპორციულად. მაგალითად, თუ საჭიროა 10%-ით გაიზარდოს

სალიანდაგო რელეზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა, ამისათვის 10%-ით უნდა გავზარდოთ მკვებავ ბოლოზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა.

სარეგულირებელ ცხრილებში შეუძლებელია სრულად იქნას გათვალისწინებული თითოეული კონკრეტული სარელსო წრედის ყველა თავისებურება და ამიტომ მათში არსებული ძაბვის რეკომენდირებული მნიშვნელობები გარკვეულწილად საორიენტაციო მნიშვნელობებად უნდა ჩაითვალოს; ოღონდ აუცილებელია გვასსოვდეს, რომ **არ უნდა გავცდეთ ძაბვის საორიენტაციო მნიშვნელობის ზედა ზღვარს.** ამის დაცვა აუცილებელია იმის გამო, რომ სალიანდაგო რელეზე მოდებული მაღალი ძაბვა, რომელიც უზრუნველყოფა სარელსო წრედის საიმედო მუშაობას ნორმალურ რეჟიმში, აუარესებს აღნიშნული წრედის შუნტურ მგრძობიარობას. სალიანდაგო რელეს გრაგნილზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობის მკვეთრი ცვლილების დროს აუცილებელია შევამოწმოთ სარელსო წრედის ყველა ელემენტის, უპირველეს ყოვლისა – საპირაპირე შემაერთებლების, წესიერულობა.

ზემოთ მოყვანილი სარეგულირებელი ცხრილები იმის გათვალისწინებითაა შედგენილი, რომ სარელსო ხაზის იზოლაციის წინაღობის მნიშვნელობაა 1 ომი.კმ. ექსპლუატაციის რეალურ პირობებში ცალკეულ უბნებზე იზოლაციის წინაღობა ნორმატულზე ნაკლებია. არსებულ სარელსო წრედებს გაანჩნათ საექსპლუატაციო მარაგი, რომელიც უზრუნველყოფს მათ მუშაობის უნარს იზოლაციის წინაღობის ნორმატულზე რამდენადმე ნაკლები მნიშვნელობის დროსაც. ამ შემთხვევაში კვების წყაროს ძაბვის გაზრდით უმეტეს შემთხვევაში შეიძლება ვუზრუნველყოთ სალიანდაგო რელეზე მინიმალური მუშა ძაბვა. ოღონდ შემდგომში, თუ გაიზარდა იზოლაციის წინაღობა, სალიანდაგო რელეზე შეიძლება მოდებული აღმოჩნდეს სარეგულირებელი ცხრილებით განსაზღვრულ ნორმატულ ძაბვაზე მეტი ძაბვა, რაც დაუშვებელია.

მიმდინარეობს ახალ სარეგულირებელ ცხრილებზე გადასვლა, რომლებშიც კვების ძაბვის მნიშვნელობები განსაზღვრული იქნება კვების ძაბვის როგორც ნომინალური ( $r_{0\phi}=1$  ომი.კმ), ასევე ზღვრული ( $r_{0\phi}<1$  ომი.კმ) მნიშვნელობისათვის. ეს საშუალებსა მოგვცემს სარელსო წრედებს მოვემსახუროთ როგორც ნომინალური, ასევე შემცირებული იზოლაციის (ბალასტის) წინაღობის შემთხვევაში.

მაგალითისათვის განვიხილოთ ასეთი სახის სარეგულირებელი ცხრილი გადასარბენებზე გამოყენებული 50 ჰც სიხშირის ცვლადი დენის კოდური სარელსო წრედებისათვის, რომელთა მკვებავ ბოლოზე გამოყენებულია *DT-0,6* ტიპის, ხოლო რელეურ ბოლოში - *DT-0,2* ტიპის დროსელ-ტრანსფორმატორი (ცხრილი 3.5). ამ ცხრილში სარელსო წრედის სიგრძეზე დამოკიდებულებით მოყვანილია ტრანსფორმატორზე მოდებული *U<sub>ტ.ნომ.</sub>* ძაბვის მნიშვნელობები, რომლებიც შეესაბამება ბალასტის კუთრი წინაღობის ნორმატულ (1 ომი.კმ) მნიშვნელობას; ამასთანავე ნაჩვენებია ტრანსფორმატორის ზღვრული (დასაშვები) *U<sub>ტ.ზღვ.</sub>* ძაბვის მნიშვნელობები, რომლებიც განსაზღვრულია შუნტური და საკონტროლო რეჟიმებისათვის. ამავე გრაფაში ფრჩხილებშია ჩასმული სარელსო ხაზის ბალასტის (იზოლაციის) წინაღობის ზღვრული მნიშვნელობები.

**ცხრილი 3.5.** მოდერნიზებული სარეგულირებელი ცხრილი

სარელსო წრედის სიგრძე, მ	<i>U<sub>ტ.ნომ.</sub></i>	<i>U<sub>ზღვ.</sub></i>	<i>U<sub>ბ.</sub></i>	<i>U<sub>რ.</sub></i>
1000	70	123 (0,17)	0,44 - 0,47	3,6 – 3,9
1500	103	166 (0,25)	0,44 – 0,54	3,6 – 4,4
2000	140	208 (0,36)	0,44 – 0,61	3,6 – 5,0

რელეური ბოლოსათვის ცხრილ 3.5-ში ნაჩვენებია როგორც რელსებზე მოდებული *U<sub>ბ.</sub>*, ასევე სალიანდაგო რელეზე მოდებული *U<sub>რ.</sub>* ძაბვების მნიშვნელობები.

ცხრილ 3.5-ის შესაბამისად იზოლაციის ნორმატული წინაღობის დროს მკვებავი ბოლოს ტრანსფორმატორზე მოდებული ძაბვების მნიშვნელობები სარელსო წრედის სიგრძეზე დამოკიდებულებით მოყვანილია გრაფაში *U<sub>ტ.ნომ.</sub>*; ამ დროს სალიანდაგო რელეზე მოდებული უნდა იყოს ძაბვები, რომლებიც ნაჩვენებია გრაფაში *U<sub>რ.</sub>*

ექსპლუატაციის პროცესში თუ არ შეიცვლება სარელსო ხაზის იზოლაციის წინაღობა (არ დაიწვეს ნორმაზე დაბლა), მაშინ ამგვარად დარეგულირებული სარელსო წრედის გადარეგულირება საჭირო არ იქნება. სარელსო წრედების უმრავლესობისათვის ამით მთავრდება დარეგულირება, რადგან იზოლაციის წინაღობა უმეტეს შემთხვევაში შეესაბამება ნორმას.



ოღონდ ზოგიერთ შემთხვევებში იზოლაციის წინააღმდეგობა შეიძლება ნორმატულზე დაბალი იყოს. ასეთი სარელსო წრედები უნდა დავარეგულიროთ კვების წყაროს ზღვრულად დასაშვები ძაბვის მიხედვით, რომელთა მნიშვნელობები მოყვანილია გრაფაში 5.6. ამ შემთხვევაში ვიყენებთ ძირითადი რეჟიმების, ძირითადად, შუნტური რეჟიმის მიხედვით აპარატურისა და სქემის საექსპლუატაციო მარაგს. კვების წყაროს ძაბვამ არ უნდა გადააჭარბოს ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობას, წინააღმდეგ შემთხვევაში ბალასტის იზოლაციის მკვეთრი გადიდების დროს შეიძლება ვერ შესრულდეს შუნტური რეჟიმი (“დაიკარგოს” შუნტი).

გამონაკლისის შემთხვევებში კვების ძაბვას დროებით მიეცემა ზღვრულად დასაშვებზე მაღალი მნიშვნელობა, საჭიროა განუწყვეტლივ მოხდეს იზოლაციის (ბალასტის) წინააღმდეგ ცვლილებაზე დაკვირვება და მისი მკვეთრი გაზრდის დროს შემცირდეს კვების წყაროს ძაბვა.

სარელსო წრედის სიგრძის გაზრდით მცირდება სარეგულირებელი მარაგები. მაგალითად განვიხილოთ 25, 50 და 75 ჰც სიხშირის სარელსო წრედები, რომელთა სიგრძეები იქნება 1000 და 2000 მეტრი. პირველ შემთხვევაში (როდესაც სარელსო წრედის სიგრძე 1000 მეტრია) სარელსო წრედის მუშაობის უნარი შენარჩუნებული იქნება თუ ზემოთაღნიშნული სიხშირეებისათვის სარელსო წრედის ბალასტის (იზოლაციის) წინააღმდეგობა შესაბამისად შემცირდება 0.16 ომი.კმ-მდე, 0.17 ომი.კმ-მდე და 0.18 ომი.კმ-მდე; მეორე შემთხვევაში (2000 მეტრის სიგრძის სარელსო წრედის შემთხვევაში) კი შესაბამისი წინააღმდეგობა იქნება 0,32; 0,36 და 0,42 ომი.კმ.

სარელსო წრედის ზღვრული სიგრძე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სალიანდაგო მიმდების დაბრუნების დაყვანილი  $K_{დ}^I$  კოეფიციენტზე. კოდური სარელსო წრედისათვის  $K_{დ}^I=0,75$ , ხოლო ფაზათმგრძობიარე სარელსო წრედისათვის –  $K_{დ}^I=0,4$ . პირველ შემთხვევაში 50 ჰც სიხშირის სასიგნალო დენის დროს 2000 მეტრი სიგრძის სარელსო წრედის მუშაობის უნარი შენარჩუნდება იზოლაციის წინააღმდეგობის შემცირებისას 0.36 ომი.კმ-მდე, ხოლო მეორე შემთხვევაში იგივე სიხშირის სასიგნალო დენის დროს მუშაობის უნარის შესანარჩუნებლად საჭიროა იზოლაციის წინააღმდეგობა 0,6 ომი.კმ-ზე ქვემოთ არ ჩამოვიდეს.

### 3.8. სარელსო წრედების საიმედოდ

#### ფუნქციონირების საპირობები

ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სარკინიგზო სისტემების ფუნქციონირების სპეციფიკაზე დამოკიდებულებით მათი შესაძლო მტყუნებების მთელი სიმრავლე, როგორც ამას პირველ თავში ავლინავდით, შეიძლება დაიყოს დაცვითი და სახიფათო მტყუნებათა ქვესიმრავლეებად. მტყუნებათა საერთო სიმრავლის ასეთ ქვესიმრავლეებად დაყოფა სამართლიანია სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემათა შემადგენელი ცალკეული მოწყობილობებისა და მათ შორის სარელსო წრედებისათვისაც.

**სარელსო წრედების დაცვითი მტყუნებები** ეწოდება ისეთ მტყუნებებს, რომელთა დროსაც სალიანდაგო მიმღებების მიერ ყალბად (საკონტროლო იზოლირებული უბნების ფაქტიური სითავისუფლის დროს) ფორმირდება უბნების დაკავებულობის ინფორმაცია.

**სარელსო წრედების სახიფათო მტყუნებები** ეწოდება ისეთ მტყუნებებს, რომელთა დროსაც სალიანდაგო მიმღებების მიერ ყალბად (საკონტროლო იზოლირებული უბნების ფაქტიური დაკავებულობის დროს) ფორმირდება უბნების სითავისუფლის ინფორმაცია.

პირველი სახის მტყუნებები იწვევს თავისუფალი იზოლირებული უბნების გადამღობ შუქნიშნებზე ყალბად ამრძალავი (წითელი) შუქის ანთებას. ეს არის მოძრაობის გრაფიკის დარღვევის (მოძრაობის შეჩერების) მიზეზი, მაგრამ მგზავრების ჯანმრთელობა, აგრეთვე ტვირთებისა და თავად მოძრავი შემადგენლობის მთლიანობა დაცულია. ამიტომ უწოდებენ მათ დაცვით მტყუნებებს.

მეორე სახის მტყუნებები იწვევს დაკავებული იზოლირებული უბნების გადამღობ შუქნიშნებზე ყალბად ნებადამრთავი (მწვანე ან ყვითელი) შუქის ანთებას. ეს მოძრავე შემადგენლობას უფლებას აძლევს შევიდეს დაკავებულ უბანზე, რაც შეიძლება გახდეს (მემანქანემ თუ ვერ მოასწრო სათანადო არაორდნარული ქმედებების დროული განხორციელება) ავარიის მიზეზი; ასეთი მტყუნება სახიფათოა მგზავრების ჯანმრთელობის, აგრეთვე ტვირთებისა და თავად მოძრავი შემადგენლობის მთლიანობისათვის. ამიტომ უწოდებენ მათ სახიფათო მტყუნებებს.

სარელსო წრედების საიმედოდ ფუნქციონირების რაოდენობრივად შეფასებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ ისეთი ალბათური რაოდენობრივი მახასიათებლები, როგორებიცაა:  $t$  დროის განმავლობაში უმტყუნოდ მუშაობის  $P(t)$  ალბათობა და ამ პერიოდში მტყუნების წარმოშობის  $Q(t)$  ალბათობა; მტყუნებების  $\lambda$  ინტენსიურობა, მზადყოფნის  $K_{გდ.}$  კოეფიციენტი, მტყუნებამდე საშუალო  $T_{ნ.მ.}$  ნამუშევრობა (ნამუშევრობის მათემატიკური ლოდინი), მუშაობის უნარის აღდგენის საშუალო  $T_{აღდ.}$  დრო (აღდგენის მათემატიკური ლოდინი).

**მტყუნო მუშაობის ალბათობა  $P(t)$  (Survival probability)**

ეწოდება იმის ალბათობას, რომ მოცემული ნამუშევრობის (იხილეთ პარაგრაფი 2.2) პერიოდში არ წარმოიშვება ობიექტის მტყუნება. თუ  $N$  არის ერთეობური ობიექტების (ელემენტების, მოწყობილობების, სისტემების) რაოდენობა, ხოლო  $n(t)$  – იმ ობიექტების რაოდენობა, რომელთა მტყუნება მოხდა დროის განხილულ  $0 - t$  მონაკვეთში, მაშინ:

$$P(t) = \frac{N - n(t)}{N} \quad (3.12)$$

**მტყუნებების წარმოშობის ალბათობა  $Q(t)$**  ეწოდება იმის ალბათობას, რომ მოცემული ნამუშევრობის პერიოდში მოხდება ობიექტის მტყუნება. ცხადია, რომ:

$$Q(t) = \frac{n(t)}{N} \quad (3.13)$$

$$P(t) + Q(t) = 1 \quad (3.14)$$

**მტყუნებამდე საშუალო ნამუშევრობა  $T_{ნაგ}$  (Mean time to failure)**

არის ობიექტის პირველ მტყუნებამდე ნამუშევრობის მათემატიკური ლოდინი, ხოლო **მუშაობის უნარის აღდგენის საშუალო დრო  $T_{აღდ}$  (Restoration mean time)** – ობიექტის მიერ მუშაობის უნარის მქონე მდგომარეობის აღდგენის დროის მათემატიკური ლოდინი.

ორივე ზემოთ ფორმირებულ განმარტებაში გამოყენებულია მათემატიკური ლოდინის ცნება, რომელსაც სხვანაირად **საშუალო მნიშვნელობასაც** უწოდებენ (ამითაა განპირობებული ზემოთ მოყვანილ ცნებებში ტერმინ “საშუალოს” არსებობა). ვთქვათ,  $X$  არის დისკრეტული ტიპის შემთხვევითი სიდიდე, რომლის შესაძლო მნიშვნელობებია  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ; ამასთანავე, განხილული შემთხვევითი სიდიდის მიერ  $x_i, i=1, 2, \dots, n$  მნიშვნელობის მიღების ალბათობა იყოს  $p_i, i=1, 2, \dots, n$ .

**შემთხვევითი  $X$  სიდიდის მათემატიკური ლოდინი** (ანუ, **საშუალო მნიშვნელობა**) ეწოდება ამ შემთხვევითი სიდიდის შესაძლო მნიშვნელობათა შესაბამის ალბათობებზე ნამრავლთა ჯამს და პირობითად აღინიშნება, როგორც  **$E(X)$** , ე.ი.:

$$E(x) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n \quad (3.15)$$

**მზადყოფნის კოეფიციენტი  $K_{ფდ}$**  ეწოდება იმის ალბათობას, რომ ობიექტი აღმოხნდება მუშაობის უნარის მქონე მდგომარეობაში დროის ნებისმიერ მომენტში, გარდა იმ მომენტებისა, რომელთა დროსაც გათვალისწინებული არ არის დანიშნულებისამებრ ობიექტის გამოყენება. იგი შეიძლება გამოვითვალოთ შემდეგი ფორმულით:

$$K_{ფდ} = T_{ნაგ} / (T_{ნაგ} + T_{აღდ}) \quad (3.16)$$

**მტყუნებების ინტენსიურობა  $\lambda$  (Failure rate)** ეწოდება არააღდგენადი ობიექტის მტყუნების ალბათობის პირობით სიმკვრივეს,

რომელიც განისაზღვრება დროის განსახილველი მომენტისათვის იმ პირობით, რომ ამ მომენტამდე მტყუნება არ მომხდარა.

ზემოთმოყვანილ განმარტებაში გამოყენებულია მტყუნების ალბათობის სიმკვრივის ცნება.

მტყუნება შემთხვევითი სიდიდეა და, ისევე როგორც ყველა შემთხვევითი სიდიდე, დროში გარკვეული ( მაგალითად, ნორმალური, ბინომიალური, ან ექსპონენციალური და ა.შ.) კანონის მიხედვით არის განაწილებული. აქედან გამომდინარე, მტყუნებათა განაწილების მოცემა შეიძლება განაწილების ფუნქციების საშუალებით.

**მტყუნებათა ალბათობის სიმკვრივე** ეწოდება აღნიშნული მტყუნებების განაწილების ფუნქციის წარმოებულს.

**პრაქტიკულად . მტყუნებათა ალბათობის სიმკვრივე გვიჩვენებს** დროის ერთეულ შუალედში მოხვედრილი შემთხვევითი სიდიდის მიერ მიღებულ რიცხვითი მნიშვნელობების რაოდენობას (რამდენ რიცხვით მნიშვნელობას იღებს დროის ერთეულ შუალედში).

მტყუნებების  $\lambda$  ინტენსიურობით შეიძლება განვსაზღვროთ უმტყუნო მუშაობის  $P(t)$  ალბათობა და მტყუნებამდე საშუალო  $T_{საშ.}$  შემდეგი ფორმულებით

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3.17)$$

$$T_{აღდ.} = 1/\lambda \quad (3.18)$$

აღნიშნული მახასიათებლებით შეიძლება შეფასდეს სისტემის დაცულობა როგორც სახიფათო ( $P_{სახ.}(t)$ ,  $Q_{სახ.}(t)$ ,  $K_{მზდ.სახ.}$ ,  $\lambda_{სახ.}$ ,  $T_{ნამსახ.}$ ,  $T_{აღდ.სახ.}$ ) ასევე დაცვითი ( $P_{დაც.}(t)$ ,  $Q_{დაც.}(t)$ ,  $K_{მზდ.დაც.}$ ,  $\lambda_{დაც.}$ ,  $T_{ნამდაც.}$ ,  $T_{აღდ.დაც.}$ ) მტყუნებებისაგან. ეს მახასიათებლები ზემოთ განხილული მახასიათებლების ანალოგიურია, მაგრამ მათი გამოთვლის დროს გაითვალისწინება შესაბამისად მხოლოდ სახიფათო და დაცვითი მტყუნებები.

ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასაღვურო და საგადასარბენო სისტემების ექსპლუატაციის თავისებურებაა ის, რომ მოძრაობისადმი დაცვითი მტყუნებები შეიძლება შეჩერდნენ. მაგალითად, შემაერთებლის გაწვევებისა და სგადასარბენო ან სასაღვურო შუქნიშანზე წითელი შუქის ანთების დროს საექსპლუატაციო მუშაკებმა უნდა უზრუნველყონ მატარებელთა მოძრაობის ორგანიზება არსებული ინსტრუქციების შესაბამისად და თავიანთ თავზე აიღონ პასუხისმგებლობა უსაფრთხოების დაცვაზე. ავარია შეიძლება მოხდეს მხოლოდ საექსპლუატაციო მუშაკების არასწორი მოქმედებების შედეგად.

სტატისტიკით დადგენილია, რომ შექმნილ გარემოებებზე დამოკიდებულებით ადამიანი ერთ შეცდომას უშვებს მის მიერ  $10^3 - 10^4$  რაოდენობის ოპერაციის ჩატარებისას (გარემოებები განსაზღვრება სამუშაო პირობებით, ადამიანის მდგომარეობით და ა. შ.).

ზემოთ აღნიშნული მოსაზრებებიდან გამომდინარე რკინიგზის ტრანსპორტზე ავარიის ალბათობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q_{აგ}(t)=[Q_{სახ}(t)+Q_{დაც}(t) \cdot Q_{შეც}(t)]Q_{სიტ}(t), \quad (3.19)$$

სადაც  $Q_{სახ}(t)$  და  $Q_{დაც}(t)$  შესაბამისად არის სახიფათო და დაცვითი მტყუნებათა ალბათობა,  $t_{ად}$  - ადღგენისათვის საჭირო დრო,  $Q_{შეც}(t_{ად})$  - ადღგენის პერიოდში საექსპლუატაციო მუშაკის მიერ დაშვებული შეცდომის ალბათობა,  $Q_{სიტ}(t_{ად})$  - ადღგენის პერიოდში აგარიის ხელშეწყობი სამატარებლო სიტუაციის წარმოშობის ალბათობა.

(3.19) ფორმულიდან ჩანს, რომ მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოება დამოკიდებულია არა მარტო სახიფათო, არამედ დაცვით მტყუნებებზეც, ამიტომ სწორი არ არის  $Q_{სახ}(t)$  -ს შემცირება მოუახდინოთ  $Q_{დაც}(t)$  -ს გაზრდის ხარჯზე.

საჭიროა ზუსტად იქნას ფორმულირებული საიმედოობის უზრუნველყოფის მოთხოვნები, რომელთა უპირობო დაცვა აუცილებელია სარელსო წრედების შექმნის (სინთეზის) პროცესის დროს. რაოდენობრივად ეს მოთხოვნები შეიძლება ჩამოვყალიბოთ ისეთი სახით, რომლის დროსაც მოცემული იქნება უმტყუნოდ მუშაობის ალბათობის, მტყუნებაზე ნამუშევრობის საშუალო დროის, მზადყოფნის კოეფიციენტის და ა.შ. საკონტროლო სიდიდეები; დამუშავებული (სინთეზირებული) სარელსო წრედის შესაბამისი მანვერებლების სიდიდეები არ უნდა ჩამოუვარდებოდეს აღნიშნულ საკონტროლო სიდიდეებს.

ცხადია, რომ საიმედოობის რაოდენობრივი მანვერებლები სათანადოდ უნდა იყოს დასაბუთებული. მათი უზრუნველყოფა უნდა იყოს როგორც შესაძლებელი, ასევე ეკონომიკურად გამართლებულიც. საიმედოობის პარამეტრების დასაბუთების მეთოდებია:

- მტყუნებათა შედეგების ანალიზი;
- წარმოებასა და ექსპლუატაციაზე საჭირო მინიმალური ჯამური დანახარჯების ოპტიმიზაციის მოთხოვნები;
- საექსპერტო შეფასებები და ა.შ.

მიღებულია, რომ სახიფათო მტყუნების ალბათობამ არ უნდა გადააჭარბოს  $10^{-11}$  -ს, ხოლო იმ მტყუნებების ალბათობა, რომლებსაც სისტემა გადააჭყავს არამუშა მდგომარეობაში,  $10^{-5}$  -ზე ნაკლები უნდა იყოს.

ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდისათვის დამახასიათებელია, ის რომ დროში მტყუნებების ინტენსიურობა მუდმივია, ე. ი.  $\lambda = \text{const}$ . ამ პერიოდში ვლინდება **უეცარი მტყუნებები** (იხ. პარაგრაფი 3.1).

უეცარი მტყუნება წარმოიშვება ელემენტის რომელიმე პარამეტრის (საპირაპირე შემაერთებლის ან რეზისტორის გაწყვეტის დროს - წინაღობის, კონდენსატორის გაწყვეტის ან დამოკლების დროს - ტევადობის და ა.შ.) მყისიერი ცვლილებით.

უეცარი მტყუნებებისათვის მოქმედებს საიმედოობის **ექსპონენციალური კანონი**, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს

მტყუნებების *ღ* ინტენსიურობასა და *0*-დან *t*-მდე დროის მონაკვეთში უმტყუნო მუშაობის ალბათობას, როგორც ეს ნაჩვენებია (3.17) ფორმულით.

სარელსო წრედის საიმედოობის მახევენებლები უნდა გაითვალისწინოს მისი ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდისათვის. ამ დროს საწყის მასალას წარმოადგენს ცალკეული ელემენტების მტყუნებების ინტენსიურობები, რომლებიც მიიღება საექსპლუატაციო გამოცდების საფუძველზე. დანართ 2-ში მოყვანილია სარელსო წრედების, აგრეთვე ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სარკინიგზო სისტემების ყველაზე გავრცელებული ხელსაწყოებისა და ელემენტების მტყუნებათა საშუალო მნიშვნელობები.

სარელსო წრედების საიმედოობის მახევენებლების გამოთვლის დროს ითვლება, რომ მისი სქემის ყველა ელემენტი მიმდევრობითაა შეერთებული. მიმდევრობითი შეერთების დროს სისტემის მტყუნება ხდება მისი ნებისმიერი ელემენტის მტყუნების დროს.

მუდმივი დენის ელექტროწვევის მქონე უბანზე რიცხვით-კოდური ავტობლოკირების სარელსო წრედის აპარატურის საიმედოობის ახგარიშით დადგენილია, რომ მტყუნებადღე მისი ნამუშევრობის საშუალო დრო

$T_{\text{სა}} = 45000$  სთ  $\approx 5$  წელს. ეს ნიშნავს, რომ ხუთი წლის ექსპლუატაციის პერიოდში შეიძლება წარმოიშვას სახიფათო მტყუნება აღნიშნულ სარელსო წრედში.

ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდის გასვლის შემდეგ ელინდება აპარატურაში (სარელსო წრედებში) ცვეთისა და ბუნებრივი დაძველებით გამოწვეული **თანდათანობითი მტყუნებები** (იხ. პარაფრაფი 3.1). მათი გამომწვევი მიზეზია ის, რომ ელემენტების პარამეტრები ცდებიან დასახული და შევების ფარგლებს. მაგალითად, ექსპლუატაციის ხანგრძლივობაზე დამოკიდებულებით იზრდება რელეს ამოქმედების ძაბვა, მაღლდება კონტაქტების გარდამავალი წინაღობა, იცვლება კონდენსატორთა ტევადობები, დროსულ-ტრანსფორმატორების საპარო დრენოთა სიდიდეები და მაგნიტური მასალის თვისებები, რაც ცვეთის საანგარიშო მახასიათებლებს და ა. შ. ელემენტების პარამეტრების ცვლილების გამო იცვლება სალიანდაგო მიძლების შესასვლელზე მოსული სიგნალი, ამასთანავე მერყევი ხდება სალიანდაგო მიძლების ამოქმედების ზღვრების მნიშვნელობა. სარელსო წრედის ელემენტთა პარამეტრებია ზემოთხამოთვლილმა და სხვა მოსალოდნელმა ცვლილებებმა შეიძლება დაარღვიოს მისი მუშაობის რეჟიმები, ე. ი. წარმოიშვას მტყუნება. ტექნიკური მომსახურების მიზანია აღმოფხვრას თანდათანობითი მტყუნებები. სტატისტიკური მონაცემების თანახმად სარელსო წრედების მტყუნებებიდან 20% წარმოადგენს უეცარ (ე.ი. მოულოდნელ) მტყუნებებს, 60% - თანდათანობით მტყუნებებს, ხოლო 20% ამოვარდნის სახის მტყუნებებს.

სარელსო წრედები მიეკუთვნება ალდგენადი მოწყობილობების კლასს.

სარელსო წრედის აღდგენის პროცესი ეწოდება პროცესს, რომლის მიზანია აღმოაჩინოს და აღმოფხვრას ისეთი ალბათური მტყუნებები, რომლებიც უკვე მოხდა, ან რომელთა მოხდენის პროცესი იწყება.

სარელსო წრედის აღდგენის პროცესის ერთ-ერთი დამახასიათებელი პარამეტრია **აღდგენის დრო**. იგი შემთხვევითი სიდიდეა, რომელიც მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. ამ ფაქტორებიდან, მაგალითად, შეიძლება გამოვეყნოთ მტყუნებების აღმოჩენისა და აღმოფხვრისადმი სარელსო წრედის მომარჯვებულობა, მომსახურე პერსონალის მომზადების დონე, სათადარიგო და სატრანსპორტო საშუალებების არსებობა და ა.შ.

სარელსო წრედების აღდგენადობის შესაფასებლად შეიძლება გამოყენებული იქნას ისეთი მახასიათებელი, როგორცაა, მაგალითად, **აღდგენის საშუალო დრო**, რომელიც შემდგენიერად განისაზღვრება:

$$T_{\text{ად.}} = T_{\text{მისვ.}} + T_{\text{აღმ.}} + T_{\text{აც.}} \quad (3.20)$$

სადაც,  $T_{\text{მისვ.}}$  არის მტყუნების აღვილაშდე მისვლის საშუალო დრო,  $T_{\text{აღმ.}}$  – მტყუნების აღმოჩენის საშუალო დრო,  $T_{\text{აც.}}$  – მტყუნების აღმოფხვრის საშუალო დრო.

**დანართ 2-ში** მოყვანილია სხვადასხვა ტიპის სარელსო წრედებისათვის აღდგენის საშუალო დროის განსაზღვრისათვის აუცილებელი პარამეტრების მნიშვნელობები.

## თ ა ვ ი 4

## წერტილოვანი სალიანდაბო გადაწყვეტილებები

## 4.1. ზოგადი ცნობები გადაწყვეტილების შესახებ

ტვირთებისა და მგზავრთა ნაკადების გასაზრდელად საჭიროა რკინიგზის გამტარობისა და გადაზიდვების უნარის განიწყვეტელი ამალგება. აღნიშნული მოთხოვნა სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადაგურო სისტემების წინაშე ახალ ამოცანებს აყენებს. მათი გადაწყვეტისათვის საჭირო ხდება გაფართოვდეს აღნიშნული სისტემების ფუნქციონალური შესაძლებლობები, რაც შეუძლებელია სისტემის ფუნქციონირებისათვის აუცილებელი მონაცემთა ბაზის გაზრდის გარეშე. კერძოდ, აღნიშნული ბაზა საჭიროა შეივსოს მატარებელთა მოძრაობის პარამეტრების გამომხატველი დამატებითი მონაცემებით, რომელთა ფორმირებისათვის წარმატებით გამოიყენება სხვადასხვა სახის გადაწყვეტილებები.

**გადამწოდი** ეწოდება პირველად გარდამქმნელს, სისტემის სასიგნალო, საზომი, მარეგულირებელი ან მმართველი მოწყობილობის ელემენტს, რომელიც კონტროლდაქვემდებარებულ სიდიდეს (წნევას, ტემპერატურას, სიხშირეს, სინქარეს, გადაადგილებას, ძაბვას, ელექტრულ დენს და სხვ.) გარდაქმნის სიგნალად, რომლის მეშვეობითაც შეიძლება ამ სიდიდეთა გაზომვა, გადაცემა, გარდაქმნა, შენახვა და რეგისტრაცია, აგრეთვე მართვად პროცესებზე ზემოქმედება.

უცხოურ ლიტერატურაში ნაცვლად ტერმინისა **“გადამწოდი”** უფრო ხშირად გამოიყენება ტერმინი **“სენსორი”**. იგი წარმოქმნილია ინგლისური სიტყვისაგან **“Sense”**, რაც ქართულად ითარგმნება, როგორც “შეგრძნება”, “გრძნობა”. ქართულ სამეცნიერო ლიტერატურაში დამკვიდრებული ტრადიციის შესაბამისად ჩვენ გამოვიყენებთ ტერმინს “გადამწოდი”.

ზემოთ მოყვანილი განმარტების თანახმად გადაწყვეტილების დანიშნულებაა გარკვეული სახის სიგნალის ფორმირება. **სიგნალი** (ლათ. **Signum** – ნიშანი) ეწოდება მხედველობით, ბგერით ან სხვა პირობით ნიშანს, ფიზიკურ პროცესს ან მოვლენას, რომელიც



იძლევა ინფორმაციას რაიმე მოვლენის, ობიექტების მდგომარეობის ანდა მართვის ბრძანების, შეტყობინების და ა.შ. გადაცემის შესახებ. სიგნალების ერთობლიობის საშუალებით შესაძლებელია ნებისმიერი რთული მოვლენის წარმოდგენა.

გადამწოდები წარმოადგენენ როგორც ცოცხალი ორგანიზმების არსებობისათვის, ასევე ხელოვნურად შექმნილი ავტომატური სისტემების თუ მოწყობილობების ფუნქციონირებისათვის აუცილებელ საშუალებებს, რომლებითაც ისინი გარე სამყაროდან იღებენ საჭირო ინფორმაციებს. მაგალითად, ადამიანისათვის ბუნებრივი გადამწოდებია შეგრძნებათა ორგანოები – თვალი, ყური, ენა, ცხვირი და კანი; ისინი აღიქვამენ ადამიანზე გარედან განხორციელებულ ზემოქმედებებს და ორგანიზმის მიერ გამოთქმულ ენერგიათა გარდაქმნის გზით ახდენენ გარკვეული სიგნალების ფორმირებას, რომელთა ზემოქმედების შესაბამისად ტვინი წარმოშობს მხედველობის, სმენის, გემოვნების, ყნოსვისა და შეხების შეგრძნებებს. ადამიანის ქმედებები მნიშვნელოვანწილად სწორედ ამ შეგრძნებებით განისაზღვრება.

ზემოთ მოყვანილი ბუნებრივი გადამწოდების ფუნქციონირების განხილვა გვიჩვენებს, რომ გადამწოდი უნდა შეიცავდეს ენერგიის წყაროს, აღმქმელ (მგრძნობიარე) ელემენტს, ენერგიის გარკვეული სახის გარდაქმნელსა და შემსრულებელ ელემენტს. ნახ. 4.1-ზე ნაჩვენებია გადამწოდის აგებულების ზოგადი სტრუქტურული სქემა.

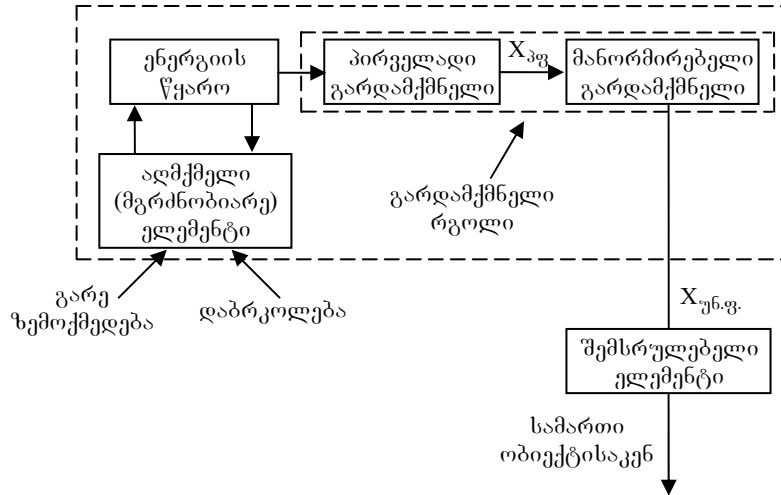
**აღმქმელი (მგრძნობიარე) ელემენტი** ეწოდება ელემენტს, რომელიც აღიქვამს გადამწოდზე განხორციელებულ ზემოქმედებას და მის შესაბამისად მოქმედებს ენერგიის წყაროზე.

აღმქმელი (მგრძნობიარე) ელემენტის სივრცეში და დროში განფენილობის მიხედვით განასხვავებენ უწყვეტი და წერტილოვანი სახის გადამწოდებს.

**უწყვეტი სახის გადამწოდები** ეწოდება გადამწოდებს, რომლის აღმქმელი (მგრძნობიარე) ელემენტიც სივრცესა და (ან) დროში უწყვეტად ზემოქმედებს აღსაქმელი მოვლენა. აღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება განვასხვაოთ სივრცულად და დროში უწყვეტი გადამწოდები.

სივრცულად უწყვეტი სახის ხელოვნური გადამწოდების მაგალითია სარელსო წრედები და სალიანდაგო არხები. პირველ შემთხვევაში აღმქმელი ელემენტიცაა სარელსო ძაფები, ხოლო მეორე შემთხვევაში – სალიანდაგო შლეიფები. ისინი აღიქვამენ მოძრავი შემადგენლობის არსებობა – არარსებობას აღნიშნული

შემადგენლობის შესაძლო გადაადგილების მთელ მონაკვეთზე. აღნიშნული გადამწოდების აღმქმელი ორგანოები მოძრავი შემადგენლობის შესაძლო გადაადგილების მთელი მონაკვეთის ფარგლებშია სივრცულადაა განფენილი. დროში უწყვეტი ხელოვნური გადამწოდის მაგალითია თერმომეტრი, რომელიც დროში უწყვეტად აღიქვამს გარემოს თბურ ზემოქმედებას და მას სათანადოდ გარდაქმნის.



**ნახ. 4.1.** გადამწოდის აგებულების ზოგადი სტრუქტურული სქემა

*სივრცულად უწყვეტი სახის ხელოვნური გადამწოდების* მაგალითია სარელსო წრედები და სალიანდაგო არხები. პირველ შემთხვევაში აღმქმელი ელემენტია სარელსო ძაფები, ხოლო მეორე შემთხვევაში – სალიანდაგო შლეიფები. ისინი აღიქვამენ მოძრავი შემადგენლობის არსებობა – არარსებობას აღნიშნული შემადგენლობის შესაძლო გადაადგილების მთელ მონაკვეთზე. აღნიშნული გადამწოდების აღმქმელი ორგანოები მოძრავი შემადგენლობის შესაძლო გადაადგილების მთელი მონაკვეთის ფარგლებშია სივრცულადაა განფენილი. **დროში უწყვეტი ხელოვნური გადამწოდის** მაგალითია თერმომეტრი, რომელიც

დროში უწყვეტად აღიქვამს გარემოს თბურ ზემოქმედებას და მას სათანადოდ გარდაქმნის.

გარდა უწყვეტი სახის გადამწოდებისა ფართოდ გამოიყენება გადამწოდები, რომელთა აღმქმელი (მგრძნობიარე) ელემენტები სივრცის ფიქსირებულ წერტილში ან დროის ასევე ფიქსირებულ მომენტში აღიქვამენ გარე ზემოქმედებას; მათ **წერტილოვანი სახის გადამწოდები** ეწოდება.

რკინიგზის ტრანსპორტზე გამოყენებულ წერტილოვანი სახის გადამწოდებს **წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები** ეწოდება.

გადამწოდის ენერჯის წყაროზე აღმქმელი (მგრძნობიარე) ელემენტის შედეგად წარმოიშვება გარკვეული ფიზიკო-ქიმიური ეფექტი, რომელიც იწვევს გადამწოდის მიერ გამოყენებული ენერჯის სხვა სახის, ან იმავე სახის, ოღონდ განსხვავებული პარამეტრების მქონე ენერჯიად გარდაქმნას. აღნიშნულ გარდაქმნას აფიქსირებს გარდამქმნელი რგოლის **პირველადი გარდამქმნელი** და გამოიმუშავებს პირველადი ფორმის  $X_{3.ფ.}$  სიგნალს. აღნიშნული სიგნალი შეიძლება არ იყოს მოსახერხებელი შემსრულებელ ორგანოზე ზემოქმედებისათვის; ამიტომ მას გარდამქმნელი რგოლის **მანორმირებელი გარდამქმნელი** გარდაქმნის შემსრულებელ ელემენტზე ზემოქმედებისადვის ვარკის, უნიფიცირებული ფორმის  $X_{უნ.ფ.}$  სიგნალად. **შემსრულებელი ელემენტი** გადამწოდიდან მიღებული სიგნალის შესაბამისად მართავს სამართ ობიექტს.

გადამწოდების კონსტრუირებისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას მრავალი ფიზიკო-ქიმიური ეფექტი და მოვლენა, რომელიც იწვევს ენერჯის ერთ-ერთი სახის სხვა ენერჯიად გარდაქმნას ან მოცემული ენერჯის თვისობრიობის განმსაზღვრელი გარკვეული პარამეტრების ცვლილებას, ზოგიერთი მათგანის სახელწოდება, მათ მიერ განხორციელებული გარდაქმნა და მათი არსის მოკლე განსაზღვრება მოცემულია ცხრილ 4.1- ში.

## 4.2. წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდების

### კლასიფიკაცია და მოკლე დახასიათება

სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემებში მრავალი სახის სალიანდაგო წერტილოვანი გადამწოდები გამოიყენება. როგორც ნახ. 4.2-ზეა

ნაჩვენები, მათი კლასიფიცირება შეიძლება მოხდეს მუშაობის ენერგეტიკული რეჟიმის, სქემური აგების პრინციპის, შესასრულებელი ფუნქციების, კონსტრუქციული კომპანიების პრინციპისა და მოქმედების პრინციპის მიხედვით. აღნიშნული კლასიფიკაციის შესაბამისად მოკლედ განვიხილოთ ძირითადი სალიანდაგო წერტილოვანი გადაშოდები.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, მუშაობის *ენერგეტიკული რეჟიმის მიხედვით* განასხვავებენ პარამეტრულ და გენერატორულ წერტილოვან სალიანდაგო გადაშოდებს.

*პარამეტრული წერტილოვანი სალიანდაგო გადაშოდი* ეწოდება გადაშოდს, რომელზე ზემომქმედი შესასვლელი ზემომქმედების ცვლილება გადაშოდში იწვევს ელექტრული წრედის ცვლილებას ან გარკვეული პარამეტრის ცვლილებას.

*გენერატორული წერტილოვანი სალიანდაგო გადაშოდი* ეწოდება გადაშოდს, რომელზე ზემომქმედი შესასვლელი ზემომქმედების შედეგად გადაშოდის გარდამქმნელ რგოლში წარმოიშვება ე.მ.ძალა.

1) *სქემური აგების მიხედვით* განასხვავებენ ერთარხიან, ორარხიან (დიფერენციალურ) და ბოგირულ გადაშოდებს. აღნიშნული გადაშოდებიდან ორარხიანი და ბოგირული გადაშოდები აგებულია შესაბამისად ორი და ოთხი ერთარხიანი გადაშოდისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან სქემურად არიან დაკავშირებული.

**ცხრ.4.1.** გადამწოდების კონსტრუირებისათვის გამოყენებული ფიზიკო-ქიმიური ეფექტები და მოვლენები

<i>ეფექტის (მოვლენის) სახელწოდება</i>	<i>ენერჯის გარდაქმნის სახე</i>	<i>ეფექტის (მოვლენის) არსი</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
თბოგამტარობის ეფექტი	თბური ენერჯია→ ფიზიკური ცვლილება	ფიზიკური ობიექტის შიგნით სითბოს გადასვლა მაღალი დონის არეიდან დაბალი დონის არეში
თბური გამოსხივების ეფექტი	თბური ენერჯია→ ინფრაწითელი სხივები	ოპტიკური გამოსხივება ფიზიკური ობიექტის ტემპერატურის ამადლების დროს
ზებუბის ეფექტი	ტემპერატურა→ ელექტროლობა	ნარჩილების სხვადასხვა ტემპერატურის დროს ბიმეტალური შეერთებების მქონე წრედში მმ ძალის წარმოქმნა
პიროელექტრული ეფექტი	თბური ენერჯია→ ელექტროლობა	ტემპერატურის ამადლებისას ზოგიერთი კრისტალის წახნაგებზე ელექტრული მუხტის წარმოქმნა
თერმოელექტრული ეფექტი	თბური ენერჯია→ ელექტრონები	ვაკუუმში ლითონის გახურებისას ელექტრონების ამოფრქვევა
პელტიეს ელექტროქიმიური ეფექტი	ელექტროლობა→ თბური ენერჯია	ბიმეტალური შეერთებებიან წრედში ელ.დენის გავლისას თბური ენერჯის შტანთქმა ან გენერაცია
ზემანის ეფექტი	შუქი, მაგნეტიზმი→ სპექტრი	სპექტრალური ხაზების გახლეჩვა მაგნ. ველში შუქის გავლისას

(გაგრძელება შემდეგ გვერდზე)

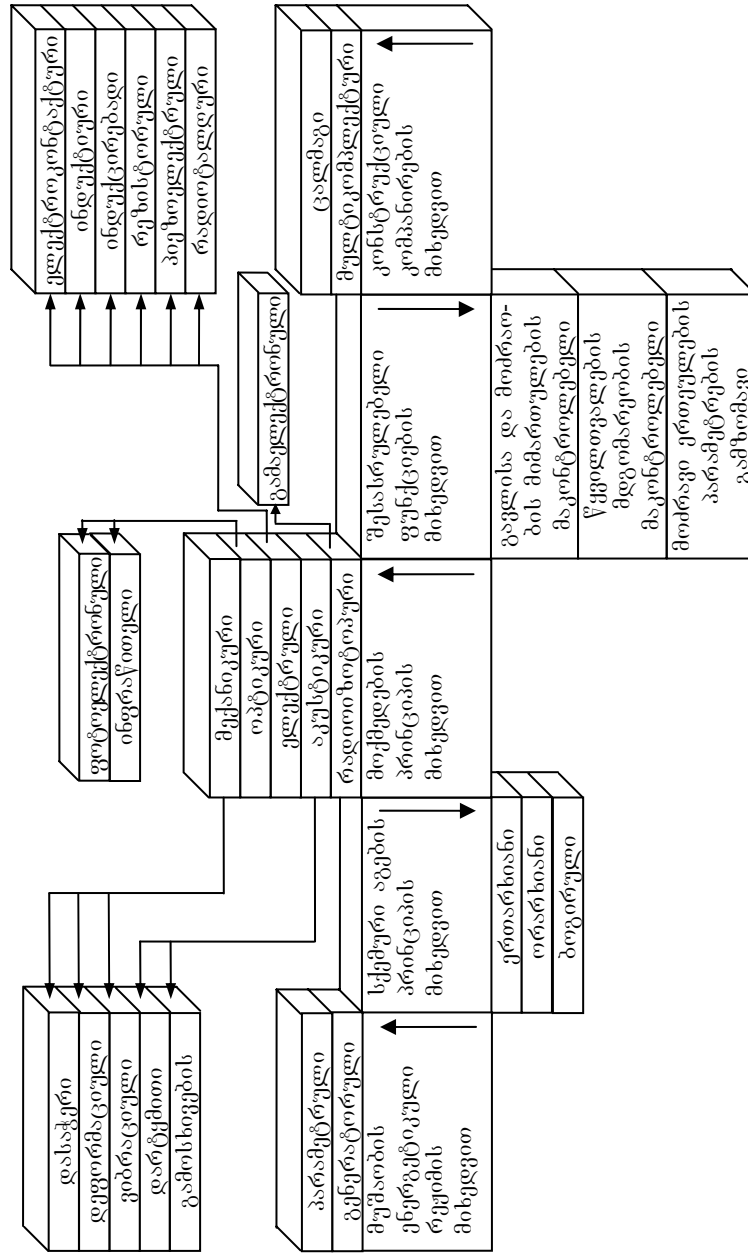
ცხრ.4.1-ის გაგრძელება

1	2	3
ტომსონის ელექტროთერმული ეფექტი	ტემპერატურა და ელექტრობა→ თბური ენერგია	ერთგვაროვანი მასალი-საგან შედგენილ ელ. წრედში თბური ენერგიის გენერაცია ან შთანთქმა წრედის სხვადასხვა უბნის არათანაბარი ტემპერატურის დროს
ფოტოგალვანური ეფექტი	შუქი→ელექტრობა	დაშუქებულ p-n გადასასვლელში თავისუფალი ელექტრონებისა და დადებითი ხვრელების გაჩენა (მმ ძალის წარმოშობა)
ფოტოგამტარობის ეფექტი	შუქი→ელექტრული წინაღობა	დაშუქებისას ნახევარგამტარული ელ. წინაღობის ცვლილება
რიმანის ეფექტი (შუქის კომბინაციური განხვევა)	შუქი→ შუქი	შუქის გამომსხივებელ ნივთიერებაში საწყისი მომოქრომატული სპექტრისაგან განსხვავებული სპექტრის წარმოქმნა
პოკელსის ეფექტი	შუქი და ელექტრობა→ შუქი	შუქსხივის გახლეჩვა ჩვეულებრივ და მისგან განსხვავებულ სხივად პიეზოკრისტალში სხივის გავლისას, როდესაც კრისტალზე მოდებულია სხივისადმი მართობული მიმართულების ძაბვა)

(დასასრული შემდეგ გვერდზე)

ცხრ.4.1-ის დასასრული

1	2	3
კერის ეფექტი	შუქი და ელექტრობა→შუქი	შუქსხივის გახლეჩვა ჩვეულებრივ და მისგან განსხვავებულ სხივად იზოტროპილ ნივთიერებაში სხივის გაფლისას, როდესაც ნივთიერებაზე მოდებულია სხივისადმი მართობულად მიმართულების ძაბვა
ფარადეის ეფექტი	შუქი და მაგნეტიზმი→შუქი	პარამაგნიტურ ნივთიერებაში გამავალი წრფივი პოლარიზებული სხივის პოლარიზაციის სიბრტყის სებრუნება
პოლის ეფექტი	მაგნეტიზმი და ელექტრობა→ელექტრობა	მყარი სხეულის წახნაგებზე პოტ. სხვაობის წარმოქმნა, როდესაც სხეულში გადის ელ. დენი და მასზე ამ დენის მიმართულების მართობულად მოქმედებს მაგნიტური ველი
მაგნიტოწინაღობის ეფექტი	მაგნეტიზმი და ელექტრობა→ელექტრული წინაღობა	მაგნ. ველში მოთავსებისას მყარი სხეულის ელ. წინაღობის გაზრდა.
პიეზოელექტრული ეფექტი	წნევა→ელექტრობა	წნევის ქვეშ მყოფი სეგნოელექტრიკის წახნაგებზე პოტენციალთა სხვაობის წარმოქმნა
მაგნიტოსტრიქციის ეფექტი	მაგნეტიზმის დეფორმაცია	მაგნ. ველში მოთავსებული ფერომაგნიტური სხეულის დეფორმაცია
დოპლერის ეფექტი	ბგერა; შუქი→სისწორე	მოძრ. ობიექტიდან არეკლილი სხივის სისწორის ცვლილება მოძრაობის სინქარეზე დამოკიდებულებით



ნახ. 4.2. წერტილოვანი სალიანდგო გადაწყობების კლასიფიკაცია



**ერთარხიანი წერტილოვანი გადამწოდი** ეწოდება გადამწოდს, რომელშიც გარე ზემოქმედება ფიქსირდება გადამწოდის გარდამქმნელზე განხორციელებული შესასვლელი ზემოქმედების უშუალო შეფასების მეთოდით, ხოლო **ორარხიანი წერტილოვანი გადამწოდი** ეწოდება გადამწოდს, რომელშიც გარე ზემოქმედება ფიქსირდება ორი დამოუკიდებელი გარდამქმნელიდან წარმოშობილი სიგნალების შედარების მეთოდით.

ერთარხიანი და ორარხიანი სალიანდაგო გადამწოდების ზოგადი სტრუქტურული სქემები ნაჩვენებია ნახ. 4.3-ზე.

**ერთარხიანი წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდი** შედგება ენერჯის წყაროსაგან, პირველად გარდამქმნელ 1-სა და მანორმირებელი გარდამქმნელისაგან (იხ. ნახ. 4.3). პირველად გარდამქმნელ 1-ს ეწოდება ენერჯის წყაროს მიერ გამოიმუშავებული  $x_{ენ}$ , წყვილოვანების ზემოქმედებით გამოწვეული  $x_{წთ}$  და დაბრკოლებების ზემოქმედებისაგან გამოწვეული  $x_{დ}$  სიგნალი, რომელთა დაჯამების შემდეგ იგი გამოიმუშავებს პირველადი ფორმის  $X_{ა.ფ.} = x_{ენ} + x_{წთ} + x_{დ}$  გამოსასვლელ სიგნალს. ამ სიგნალის ზემოქმედების შედეგად მანორმირებელი გარდამქმნელი გამოიმუშავებს უნივერსალური ფორმის სიგნალს:

$$X_{უნფ.} = f(x_{ენ}, x_{წთ}, x_{დ}) \approx f(x_{წთ}) \quad (4.1)$$

(4.1) ტოლობის შესასრულებლად  $f(x_{ენ}, x_{წთ}, x_{დ})$  მადომინირებელი უნდა იყოს  $x_{წთ}$  არგუმენტი, ხოლო აღნიშნულ ფუნქციაზე  $x_{ენ}$  და  $x_{დ}$  არგუმენტების გავლენა იმდენად უმნიშვნელო უნდა იყოს, რომ შესაძლებელი იყოს მათი გამორიცხვით გამოწვეული ფუნქციის მნიშვნელობის ცვლილების უგულვებელყოფა. ამისათვის საჭიროა შესრულდეს უტოლობა:

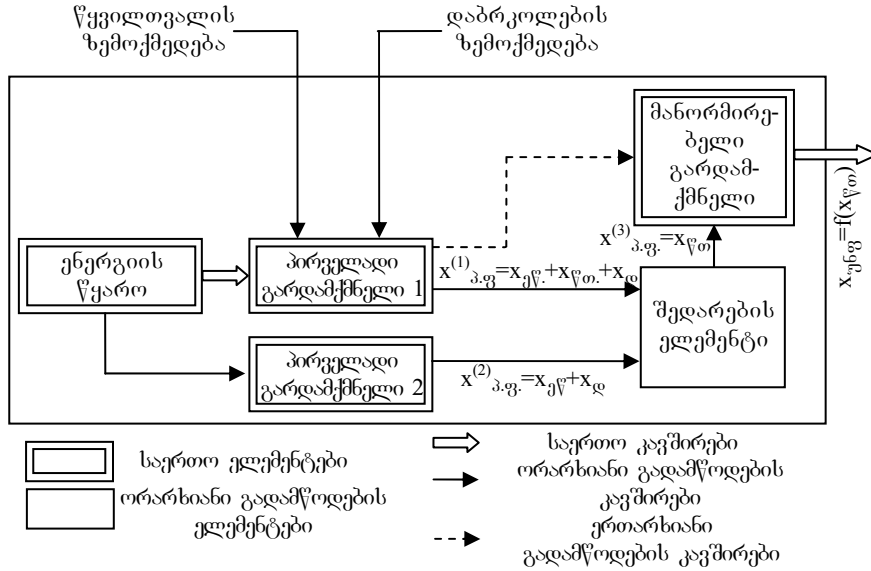
$$x_{წთ} > x_{დ}. \quad (4.2)$$

**ორარხიანი წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდი** გარდა ზემოთაღნიშნული ელემენტებისა დამატებით შეიცავს პირველად გარდამქმნელ 2-სა და შედარების ელემენტს.

$X_{ა.ფ.} = x_{ენ} + x_{წთ} + x_{დ}$  შესასვლელზე ეწოდება სიგნალები  $x_{ენ}$  და  $x_{წთ}$ . რომელთა შეჯამებით წარმოქმნის გამოსასვლელ  $X_{ა.ფ.}^{(2)} = x_{ენ} + x_{წთ}$  სიგნალს. პირველადი გარდამქმნელი 1-ის გამოსასვლელზე ფორმირდება სიგნალი  $X_{ა.ფ.}^{(1)} = x_{ენ} + x_{წთ} + x_{დ}$ ;

შედარების ელემენტის შესასვლელზე ეწოდება სიგნალები  $X^{(1)}_{პფ.}$  და  $X^{(2)}_{პფ.}$ , ხოლო გამოსასვლელზე ფორმირდება სიგნალი:

$$X^{(1)}_{პფ.} - X^{(2)}_{პფ.} = X^{(3)}_{პფ.} = x_{ფთ.}, \quad (4.3)$$



**ნახ.4.3.** ერთარხიანი და ორარხიანი წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდების ზოგადი სტრუქტურული სქემები

რომლიდანაც გამორიცხულია  $x_{ენ.}$  და  $x_{დ.}$  სიდიდეები. იგი ეწოდება მანორმირებული გარდამქმნელის შესასვლელს, რომელიც გამოიმუშავებს უნიფიცირებულ გამოსასვლელ სიგნალს:

$$X_{ენფ.} = f(x_{ფთ.}) \quad (4.4)$$

ერთმანეთს თუ შევადარებთ (4.1) და (4.4) ტოლობებს, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ერთარხიან გადამწოდებთან შედარებით ორარხიან გადამწოდებს გააჩნიათ მაღალი მგრძობიარობა და მათ მუშაობაზე გავლენას ვერ ახდენს

დაბრკოლებების ზემოქმედება. ორარხიან გადამწოდების ნაკლია მათი სტრუქტურული სიჭარბე, კონსტრუქციის შედარებით დაბალი საიმედოობა, დიდი ზომები, მასა და მაღალი ღირებულება.

**2) შესასრულებელი ფუნქციების მიხედვით** განასხვავებენ გაგლისა და მოძრაობის მაკონტროლებელ, წყვილთვალების მდგომარეობის მაკონტროლებელ, მოძრავი ერთეულების პარამეტრების (სიჩქარეების, აჩქარებების) გამზომ გადამწოდებს.

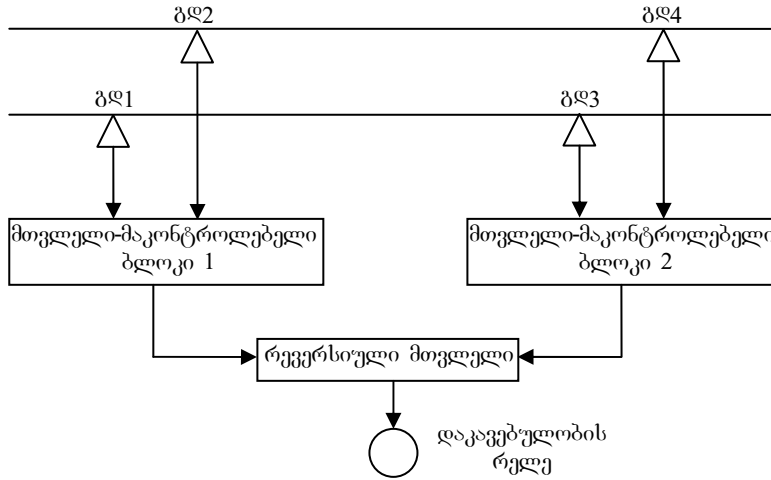
**მოძრავი შემადგენლობის გაგლის მაკონტროლებელი სალიანდაგო წერტილოვანი გადამწოდები** ფართოდ გამოიყენება ნახევრადავტომატური ბლოკირების, ავტომატური საგადასასვლელო სიგნალიზაციის, გორაკის ავტომატური ცენტრალიზაციისა და გორაკებზე სიჩქარის ავტომატური რეგულირების სისტემებში.

ზოგჯერ სალიანდაგო უბნების დაკავებულობის გასაკონტროლებლად ტექნიკური პირობების (მნიშვნელოვანი რაოდენობის მარილების, ნახშირის ან ლითონური მადნის შემცველი ბალასტის მქონე სარელსო ხაზის იზოლაციის გამტარობის გაზრდის, ლითონური შპალების, ან სამრეწველო ტრანსპორტზე ლითონური სარელსო მოსაჭიმების არსებობის) გამო გაძნელებულია ან შეუძლებელია სარელსო წრედების გამოყენება. ასეთ შემთხვევებში შეიძლება გამოვიყენოთ მოძრავი შემადგენლობის ღერძების მთვლელი მოწყობილობები (ნახ. 4.4), რომელთა მუშაობა არ არის დამოკიდებული შპალებისა და ბალასტის მდგომარეობაზე.

აღნიშნული მოწყობილობა შედგება ორი მთვლელი პუნქტისაგან, რომელთაგანაც თითოეულში დაყენებულია ორ-ორი გადამწოდი: **ბმ1, ბმ2; ბმ3, ბმ4**. თითოეულ მთვლელ პუნქტში ორ-ორი სალიანდაგო გადამწოდის დაყენება საშუალებას გვაძლევს განგსადგროთ არა მარტო გაგლილი ღერძების რაოდენობა, არამედ შემადგენლობის მოძრაობის მიმართულებაც.

გადამწოდებიდან სიგნალები ეწოდება მთვლელ-მაკონტროლებელ ბლოკებს, რომლებიც აძლიერებენ მიღებულ სიგნალებს და აწოდებენ მათ რევერსიულ მთვლელს; ეს უკანასკნელი ანხორციელებს მთვლელი-მაკონტროლებელი ბლოკებიდან მოსული იმპულსების შეკრების ან გამოკლების ოპერაციას, რისი მეშვეობითაც აკონტროლებს საკონტროლო უბანზე დროის თითოეულ მომენტში არსებული ღერძების რაოდენობას. თუ პირველ და მეორე მთვლელ პუნქტში დაფიქსირებული ღერძების რაოდენობის სხვაობა ნულის ტოლი

არ არის, ჩართვება უბნის დაკავებულობის რელე. სქემაში ნებისმიერი დაზიანებაც იწვევს აღნიშნული რელეს უღენო დარჩენას.



ნახ. 4.4. ღერძების მთვლელის სტრუქტურული სქემა

რკინიგზაზე ღერძების მთვლელმა სისტემამ გამოყენება ჰპოვა მახარისხებელი გორაკების ავტომატური ცენტრალიზაციისა და მოძრავი შემადგენლობის გადახურებული ბუქსების ავტომატურად აღმომჩენ სისტემებში; პირველ შემთხვევაში მათი საშუალებით ხდება ისრული და უისრო იზოლირებული უბნების დაკავებულობის კონტროლი, ხოლო მეორე შემთხვევაში – გადახურებული ბუქსების მქონე წყვილთვალების ნომრების დაფიქსირება.

**მოძრავი ერთეულების პარამეტრების გამოყენება წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები** გამოიყენება მახარისხებელ გორაკზე დაგორებული მოხსნების ფაქტიური სიჩქარეების გასაზომად, რაც აუცილებელია მოხსნების სიჩქარეთა ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონირებისათვის (აღნიშნულ სისტემაში სავაგონო შემნელებლების სამართავად); ასეთი სახის არსებული გადამწოდების აგების საფუძველად გამოყენებულია **დოპლერის ეფექტი** (იხ. ცხრ. 4.2).

**3) კონსტრუქციული კომპანიების პრინციპის მიხედვით** განასხვავებენ ცალმაგ და მულტიკომპლექსურ წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდებს (იხ. ნახ 4.3.).

**ცალმაგი წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები** ეწოდება გადამწოდებს, რომელთა ყველა ელემენტი ერთ ბლოკშია გაერთიანებული.

**მულტიკომპლექტური წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები** ეწოდება გადამწოდებს, რომლებშიც საიმედოობის ამალღების მოთხოვნებისა და მოქმედების პრინციპების მიხედვით მოხდენილია შემადგენელი ელემენტების დანაწილება. მაგალითად, გადამწოდებში, რომელთა მოქმედება ეფუძნება მოძრავი შემადგენლობის თვლების მიერ ელექტრომაგნიტური, ფოტოელექტრონული ან ულტრაბგერითი გამოსხივების ეკრანილების მოვლენის გამოყენებას, პირველადი გარდამქმნელები რელსის სხვადასხვა მხარეზეა განთავსებული.

**4) მოქმედების პრინციპების მიხედვით** განასხვავებენ მექანიკურ, ელექტრულ, ოპტიკურ, აკუსტიკურ და რადიოიზოტოპიურ სალიანდაგო გადამწოდებს (იხ. ნახ. 4.3.).

**მექანიკური წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები** ეწოდება გადამწოდებს, რომელთა აღმქმელი (მგრძნობიარე) ელემენტები რეაგირებენ მოძრავი შემადგენლობის გავლის დროს წარმოქმნილ მექანიკურ ზემოქმედებებზე, კერძოდ, რელსის ღუნვაზე, დაწვევაზე ან ვიბრაციაზე, თვლის რეზორდის მიერ ზამბარულ-ბერკეტულ სისტემაზე განხორციელებულ ზემოქმედებაზე (დაჭერაზე) და ა.შ.

მექანიკური გადამწოდები განხორციელებული მექანიკური ზემოქმედების სახისაგან დამოკიდებულებით იყოფა **დასაჭერ, დეფორმაციულ და ვიბრაციულ წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდებად.**

სარკინიგზო ავტმატიკისა და ტელემექანიკის სისტემებში მექანიკური გადამწოდებიდან ყველაზე მეტად გავრცელდა დეფორმაციული გადამწოდები, რომლებიც რეაგირებენ მატარებლის გავლით გამოწვეულ რელსების ღუნვასა და დაწვევაზე. ასეთი გადამწოდებია საჰაერო-მემბრანული პედალი, სარელსო-დაწვევადი თვითრეგულირებადი პედალ, აგრეთვე წონის საზომის სალიანდაგო გადამწოდი. ვიბრაციული გადამწოდები გამოიყენება მოძრავი შემადგენლობის წყვილთვლების მდგომარეობის მაკონტროლებელ მოწყობილობებში.

მექანიკური გადამწოდების ნაკლოვანებებია ის, რომ საჭიროებენ გულმოდგინე და განუწყვეტელ მოვლას, ყოველთვის არ რეაგირებენ შემსუბუქებული მოძრავი შემადგენლობის გავლაზე, არამდგრადად მუშაობენ მოძრავი შემადგენლობების დიდი სიჩქარით მოძრაობის დროს და ხშირად ხდება მტყუნებები მათ მუშაობაში.

გადამწოდებს შორის რკინიგზის ტრანსპორტზე ყველაზე მეტად გავრცელებულია ელექტრული გადამწოდები.

**ელექტრული წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები** ეწოდება ისეთ გადამწოდებს, რომელთა აღმქმელი (მგრძნობიარე) ელემენტი აღიქვამს გარკვეული ელექტრული პარამეტრის ცვლილებას. ელექტრული გადამწოდები იყოფა ელექტროკონტაქტურ, ინდუქტიურ, ინდუქციურებად, ელექტრომაგნიტურ და რადიოტალღურ გადამწოდებად (იხ. ცხრ.4.3).

- **ელექტროკონტაქტური წერტილოვანი გადამწოდებში** აღმქმელი ელემენტი რეაგირებს საკონტროლო უბანზე სამატარებლო შუნტის განენახე. რეალურად ელექტროკონტაქტური გადამჭოდი წარმოადგენს მოკლე (25 მეტრამდე) სიგრძის სარელსო წრედს.

- **ინდუქტიური წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდების** მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია პირველადი გარდამქმნელის ინდუქტიურობის (თვითინდუქციის კოეფიციენტის) ცვლილებაზე, რასაც იწვევს გადამწოდის მაგნიტური წრედის წინააღობის ცვლილებით.

ინდუქტიურ გადამწოდებში პირველად გარდამქმნელებად გამოიყენება გულარიანი კოჭა. მათზე ზემოქმედებენ ან უშუალოდ მოძრავი შემადგენლობის თვლები, ან სპეციალური საშუალებო (მექანიკური, მაგნიტური) გადამცემი; აღნიშნული ზემოქმედებები იწვევს პირველადი გარდამქმნელის კოჭას **L** ინდუქტიურობის ცვლილებას. პირველადი გარდამქმნელის გულარიანი კოჭას გრაგნილის ინდუქტიურობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$L = \frac{W^2}{R_{\text{გ}} + R_{\text{ს.დ.}}} = \frac{W^2}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{\text{გ.ი}}}{\mu_{\text{გ.ი}} + S_{\text{გ.ი}}} + \frac{1}{\mu_{\text{ჰ}}} \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{S}} = \frac{W^2}{\frac{l_{\text{გ.ჰქ}}}{\mu_{\text{გ.ჰქ}} + S_{\text{გ.ჰქ}}} + \frac{\delta_{\text{ჰქ}}}{\mu_{\text{ჰ}} + S_{\text{ჰქ}}}} \quad (4.5)$$

სადაც  $W$  არის კოჭას ხვეების რაოდენობა,  $R_{ფ.}$  და  $R_{ს.დ.}$  – შესაბამისად მაგნიტოგამტარის ფოლადისა და საჰაერო ღრეჩოთა წინაღობები;  $I_{ფ.i}$ ,  $S_{ფ.i}$ ,  $\mu_{ფ.i}$  – შესაბამისად გადამწოდის მაგნიტოგამტარის ფოლადის  $i$ -ური უბნის სიგრძე, განივკვეთის ფართობი და მაგნიტური შეღწევადობა;  $\delta_i$ ,  $\mu_i$  – შესაბამისად გადამწოდის მაგნიტოგამტარის  $i$ -ური საჰაერო ღრეჩოს სიგანე და აქტიური ფართობი;  $\mu_{ჰ.}$  – ჰაერის მაგნიტური შეღწევადობა;  $I_{ფ.ქ.}$ ,  $\delta_{ფ.ქ.}$ ,  $S_{ფ.ქ.}$ ,  $S_{ქ.}$  – მაგნიტოგამტარის პარამეტრები (კერძოდ, მისი წამური სიგრძე, სიგანე, ფოლადის გულარისა და ასჰაერო ღრეჩოების განივკვეთების აქტიური ფართობები), რომელთა გაანგარიშების დროს გათვალისწინებულია მაგნიტური წრედების კონფიგურაცია, **სასაზღვრო** და ზედაპირული ეფექტები;  $\mu_{ფ.ქ.}$  – გადამწოდის მაგნიტოგამტარის ფოლადის მაგნიტური შეღწევადობის ექვივალენტური მნიშვნელობა ზედაპირული ეფექტის გათვალისწინებით.

პირველადი გარდამქმნელის კოჭაზე ცვლადი  $U$  ძაბვის არსებობის დროს მასში გამავალი დენის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით:

$$I = \frac{U}{Z_{ქ.}} = \frac{U}{\sqrt{R_{ქ.}^2 + w^2 L^2}} \quad (4.6)$$

სადაც  $Z_{ქ.}$  და  $R_{ქ.}$  არის შესაბამისად გრანულის კოჭას ექვივალენტური სრული და აქტიური წინაღობებია, ხოლო  $w$  – კვების ძაბვის წრიული სიხშირე.

აღნიშნული დენის სიდიდე წარმოადგენს პირველად სიგნალს, რომლითაც ფიქსირდება წყვილთვალის დერძის გავლა. უცვლელი კონსტრუქციული  $w$ ,  $L_{ფ.}$  და  $S_{ფ.ქ.}$  პარამეტრების დროს იგი დამოკიდებულია პარამეტრებზე, რომლებიც იცვლებიან გადამწოდის პირველად გარდამქმნელზე თვლების ზემოქმედებით; კერძოდ, ეს პარამეტრებია გადამწოდის მაგნიტოგამტარის ფოლადის მაგნიტური შეღწევადობა, საჰაერო ღრეჩოს სიგრძე და ფართობი.

ინდუქტიური გადამწოდები იყოფა მექანიონდუქტიურ, მაგნიტონდუქტიურ და ელექტრომაგნიტურ გადამწოდებად.

- **მექანიონდუქტიურ წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდის** პირველად გარდამქმნელზე თვლები ზემოქმედებენ მექანიკურად. ასეთი ტიპის გადამწოდია **უკონტაქტო სარელსო**

**პედალი (რუსეთი),** რომელიც გამოიყენება **KB III ტიპის ნახევრადავტომატური ბლოკირების სისტემაში.**

- **მაგნიტონდუქტიურ წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდში** პირველად გარდამქმნელად გამოიყენება შემამნიტებადი გახსნილი კოჭა. მისი გულარი დამზადებულია რბილი მაგნიტური მასალისაგან, რომელსაც აქვს მაღალი მაგნიტური შეღწევადობა (პერმალის ტიპის მასალა). კოჭას ინდუქტივობის  $\mu$  ცვლილებას, როგორც წესი, იწვევს, გადამწოდის მიერ წარმოშობილ მუდმივ მაგნიტურ ველზე თვლების ფერომაგნიტური მასების ზემოქმედება. ასეთი გადამწოდის კოჭას ინდუქტიურობაა:

$$L_{\text{კოჭ.}} \approx \mu L \approx K_{\mu} \mu_0 L \quad (4.7)$$

სადაც  $\mu$  არის გულარის მოქმედი მაგნიტური შეღწევადობა;  $\mu_0$  – გულარის საწყისი მაგნიტური შეღწევადობა;  $K_{\mu} \ll 1$  - მაგნიტური თვისებების გამოყენების კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია გულარიას და კოჭას ზომების სიდიდეებსა და თანაფარდობაზე.

შემადგენლობის გავლისას ასეთი გადამწოდის მიერ გამომუშავებული სიგნალის სიმძლავრე დაბალია და მისი მანძილზე გადაცემა შეუძლებელია, ამიტომ იგი, როგორც წესი, დამატებითაა აღჭურვილი სიგნალის ჩაშენებული ელექტრონული მაძლიერებელით.

მაგნიტონდუქტიური წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდია **MЭД-2 (რუსეთი),** რომელიც გამოიყენება ღერძების რევერსიული მთვლელების მოწყობილობებში.

- **ელექტრომაგნიტურ წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდებში** შემადგენლობის გავლის მარეგისტრირებელი სიგნალი გამომუშავდება გადამწოდის მაგნიტოგამტარის საპარო ღრეჩოს სიგრძესა და ფართობზე თვლის ან ღერძის ფერომაგნიტური მასის ზემოქმედებით, რის შედეგადაც იცვლება პირველადი გარდამქმნელის მაგნიტური წრედის მაგნიტური წინაღობა, მისი გრაგნილის ინდუქტიური და სრული წინაღობები; ეს იწვევს გრაგნილში გამავალი დენის სიდიდის ცნლილებას. ელექტრომაგნიტური წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდია **“Integra” (შვეიცარია),** რომელიც მთელი რიგი ქვეყნების რკინიგზებზე გამოიყენება ავტომატური საგადასასვლელო სიგნალიზაციისა და სალიანდაგო ბლოკირების მოწყობილობებში.



*ინდუქციონობადი მოქმედების წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდების* კონსტრუირებისათვის გამოიყენება *მ.ფარადეის* მიერ 1831 წელს აღმოჩენილი ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა; ამ მოვლენის თანახმად გამტარის გადამკვეთი მაგნიტური ველის ცვლილება გამტარში აღძრავს მმ ძალას, რომელსაც ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მმ ძალა ეწოდება. გამტარის გადამკვეთი მაგნიტური ველის ცვლილების მიზეზი შეიძლება იყოს აღნიშნულ ველში გამტარის მოძრაობა ან თავად ველის მაგნიტური ნაკადის ცვლილება.

ინდუქციონობადი წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდში პირველად გარდამქმნელს აქვს გულარიანი კოჭას სახის კონტურის სახე, რომელიც მოთავსებულია გადამწოდის მიერ შექმნილ მაგნიტურ ველში. ამ ველში მოძრავი შემადგენლობის თვლების გავლა იჭვევს კოჭას გადამკვეთი მაგნიტური ნაკადის ცვლილებას და კოჭაში აღიძვრება ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მმ ძალა:

$$e = -w S_{\text{ექ}} \frac{dB}{dt}, \quad (4.8)$$

სადაც  $W$  არის კოჭას ხეობის რაოდენობა;  $S_{\text{ექ}}$  - კოჭას ექვივალენტური ფართობი,  $B$ - კოჭას ექვივალენტური ფართობის გადამკვეთი მაგნიტური ველის დაძაბულობა.

ინდუქციონობადიგადამწოდები გამოირჩევა მარტივი სქემური და კონსტრუქციული გადაწყვეტებით, რაც ამაღლებს მათ საიმედოობას. ამიტომ ასეთი უკონტაქტო გადამწოდები ყველაზე მეტადაა გავრცელებული მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის რკინიგზებზე.

განასხვავებენ ინდუქციონობადი გადამწოდების ორ მოდიფიკაციას”

- *მაგნიტონდუქციონობად გადამწოდებს*, რომლებშიც მაგნიტურ ველს წარმოქმნის გადამწოდში არსებული მუდმივი მაგნიტი; რკინიგზებზე გავრცელებილი მაგნიტონდუქციური გადამწოდებია: **“SERV” ფირმის (აშშ) გადამწოდები**, რომელიც გამოიყენება გადახურებული ბუქსების მაკონტროლებელ მოწყობილობებსა და მახარისხებელ გორაკებზე); **“GENERAL ELECTRIC” ფირმის (აშშ) გადამწოდები**, რომლებიც უზრუნველყოფენ 10-დან 140 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი მატარებლების ღერძების საიმედო ფიქსაციას; **ИБМ-ტიპის უკონტაქტო პედალი (რუსეთი)**, რომელსაც გააჩნია მთელი რიგი ნაკლოვანებები (დაუცველია გარე მაგნიტური ველებისა და რელსების ვიბრაციული ზემოქმედებებისაგან, ვერ უზრუნველყოფს

დერძების საიმედო ფიქსირებას მოძრაობის დაბალი სინქარების დროს).

- ელექტრომაგნიტურ ინდუქციურად გადამწოდებს, რომლებშიც მაგნიტური (ცვლადი) ველის წარმოსაქმნელად გამოყენებულია ელექტრომაგნიტები. რკინიგზებზე გავრცელებილი ელექტრომაგნიტური ინდუქციურადი გადამწოდებია: სალიანდაგო გადამწოდი **SEL (გერმანია)**, რომელიც განკუთვნილია სადგურებსა და გადასარბენებზე არსებულ სცბ-ს სხვადასხვა მოწყობილობებში; ფირმა **“Siemens”-ის (გერმანია)** ინდუქციურადი ელექტრომაგნიტური გადამწოდები, რომლებიც გამოიყენება სალიანდაგო ბლოკირების სისტემებში დერძების რაოდენობის დასათვლელად; **ტრანსფორმატორული საკომპენსაციო პედალი TKII (რუსეთი)**, რომელიც გამოიყენება მახარისხებელი სადგურების ავტომატიზაციისათვის.

გადამწოდის პირველადი გარდამქმნელი მოთავსებულია ზემოთაღნიშნულ მაგნიტურ ველში; გარდამქმნელის კოჭას გადამკვეთი მაგნიტური ნაკადი განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Phi = \frac{F}{R_{\text{გ}} + R_{\text{ჰ}}} + \frac{W_1 I_1 \sin \omega t}{R_{\text{გ}} + R_{\text{ბ}}} = \frac{W_1 I_1 \sin \omega t}{\frac{l_{\text{გ}}}{\mu_{\text{გ}} S_{\text{გ}}} + \frac{l_{\text{ჰ}}}{S_{\text{ჰ}}}} \quad (4.9)$$

ამ ნაკადის ცვლილებას იწვევს გადამწოდის მგრძობიარობის ზონაში მოძრავი შემადგენლობის თვლების გავლა. შევითანოთ (4.9) გამოსახულება (4.8) ფორმულაში და მივიღებთ პირველადი გარდამქმნელის კოჭაში დაინდუქციურებული ელექტრომაგნიტური ემ ძალის მნიშვნელობას:

$$e = - \frac{KW_2 S_{\text{კკ},1} W_1 W I_1}{l_{\text{გ}} / \mu_{\text{გ}} S_{\text{გ}} + \delta / S_{\text{ჰ}}} \cos \omega t \quad (4.10)$$

სადაც  $W_1$  არის გადამცემა კოჭას (ცვლადი მაგნიტური ველს წყაროს) ხეობის რაოდენობა;  $W_2$ - მიმღები (პირველადი გარდამქმნელის) კოჭას ხეობის რაოდენობა;  $S_{\text{კკ},2}$  მიმღები კოჭას (პირველადი გარდამქმნელის) ექვივალენტური ფართობი;  $\omega$ - წრიული სიხშირე,  $I_1$ -გადამცემა კოჭას ცვლადი დენის ამპლიტუდური მნიშვნელობა;  $K < 1$ -გრაგნილების კავშირის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მიმღებ კოჭასთან შებმულ და სრულ მაგნიტურ ნაკადებს შორის არსებულ თანაფარდობებს.

**რეზისტორული წერტილოვანი სალიანდაგო**  
**გადამწოდების** მოქმედების პრინციპი ემყარება გარკვეული დამაკავშირებელი (მაგნიტური, ელექტრომაგნიტური, წნევის და ა.შ.) სიდიდის მეშვეობით პირველადი გარდამქმნელის აქტიური წინაღობის ცვლილებას. განასხვავებენ მაგნიტორეზისტორულ და ელექტრომაგნიტურ რეზისტორულ გადამწოდებს.

**მაგნიტორეზისტორული გადამწოდების**  
 რეალიზებისათვის გამოიყენება **გაუსის გაღვანომაგნიტური ეფექტი**, რომლის ძალითაც მაგნიტორეზისტორის წინაღობა იზრდება მასზე მოძრავი შემადგენლობის თვლების ფერომაგნიტური მასის ზემოქმედებით. **ელექტრომაგნიტური რეზისტორული გადამწოდების** შემთხვევაში თვლების ფერომაგნიტური მასების ზემოქმედებას პირველადი გარდამქმნელის მაღალსიხშირულ კონტურში შეაქვს დამატებითი მიღევა, რაც ამ კონტურის წინაღობის ზრდის მიზეზი ხდება.

რეზისტორული გადამწოდების დამოუკიდებელ კლასს წარმოქმნიან ე.წ. **გრიგალურდენებიანი გადამწოდები**, რომელთა რეალიზებისათვის გამოიყენებულია მაგნიტური ზედაპირული ეფექტი. ამ ეფექტის თანახმად ცვლადი მაგნიტური ველი და მის მიერ წარმოშობილი გრიგალური მაღალსიხშირული დენები, მიიღევიან რა გამტარ არეში მათი შეღწევის სიღრმის კვალობაზე, წარმოშობენ პირვალსაწყისი მაგნიტური ველის საწინააღმდეგო მაგნიტურ ველს.

ელექტრომაგნიტურ რეზისტორულ გადამწოდებში ერთადაა შერწყმული გადამწოდის ენერჯის წყარო და მისი პირვალადი გარდამქმნელი. მათ აქვთ ავტოგენერატორული რეზონანსული რხევითი კონტურის სახე, რომელიც გამოასხივებს მაღალსიხშირულ ელექტრომაგნიტურ ველს.

გადამწოდის მიერ გამომსხივებელი კონტურის ზონაში თვლის შესვლისას ამ უკანასკნელის ლითონურ მასაში ინდუქცირებული გრიგალური დენები ზემოქმედებს გადამწოდის მაღალსიხშირულ ველზე; გრიგალური დენების შესაქმნელად დახარჯული სიმძლავრის ხარჯზე მნიშვნელოვნად იზრდება კონტურის აქტიური დანახარჯები, რაც ამცირებს კონტურის **ვარჯისიანობას** (იხილეთ გამოსახულება (2.74)).

ავტოგენერატორულმა რხევითმა კონტურმა რომ უზრუნველყოს რხევების გამომუშავება, მასზე მასზე მოდებული უნდა იყოს ძაბვა:

$$U_{\text{უ.კ.}} \geq K p R_{\text{კონ. I}} = K p Q \rho I, \quad (4.11)$$

სადაც  $K$  არის უკუკავშირის კოეფიციენტი;  $p$ - კოლექტორულ წრედში კონტურის ჩართვის კოეფიციენტი;  $I$ - კოლექტორის ძირითადი ჰარმონიკის დენი,  $R=Qp$  - კონტურის რეზონანსული წინაღობა;  $Q$ - კონტურის ვარგისიანობა, ხოლო  $p$ - კონტურის მახასიათებელი (ტალღური) წინაღობა.

რხევითი კონტურის ვარგისიანობის შემცირებით ირღვევა (4.11) პირობა (მცირდება ზემოთაღნიშნული ძაბვა), რაც იწვევს ავტოგენერატორული მანორმირებელი გარდამქმნელის რხევების შეწყვეტას; ამას აფიქსირებს სქემა. კერძოდ იგი შეწყვეტს იმპულსების გამომუშაებას, რაც წარმოადგენს ღერძის გავლის სიგნალს.

მაგნიტორეზისტორული წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდია **RACO №648 (აშშ)**, რომლის ნაკლია გარე მაგნიტური დაბრკოლებებისადმი მგრძობიარობა და არამდგრადი მუშაობა რელსების ვიბრაციის დროს.

გრიგალურდენებიანი წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდებია **CSEE № 200 (საფრანგეთი)** და **SSK (გერმანია, ფირმა "Siemens")**. პირველი მათგანი მდგრადად მუშაობა მოძრავი შემადგენლობის 0-დან 200 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობისას; მეორე გადამწოდისათვის არსებობს ორი ვარიანტი: რელეური შემსრულებელი ელემენტითა და უკონტაქტო შემსრულებელი ელემენტით. რელეური შემსრულებელი ელემენტის მქონე გადამწოდი განკუთვნილია ისეთი მოძრავი შემადგენლობებისათვის, რომელთა მოძრაობის სიჩქარეები 0-დან 25 კმ/სთ-ს ფარგლებშია. უკონტაქტო შემსრულებელი ელემენტის მქონე გადამწოდში კი სიჩქარეთა ვარიანტის ფარგლებია 0 – 50 კმ/სთ.

**პიეზოელექტრული წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდის** მოქმედების პრინციპი ეფუძნება ზოგიერთ დიელექტრიკებისათვის (კვარცხ, სეგნეტურ მარილს და ა.შ.) დამახასიათებელ **პიეზოფექტურ (ბერძ. piezē- ვაწეობი) ეფექტს**, რომლის ძალითაც აღნიშნულ დიელექტრიკებზე მექანიკური ძალების ზემოქმედება იწვევს მათში ელექტრული მუხტების დაცალკეებას: კრისტალის ერთ-ერთი არე იმუხტება დადებითად, ხოლო მეორე – უარყოფითად. განივი ეფექტის დროს ასეთი მუხტის სიდიდე განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q_{გნ.} = \frac{y}{x} I F_{გნ.} , \quad (4.12)$$

სადაც  $l$  არის პიეზოელექტრული მუდმივა,  $F_{\text{გნ.}}$ - განვიმომქმედი ძალა, ხოლო  $x$  და  $y$  - კრისტალის ფირფიტის სიგანე და სიგრძე.

პიეზოელექტრულ ასლიანდაგო წერტილოვან გადამწოდებში გამოიყენება კვარცის კრისტალი, რადგან მას გააჩნია მაღალი სიმკვრივე, ტემპერატურული სტაბილურობა, არ არის ნესტისა და ქიმიური ზემოქმედებისადმი მგრძობიარე.

სამრეწველო პიეზოელექტრული წერტილოვანი გადამწოდის ერთ-ერთი ვარიანტი დამუშავებულია **ფირმის "Sumitomo Electric Industries, LTD" (იაპონია)** მიერ. გადამწოდის მგრძობიარობის ზონაა 20 სმ. იგი ახდენს ისეთი თვლის გავლის ფიქსირებას, რომლის მოძრაობის სიჩქარე 1 კმ/სთ-ზე ნაკლები არ არის და რომელიც რელსზე ანსორციელებს 1-დან 10 ტესლამდე სიდიდის დაწოლას (წნევას).

**რადიოტალღურ წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდებში** აღმქმელ ელემენტად გამოიყენება ზემოაღნიშნული სისწორეთა დიაპაზონში მომუშავე ტალღასატარები.

**ობტიკური წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები** ეწოდებათ გადამწოდებს, რომლებიც რეაგირებენ გადამწოდის მგრძობიარობის ზონაში მოძრავი შემადგენლობის გავლით გამოწვეულ მიმდების მიერ აღქმადი შუქური ნაკადის ინტენსიურობის ცვლილებაზე. განასხვავებენ ფოტოელექტრონულ და ინფრაწითელ ოპტიკურ გადამწოდებს.

- **ფოტოელექტრულ ოპტიკურ სალიანდაგო გადამწოდში** მიმღებ ელემენტს წარმოადგენს ფოტორელე, ხოლო გარდამქმნელ ელემენტს - ფოტოელემენტი. ფოტორელე ამოქმედდება ფოტოელემენტის განათებულობის შემცირების დროს, როდესაც ფოტოელემენტისაკენ მიმართულ შუქის სხივს გადაფარავს მოძრავი შემადგენლობა. ასეთი გადამწოდები გამოიყენება მახარისხებელ გორაკებზე გრძელბაზიანი ვაგონების მიერ იზოლირებული ისრული უბნების განთავისუფლების დამატებით გასაკონტროლებლად.

- **ინფრაწითელი წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები აფიქსირებენ** მოძრავი შემადგენლობის წყვილთვალის გადახურებული ბუქსების მიერ გამოსხივებულ ინფრაწითელ სხივებს და გამოიყენება აღნიშნული ბუქსების ავტომატურად აღმოჩენის სიტემაში; ბოლო პერიოდში აღნიშნული სახის გადამწოდების გამოყენება დაიწყო ვაგონების ამომცნობის სისტემებშიც.

**აკუსტიკური წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები** რეაგირებენ ბგერით ან ულტრაბგერით რხევებზე, რომლებიც წარმოიშვებიან მოძრავი შემადგენლობის გაელის დროს. ისინი იყოფა დარტყმით და გამომსხივებელ გადამწოდებად.

- **დარტყმით აკუსტიკურ წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდებში** აღიქმება რელსებზე თვლების ზემოქმედების შედეგად წარმოშობილი დაბალსიხშირული ან ულტრაბგერული რხევები. ასეთი გადამწოდები გამოიყენება მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილების კონტროლისათვის.

- **გამოსხივების აკუსტიკური წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები** აფიქსირებენ მოძრავი შემადგენლობიდან არეკლილ ულტრაბგერული გამოსხივების ნაკადი, ან ამოქმედებიან მათკენ მიმართული ულტრაბგერითი გამოსხივების ნაკადის გადაფარვისას მოძრავი შემადგენლობის მიერ. ასეთი გადამწოდები გამოიყენება მახარისხებელ გორაკებზე გრძელბაზიანი ვაგონების მიერ ისრული უბნების დაკავებულობის შესამოწმებლად.

**რადიოიზოტოპურ სალიანდაგო წერტილოვანი გადამწოდები** იყენებენ გარკვეული სახის ნივთიერებების რადიოაქტიურობის უნარს.

**რადიოაქტიურობა** ეწოდება ერთ-ერთი სახის ქიმიური ელემენტის არამდგრადი იზოტოპების გარდაქმნას სხვა სახის ელემენტის იზოტოპებად, რომელსაც თან ახლავს გარკვეული ნაწილაკების გამოსხივება.

**იზოტოპები** (ბერძ. *Isos* – თანაბარი და *topos*- ადგილი) ეწოდება ქიმიური ელემენტის სახესხვაობებს, რომლებსაც მენდელეევის ელემენტთა პერიოდულ სისტემაში ერთი და იგივე ადგილი უკავიათ, მაგრამ განსხვავდებიან ატომთა მასებით. მათ პროტონების (ატომური ბირთვის დადებითი მუხტის მქონე ელემენტალური ნაწილაკები) ერთნაირი რაოდენობა აქვთ, მაგრამ განსხვავდებიან ნეიტრონების (ატომური ბირთვის ელემენტალური ნაწილაკები, რომლებსაც არ გააჩნიათ მუხტი) რაოდენობით. ბუნებაში არსებული ელემენტების უმრავლესობა რამდენიმე იზოტოპის სახით არსებობენ, თუმცა ისეთი ნივთიერებებიც გვხვდება, რომლებიც თითო იზოტოპის სახითა არიან გავრცელებული.

არსებობენ მდგრადი (სტაბილური) და არამდგრადი (რადიოაქტიური) იზოტოპები, მაგალითად, კალა გავრცელებულია ყველაზე მეტი მდგრადი, კერძოდ 10 იზოტოპის სახით. მდგრადი

იზოტოპები, რომლებისაგანაც შედგება ჩვენს გარშემო არსებული ბუნება, რადიოაქტიურ დაშლას არ განიცდიან და ინარჩუნებენ თავიანთ თვისობრიობას.

არამდგრადი (რადიოაქტიური) იზოტოპები კი იშლებიან და გარდაიქმნიებიან სხვა სახის იზოტოპებად. მათი არსებობის საშუალო ხანგრძლივობა დიდ ფარგლებში, კერძოდ წამის მემილიარდული ნაწილიდან – რამდენიმე მილიარდ წლამდე მერყეობს.

არამდგრადი იზოტოპები თავიანთი დაშლა-გარდაქმნის პროცესის დროს გამოასხივებენ სხვადასხვა სახის ნაწილაკებს. ტექნიკასა და მედიცინაში გამოსხივების წყაროდ ფართოდ გამოიყენებენ კობალტისა და ცეზიუმის იზოტოპებს; თანამგზავრებში – პლუტონისა და რადიუმის იზოტოპება.

განასხვავებენ რადიოაქტიური იზოტოპების მიერ  $\alpha$ -,  $\beta$ - და  $\gamma$ -ნაწილაკების გამოსხივებას, რომლებსაც შესაბამისად, ალფა-, ბეტა- და გამა-გამოსხივებას უწოდებენ

**ალფა-გამოსხივება** წარმოადგენს ჰელიუმის ბირთის ნაკადს და გააჩნია ძალიან დიდი მასიონიზირებელი უნარი; **ბეტა-გამოსხივება** წარმოადგენს ელექტრონების ნაკადს, ხოლო **გამა-გამოსხივება** -  $3 \cdot 10^{-9}$  სანტიმეტრზე ნაკლები სიგრძის ტალღების მქონე ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას.

გამა-გამოსხივებას გააჩნია დიდი შეღწევალობის უნარი, რაც საშუალებას გვაძლევს დეტალების ან ნივთიერებების გადაადგილება გავაკონტროლოთ ჰერმეტიკულად დახურულ მოცულობებში.

რადიოაქტიური დასხივების შემდეგ ნივთიერება თვითონ ხდება გამოსხივების წყარო და მას მეორადი გამოსხივება ეწოდება. მეორადი გამოსხივების ენერგია განისაზღვრება მისი გამომსხივებელი ნივთიერების შემადგენლობით, რაც საშუალებას გვაძლევს გავაკონტროლოთ ნივთიერების გაღვანური საფარველის შემადგენლობა და სიხისტე.

ნივთიერების მიერ გამოსხივებული მეორადი გამოსხივებას თუ შეხვდება იგივე ნივთიერების ფენა, გარკვეული პირობების არსებობის შემთხვევაში შეიძლება მოხდეს მისი რეზონანსული შთანთქმა. რეზონანსული შთანთქმისათვის საჭიროა გარკვეული სიდიდით გაიზარდოს გამოსხივების ენერგია. ეს მიიღწევა, მაგალითად, გამომსხივებელი და შთანთქმელი სხეულების ურთიერთწაძვრით (**მიონბაუერის ეფექტი**). იგი შეიძლება გამოვიყენოთ მცირე სიჩქარეების, აგრეთვე სიმძიმის ძალის აჩქარების, გასაზომად.

მუშავდება *გამა-ელექტრონული სალიანდაგო გადამწოდები*, რომლებიც აფიქსირებენ გამა-სხივების ინტენსიურობის შემცირებას მოძრავი შემადგენლობის მიერ მათი გადაღობვის დროს; დღეისათვის მსგავსი სალიანდაგო გადამწოდები ჯერ კიდევ ვერ გავრცელდა სარკინიგზო ტრანსპორტზე რადიაციის მავნე ზემოქმედებისაგან მომსახურე პერსონალის დაცვის სირთულის გამო.

ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემების განვითარების პროცესში აუცილებელი გახდება მონაცემთა ბაზის გაფართოება, რაც შეუძლებელი იქნება ახალი ტიპის “ინტელექტუალური” გადამწოდების დამუშავების გარეშე.

### 4.3. წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდების

#### გამოყენების პრესპექტივა და მათი

#### ინტელექტუალიზაციის პრობლემა

გადაზიდვების მუდმივად ზრდადი მოცულობის უზრუნველყოფისათვის რკინიგზების გამტარობის უნარის გასაღივებად სხვა ღონისძიებებთან ერთად საჭიროა სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ახალი გაუმჯობესებული სისტემებისა და მათი მომსახურების ტექნოლოგიების დამუშავება-დანერგვა. აღნიშნული სისტემების ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტებია ლიანდაგების სითავისუფლისა და დაკავებულობის მაკონტროლებელი პირველადი გადამწოდები. საქართველოს რკინიგზაზე დღემდე ასეთ გადამწოდებად გამოიყენება სარელსო წრედები, რომლებიც ასრულებენ მრავალ ფუნქციას; კერძოდ, აკონტროლებენ ლიანდაგის უბნების მდგომარეობასა და სარელსო ძაფების მთლიანობას, გადასცემენ ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის კოდებს, ატარებენ წვეის უკუდენა და ა.შ. აქედან გამომდინარე, ლიანდაგის, სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის, წვეის, ენერგომომარაგების მეურნეობების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია სარელსო წრედების გამართული და ზუსტად ორგანიზებული მუშაობა. სარელსო წრედები კი, რომლებსაც მეტად მძიმე პირობებში უხდებათ მუშაობა, გამოირჩევა მტკუნებათა მაღალი ალბათობით. კერძოდ, როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით, სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის მოწყობილობების დაზიანებათა საერთო



რაოდენობიდან სარელსო წრედების დაზიანებებზე მოდის დაახლოებით 33%.

სარელსო წრედების მუშაობის პირობების გაუმჯობესებისათვის შორის ევროპის წამყვან ქვეყნებში დიდი ყურადღება ეთმობა ენერგოდამზოგავი ტექნოლოგიების გამოყენებით სარელსო ძაფების მუშაობის თანდათანობით განტვირთვის პრობლემის გადაწყვეტას. კერძოდ, ლიანდაგების უბნების სითავისუფლისა და დაკავებულობის კონტროლის ფუნქციის შესრულება გადაიტანება ღერძების მთელ სისტემებზე, ხოლო ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის შესრულება – ინფორმაციის გადაცემის წერტილოვან (ევრობალიზურ) და უწყვეტ (რადიოლოკაციურ) არხებზე. აღნიშნული ფუნქციების შესრულებისაგან სარელსო წრედების განთავისუფლება მნიშვნელოვნად ამარტივებს სარელსო ძაფების მთლიანობის მაკონტროლებელი მოწყობილობების აგებასა და წვეის უკუდენის გატარებას.

ასეთ პირობებში იზრდება წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდების როლი სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასტემებში, რაც ამკაცრებს მათდამი წაყენებულ მოთხოვნებს.

ზოგადად ნებისმიერი სახის გადამწოდებებს მოეთხოვებათ გააჩნდეს კარგი თვისობრივი მაჩვენებლები, მაღალი საიმედოობა და მისაღები ტექნოლოგიურობა.

**გადამწოდების თვისობრივ მახასიათებლებად** ითვლება მათი მგრძობიარობა, წრფივობა, აღქმადობა ან განმეორებადობა, პისტერეზისის არარსებობა, ჩვენებები, გამოსმაურების სინქარე, ურთიერთშენაცვლადობა, და ფარდობა სიგნალი/ხმაური.

**საიმედოობის** მხრივ გადამწოდებს უნდა გააჩნდეთ მუშაობის ხანგრძლივი ვადა, მდგრადოდა გარემოს ზემოქმედებებზე და მუშაობის უმტყუნველობა.

**ტექნოლოგიურობის** მოთხოვნის თანახმად გადამწოდებს უნდა ჰქონდეთ მცირე გაბარიტები და მასა, მარტივი კონსტრუქცია და დაბალი ღირებულება.

ძალიან ძნელია ისეთი გადამწოდების კონსტრუირება, რომლებიც მაქსიმალურად აკმაყოფილებდნენ მათდამი წაყენებულ ყველა ზემოთჩამოთვლილ მოთხოვნას. გადამწოდების შესაძლო ნაკლოვანებების კომპენსირება შესაძლებელია მიკროპროცესორულ მოწყობილობებთან მათი ერთობლივი ფუნქციონირებით [35, 39]. მიკროპროცესორული მოწყობილობების გამოთვლითი შესაძლებლობების გამოყენების მეშვეობით შესაძლებელია:

- გავაწრფივოთ გადამწოდის არაწფივი მაჩვენებლები;  
 - ჩავახშოთ გადამწოდის მიერ წარმოშობილი ხმაური (ხელშეშლები);

- მოვახდინოთ გადამწოდის მგრძობიარობისა და ნულოვანი წერტილის კორექტირება, რომლებიც იცვლებიან ხანგრძლივი ექსპლუატაციის დროს.

ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე,

გადამწოდების ტექნიკის განვითარების ტენდენცია გვინგენებს, რომ გადამწოდების კონსტრუირების დროს გადასაწყვეტი ძირითადი ამოცანებია:

- **გადამწოდების ინტეგრალური შესრულება.** ინტეგრალური ტექნოლოგიის განვითარება და ინტეგრაციის დონის ამაღლება აუცილებლად უნდა აისახოს გადამწოდის კონსტრუქციაშიც. კერძოდ საჭიროა შეიქმნას ისეთი გადამწოდები, რომელთა კორპუსებში იქნება ჩაშენებული მაძლიერებლები, ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელები და ინტერფეისის სხვა სქემები;

- მოხდეს **გადამწოდების კომბინირება**, რომლის მეშვეობითაც ერთ კორპუსში შესაძლებელი იქნება რამდენიმე გადამწოდის გაერთიანება. ეს საშუალებას მოგვცემს ერთი უნივერსალური გადამწოდის მეშვეობით ერთდროულად მოვახდინოთ რამდენიმე ფიზიკური პარამეტრის ფიქსირება. მაგალითად, კონდიციონერებში დღეს წარმატებით გამოიყენება გადამწოდები, რომლებიც ერთდროულად აფიქსირებენ ტემპერატურასა და ტენიანობას. გარდა ამისა, შეიძლება მოხდეს გადამწოდისა და შემსრულებელი მოწყობილობის კომბინირებაც; კერძოდ, ბოლო პერიოდში აქტიურად განიხილება ფორმის ისეთი დამხსომებელის შექმნის საკითხი, რომელშიც შეხამებული იქნება გადამწოდისა და შემსრულებელი მოწყობილობის ფუნქციები;

- **გადამწოდების ინტელექტუალიზაცია**, რაც გულისხმობს გადამწოდისა და მიკროპროცესორის ერთ კორპუსში გაერთიანებას. ასეთ შემთხვევაში გადამწოდის მიერ ფორმირებული პირველადი სიგნალი გამოსასვლელზე უშუალოდ არ გადაიცემა; მიკროპროცესორის მიერ გაანალიზდება არსებული მონაცემები, გარე პირობები და ამ ანალიზის საფუძველზე იგი იღებს გამოსასვლელზე გარკვეული (ციფრული) სახის სიგნალის გადაცემის გადაწყვეტილებას.

გადამწოდის მიერ გამოსასვლელი სიგნალის ასეთი გულმოდგინე ანალიზი განსაკუთრებით აუცილებელია უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემებში, რომლებშიც დაუშვებელია ყალბი სიგნალების ფორმირება. სწორედ ასეთ

სისტემებს მიეკუთვნებათ სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემები, რომლებში გამოსაყენებლად აქტუალურია ინტელექტუალური გადამწოდების დამუშავება.

ზემოთაღნიშნულის ილუსტრირებისათვის განვიხილოთ შემდეგი მაგალითი. მოძრავი შემადგენლობის დერძების მთვლელი წერტილოვანი გადამწოდები დღემდე მუშაობდნენ მოწობილობებთან ერთად, რომლებითაც ხდებოდა გადამწოდების მიერ ფორმირებული სიგნალების აპარატურული დამუშავება; მათში გამოიყენებდა ანალოგური კომპარატორები. ასეთ პირობებში ვაგონის გაჩერებისას გადამწოდის თავზე წყვილთვალის დერძის წარმოშობილი “ცმუტვა” შეიძლება გახდეს დერძების რაოდენობის არასწორი დათვლის მიზეზი, რაც სასიფათო მტყუნებას წარმოადგენს. გადამწოდზე მოძრავი შემადგენლობის გავლის შესახებ სწორი გადაწყვეტილების მისაღებად წერტილოვან სალიანდაგო გადამწოდს აუცილებლად სჭირდება ინტელექტუალური მხარდაჭერა.

რეალური ობიექტების ექსპლუატაციამ გვჩვენა, რომ ინტელექტუალური გადამწოდების კონსტრუირებისათვის შეიძლება გამოყენებული იყოს ერთკრისტალური სწრაფმოქმედი მიკროპროცესორული მოწყობილობა, რომლის კორპუსშიც ჩაშენებულია სიგნალების ანალოგური-ციფრული გარდამქმნელები.

ინტელექტუალიზაციის პრობლემის წარმოშობა დაკავშირებულია პრაქტიკაში სუსტად ფორმალიზებადი ისეთი ამოცანების გადაწყვეტასთან, რომლებისთვისაც არ არსებობენ ადეკვატური მათემატიკური მოდელები და ამიტომ შეუძლებელია დაპროგრამების ტრადიციული მეთოდების გამოყენებით მათი დაპროგრამება. ასეთი პრობლემების გადასაწყვეტად XX საუკუნის II ნახევრიდან განვითარება დაიწყო ინტელექტუალიზაციის იდეებზე დაფუძნებულმა “არაკლასიკურმა” მიდგომამ. ასეთი მიდგომა გულისხმობს ბუნებრივი სისტემების ფუნქციონირების პრინციპების რეალიზაციას ხელოვნურ (კერძოდ, ტექნიკურ) სისტემაში; მაგალითად ადამიანური სისტემისათვის დამახასიათებელი განსჯის მეთოდების იმიტირებას ტექნიკურ სისტემაში. ამისათვის უპირველეს ყოვლისა აუცილებელია მოვახდინოთ აღნიშნული განსჯის მეთოდების მათემატიკური მოდელირება, რისთვისაც დამუშავებული იქნა სხვადასხვა ფორმალური ლოგიკური სისტემები. ასეთი ლოგიკური სისტემებია პრედიკატული ლოგიკა, ბინარული (ბულის) ლოგიკა ტემპორალური (ინგ. *Temporal* – დროითი) ლოგიკა.

**პრედიკატულ ლოგიკაში** გამოყენებულია არსებობის  $\exists$  და საყოველთაობის  $\forall$  პრედიკატები (*ლათ. Preaedicatum* – ნათქვამი, თქმული), რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელია ლოგიკური კონსტრუქციების მათემატიკური (ფორმალიზებული) ჩაწერა. მაგალითად, ლოგიკური კონსტრუქცია “არსებობს ისეთი ლოგიკური  $x$  ცვლადი, რომლის დროსაც  $P(x)$  ფუნქცია იღებს რაღაც  $k$  მნიშვნელობას” პრედიკატული ლოგიკის გამოყენებით ფორმალურად ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\exists x (P(x)=k), \quad (4.13)$$

ხოლო ლოგიკური კონსტრუქცია “ყოველი ლოგიკური  $x$  ცვლადისათვის  $P(x)$  ფუნქცია იღებს რაღაც  $k$  მნიშვნელობას” ფორმალურად ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\forall x (P(x)=k). \quad (4.14)$$

**ბინარული (ბულის) ლოგიკის** საფუძვლები დეტალურადაა განხილული ჩვენს მიერ შედგენილ დამხმარე სახელმძღვანელოში [9]. აქ მხოლოდ იმის აღნიშვნით შემოვიფარგლებით, რომ აღნიშნულ ლოგიკაში ბინარულ, ვთქვათ  $x$ , ცვლადს შეუძლია მხოლოდ ორი ლოგიკური მნიშვნელობის მიღება, რომელთაგანაც ერთ-ერთი ითვლება ჭეშმარიტ მნიშვნელობად და აღინიშნება ციფრით 1, ხოლო მეორე – ყალბ (მცდარ) მნიშვნელობად და აღინიშნება ციფრით 0, ე.ი.

$$x = \begin{cases} 1, \\ 0 \end{cases} \quad (4.15)$$

ამასთანავე აღნიშნულ ლოგიკაში დაკონკრეტებული არ არის დროის რომელ მომენტებში იღებს ცვლადი 1-ის ან 0-ის მნიშვნელობას.

ბინარულ ლოგიკაში არსებობს 1 უნარული, 5 მარტივი ბინარული და 3 კომპლექსური ბინარული ოპერატორი, რომლებიც ნებისმიერი ლოგიკური კონსტრუქციების ფორმალურად ჩაწერის საშუალებას გვაძლევს.

**ტემპორალური ლოგიკა** სათავეს ჯერ კიდევ *არისტოტელეს* ნაშრომებში იღებს, მაგრამ დამოუკიდებელ სისტემად მისი ჩამოყალიბება XX საუკუნის II ნახევარში დასრულდა; იგი შეიძლება ბინარული ლოგიკის განზოგადებად ჩავთვალოთ,

რადგან მასში ფიქსირებულია დროის კონკრეტული მომენტები, რომელთა დროსაც განხილული ლოგიკური ცვლადი იღებს ჭეშმარიტ და ყალბ მნიშვნელობებს. მაგალითად, აღნიშნულ ლოგიკაში (4.15) გამოსახულებას შეიძლება შემდეგნაირად შეიცვალოს:

$$x = \begin{cases} 1, & \text{თუ } t \in \{t_1, t_2, \dots, t_n\} \\ 0, & \text{თუ } t \notin \{t_1, t_2, \dots, t_n\} \end{cases} \quad (4.16)$$

რომლის ძალითაც დროის  $t = t_1, t_2, \dots, t_n$  მომენტებში  $x = 1$ , ხოლო დანარჩენ მომენტებში  $x = 0$ .

ტემპორალურ ლოგიკაში არსებობა 2 ბინარული და 5 უნარული ოპერატორი, რომლებიც ლოგიკური კონსტრუქციების ფორმალურად ჩაწერის საშუალებას გვაძლევს.

ზემოთგანხილულ ლოგიკებს *კლასიკური ლოგიკები* ეწოდება. მათთვის დამახასიათებელი ნიშანია ის, რომ ლოგიკურ  $x$  ცვლადს შეუძლია მხოლოდ ორი - ჭეშმარიტი ( $x=1$ ) ან მცდარი ( $x=0$ ) - მნიშვნელობის მიღება, ე.ი.  $x \in \{0, 1\}$ . კლასიკური ლოგიკის განზოგადების გზით 1965 წელს *ლ. ა. ზადემ (L.A. Zadeh)* დააფუძნა ე.წ. *არამკაფიო ლოგიკა (fuzzy logic)*, რომლის დროსაც ლოგიკური  $x$  ცვლადი იღებს მნიშვნელობებს 0-დან 1-მდე ფარგლებში [39; 40], ე.ი.  $x \in \{0, \dots, 1\}$ .

ტემპორალურმა და არამკაფიო-ტემპორალურმა ლოგიკამ გამოყენება ჰპოვა პროცესების დინამიკის შესახებ ექსპერტთა განსჯის მეთოდების მოდელირებაში, აგრეთვე სხვადასხვა სახის საინფორმაციო, საინფორმაციო-მმართველობითი და მაკონტროლებელი სისტემების მონაცემთა ბაზის შესაქმნელად. კერძოდ, არამკაფიო-ტემპორალური ლოგიკის გამოყენებით წარმატებით იქნა დამუშავებული ღერძების მთვლელი გადამწოდის ინტელექტუალური დინამიკური მოდელი [21].

ინტელექტუალური სალიანდაგო წერტილოვანი გადამწოდების დამუშავება და სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემებში მათი გამოყენება მძლავრ იმპულსს მისცემს აღნიშნული სისტემების შემდგომი განვითარებისა და სრულყოფის პროცესს.

დ ა ნ ა რ თ ი 1

სარელსო წრეწის აპარატურის მახასიათებლები და ოთხკოლხების კოეფიციენტები

ცხრილი № 11. მუდმივი დენის სალიანდაგო მიმღებების ელექტრული მახასიათებლები

რელეს ტიპი	დენი, ა		დაბრუნების $K_{დ.}$	საიმედოდ დაბრუნების $K_{ს.დ.}$	გრაგნილების რაოდენობა და მათი შეერთება
	დუზას ამოქმედების $\leq$	დუზას ჩამოშების $\geq$			
НШ2-2	0,135	0,055	0,41	0,25	ერთი
АНШ2-2	0,135	0,055	0,41	0,25	ორი, მიმდევრ.
НМШ-2	0,11	0,045	0,9	0,7	ერთი
ИМШ1-0,3	0,28	0,135	0,9	0,75	ერთი

ცხრილი № 12 ცვლადი დენის ერთელემენტიანი სალიანდაგო მიმღებების ელექტრული მახასიათებლები

რელეს ტიპი	ძაბვა, ვ		კოეფიციენტი		გამართვის სქემა, გრაგნილების რაოდენობა და მათი შეერთება
	დუზას ამოქმედების $\leq$	დუზას ჩამოშების $\geq$	დაბრუნების $K_{დ.}$	საიმედოდ დაბრუნების $K_{ს.დ.}$	
АНШ2-2400	10,5	5	0,48	0,3	ბოგირული, ორი, პარალელური
	35	17,5	0,5	0,3	1,5 პერიოდ-იანი, ორი, მიმდევრობ.
НМВШ2-1000/1000	10,5	5	0,48	0,3	1,5 პერიოდ-იანი, ორი, მიმდევრობ.
НВШ1-800	27	12	0,44	0,3	,5 პერიოდ-იანი, ორი, მიმდევრობ.
ИМШ-110	3,2	2	0,9	0,7	

შენიშვნა. უწყვეტი კვების რელესთვის საიმედოდ დაბრუნების კოეფ.  $K_{ს.დ.} = 0,6K_{დ.}$ ; იმპულსური რელესთვის  $K_{ს.დ.} = 0,778K_{დ.}$ .

ცხრილი ღ. 13. DCIII ტიპის მიმღების ელ. მახასიათებლები

DCIII13A	DCIII-13	DCIII-12	DCIII-2	რელეს ტიპი		ადგილობრივი ელემენტი
				სალიანდაგო დენის ხახშირი f. პ.პ.	სალიანდაგო ელემენტი	
25	25	50	50	დაბვა $U_{ადვ}$ ვ	სალიანდაგო დენის ხახშირი f. პ.პ.	
110	110	220	110	დენი, არაუგეგმვის $I_{ადვ}$ ა	სალიანდაგო ელემენტი	
0,08	0,0605	0,072	0,145			
9	11	10	28	$U_{პირ.}$ ვ		
0,023	0,027	0,0165	0,047	$I_{პირ.}$ ა		
12	15	14	45	$U_{სრ.}$ კ		
0,03	0,037	0,023	0,075	$I_{სრ.}$ ა		
5,4	7	6,3	20	$U_{ჩაგ.}$ კ		
0,0135	0,016	0,01005	0,033	$I_{ჩაგ.}$ ა		
90	90	90	97	დაბგებს შორის ძვრის იდეალური კუთხე $\phi_{დე.}$ გრად		

ცხრილი ღ. 14. ტრანსფორმატორის ოთხპოლუსათა კოეფიციენტები

ტრანსფორმატორის ტიპი	<i>n</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1	2	3	4	5	6
<b>2 5 კ ვ ს ი ს შ ი რ ე</b>					
ПРТ-А	9,15	0,110(0 <sup>0</sup> )	2,4 (36 <sup>0</sup> )	0,006(-65 <sup>0</sup> )	9,15 (0 <sup>0</sup> )
	12,2	0,082(0 <sup>0</sup> )	2,6 (36 <sup>0</sup> )	0,0075(-67 <sup>0</sup> )	12,2 (0 <sup>0</sup> )
	15,7	0,67 (0 <sup>0</sup> )	3,0 (36 <sup>0</sup> )	0,012(-67 <sup>0</sup> )	15,7 (0 <sup>0</sup> )
	18,3	0,055(0 <sup>0</sup> )	3,9 (36 <sup>0</sup> )	0,0033(-80 <sup>0</sup> )	18,3 (0 <sup>0</sup> )
	30,0	0,033(0 <sup>0</sup> )	4,2 (30 <sup>0</sup> )	0,0064(-80 <sup>0</sup> )	30,0 (0 <sup>0</sup> )
	40,0	0,026(0 <sup>0</sup> )	4,4 (26 <sup>0</sup> )	0,008 (-77 <sup>0</sup> )	40,0 (0 <sup>0</sup> )
	44,0	0,023(0 <sup>0</sup> )	4,6 (23 <sup>0</sup> )	0,009 (-74 <sup>0</sup> )	44,0 (0 <sup>0</sup> )
	55,0	0,019(0 <sup>0</sup> )	5,0 (15 <sup>0</sup> )	0,011 (-70 <sup>0</sup> )	55,0 (0 <sup>0</sup> )
<b>5 0 კ ვ ს ი ს შ ი რ ე</b>					
ПОБС-2А	18,2	0,0564 (2 <sup>0</sup> 20 <sup>1</sup> )	1,072 (26 <sup>0</sup> 30 <sup>1</sup> )	0,014 (-59 <sup>0</sup> 30 <sup>1</sup> )	17,72 (3 <sup>0</sup> 20 <sup>1</sup> )
ПОБС-3А	5,0	0,250(0 <sup>0</sup> )	5,4 (20 <sup>0</sup> )	0,0075 (-70 <sup>0</sup> )	5,0 (0 <sup>0</sup> )
ПРТ-А	9,15	0,109(0 <sup>0</sup> )	2,0 (25 <sup>0</sup> )	0,0024 (-60 <sup>0</sup> )	9,15 (0 <sup>0</sup> )
	12,2	0,082(0 <sup>0</sup> )	2,3 (18 <sup>0</sup> )	0,0044 (-67 <sup>0</sup> )	12,2 (0 <sup>0</sup> )
	15,7	0,067(0 <sup>0</sup> )	2,5 (15 <sup>0</sup> )	0,0064 (-60 <sup>0</sup> )	15,7 (0 <sup>0</sup> )
	18,3	0,055(0 <sup>0</sup> )	3,15(17 <sup>0</sup> )	0,0014 (-60 <sup>0</sup> )	18,3 (0 <sup>0</sup> )
	22,0	0,046(0 <sup>0</sup> )	3,38(17 <sup>0</sup> )	0,0018 (-60 <sup>0</sup> )	22,0 (0 <sup>0</sup> )
	33,0	0,033(0 <sup>0</sup> )	3,97(15 <sup>0</sup> 30 <sup>1</sup> )	0,0021(-60 <sup>0</sup> )	30,0 (0 <sup>0</sup> )
	40,0	0,025(0 <sup>0</sup> )	4,32(14 <sup>0</sup> 30 <sup>1</sup> )	0,0026 (-60 <sup>0</sup> )	40,0 (0 <sup>0</sup> )
СОБС-2	13,7	0,073 (3 <sup>0</sup> 05 <sup>1</sup> )	7,5 (21 <sup>0</sup> 45 <sup>1</sup> )	0,0033 (-62 <sup>0</sup> 35 <sup>1</sup> )	13,69 (-3 <sup>0</sup> 05 <sup>1</sup> )
	15,0	0,067 (3 <sup>0</sup> 42 <sup>1</sup> )	7,7(19 <sup>0</sup> 50 <sup>1</sup> )	0,0035 (-63 <sup>0</sup> 23 <sup>1</sup> )	14,52 (-7 <sup>0</sup> 43 <sup>1</sup> )
	16,0	0,064 (2 <sup>0</sup> 25 <sup>1</sup> )	7,74 (22 <sup>0</sup> 25 <sup>1</sup> )	0,0036 (-61 <sup>0</sup> 55 <sup>1</sup> )	15,77 (-7 <sup>0</sup> 43 <sup>1</sup> )

(დასასრული შემდეგ გვერდზე)



## ცხრილ ღ.14-ის დახასრული

1	2	3	4	5	6
	17,7	0,058 (30 <sup>0</sup> 15 <sup>1</sup> )	7,77 (70 <sup>0</sup> 45 <sup>1</sup> )	0,041 (-62 <sup>0</sup> 45 <sup>1</sup> )	17,0 (-13 <sup>0</sup> 15 <sup>1</sup> )
СОБС- -2А	13,7	0,076 (0 <sup>0</sup> 40 <sup>1</sup> )	4,96 (23 <sup>0</sup> 15 <sup>1</sup> )	0,002 (56 <sup>0</sup> )	13,2 (0 <sup>0</sup> 40 <sup>1</sup> )
	15,0	0,073 (0 <sup>0</sup> 45 <sup>1</sup> )	5,02 (18 <sup>0</sup> 30 <sup>1</sup> )	0,00124 (56 <sup>0</sup> )	13,64 (0 <sup>0</sup> 45 <sup>1</sup> )
	17,0	0,067 (0 <sup>0</sup> 55 <sup>1</sup> )	5,29 (19 <sup>0</sup> )	0,00134 (56 <sup>0</sup> 30 <sup>1</sup> )	

**შენიშვნა:** გრაფებში 3,4,5 და 6 უფრხილებოდ ნაჩვენებია კოეფიციენტის მოდული, ხოლო ფრხილებში –არგუმენტი. მაგალითად, ჩანაწერი 13,69 (- 3<sup>0</sup>69<sup>1</sup>) ნიშნავს:  $13.69e^{-j3^{\circ}05'}$

ცხრილი 15.15. დროსელ-ტრანსფორმატორების თანპოლისათა ქვევცენებები

ტიპი	n	A <sub>დბ.</sub>	B <sub>დბ.</sub>	C <sub>დბ.</sub>	D <sub>დბ.</sub>
1	2	3	4	5	6
		2	5	3	6
		3	6	5	6
ДТ-1-150	3	$\frac{0,02667 (-1^0)}{43 (-1^0)}$	$\frac{0,0525 (40^0)}{0,0525 (40^0)}$	$\frac{0,49 (-70^0)}{0,49 (-70^0)}$	$\frac{3,0 (0^0)}{0,333 (0^0)}$
ДТ-0,2-500	40	$\frac{0,082 (-2^0)}{15,0 (-2^0)}$	$\frac{0,62 (69^0)}{0,62 (69^0)}$	$\frac{0,27 (-84^0)}{0,27 (-84^0)}$	$\frac{43,0 (-1^0)}{0,0267 (-1^0)}$
ДТ-0,6-500	15	$\frac{0,074 (-4^0)}{15,8 (-2^0)}$	$\frac{1,03 (58^0)}{1,03 (58^0)}$	$\frac{0,24 (-82^0)}{0,24 (-82^0)}$	$\frac{15,0 (-2^0)}{0,082 (-2^0)}$
ДТ-0,6-1000	15	$\frac{0,372 (-2^0 30^1)}{3,35 (-2^0 30^1)}$	$\frac{0,083 (60^0)}{0,083 (60^0)}$	$\frac{0,21 (-82^0)}{0,21 (-82^0)}$	$\frac{15,8 (-2^0)}{0,074 (-4^0)}$
ДТ-0,6-500С	3	$\frac{0,074 (-2^0 30^1)}{16,75 (-2^0 30^1)}$	$\frac{0,208 (57^0 30^1)}{0,208 (57^0 30^1)}$	$\frac{1,24 (-82^0 30^1)}{1,24 (-82^0 30^1)}$	$\frac{3,35 (-2^0 30^1)}{0,372 (-2^0 30^1)}$
ДТ-0,6-500M	15	$\frac{0,029 (-5^0 30^1)}{42,2 (-1^0)}$	$\frac{1,04 (57^0 30^1)}{1,04 (57^0 30^1)}$	$\frac{0,248 (-82^0 30^1)}{0,248 (-82^0 30^1)}$	$\frac{16,75 (-2^0 30^1)}{0,0745 (-2^0 30^1)}$
	38		$\frac{2,47 (59^0 30^1)}{2,47 (59^0 30^1)}$	$\frac{0,097 (-84^0)}{0,097 (-84^0)}$	$\frac{42,2 (-1^0)}{0,029 (-5^0 30^1)}$

(გაგრძელება შემდგომ გვერდზე)

ცხრილი 8.1.5-ის დაგრძელება

1	2	3	4	5	6
5 0 3 3					
ს ო ბ შ ი რ ე					
ДТ-0,2-500	17	$\frac{0,07 (-2^0 42^1)}{17,05 (-0^0 50^1)}$	$\frac{0,624 (61^0)}{0,624 (61^0)}$	$\frac{0,331 (-82^0)}{0,331 (-82^0)}$	$\frac{17,05 (-0^0 50^1)}{0,07 (-2^0 42^1)}$
	23	$\frac{0,052 (-3^0)}{23 (-4^0)}$	$\frac{0,842 (61^0)}{0,842 (61^0)}$	$\frac{0,244 (-82^0)}{0,244 (-82^0)}$	$\frac{23 (-4^0)}{0,052 (-3^0)}$
	30	$\frac{0,04 (-3^0)}{30,2 (-1^0)}$	$\frac{1,1 (61^0)}{1,1 (61^0)}$	$\frac{0,187 (-82^0)}{0,187 (-82^0)}$	$\frac{30,2 (-1^0)}{0,04 (-3^0)}$
ДТ-0,2-1000	40	$\frac{0,03 (-3^0)}{40,1 (-1^0)}$	$\frac{1,47 (61^0)}{1,47 (61^0)}$	$\frac{0,14 (-82^0)}{0,14 (-82^0)}$	$\frac{40,1 (-1^0)}{0,03 (-3^0)}$
	17	$\frac{0,0635 (-0^0)}{18,5 (-3^0)}$	$\frac{0,561 (70^0 30^1)}{0,561 (70^0 30^1)}$	$\frac{0,315 (-81^0)}{0,315 (-81^0)}$	$\frac{18,5 (-3^0)}{0,063 (0^0)}$
	30	$\frac{0,0395 (-3^0)}{30 (-1^0)}$	$\frac{1,1 (61^0)}{1,1 (61^0)}$	$\frac{0,186 (-82^0)}{0,186 (-82^0)}$	$\frac{30 (-1^0)}{0,0395 (-3^0)}$
ДТ-0,6-500	15	$\frac{0,08 (1^0 30^1)}{15,5 (-3^0 10^1)}$	$\frac{1,815 (72^0 30^1)}{1,815 (72^0 30^1)}$	$\frac{0,135 (-81^0)}{0,135 (-81^0)}$	$\frac{15,5 (-3^0 10^1)}{0,08 (1^0 30^1)}$

ცხრილი №1.5-ის გაგრძელება

1	2	3	4	5	6
5 0 3 6					
ს ო ბ შ ი რ ე					
ДТ-0,6-500М	15	$\frac{0,08(1^{0}30^{1})}{15,5 (-3^{0})}$	$\frac{1,815 (72^{0}30^{1})}{1,815 (72^{0}30^{1})}$	$\frac{0,135 (-81^{0})}{0,135 (-81^{0})}$	$\frac{15,5 (-3^{0})}{0,08 (1^{0}30^{1})}$
	38	$\frac{0,03 (-3^{0})}{40 (0^{0}30^{1})}$	$\frac{4,4 (73^{0})}{4,4 (73^{0})}$	$\frac{0,05 (-84^{0})}{0,05 (-84^{0})}$	$\frac{40 (0^{0}30^{1})}{0,03 (-3^{0})}$
ДТ-0,6-1000	15	$\frac{0,072 (0^{0})}{16,35 (-2^{0})}$	$\frac{1,455 (75^{0})}{1,455 (75^{0})}$	$\frac{0,117 (-81^{0})}{0,117 (-81^{0})}$	$\frac{16,35 (-2^{0})}{0,072 (0^{0})}$
ДТ-0,6-500С	3	$\frac{0,4 (2^{0})}{3,1 (-3^{0})}$	$\frac{0,363 (72^{0})}{0,363 (72^{0})}$	$\frac{0,675 (-81^{0})}{0,675 (-81^{0})}$	$\frac{3,1 (-3^{0})}{0,4 (2^{0})}$
ДТМ-0,17-1000	40	$\frac{0,029 (-1^{0})}{43,11 (1^{0}20^{1})}$	$\frac{1,567 (79^{0})}{1,567 (79^{0})}$	$\frac{0,173 (-89^{0})}{0,173 (-89^{0})}$	$\frac{43,11 (-1^{0}20^{1})}{0,029 (-1^{0})}$
7 5 3 6					
ს ო ბ შ ი რ ე					
ДТМ-0,17-1000	40	$\frac{0,031 (-1^{0})}{40,5 (-1^{0})}$	$\frac{2,02 (72^{0})}{2,02 (72^{0})}$	$\frac{0,124 (-86^{0})}{0,124 (-86^{0})}$	$\frac{40,5 (-1^{0})}{0,031 (-1^{0})}$

ცნობილი დ.1.5-ის დასახსრული

1	2	3	4	5	6
	1 2 5	3 6	ს ი ს შ ი რ ე	ს ი ს შ ი რ ე	
ДТМ-0,17-1000	40	$\frac{0,033 (-1^0)}{37,4 (-1^0)}$	$\frac{3,18 (73^0)}{3,18 (73^0)}$	$\frac{0,077 (-86^0)}{0,077 (-86^0)}$	$\frac{37,4 (-1^0)}{0,033 (-1^0)}$
	1 7 5	3 6	ს ი ს შ ი რ ე	ს ი ს შ ი რ ე	
ДТМ-0,17-1000	40	$\frac{0,033 (-1^0)}{38,1 (-1^0)}$	$\frac{4,57 (80^0)}{4,57 (80^0)}$	$\frac{0,057 (-84^0)}{0,057 (-84^0)}$	$\frac{38,1 (-1^0)}{0,033 (-1^0)}$
	2 2 5	3 6	ს ი ს შ ი რ ე	ს ი ს შ ი რ ე	
ДТМ-0,17-1000	40	$\frac{0,033 (-2^0)}{37,5 (-1^0)}$	$\frac{5,24 (77^0)}{5,24 (77^0)}$	$\frac{0,044 (-84^0)}{0,044 (-84^0)}$	$\frac{37,5 (-1^0)}{0,033 (-2^0)}$
	2 7 5	3 6	ს ი ს შ ი რ ე	ს ი ს შ ი რ ე	
ДТМ-0,17-1000	40	$\frac{0,033 (-2^0)}{37,7 (-1^0)}$	$\frac{6,41 (76^0)}{6,41 (76^0)}$	$\frac{0,037 (-84^0)}{0,037 (-84^0)}$	$\frac{37,7 (-1^0)}{0,033 (-2^0)}$

შენიშვნები: 1) უფრხსლებლიდ ნახეგება მოლელები, ფრხსლები, ფრხსლები – არგუმენტები (გრაფიკებში)  
 2) რიცხვებში ნახეგება კოეფიციენტის მნიშვნელობა დროულ-ტრანსკორმაციის მიერ-  
 თებისა სარელსო წრეის სარელსო ბოლოზე, ხოლო მნიშვნელებში – მის მიერთებისას  
 სარელსო წრეის მკვებე ბოლოში.

**ცხრილი 16.** სარგებლო თახბილუსას კოეფიციენტები ნორმალური რეჟიმის დროს ( $\mu=25$  კც,  
 $\sigma=0,37(58^{\circ})$ )

r <sub>0</sub> %	ს ა რ გ ლ ს ე						წ რ ე დ ი ს						ს I ბ რ ძ ე						კ მ		
	0,5		1,0		1,5		2,0		2,5		3,0		3,5		4,0		4,5		5,0		
0,4	<u>1,065</u> 5,39	<u>0,19</u> 59,9	<u>1,28</u> 1,86	<u>1,29</u> 19,05	<u>2,72</u> 7,248	<u>1,79</u> 35,6	<u>0,67</u> 73,65	<u>1,046</u> 84,3	<u>2,66</u> 51,51	<u>1,046</u> 84,3	<u>0,67</u> 73,65	<u>1,79</u> 35,6	<u>2,72</u> 7,248	<u>1,29</u> 19,05	<u>1,28</u> 1,86	<u>0,19</u> 59,9	<u>1,065</u> 5,39	<u>7,06</u> 26,3	<u>4,05</u> 66,16	<u>1,59</u> 96,4	<u>10,75</u> 38,4
0,6	<u>1,04</u> 3,64	<u>0,19</u> 59,2	<u>0,84</u> 1,24	<u>1,19</u> 13,4	<u>1,76</u> 4,89	<u>1,48</u> 26,44	<u>0,629</u> 68,69	<u>0,93</u> 76,3	<u>1,99</u> 39,97	<u>0,93</u> 76,3	<u>0,629</u> 68,69	<u>1,48</u> 26,44	<u>1,76</u> 4,89	<u>1,19</u> 13,4	<u>0,84</u> 1,24	<u>0,19</u> 59,2	<u>1,04</u> 3,64	<u>4,19</u> 18,3	<u>2,76</u> 52,76	<u>1,33</u> 85,26	<u>5,97</u> 27,26
0,8	<u>1,44</u> 2,72	<u>0,19</u> 58,9	<u>0,63</u> 0,93	<u>1,14</u> 10,34	<u>1,3</u> 3,68	<u>1,37</u> 21,01	<u>0,61</u> 66,12	<u>0,88</u> 72,02	<u>1,69</u> 32,77	<u>0,88</u> 72,02	<u>0,61</u> 66,12	<u>1,37</u> 21,01	<u>1,3</u> 3,68	<u>1,14</u> 10,34	<u>0,63</u> 0,93	<u>0,19</u> 58,9	<u>1,44</u> 2,72	<u>2,96</u> 14,02	<u>2,21</u> 44,3	<u>1,21</u> 79,13	<u>4,087</u> 21,13
1,0	<u>1,03</u> 2,21	<u>0,19</u> 58,7	<u>0,5</u> 0,75	<u>1,107</u> 8,413	<u>1,03</u> 2,96	<u>1,265</u> 17,43	<u>0,598</u> 54,54	<u>0,85</u> 69,37	<u>1,52</u> 27,78	<u>0,85</u> 69,37	<u>0,598</u> 54,54	<u>1,265</u> 17,43	<u>1,03</u> 2,96	<u>1,107</u> 8,413	<u>0,5</u> 0,75	<u>0,19</u> 58,7	<u>1,03</u> 2,21	<u>2,29</u> 11,4	<u>1,91</u> 38,28	<u>1,15</u> 75,25	<u>3,09</u> 17,25
2,0	<u>1,01</u> 1,11	<u>0,18</u> 58,37	<u>0,25</u> 0,37	<u>1,05</u> 4,35	<u>0,51</u> 1,49	<u>1,122</u> 9,39	<u>0,58</u> 61,32	<u>0,79</u> 63,8	<u>1,23</u> 15,74	<u>0,79</u> 63,8	<u>0,58</u> 61,32	<u>1,122</u> 9,39	<u>0,51</u> 1,49	<u>1,05</u> 4,35	<u>0,25</u> 0,37	<u>0,18</u> 58,37	<u>1,01</u> 1,11	<u>1,07</u> 5,84	<u>1,39</u> 22,89	<u>1,027</u> 66,98	<u>1,39</u> 8,99
100	<u>1,0</u> 0,023	<u>0,19</u> 58,0	<u>0,005</u> 0,008	<u>1,001</u> 0,089	<u>0,01</u> 0,03	<u>1,00</u> 0,2	<u>0,56</u> 58,06	<u>0,74</u> 58,1	<u>1,004</u> 0,36	<u>0,74</u> 58,1	<u>0,56</u> 58,06	<u>1,00</u> 0,2	<u>0,01</u> 0,03	<u>0,005</u> 0,008	<u>0,19</u> 58,0	<u>1,0</u> 0,023	<u>0,02</u> 0,12	<u>1,006</u> 0,56	<u>0,93</u> 58,18	<u>0,025</u> 0,19	<u>0,025</u> 0,19

**ცხრილი 17.17** სარგლსო ოთხბოლუსას კოეფიციენტები ნორმალური რეჟიმის დროს ( $\mu=50$  აკ,  $\sigma=0,6(70^6)$ )

r, აზ.	ს ა რ გ ლ ს ო														
	0,5			1,0			1,5			2,0			2,5		
	A=D	B	C	A=D	B	C	A=D	B	C	A=D	B	C	A=D	B	C
0,4	1,075 9,64	0,31 73,3	1,28 3,34	1,406 32,85	0,66 82,9	2,75 12,97	2,197 57,88	1,132 97,74	4,72 27,7	3,66 80,15	1,85 115,8	7,72 45,83	6,103 100,7	3,03 135,4	12,6 65,48
0,6	1,04 6,53	0,3 72,23	0,85 2,23	1,24 23,54	0,64 78,8	1,77 8,76	1,69 44,39	1,041 89,07	2,894 19,07	2,51 64,06	1,58 102,	4,398 32,3	3,81 81,9	2,36 117,4	6,56 47,4
0,8	1,03 4,94	0,3 71,67	0,63 1,68	1,17 18,3	0,63 76,6	1,31 6,6	1,47 35,98	1,0015 84,52	2,09 14,52	2,02 53,8	1,47 94,41	3,06 24,9	2,88 70,11	2,09 107,1	4,35 3
1,0	1,027 3,97	0,3 71,37	0,504 1,34	1,13 14,94	0,62 75,3	1,036 5,34	1,35 30,21	0,98 81,72	1,63 11,7	1,76 46,4	1,4 90,3	2,34 20,26	2,38 61,68	1,94 100,5	3,4 30,5
2,0	1,01 2,001	0,3 70,67	0,25 0,67	1,058 7,79	0,61 72,7	0,51 2,67	1,14 16,65	0,937 75,96	0,78 5,96	1,304 27,45	1,29 80,45	1,08 10,45	1,54 98,94	1,69 86,05	1,41 16,05
100	1,003 0,03	0,3 70,01	0,005 0,014	1,001 0,16	0,6 70,05	0,01 0,054	1,002 0,363	0,9 70,12	0,015 0,12	1,004 0,64	1,2 70,2	0,02 0,215	1,006 1,005	1,5 70,33	0,025 0,336

**შენიშვნა:** 1) მოიცხვეულში მოცემულია კოეფიციენტის მოცულობა, მნიშვნელოვანი არეგულურობის არსებობის შემთხვევაში (ბრადა);  
 2) r, აზ. არის ბადასტის (იხილავთის) წინადადება ობი. კმ-ში.

**ცხრილი 18** სარელსო ხაზის პარამეტრები (P65 რელსები, რგოლის სიგრძე 12,5 მ,  $\sigma = 1,5 \cdot 10^{-3}$  სიმ/მ)

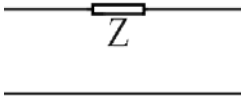
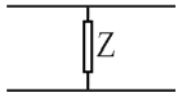
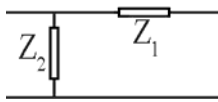
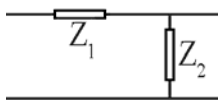
სასიგ- ნალო დენის სიხუ- რიც, ჰც	სარელსო მარყ- უვის კუთრი სა- ანგარიშო წინა- ღობა, ზრ. ომი/კმ		ურთიერთინდუქ- ტიურობა, $M_{12} \cdot 10^{-5}$ ჰნ/კმ		მიწური ტრაქტ- ის კოეფიციენ- ტი E	
	მოდუ- ლი	არგუმ- ენტი	მოდუ- ლი	არგუმ- ენტი	მოდუ- ლი	არგუმ- ენტი
12,5	0,22	50,89	157	-5,71	1,75	11,44
25	0,36	57,40	150	-5,99	1,88	9,66
50	0,61	63,56	144	-6,28	1,98	7,56
75	0,84	67,7	140	-6,46	2,02	6,29
125	1,29	70,9	134	-6,71	2,06	4,75
175	1,73	73,26	131	-6,88	2,08	3,8
225	2,16	74,88	129	-7,01	2,09	3,13
275	2,58	76,03	129	-7,12	2,09	2,62
325	3,00	77,03	125	-7,22	2,1	2,22
375	3,42	77,8	124	-7,3	2,1	1,89
425	3,84	78,45	122	-7,38	2,10	1,61
475	4,26	78,99	121	-7,44	2,10	1,38
525	4,67	79,47	120	-7,51	2,10	1,17
575	5,08	79,88	119	-7,56	2,10	0,99
625	5,49	80,25	118	-7,62	2,09	0,82
675	5,91	80,22	117	-7,67	2,09	0,68
725	6,32	80,88	116	-7,71	2,09	0,54
775	6,72	81,15	116	-7,76	2,09	0,43
1000	8,65	82,12	114	-7,93	2,09	0,02
2000	16,63	84,29	107	-8,44	2,06	-1,04
3000	24,64	85,29	103	-8,77	2,04	-1,54
4000	32,61	85,89	100	-9,03	2,02	-1,56
5000	40,56	86,31	98	-9,23	2,01	-2,08
6000	48,49	86,62	96	-9,40	2,00	-2,06
7000	56,41	86,86	95	-9,56	1,99	-2,40
8000	64,32	87,06	93	-9,69	1,98	-2,51
9000	72,22	87,22	92	-9,82	1,97	-2,61
10000	80,11	87,36	91	-9,93	1,96	-2,70



**ცხრილი 19** ნორმალურ რეჟიმში მომუშავე სარელსო ოთხპოლუსას კოეფიციენტები

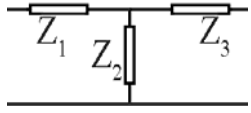
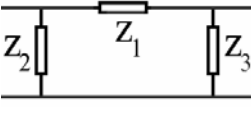
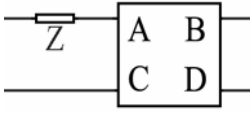
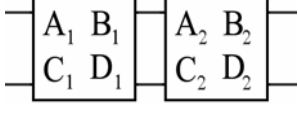
მაიზოლი- ირებელი პირაპირ- ები	ოთხპოლუსას კოეფიციენტები			
მკვებავ და რელ- ეურ ბო- ლოებში	chyl	$Z_{\delta}shyl$	$\frac{shyl}{Z_{\delta}}$	chyl
რელეურ ბოლოში	chyl	$Z_{\delta}shyl$	$\frac{chyl + shyl}{Z_{\delta}}$	chyl + shyl
მკვებავ ბოლოში	chyl + shyl	$Z_{\delta}shyl$	$\frac{chyl + shyl}{Z_{\delta}}$	chyl
არ არსე- ბობენ არცერთ ბოლოში	chyl + shyl	$Z_{\delta}shyl$	$\frac{2(chyl + shyl)}{Z_{\delta}}$	chyl + shyl

ცხვ.დ.1.10. ტიპური ოთხპოლუსათა კოეფიციენტები

ს ქ ე მ ე ბ ი	ოთხპოლუსათა კოეფიციენტები			
	A	B	C	D
1	2	3	4	5
	1	Z	0	1
	1	0	1/Z	1
	1	Z <sub>1</sub>	1/Z <sub>2</sub>	1
	1 + Z <sub>1</sub> / Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	1/Z <sub>2</sub>	1 + Z <sub>3</sub> / Z <sub>2</sub>

(დასასრული შემდეგ გვერდზე)

ცხვ.ღ.1.10-ის დახასრულო

1	2	3	4	5
	$1 + Z_1 / Z_2$	$Z_1 + Z_2 + (Z_1 Z_2) Z_3$	$1 / Z_2$	$1 + Z_3 / Z_2$
	$1 + Z_1 / Z_2$	$Z_1$	$1 / Z_2 + 1 / Z_3 + Z_1 / (Z_2 Z_3)$	$1 + Z_1 / Z_2$
	$CZ + A$	$DZ + B$	$C$	$D$
	$A_1 A_2 + B_1 D_2$	$A_1 B_2 + B_1 D_2$	$C_1 A_2 + D_1 C_2$	$C_1 B_2 + D_1 D_2$

დ ა ნ ა რ თ ი 2

ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სარკინ-  
იბზო სისტემათა ელემენტების საიმპულ-  
სების მახასიათებლები

ცხვ. დ.2.1. სარელსო წრედების ხელსაწყოების  
მტყუნებათა ინტენსიურობები

ხელსაწყოს ტ ი პ ი	ხელსაწყო- ების მტყუ- ნებათა ინ ტენსიურო- ბები 10 <sup>6</sup> , სთ	ხელსაწყოს ტ ი პ ი	ხელსაწყო- ების მტყუ- ნებათა ინ ტენსიურო- ბები 10 <sup>6</sup> , სთ
1	2	3	4
რ ე ლ ე		ტრანსფორმატორები	
HP2-2	0,031	ПОБС-2	0,057
HP1-2	0,014	ПОБС-2А	0,057
НМШ-0,3	0,824	ПОБС-3	0,057
ИМВШ-110	0,504	ПОБС-3А	0,057
ДСР-11 (12)	0,139	СОБС-1	0,23
НШ2-2	0,035	СОБС-2	0,049
ТШ-65В	1,2	СОБС-2А	0,049
ТШ1-65	1,720	СОБС-3	0,49
ТШ1-2000	1,510	ПТ-25	0,071
ТШ-2000Б	0,630	ПТ-25А	0,071
ДСШ-12	0,200	ПРТ-25	0,19
ДСШ-13	0,385	ПРТ-25А	0,19
АНШ5-1600	0,026	СТ-2	0,29
ბ ლ ო კ ე ბ ი		СТ-2А	0,09
КБМШ-1	2,2	СТ-3	0,06
КБМШ-1А	2,00	СТ-3А	0,24
КБМШ-4	2,14	РОБС-1	0,07
КБМШ-4А	1,62	РОБС-3	0,04
ЗБДСШ	0,32	ქანქარული ტრანსმიტორები	
		МТ-1	0,48
		МТ-2	0,64

(დასასრული შემდეგ გვერდზე)

ცხრ. ღ2.1-ს დასარული

1	2	3	4
უჯრედები		კონდენსატორ. ბლოკები	
ДЯ-3А	1,29	КБ4x1	0,057
ВЯ-3Б	2,30	КБ4x4	0,070
БС-ДА	0,45	КБ1x2	0,080
БК-ДА	1,42	КБ6	0,330
БИ-ДА	2,19	КБ1	0,610
გამმართველები		კოლფური ტრანსმიტერები	
ВАК-14	0,29	КПТШ-5	0,31
ВАК-14А	1,35	КПТШ-7	0,98
ВАК-14Б	0,64	КПТШ-8	0,98
ВАК-14М	0,29	КПТШ-9	0,35
ფილტრები		სხვადასხვა	
ЗБФ-1	0,115	АВМ-1	0,063
РЭФ-1	0,013	РВН-250	0,710
ФП-25	0,170	ПЧ50.25	0,363
ФП-75	0,180	საპირაპირე შემაერთებელი	0,021

ცხრ. ღ2.2. აღდგენის დროის მდგენებლები  
სარელსო წრედებისათვის

ობიექტი	$T_{მისე. წთ}$	$T_{აღმ. წთ}$	$T_{აგ. წთ}$	$T_{აღდ. წთ}$
50 ჰც სიხშ. რიცხვით-კოლფური ავტობლკ. სარელსო წრედები	27	14	25	60
იმპულსურ-სადენიანი ავტობლკირების სარელსო წრედები	29	10	21	60
სასადგურო ლიანდაგების სარელსო წრედები	10	14	22	46
სადგ. ყელის იზოლირებული სექციის სარელსო წრედი	15	14	22	51

### გამოყენებული ლიტერატურა

1. *დუნდუა ა., კვანტალიანი გ.* სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების ადგილისა და როლის განსაზღვრისათვის რკინიგზის ზოგად სტრუქტურაში. – “ტრანსპორტი”, 2007, №4(48). გვ.14-16.
2. *დუნდუა ა., კვანტალიანი გ.* სატრანსპორტო კომპლექსის ცნების თეორიულ-სიმრავლითი ინტერპრეტაცია. – “ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა”, 2007, №1, გვ.57-61.
3. *ლომაძე თ., საერანსკი ა., დუნდუა ა., კვანტალიანი გ., პაპასკირი მ.* სარკინიგზო ავტომატიკის მოწყობილობების რეალიზების პრობლემისათვის. – “ტრანსპორტი”, 2007, №2(26), გვ.4-6.
4. *დუნდუა ა., პაპასკირი გ.* სარკინიგზო ავტომატიკის მიკროპროცესორული სისტემების თვითკონტროლუბადობის პრობლემა და მისი გადაჭრის სტრატეგია. – “ტრანსპორტი”, 2006, №1(21), გვ.15-18.
5. *დუნდუა ა., პაპასკირი მ.* გადასარბენის მდგომარეობის მაკონტროლებელი მიკროპროცესორული სისტემა. – “მეცნიერება და ტექნოლოგიები”, 2005, №10-12, გვ. 132 - 136.
6. *დუნდუა ა., იაშვილი თ., ნოდია ა., პაპასკირი მ.* სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სისტემების განვითარების ახალი ეტაპის თავისებურებები. “ტრანსპორტი”, 2005, №1-2, გვ.28-33.
7. *დუნდუა ა., იაშვილი თ., ნოდია ა., პაპასკირი მ.* ელექტრული ცენტრალიზაციის აგების ტოპოლოგიური ასპექტის შესახებ. – “ტრანსპორტი”, 2005, №1-2, გვ.34-39.

8. *მუხიგულაშვილი ნ., დუნდუა ა., პაპასკირი მ.* სარელსო წრედის დიაგნოსტიკებისათვის კონტროლუბადი ელემენტების მინიმალური რაოდენობის განსაზღვრა. – სტუის შრომები, **2006**, №2(460), გვ. 63-68.
9. *დუნდუა ა., საბუნეიკოვი ვ., საბუნეიკოვი ვლ.* დისკრეტული მოწყობილობების თეორიის საკითხები // დამხმარე სახელმძღვანელო სტუდენტებისათვის. – თბ: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, **1990**. – 119 გვ.
10. *ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, ტომი 8.* თბ., **1984**. გვ. 406-407.
11. *Аркатов В. С. , Кравцов Ю. А. , Степенский Б. М.* Рельсовые цепи. Анализ работы и обслуживание. М.: Транспорт, **1990**. – 295 с.
12. *Аркатов В. С. , Баженов А.И., Котляренко Н.Ф.* Рельсовые цепи магистральных железных дорог. М.: Транспорт, **1992**. – 384 с.
13. *Бубнов В. Д. , Дмитриев В. С.* Устройства СЦБ, их монтаж и обслуживание. М.: Транспорт, **1989**. – 366 с.
14. *Виргинский В.С.* Джордж Стефенсон. – М.: Наука, **1964**. – 214 с.
15. *Гумилевский Л.* Железные дороги. М.: Трансжелдориздат, **1950**. – 483с.
16. *Дмитриев В. С. Минин В.А.* Система автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты. М.: Транспорт, **1992**. – 192 с.
17. *Дмитриев В. С. , Серганов И.Г.* Основы железнодорожной автоматики и телемеханики. М.: Транспорт, **1988**. – 288 с.
18. *Ивахенко Д.Л. , Бадьян И.И.* Обработка сигналов датчиков счета осей для сортировочной горки.- «Автоматика, связь, информатика» , **2006**, №8, стр. 6 – 8.
19. *Како Н. , Яманэ Я.* Датчики и микро-ЭВМ // Перевод с английского. – Л.: Энергоатомиздат, **1986** , - 120 с.

20. **Касаткин А. С. , Немцов М. В.** Курс электротехники – 8-изд. М.: Высшая школа, **2005.** – 542 с.
21. **Ковалев С.М.** Интеллектуальная динамическая модель датчика счета осей – Автоматика, связь, информатика, **2007**, №11, стр. 12-13.
22. **Кокурин М. И. , Кондратенко А.Ф.** Эксплуатационные основы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. М.: Транспорт, **1989.** – 184 с.
23. **Котляренко Н.Ф. , Шишляков А.В. , Соболев Ю.Н., Скрыпин И.З. , Шишляков В.А.** Путевая блокировка и авторегулировка : Учебник для ВУЗ-ов. М.: Транспорт, **1983.** 408 с.
24. **Кривоуда М.А.** Технология счета осей. Применение в системах ЖАТ. – Автоматика, связь, информатика. **2007**, №8, стр. 10-11.
25. **О'Рурк А.Н.** Страницы истории механики. Л.:Молодая гвардия, **1934.** – 161 с.
26. **О'Рурк А.Н.** Безопасность движения. – М,Л.: Гострансиздат. **1932.** – 162 с.
27. **Петлин Д.Б. , Готлиб М.Б.** Перспективный комплекс АЛС с использованием радиоканала. Автоматика, связь, информатика. **2007**, №8, стр. 15-17.
28. **Петров А.Ф., Цейко Л.П., Ивенский И.М.** Схемы электрической централизации промежуточных станций. – М.: Транспорт, **1987.** – 287 с.
29. **Попов В.С.** Теоретическая электротехника. М.: Эргоатомиздат, **1990.** – 542 с.
30. **Сапожников В. В. , Сапожников Вл. В.** Основы технической диагностики // Учебное пособие для ВУЗ-ов ж. –д. транспорта. М.: Маршрут, **2004.** -318 с.
31. **Сапожников В. В. , Сапожников Вл. В.** Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи // Учебник для ВУЗ-ов ж. –д. транспорта. М.: Маршрут, **2004.** – 263 с.



32. *Сапожников В. В. , Сапожников Вл. В. , Христов Х.А. Гавзов Д.В. ;* Под редакцией Сапожникова Вл. В. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики // Учебное пособие для ВУЗ-ов ж.-д. транспорта. М.: Маршрут, **2003**. – 336 с.
33. *Сапожников Вл. В. , Борисенко Л. Б. , Прокофьев А. А. . Каменев А. И; ;* Под редакцией Вл. В. Сапожникова. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики. М.: Маршрут, **2003**. – 336 с.
34. *Сапожников Вл. В. , Елкин Б.Н. , Кокурин И.М. , Кондратенко Л.Ф. . Кононов В.А. ;* Под редакцией Вл. В. Сапожников. Станционные системы автоматики и телемеханики // Учебник для ВУЗ-ов ж.-д. транспорта. М.: Транспорт, **2000**. – 432 с.
35. *Сапожников В. В. , Сапожников Вл. В. , Талалаев В. И. и др:* Под редакцией Вл. В. Сапожникова.– Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики. – М.: Транспорт, **1997**. – 288с.
36. *Соловьев А.Л. , Чеблаков В.А. , Петров А.Ф.* микропроцессорная переездная сигнализация с аппаратурой счета осей. - Автоматика, связь, информатика. **2008**, №6, ст. 2 - 5.
37. *Энциклопедический словарь*, томъ XI<sup>A</sup>, *Брокгаузъ Ф.А., Ефронъ И.А. 1874*, С.Петербург. стр. 772-774.
38. *Ягудин Р. Ш.* Надежность устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, **1989**. – 159 с.
39. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений – М.:Мир, **1976**, -166 с.
40. *Новак В., Перфильева И., Мочариж И.* Математические принципы нечеткой логики. М.: Физматлит, **2006**, - 352 с.

41. **N. Brandes.** Mikroprozessor-Achse counter. (დერბების მთვლელი მიკროპროცესორული სისტემა). – “Signal und Draht”, **1991**, #12. S.283 – 286.
42. Ferndiagnos von Signalanlagen und ihre Auswirkung auf die Instandhaltungsstrategie (სასიგნალო სისტემების დისტანციური დიაგნოსტიკის გავლენა შენახვის სტრატეგიაზე). “Signal und Draht” **1995**, # 1-2, S.5-8.
43. **Johnson B.W.** design and Analysis of Fault-Tolerant Digital Systems (მტყუნებამდგრადი სისტემების კონსტრუირება და ანალიზი). – massachusetts.: Addison-Wesley, **1989**. -P.584 .
44. **Lala P.K.** Self-Checking and Fault-Tolerant Digital Design (თვითკონტროლებადი და მტყუნებამდგრადი ციფრული სისტემა). – San Diego.: Academic Press. **2000**. – P.215.
45. Zwei Jahre Erfahrung mir der Betriebsleittechnik für den spanischen AVE (ესპანური მაკონტროლებელი AVE სისტემის ორი წლის ექსპლუატაციის გამოცდილება). “Signal und Draht”, **1994**, #9, S. 273-276.
46. **Poupe O.** Der Fugenlose Spur Circults (უპირაპირო სარელსო წრედი). Signal und Draht, **1991**, #10, S. 253-255.
47. **F. Selig, V. Dello Russo.** Causes of ballast fouling (ბალასტის დაჭუჭყიანების მიზეზები).- AREA Bulletin, **1991**, #731. P. 145 – 157.
48. **Sjoberg A. , Nordenfors D.** Computer-based Signalling at Hallsberg Bring Major Savings (კომპიუტერული სიგნალიზაცია ჰალსბერგში უზრუნველყოფს დიდ ეკონომიას). - Railway Gazette International, **1986**, #1, P. 1-3.

## საბნობრივი საძიებელი

- ა**
- აბრაზული ეფექტი 172;
  - ავტომატური გადამღობი სისტემა 48;
  - ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაცია 47;
  - ავტობლოკირება 12; 40;
    - ~ ცენტრალიზებული 43;
    - ~ კოორდინატული 45;
  - ამოქმედების ძაბვა (რელეს) 77;
  - ამომრთველი ავტომატური 162;
  - ანოდური ზონა 152;
  - სისტემის არასაიმედოდ ფუნქციონირების მიზეზი:
    - ~ სუბიექტური 175;
    - ~ ობიექტური 175;
  - არამარშრუტიზებული გადაადგილება 31;
  - არამკაფიო ლოგიკა – 244;
  - ასიმეტრია:
    - ~ განივი 181;
    - ~ გრძივი 181;
  - აღდგენის დრო 214;
    - ~ საშუალო 214;
  - აღმქმელი (მგრძნობიარე) ელემენტი 216; 217;
- ბ**
- ბალასტის (იზოლაციის) ელექტრული წინაღობა 102;
  - ბლოკირება 11;
    - ~ არავტომატური 11;
    - ~ ნახევრავტომატური 12; 40;
  - ~ ავტომატური 12; 40;
  - ბლოკ-უბანი 12;
- გ**
- გადასარბენი 39;
  - გადამწოდი 39;
    - ~ დროში უწყვეტი 218;
    - ~ პირველადი 218;
    - ~ სივრცულად უწყვეტი 218;
  - ~ წერტილოვანი 218;
  - გამოსხივება:
    - ~ ალფა 238;
    - ~ ბეტა 238;
    - ~ გამა 238;
  - გამტარობა (სარელსო ხაზის):
    - ~ გრძივი 153;
    - ~ განივი 153;
  - განმმუხტველი დაბალძაბვიანი, ვენტილური 151;
  - გაჟონვის დენი 74; 151;
- დ**
- დაბრუნების ძაბვა (რელეს) 77;
  - დარტემა 173;
  - დამატებითი დაშუნტვის ზონა 140;
  - დაცულობა 26;
  - დაცვითი მდგომარეობა 23;
  - დაძველება 174;
  - დენების რეზონანსი 63; 118;
  - დენების რეზონანსის პირობა 64;
  - დეტერმინირებული გაანგარიშებები 85;
  - დეშიფრატორი 29;
  - დიფუზია 170;
  - დრენაჟული დაცვა 154;
- ე**
- ელემენტალური მარშრუტი 37;
  - ელექტროკოტოზიული დაშლა 150;
  - ელექტროქიმიური ეფექტი 103

-ელექტრული პირაპირი 61;  
-ეფექტური მნიშვნელობა  
(დენის) 110

**პ**

-ვარგისიანობა (კონტურის)  
121; 235;  
-ვიბრაცია 173;

**ზ**

-ზეგავლენა:  
~ აპერიოდული 167;  
~ პერიოდული 167;  
~ სტაციონალური 167;  
~ ფოტოქიმიური 172;

**ო**

-იზოტოპი 237;  
-ინტერვალური რეგულირების  
სისტემა 39;  
-ისრის შესხნა 36;  
-ისრის ჩაკეტვა 36;

**კ**

-კათოდური დაცვა 154;  
-კათოდური ზონა 152;  
-კათოდური პოლარიზაცია;  
-კოეფიციენტი:  
~ ასიმეტრიის 114;  
~ გადატვირთვის 80;  
~ მზადყოფნის 214;  
~ მიღების 103;  
~ მიმდების დაბრუნების 78;  
~ მიმდების ამოქმედებაზე  
მარაგის 78;  
~ ნორმატიული ამტარებლო  
შუნტისადმი მგრძობ-  
ის 83;  
~ ოთხპოლუსას 88;  
~ ტალღის გავრცელების 103  
~ ფაზური 103;  
-კოროზია:  
~ ბიოლოგიური 171;  
~ ელექტროლიტური 171;  
~ კონტაქტური 170;

ელექტრული 151;  
ნიადაგური 151;

**ლ**

ლოგიკა:  
~ ბინარული 243;  
~ პრედიკატული 243;  
~ ტემპორალური 244;

**მ**

-მატარებლის მოძრაობის ავტო-  
მატ. სადისპეტჩერო კონტროლ-  
ის სისტემა 48;  
-მათანაბრებელი 162;  
-მათემატიკური ლოდინი 210;  
-მარშრუტი: 31  
~ გაგზავნის 31;  
~ გადაცემის 31;  
~ მიღების 31;  
~ სამანევრო 31;  
~ სამატარებლო 31;  
-მარშრუტიზებული გადაადგი-  
ლება 31;  
-მარშრუტის გამზადება 32;  
-მარშრუტის ჩაკეტვა:  
~ ინდივიდუალური მართვის  
ცენტრალიზაციაში 36;  
~ მარშრუტული მართვის  
ცენტრალიზაციაში 36;  
-მექანიზაცია (სრული) 26;  
-მმართველი ორგანო 28;  
-მოქმედი მნიშვნელობა  
(დენის) 110;  
-მტყუნება : 164;  
~ დამოკიდებული 164;  
~ დამოუკიდებელი 164;  
~ თანდათანობითი 164; 213;  
~ კონსტრუქციული 165;  
~ საწარმოო 165;  
~ უეცარი 164; 212;  
-მტყუნებათა ალბათობის  
სიმკვრივე 211;  
-მტყუნებამდე საშუალო  
ნამუშევრობა 210;  
-მტყუნებების ინტენსიურ-

- ~ მშრალი 170;  
 ~ ტენიანი 170;  
 ~ სველი 170;
- მუშაობის უნარის აღდგენის საშუალო დრო 210;
- ნ**
- ნამუშევრობა 76;  
 -ნეიმანის ფორმულა 99;  
 -პორმალური რეჟიმი (სარელსო წრედის) 73;  
 -ნორმალური რეჟიმის (სარელსო წრედის) ყველაზე ცუდი პირობები 73;
- ო**
- ოთხპოლუსა: 86;  
 ~ აქტიური 87  
 ~ პასიური 87;  
 ~ სიმეტრიული 89;  
 ~ წრფივი 87;  
 -ოთხპოლუსას განტოლებები 87;  
 -ოთხპოლუსას წინაღობა  
 ~ შესასვლელი 87;  
 ~ გამოსასვლელი 87;  
 -ოთხპოლუსას მოკლედ შერთვა 89;  
 -ოთხპოლუსას უქმი სვლა 89;
- პ**
- პიეზოფექტი 236;  
 -პირაპირების წინაღობათა ნორმატული მნიშვნელობები 187;  
 -პირობითი ობიექტი;
- რ**
- რეზონანსი: 63;  
 ~ დენების 63; 118;  
 ~ ძაბვების 120;
- ს**
- საკონტროლო რეჟიმი (სარელსო წრედის) 73;  
 -საკონტროლო რეჟიმის ყველაზე ცუდი პირობები 80;
- ობა 210;  
 -სალიანდაგო არხი 45;  
 -სალიანდაგო მიმდები 16;  
 -სარელსო წრედი: 14; 50;  
 ~ ერთაფიანი 56;  
 ~ იმპულსური 69;  
 ~ კოდური 69; 123; 133;  
 ~ მიმდევრობით განშტოებული 66;  
 ~ ნორმალურად გახსნილი 14; 51;  
 ~ ნორმალურად შეკრული 15; 51;  
 ~ მუდმივი დენის 51;  
 ~ ორბაფიანი 55;  
 ~ პარალელურად განშტოებული 66;  
 ~ რეაქტიული 147;  
 ~ ტონალური 60; 61; 64; 145  
 ~ უპირაპირო 61; 136; 144;  
 ~ ფაზათმგრძობიარე 72; 129;  
 ~ ცვლადი დენის 55;  
 -სარელსო წრედის:  
 ~ აღდგენის პროცესი 214;  
 ~ გადაცემის წინაღობა 95;  
 ~ მეორეული პარამეტრები 97;  
 ~ ნორმალ. მდგომარეობა 14  
 ~ პირველადი პარამეტრები 97;  
 ~ სინთეზი 96;  
 ~ ჩანაცვლების სქემა 86; 94  
 -სარელსო წრედების ბოლოების ოპტიმალური წინაღობა 123  
 -სარელსო წრედების დაცვითი მტყუნება 209;  
 -სარელსო წრედების სახიფათო მტყუნება 209;  
 -სარელსო წრედების დაცვის საშუალებები:  
 ~ ინდივიდუალური (პასიური) 112;  
 ~ საერთო (აქტიური) 112;

-სალიანდაგო წერტილოვანი  
გადამწოდი:

- ~ აკუსტიკური 237;
- ~ გამა-ელექტრონული 239;
- ~ გენერატორული 219;
- ~ გრიგალურდენიანი 234;
- ~ ერთარხიანი 224;
- ~ ელექტროკონტაქტური 229;
- ~ ელექტრომაგნიტური 232; 233;
- ~ ინდუქტიური 229;
- ~ ინფრაწითელი 237;
- ~ მაგნიტონდუქციური 231; 233;
- ~ მაგნიტორეზისტორული 234;
- ~ მექანიკური 228;
- ~ მექანიკური 231;
- ~ მულტიკომპლექტური 228;
- ~ ორარხიანი 225;
- ~ რადიოიზოტოპური 237;
- ~ რადიოტალური 236;
- ~ რეზისტორული 234;
- ~ ფოტოელექტრული 236;
- ~ ცალმაგი.

-სარემონტოდ ვარგისობა 26;

-სატრანსპორტო კომპლექსი:

- ~ განმარტება 18;
- ~ სახმელეთო 19;
- ~ საჰაერო-კოსმოსური 19;
- ~ საწყალსნო 19;

-სატრანსპორტო კომპლექს-  
ის:

- ~ გარეგანი უსაფრთხოება 20;
- ~ საიმედოობა 20;
- ~ სარემონტოდ ვარგისობა 20;
- ~ უმტყუნველობა 20;
- ~ უსაფრთხოება 20;
- ~ ფუნქცია 20;

~ შინაგანი უსაფრთხოება 20;

~ ხანგამძლეობა 20;

-სახიფათო მდგომარეობა 23;

-სახიფათო მტყუნების კრი-  
ტერიუმი 25;

-სიგნალიზაციის, ცენტრალი-  
ზაციისა და ბლოკირების (სცბ)  
სისტემა 17

-სასარგებლო სიმძლავრე 59;

-სატელეგრაფო განტოლებე-  
ბი 107;

-სიგნალიზაცია:

~ სამნიშნა 41;

~ ოთხნიშნა 42;

-სიმძლავრის კოეფიციენტი 60

-სისტემა:

~ ავტომატიკის სასაღვურო 31;

~ ავტომატიკის 27;

~ ავტომატიზირებული 27;28

~ ავტომატური 27; 28;

~ პირდაპირი მართვის 27;28

~ ტელემექანიკური 29;

## ტ

-ტალღური წინაღობა 104; 121;

-ტელემექანიკა 29;

-ტრამვაი 5;

## უ

-უმტყუნველობა 25;

-უმტყუნო მუშაობის ალბათ-  
ობა 210;

-უსაფრთხოება:

~ განმარტება 17;

~ გარეგანი 18;

~ სარკინიგზო ავტომატიკი-  
სა და ტელემექანიკის სისტემის  
25;

## ღ

-ღუზას მიზიდვის ძაბვა 77;

-ღუზას ჩამოშვების ძაბვა 77;

**ფ**

- შენახულობა 26;
- შეთანხმებული წრედი 104;
- შეუთანხმებელი წრედი 104;
- შიფრატორი 29;
- შუქნიშანი:
  - ~ განმარტება 32;
  - ~ გასაველი 42;
  - ~ სამანევრო 32;
  - ~ სასადგურო 32;
  - ~ სამატარებლო 32;
  - ~ შერწყმული 32;
  - ~ წინაშესასველი 42;
- შუნტური ეფექტი 75;
- შუნტური მგრძობიარობა:
  - ~ აბსოლუტური 81;
  - ~ ნორმატული 83;
- შუნტური მგრძობიარობის კრიტიკული ადგილი 80;

**ჩ**

- ჩამიწება 150;
- ჩამიწების აქტიური მოწყობილობები 154;
- ჩამიწების პასიური მოწყობილობები 154;

**ც**

- ცენტრალიზაცია:
  - ~ განმარტება 11;
  - ~ ადგილობრივი დამოკიდებულებებისა და ადგილობრივი კვების 34;
  - ~ ავტომატური მართვის 35;
  - ~ ელექტრონული 38;
  - ~ ელექტრომექანიკური 33;
  - ~ ლექტრული 24;
  - ~ ინდივიდუალური მართვის 35;
  - ~ მარშრუტული მართვის 35;
  - ~ მექანიკური 33;
  - ~ მიკროპროცესორული 39;
  - ~ პნევმატური 33;
  - ~ პროგრამული მართვის 35;
  - ~ რელეური 38;
  - ~ ცენტრალური დამოკიდებულებებისა და ადგილობრივი კვების 34;
  - ~ ცენტრალური დამოკიდებულებებისა და ცენტრალური კვების 34;

**ხ**

- ხანგამძლეობა 25;

**ჰ**

- ჰიდროლიზი 168;
- ჰიგროსკოპულობა 168;

**მოკლე ქართულ-ინგლისური ტერმინო-  
ლოგიური ლექსიკონი**

- ადგილობრივი დამოკიდებულება – Local dependence;
- ადგილობრივი კვება – Local supply;
- ავტობლოკირების გასავლელი სიგნალი –  
- Wayside automatic signal;
- ავტობლოკირების სისტემა - Automatic block system;
- ~ კოდური ავტობლოკირება - Code-pulse blocking;  
Coded current block;
- ~ ორმხრივი ავტობლოკირება - Either-direction automatic  
block system;
- ~ ცალმხრივი ავტობლოკირება - Single-direction automatic  
block signaling;
- ~ მუდმივი დენის ავტობლოკირება –  
- direct-current automatic block;
- ~ ცვლადი დენის ავტობლოკირება -  
- Alternating-current automatic block;
- ავტოგადამრთველი - Auto switch;
- ავტომატური გამორთვის სარქველი - Emergency valve;
- ავტომატური რეგულირების სისტემა –  
- Servo system; Servosystem; Automatic control system;
- ავტომემანქანე - Automatic train driver;
- ავტოსტოპი (სამატარებლო) - Automatic train stop;
- აკუმულატორული ბატარეა - Rechargeable battery; Storage  
battery
- აკუმულატორული ბატარეის დამუხტვა - Battery charging;
- ალბათობა – Probability;
- ~ აღდგენის ალბათობა – Probability of preset-time res-  
toration;
- ~ დაზიანების წარმოშობის ალბათობა – failure probability;
- ~ უმტყუნო მუშაობის ალბათობა - probability of  
no-failure, reliability probability
- ამომრთველი – Switch;
- ამუშავების წრედი - Starting circuit;
- ანოდური ზონა – Anodic area;
- ანძა (ანური) – Mast;
- არასრულფასოვანი (ნაწილობრივი) აღდგენა –  
- Degraded recovery;



- არაშესატრელი – Nontrailable;
- არაწრფივი ელექტრული დენი - Nonlinear electric circuit;
- არაწრფივი ელემენტი - Nonlinear element;
- არეკვლილი ტალღა - Reflected wave; Echo wave; Back wave;
- არხი (საკომუნიკაციო სისტემის ნაწილი) – Channel;
- აღდგენა – Restoration;
  - ~ სრული აღდგენა - Full recovery;
- აღდგენადი ობიექტი – Restorable item;
- აღდგენის საშუალო დრო – Restoration mean time;
- აღუდგენადი ობიექტი – Nonrestorable item;
- **ბაღასტი (სარკინიგზო)** – Roadbed;
- ბერკეტი - Lever; Lever arm;
- ბლოკირება (სარკინიგზო) – Block system;
- ბლოკ-კონტაქტი - Auxiliary contact;
- ბლოკ-უბნის მჩვენებელი - Block indicator;
- ბუნიკური შემნელებელი - Skate retarder;
- **ბაღაზიდვის უნარიანობა** - Hauling ability;
- გადამწოდი – Sensor;
  - ~ გამა-გამოსხივების გადამწოდი - gamma-ray probe
  - ~ გრიგალური დენების გადამწოდი - Eddy-current sensor;
  - ~ ელექტრული გადამწოდი - Electric sensor;
  - ~ ინდუქციური გადამწოდი - Induction sensor;
  - ~ ინფრაწითელი გამოსხივების გადამწოდი - Infrared sensor;
  - ~ სალიანდაგო გადამწოდი -Path-control transducer;
  - ~ ფოტოგადამწოდი - Photosensor;
  - ~ წერტილოვანი გადამწოდი - Point sensor;
- გადასარბენი - Station-to-station block; Open line track;
  - Railway haul;
  - ~ გადაზიდვების ნაკადი - Traffic flow;
- გავლენის პირველადი პარამეტრები – Primary interference parameters;
- გამეორებისსაწინააღმდეგო ჩაკეტვა - Rotation interlocking;
- გამმართველი – Rectifier;
  - ~ ნახევარპერიოდისანი გამმართველი - Half-wave rectifier;
- გამოსატანი სალიანდაგო ტაბლო - Remote track diagram;
- გამომწოვი (გამწოვი) ფიდერი – Return feeder;
- გამტარობის უნარი – Capacity;

- ~ არხის გამტარობის უნარი - Channel capacity;
- ~ კვანძის გამტარობის უნარი - Node capacity;
- ~ რკინიგზის გამტარობის უნარი - Traffic capacity;
- ~ ქსელის გამტარობის უნარი - Network throughput;
- გამჭოლი მატარებელი - Through train;
- განმმუხტველი - Arrester;
- გაჟონვის დენი - Leakage current;
- გარდამქმნელი - Transducer;
  - ~ დენის გარდამქმნელი - Current transducer;
  - ~ ელექტრომაგნიტური გარდამქმნელი - Electromagnetic transducer;
  - ~ ძაბვის გარდამქმნელი - Voltage transducer;
- გარღვეული (ტრანზისტორი) - Burnt-out (transistor);
- გაუარესებული მანქანების მანქანების მანქანების - Degraded mode;
- გაუჩერებელი გატარება მატარებლის - Through train run;
- გაცდენა (გაცდენის დრო) - Downtime;
- გორაკის ავტომატური ცენტრალიზაცია - Automatic switching;
- გრაგნილი - Winding;
  - ~ კოჭას გრაგნილი - Coil winding;
  - ~ გულარის გრაგნილი - Core coil;
- **ღაბრკოლება** - Noise;
- დაზიანება - Damage;
- დამახინჯება - Distortion;
- დამუხრუჭება - Braking;
  - ~ სასწრაფო (ექსტრენული) დამუხრუჭება - Emergency braking;
  - ~ მუშა დამუხრუჭება - service braking
- დარეგულირება (შესაბამისობაში მოყვანა) - Adjustment;
- დარეზერვება - Redundancy;
  - ~ არხების დარეზერვება - Circuit caching;
  - ~ აქტიური დარეზერვება - Standby redundance;
  - ~ დარეზერვება სქემაში - Circuit redundancy;
  - ~ დარეზერვება ჩანაცვლებით - Active redundancy;
  - Replacement redundancy; Standby redundancy;
  - ~ მოწყობილობის დარეზერვება - Equipment reservation;
- დარეზერვებადი ელემენტი - Element under redundancy;
- დაცალკეებული მართვა - Separate control;
- დაცვა - Guardian;

- დაცვითი მდგომარეობა – Protective State;
- დენის წყარო - Current source; Current (power) supply;
- დეფექტი – Defect; Imperfection;
- დისპეტჩერული კონტროლი - Supervisory control;
- დისპეტჩერული მართვა - Supervisory control; Monitoring;
- დისპეტჩერული ცენტრალიზაცია – Centralized traffic control;
- დისპეტჩერული პულტი – Supervisory console;
- დისპეტჩერული ცენტრი – Control center;
- დისპეტჩერი – Traffic controller;
- დნობადი მცველი - Cutout fuse;
- დრენაჟი – Drainage;
- დრენაჟული დაცვა – Protection with drainage system;
- დრეხინა - Hand car; Trolley;
- დროსელი – Orifice plug; Orifice plate;
- დროსელ-ტრანსფორმატორი – Impedance bond;
- **ელექტროამძრავი** - Electric drive;
- ელექტროკოროზია – Electrocorrosion;
- ელექტრომაგნიტური ველი - Electromagnetic field;
- ელექტრომამოძრავებელი ძალა –  
- Electromotive [electromoving] force;
- ელექტრომატარებლების მოძრაობა - Electric train service;
- ელექტრომექანიკოსი – Electrician;
- ელექტრომომარაგება - Electric supply; Electric power supply;
- ელექტრომონტიორი – Wireman;
- ელექტროძრავა – Electromotor; Electric motor; Motor;
- ~ ასინქრონული ელექტროძრავა – Asynchronous motor;
- ~ მუდმივი დენის ელექტროძრავა - Direct current motor;
- ~ სამფაზიანი ელექტროძრავა - Three-phase motor;
- ~ ცვლადი დენის ელექტროძრავა -Alternating current motor;
- ელექტრული ამომრთველი – Cutout; Electric switch;
- ელექტრული ამძრავი - Electric actuator; Electric drive;
- Motorized drive;
- ელექტრული გამტარობა - Electric conduction;
- ელექტრული დაბრკოლებები - Electric interference; Electrical noise;
- ელექტრული დანაკარგები - Electric loss;
- ელექტრული ველი - Electric field; Electrostatic field;
- ელექტრული ველის დაძაბულობა – Electric field strength; Electric intensity; Electric field intensity;

- ელექტრული ძაღოვანი საზები - electric flux
- ელექტრული წინაღობა - Electrical resistance;
- ელმავალი – Electric lokomotive;
- ენერგია – Energy;
  - ~ ელექტრომაგნიტური ველის ენერგია –
    - Electromagnetic field energy;
  - ~ ელექტრული ველის ენერგია –
    - Electric field energy;
  - ~ იმპულსის ენერგია - Pulse energy;
  - ~ მაგნიტური ველის ენერგია –
    - Magnetic field energy;
- ექსპლუატაციის პირობები – Field conditions;
- **შაგონი** – Railcar; Car;
  - ~ ვაგონ-ლაბორატორია - Research car; Mobile laboratory;
  - ~ ვაგონთსაშენი საწარმო - Car production facility;
  - ~ ვაგონშემკეთებელი ქარხანა - Car-repair plant;
  - ~ ვაგონო-კილომეტრი - Car-kilometer;
  - ~ მეტროპოლიტენის ვაგონი - Transit vehicle;
  - ~ სამგზავრო ვაგონი – Carriage; Passenger car; Coach;
  - ~ სატვირთო ვაგონი - Luggage van ; Van ;
- ვაგონნაკადი - Car traffic volume;
- ვარგისობა - Q-factor; Q-quality;
  - ~ ინდუქტიურობის ვარგისობა - Inductor Q
  - ~ კონდენსატორის ვარგისობა - Capacitor Q;
  - ~ კონტურის ვარგისობა - circuit Q; Q of electrical circuit;
  - ~ კოჭას ვარგისობა - Coil Q-factor ; Coil quality;
  - ~ რხევითი კონტურის ვარგისობა - Q factor of oscillatory system;
- ველის ძაღწირი - Field line;
- **შამბარა** – Spring;
- ზღვრული მდგომარეობა – Marginal state;
- ზურგული (განმრთველი) კონტაქტი - Back contact;
- **ძობმავალი** – Diesel locomotive;
- თვალი (ბორბალი) – Wheel;
  - ~ რებორდიანი თვალი - Flange(d) wheel;
- თვითბლოკირება - Self-holding; Self-locking;
- თვითშემოწმებადი - Self-checking;

- იზოლაცია – Izolation;
  - ~ იზოლაციის გამტარობა - Insulation conduction;
  - ~ იზოლაციის წინაღობა - Insulation resistance;
- იზოლირებული სექცია - Insulated section;
- იზოლირებული ისრული სექცია - Insulated point section;
- ინდუქტიური კავშირი - Electromagnetic coupling;
  - Inductance [inductive] coupling; Magnetic coupling;
  - Mutual-inductance coupling; Transformer coupling;
- ინტენსიურობა – Intensity; Rate; Strength;
- ისრების დაცალკევებული (ინდივიდუალური) მართვა –
  - Individual-point operation;
- ისრების მართვის სქემა - Points control circuit;
- ისარი (სარკინიგზო) – Railway points; Switch;
  - ~ ცენტრალიზებული ისარი - Interlocked switch;
- ისარი (ელექტრული ცენტრალიზაციის) - Power switch;
- (მასხარასხებელი გორაკის) ისარი - Hump switch;
- (მასხარისხებელი გორაკის) ისრები - Safety points;
- ისრების მართვის სქემა - Points control circuit;
- ისრის გადაყვანა – Change the points;
- ისრის გადასაყვანი ბერკეტი - Switch-lever;
- ისრის ისრისაწინალო ჩაკეტვა - Facing-point locking;
- ისრის (სარელსო) კალამი –Rail point;
- ისრის კალამის ჩაკეტვა - Locking of point blade;
- ისრისკენული მიმართულება – Trailing direction;
- ისრისკენული ისარი - Trailing point, trailing point switch;
- ისრისაწინალო ისარი - Face point; Face point switch;
- ისრისაწინალო მიმართულება – Face direction;
- ისრის ისრისაწინალო ჩაკეტვა - Facing-point locking;
- ისრის ჩაკეტვა - Point locking;
- ისრის შესხნა - Switch locking release; Point locking release;
- ისრის შეჭრა - Trailing of point;
- ისრული აპარატი - Switch operating apparatus; Switch machine;
- ისრული აპარატი-ჩამკეტი - Switch-and-lock;
- ისრული გადასასვლელი – Crossover;
  - ~ ჯვარედინი გადასასვლელი - Scissors crossing;
- ისრული ბუნიკი - Heel chair;
- ისრული გადამყვანი – Pointwork;
- ისრული გადამყვანი მექანიზმი - Switch box;
- ისრული გამთბობი - Switch heater;

- ისრული (სამანვერო) ზონა - Switching area ; Points zone;
- ისრული კაბელი - Switch cable;
- ისრული კონტროლერი - Point control switch;
- ისრული სიგნალი - Junction signal; Point signal; Switch signal;
- ისრული ჩამკეტი - Point bolt;
- ისრული ელამძრავი - Electric switch mechanism;
- ისრული ელექტროამძრავის მართვის სქემა –  
- Electric switch mechanism control circuit;
- ისრული მაკონტროლებელი რელე –  
- point detection relay;
- ისრული მაჩვენებელი – Point (Switch) indicator; Ground signal;
- ისრული მაჩვენებელი რელე –  
- Switch indication relay;
- ისრული მმართველი რელე –  
- Point operating relay; Switch control relay;
- ისრული პოსტი - Pointsman's box;
- ისრული უბანი - Point section; Switch section;
- ისრული ქუნა - Ladder track;
- ისრული შემაერთებელი - Point bond;
- ისრული ჩამკეტი - Point bolt;
- ისრული ჯგუფი - Switch location;
- ისრული ჯისური - Pointsman's cabin;
- **ტაბელი** – Cable;
  - ~ მიწისქვეშა კაბელი – Buried cable;
  - ~ მოჯავშნული კაბელი – Armored cable;
  - ~ მოქნილი კაბელი – flexible cable;
  - ~ მრავალძარღვიანი კაბელი- Multicore (polycore) cable;
- კათოდური დაცვა – Cathodic protection;
- კათოდური ზონა - Cathodic area;
- კალამი (ისრის) – Tongue;
  - ~ მიკრული (მიჭერილი) კალამი - Closed tongue;
  - ~ გაწეული კალამი - Open tongue;
- კბილანა - Pinion gear; Gear pinion; Pinion;
- კბილანა თვალი – Gearwheel; Tooth gear;
- კენტი მატარებელი - Down train; Odd train;
- კვების მიწოდების მომენტი - Initial power up;
- კვების წყარო Power supply;
- კვერთხ-გასაღები - Key barrel;
- კოეფიციენტი – Coefficient; Constant; Factor;

- ~ გადატვირთვის კოეფიციენტი – Overload coefficient;
- ~ მგრძობიარობის კოეფიციენტი – Sensitivity coefficient;
- ~ მზადყოფნის კოეფიციენტი – Facteur de disponibilite;
- ~ რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი – Reset factor of relay;
- კომუტატორი – Switch;
- კომუტაცია – Switching;
- კომპაქტურობა – Compactness;
- კომპენსაცია – Equalization;
- კონდენსატორი – Capacitor;
- კონსოლური – Cantilevered;
- კოროზია მოხეტიალე დენით – Leakage-current corrosion;
- კოროზიული დაცვა – Corrosion protection;
- კონტროლი – Check;
  - ~ ავტომატური (ჩაშენებული) კონტროლი – Automatic (built-in) check;
  - ~ ამორჩევითი კონტროლი – Selection check;
  - ~ აპარატურული კონტროლი – Hardware check;
  - ~ ვიზუალური კონტროლი – Sight check;
- კურბელი – Knob;
- **ლიანდაგი** – Track (line);
  - ~ გაგზავნის ლიანდაგი - Departure line; Departure track;
  - ~ გვერდითი ლიანდაგი - siding, side track
  - ~ ვიწროლიანდიანი ლიანდაგი - Narrow-gage track;
  - ~ მისაღები ლიანდაგი - Arrival line ; Arrival track;
  - ~ მთავარი ლიანდაგი - Backbone ; Main-line track;
- ლიანდაგების ისრისაწინალო შეერთება - Facing-point crossover;
- ლიანდაგიდან აცდენა – Derail ;
- ლიანდაგის ბალიში - Flat chair;
- ლიანდაგის წადვრა - Displacement of track;
- ლიანდაგების სქემა – Trackage;
- ლილვი – Shafting ;
  - ~ ამძრავის მთავარი ლილვი – Mainshaft;
- ლოკომოტივი – Locomotive;
  - ~ ლოკომოტივ-კილომეტრი - Locomotive-kilometer;
  - ~ სალოკომოტივო სიგნალიზაცია – Cab signaling;
- ლუწი მატარებელი - Even train; Up train;
- **მაბლოკირებელი მოწყობილობა** - Blocking device (mechanism);

- მაგნიტური ველი - H field; Magnetic field;
- მაგნიტური ველის დაძაბულება - Magnetic field strength;
- მაგნიტური ინდუქცია - Magnetic induction;
- მაგნიტური ურთიერთხემოქმედება - Magnetic coupling;  
Magnetic interaction;
- მაგნიტურსაღი ნივთიერება - Hard magnetic material;
- მაგნიტურბილი ნივთიერება - Low-coercivity material;  
Soft-magnetic material;
- მათანაბრებელი – Leveler;
- მარგი ქმედების კოეფიციენტი – Coefficient of efficiency;  
Efficiency factor;
- მართვის ავტომატიზებული სისტემა (მას) - Automatic control system;
- მართვის ბერკეტების სვეტი –  
- Steering levers column;
- მართვის მიკროპროცესორული სისტემა –  
- Microintegrated system;
- მართვის სამარშრუტო სისტემა - Route control system;
- მართვის პულტი - Control board; Command console;  
Control console; Operating console; Control desk;
- მარშრუტი – Route;
  - ~ გაგზავნის მარშრუტი - Exit route ;
  - ~ გამჭოლი გაელის მარშრუტი – - Through route ;
  - ~ მტრული მარშრუტი – Conflicting route;
  - ~ სამატარებლო მარშრუტი – Train route;
  - ~ სამანევრო მარშრუტი – Shunting route;
- მარშრუტის გაუქმება - Route canceling;
- მარშრუტის გაუქმების ღილაკი - Route canceling key;
- მარშრუტის ჩაკეტვა - Route [track] locking;
  - ~ პოსტაშორისი ჩაკეტვა - Check locking;
- მარშრუტის შეხსნა - Release route locking;
- მარშრუტული მართვა - Route control ; Route working;
- მარშრუტული მიმართულება - Through-freight routing;
- მარშრუტული ცენტრალიზებული დანადგარი – Route interlocking plant;
- (მარშრუტის) შეხსნის სახელური - Disconnecting lever ;
- მატარებელი – Train;
  - ~ მძიმეწონიანი მატარებელი - Heavy(-tonnage) train;
  - ~ სამგზავრო მატარებელი - Passenger train;



- ~ სატვირთო მატარებელი - Freight train;
- ~ შემხვედრი მატარებელი - Opposing train;
- მატარებლის ავტომატური მართვა - Automatic train control;
- მატარებლის შემდგენი - Shunting master;
- მატარებლის დაშლა - Train sorting;
- მატარებლის ფორმირება - Train makeup;
- მაფორმირებელი – Driver;
- მახარისხებელი გორაკი - Gravity yard;
- მახარისხებელი სადგური - Marshaling yard;
- მაძლიერებელი – Amplifier;
- ~ სიმძლავრის მაძლიერებელი - Power amplifier; Power driver;
- ~ რეზონანსული მაძლიერებელი - Resonance [resonant] amplifier;
- მვისრე – Switchman; Pointsman;
- მექანიკური მთვლეელი - Mechanical counter;
- მფარდნი ტალღა - Incident wave;
- მიღევა – Attenuation; (მაგ. რხევების) Subsidence;
- მიკროპროცესორული აპარატურული საშუალებები –  
- Microprocessor-based hardware;
- მიკროპროცესორული კონტროლერი –  
- Microprocessor(-based) controller;
- მიკროპროცესორული მართვა - Microprocessor control;
- მიკროპროცესორული მმართველი მოწყობილობა –  
- Microcontroller;
- მიკროპროცესორული მოწყობილობა -  
- Microprocessor-based hardware; Microprocessor director;
- მიკროპროცესორული პროგრამული საშუალებები –  
- Microprocessor-based software;
- მიკროპროცესორული სისტემა –  
- Microprocessor-based system; Microprocessor system;
- მისაველი რკინიგზა - Access railroad; Branch railway;
- მიჭერილი (მიკრული) კალამი - Closed tongue;
- მმართველი მიმდევრობა - Control sequence;
- მმართველი წრედი - Controlling circuit;
- მოახლოების ბლოკ-უბანი - Approach section;
- მოკლედ შერთვა - Short circuit;
- ~ მოკლედ შერთვის დენი – Short-circuit current;
- მომწვევი სიგნალი - Call(ing)-on signal;
- მოქმედი მნიშვნელობა - Effective value;

- ~ ამპლიტუდის მოქმედი მნიშვნელობა –
- Root-mean-square amplitude;
- მოძრაობის მიმართულება - Traffic route; Driving direction;
- ~ მარშრუტული მიმართულება - Through-freight routing;
- მოძრაობის მიმართულების სახელური - Traffic lever;
- მოხეტიალე დენი – Stray current;
- მოხსნა – Cut;
- ~ ვაგონების მოხსნა - Cut of cars;
- ~ (ვაგონის) გადახსნა – Setoff; Setout;
- მუშტა მექანიზმი - Cam gear(ing); Cam mechanism;
- მუშტა – Cam; Lobe;
- მუშტა შემსრულებელი მექანიზმი - Cam actuator;
- მტრული მარშრუტის სახელური - Conflicting route lever;
- მტყუნება – Failure;
- ~ დამოუკიდებელი მტყუნება – Primary failure;
- ~ დამოკიდებული მტყუნება - Secondary failure;
- ~ დაცვითი მტყუნება – Protective failure;
- ~ თანდათანობითი მტყუნება – Gradual failure;
- ~ კონსტრუქციული მტყუნება – Design-error failure;
- ~ სახიფათო მტყუნება – Hazardous failure;
- ~ საწარმოო მტყუნება – Manufacture-error failure;
- ~ საექსპლუატაციო მტყუნება – Misuse failure;
- ~ უეცარი მტყუნება – Sudden failure;
- ~ შენაცვლებითი მტყუნება – Intermittent failure;
- მტყუნებამდგრადობა - Fault-tolerance;
- მტყუნებები ექსპლუატაციის საწყის პერიოდში –
- Infant mortality;
- მტყუნების კრიტერიუმი – Failure criterion;
- მტყუნების მიზეზი – Failure cause;
- მტყუნების შედეგი – Failure effect;
- მუდმივი დენი - Direct current;
- მუდმივი ძაბვა - Continuous voltage; Direct voltage;
- მუშა მატარებელი - Work train; Material train;
- მუშა წრედი - Working circuit;
- მუშაობის ვადა – Lifetime;
- მუშაობის უნარი – State of serviceability;
- მუშაობის უუნარობა – State of nonserviceability;
- მუხრუჭის ხუნდი - Brake block; Brake pad;

- მშენებელი წინაღობა - Bypass resistance; Shunt resistor;
- მძიმეწონიანი მატარებლების მოძრაობა - Heavy-train traffic;
- **ნამუშევრობა** – Operating time;
  - ~ საშუალო ნამუშევრობა (პირველ) მტყუნებამდე – Mean time-to-failure;
  - ~ რემონტის (შეკეთების) საშუალო ხანგრძლივობა – Mean time-no-repairs;
  - ~ აღდგენის საშუალო ხანგრძლივობა – Mean time-to-return ;
  - ~ მტყუნებამდე ნამუშევრობა – Time to failure;
  - ~ მტყუნებებს შორის ნამუშევრობა – Time between failures;
- ნახევრადავტომატური ბლოკირების სისტემა -  
- Semiautomatic block system;
- ნორმალური რეჟიმი (მუშაობის) - Normal duty;
- **შერეული გამოვლენა (გამომჟღავნება)** -  
- Concurrent detection;
- ოთხპოლუსა –quadripole;
  - ~ აქტიური ოთხპოლუსა – Active quadripole;
  - ~ პასიური ოთხპოლუსა – Passive quadripole;
  - ~ წრფივი ოთხპოლუსა – Linear quadripole;
  - ~ არაწრფივი ოთხპოლუსა – Nonlinear quadripole;
- ორთქმავალი - (Steam) engine / locomotive;
- **პანტოგრაფი** (დენმიმღები); - Current collector; Pantograph;
- პირაპირი (მაიზოლირებელი) - Block joint; Insulated joint;
- (მაიზოლირებელი) პირაპირის გამოცდა – - Insulated joint test;
- (სარელსო) პირაპირული ზესადები – Rail joint plate;
- პნევმოჰიდრავლიკური ამძრავი - Air-oil actuator;
- პოეზდოგრაფი - Train operation recorder;
- პოსტშორისი ჩაკეტვა - Check locking;
- პროექტორული შუქნიშანი – Floodlight (Searchlight) signal;
- **რეზორტი** – Flange;
  - ~ რეზორტიანი თვალი - Flanged wheel;
- რედუქტორი - Reduction unit; Speed reduction unit;
- რეზონანსი – Resonance;
  - ~ დენების რეზონანსი - Current resonance;
  - ~ ძაბვების რეზონანსი - Voltage resonance;
- რეზონანსული – Resonance; Resonant;

- ~ რეზონანსული კონტური - Resonance [resonant] circuit; Tuned circuit; Single-tuned network; Tank;
- ~ რეზონანსული სიხშირე - Resonance [resonant] frequency;
- ~ მიმდევრობითი რეზონანსი – Series (Voltage) resonance;
- ~ პარალელური რეზონანსი - Parallel resonance; Current resonance, Antiresonance;

- რელე - Relay:

- ~ ელექტრომაგნიტური რელე - electromagnetic relay;
- ~ იმპულსური რელე - Impulse relay;
- ~ ისრის მდებარეობის რელე - Switch position relay;
- ~ ისრული მანვენებელი რელე - Switch indication relay;
- ~ ისრული საკონტროლო რელე - Point detection relay;
- ~ ისრული ჩამკეტი რელე - Switch lock relay;
- ~ ისრული მმართველი რელე - Point operating relay; Switch control relay;
- ~ კუთხური რელე - Corner relay;
- ~ მაკონტროლებელი რელე - Pilot relay; Supervisory relay;
- ~ მამეორებელი რელე - Repeater relay;
- ~ მარშრუტის შესხნის რელე - Route-release relay ;
- ~ მუდმივი დენის რელე - Dc relay;
- ~ პოლარიზებული რელე - Polarized relay;
- ~ სალიანდაგო რელე - Track relay;
- ~ სამარშრუტო რელე - Route relay;
- ~ სამატარებლო ავტოსდექის რელე - Train-stop relay;
- ~ საგადასასვლელი სიგნალიზაციის რელე - Crossing relay;
- ~ სექტორული რელე - Sector-type relay;
- ~ სცბ-ს რელე - Signaling relay;
- ~ ქანქარული რელე – pendulum relay;
- ~ შეყოვნების მქონე რელე - Delay relay; Lag(ged) relay;
- ~ შეჭრის რელე - Trailing relay;
- ~ ცვლადი დენის რელე – Ac relay;
- ~ რელსი – Rail;
- ~ ისრული გადამყვანის რელსი - Turnout rail;
- ~ რელსის წაძვრა - Rail movement;
- ~ საკონტაქტო რელსი – Third rail;
- ~ სარელსო ძაფი – Trackway;

- ~ წაძვრული რელსი - Curved rail;
- რემონტი (შეკეთება) – Repair;
- რკინიგზა – Railway;
- რკინიგზელი – Railwayman;
- რკინიგზის – Railway;
- ~ რკინიგზის გვირაბი - Rail(road) tunnel;
- ~ რკინიგზის ღიანდი - Railway track;
- ~ რკინიგზის ჩიხი - Dead-end track;
- ~ რკინიგზის მოსამსახურე – Railwayman;
- **საბლოკირებელი სიგნალი** - block signal;
- სადგურის ყელი - Yard neck;
- საიმედოობა – Dependability;
- საგაგონო შემნელებელი – Car retarder;
- ~ დასაჭერი - Pressure-bearing; Pressure-exerting;
- ~ მარწუხისებური – Forcipate;
- საისრე სახელური - Switch handle;
- საისრე პოსტის მორიგე - switchbox attendant
- საისრე ყელი – Lead ;
- საისრე (ისრული) ჯგუფი - Switch location ;
- საიმედოობის მაჩვენებელი – Reliability index;
- საკონტაქტო ველის მუხი - Bank wiper;
- საკაბელო ქსელი - Cable system; Cabling; Cable network;
- საკონტაქტო ქსელი - Contact system;
- საკონტროლებელი გარე პირობები – Controlled environment;
- საკონტროლო რეჟიმი (მუშაობის) - Control rating;
- საკონტროლო წრედი - Monitoring circuit;
- საკონტროლოდ ვარგისობა - Ceckability; Controllability;
- Testability;
- სალოკომოტივო სიგნალიზაცია - Cab signaling;
- სალიანდაგო ბლოკირება - Block signaling;
- სალიანდაგო სასიგნალო პედალი - Signal pedal;
- სალიანდაგო პედალი - Rail current switch;
- სამანევრო (ისრული) ზონა - Switching area ; Points zone;
- სამარშრუტო მართვა - Route working;
- სამარშრუტო მაჩვენებელი - Route card board; Route indicator;
- სამარშრუტო მაჩვენებლის სახელური - Slot lever;
- სამარშრუტო სექცია - Route section;
- სამანევრო გადაადგილება - Shunting movement;
- სამუხრუჭო მანძილი – Braking (stopping )distance; Braking

length;

- სამფაზიანი დენი - Three-phase current;
- სარელსო პირაპირი; რელსთაშორისი შემაერთებელი –  
Rail bond; Rail joint;
- სარელსო კალაძი - Rail point;
- სარელსო პედალი - Treadle pedal;
- სარელსო საპირაპირე ზესადები - Rail joint plate;
- სარელსო შემაერთებელი - Bond wire;
- სარელსო ძაფი – Trackway; Length of rails; Track rail;
- სარელსო წრედების სქემა - Track circuit layout;
- სარელსო წრედი - Track circuit:
  - ~ ისრული სარელსო წრედი - Points track circuit;
  - ~ ფაზათმგრძობიარე სარელსო წრედი -  
Phase-sensitive track circuit;
  - ~ ერთძაფიანი სარელ. წრედი - Single-rail track circuit;
  - ~ (ნორმალურად) შეკრული სარელსო წრედი - Locking  
track circuit;
  - ~ ორძაფიანი სარელ. წრედი - Double-rail track circuit;
- სარკინიგზო - railway (ბრიტ.); railroad (ამერიკ.);
  - ~ სარკინიგზო გაბარიტი- Railroad [railway line] clearance;
  - ~ სარკინიგზო გადასაველელი –  
Railroad [railway] crossing;
  - ~ სარკინიგზო ვაკისი - Railroad [railway] bed, way;
  - ~ სარკინიგზო კვანძი - Rail junction; Road junction;
  - ~ სარკინიგზო მოძრავი შემადგენლობა – Railway  
vehicles;
  - ~ სარკინიგზო მოძრაობა - Rail movement;  
Railway traffic;
  - ~ სარკინიგზო მუხრუჭი - Railroad brake;
  - ~ სარკინიგზო სადგური - Railway station; Depot;
  - ~ დანიშნულების სარკინ. სადგური - Receiving station;
  - ~ სარკინიგზო ქსელი - Railway network; Railway system;
  - ~ სარკინიგზო შემადგენლობა – Consist;
  - ~ სარკინიგზო შლაგბაუმი - Railway crossing bar;
  - ~ სარკინიგზო შტო - Branch line;
- სარკინიგზო ლიანდაგების სქემა (ქსელი) – Trackage;
- სარემონტოდ ვარგისობა – Maintenance ability;
- სარქველი – Clapper;
- სასადგურო მარშრუტი - Station route;

- სასადგურო პარკი – Yard;
- სასადგურო ლიანდაგი - Station track; Yard track;
- სასადგურო შუქნიშანი - Station light signal;
- სამატარებლო დისპეტჩერი - Train dispatcher;
- სამატარებლო სიგნალი - Train marker;
- სამატარებლო მაგისტრალი – trainline;
- სამაუწყებლო ინფორმაცია - Announcing data;
- სამატარებლო მოძრაობა - Train running;
- სამატარებლო ამოცნობა - Train identification;
- სატვირთო მატარებლების მოძრაობა - Freight traffic;
- სახიფათო მდგომარეობა – Hazardous State;
- სახიფათო მტყუნების კრიტერიუმი – Hazardous Failure Criterion;
- სემაფორი - Semaphore signal post;
- სილა - fine sand; Sand;
- სიმძლავრე - (ფიზიკური სიდიდე) Power;  
(გამოსაცდელი მანქანის შესახებ) Capacity;
- ~ აქტიური სიმძლავრე – Active (actual, real ) power;
- ~ რეაქტიული სიმძლავრე – Imaginary (Reactive) power;
- ~ სრული სიმძლავრე - gross capability, KVA capability;
- სიფრთხილის სახელური - Vigilance lever;
- სიჩქარის ავტომატური რეგულირება – Automatic speed control
- სტანდარტული ბლოკი - Building block;
- სქემატური გეგმა - Diagrammatic plan;
- სქემის აგების გეოგრაფიული პრინციპი –  
- Geographic(al) principle construction circuitri;
- სცბ-ს ავტომატური მოწყობილობები - Automatic train signaling;
- **ტვირთობრუნვა** - Turnover of commodities;
- ტელემართვა - External guidance; Remote control; Telecontrol;
- ტელეკონტროლი - Remote supervision;
- ტექნიკური მომსახურება – Maintenance
- ტრანსმიტერი – Transmitter;
- **უკონტაქტო** – Contactless; Noncontact, Nonengaging
- უმტყუნველობა – Realiability;
- უმტყუნო მუშაობა – Fault free operation;
- უმტყუნო მუშაობის ალბათობა – Survival probability;
- უპირაპირო ლიანდაგი - Continuous welded rail;  
Long-welded rails;

- უპირაპირო (მიღუღებული) რელსი- Continuous welded rail;
- უსაფრთხოება – Safety;
  - ~ გარეგანი უსაფრთხოება – Safety external;
  - ~ სარკინიგზო ავტომატიკის სისტემის უსაფრთხოება - Railroad Automatic System Safety;
  - ~ შინაგანი უსაფრთხოება – Safety Internai;
- უმტყუნო (შეუფერხებელი) მუშაობა (რეჟიმი) –
  - Fault free operation;
- უქმი სვლა - Quiescent condition;
- უქმი სვლის დენი - Open-circuit current;
- უწესიერობა, ამოვარდნა - Malfunction
- უწესიერო მდგომარეობა – State of nonoperability;
- უწესიერობის აღმოჩენა – Fault detection;
- **ფაზური თანაფარდობა** - Phase relationship;
- ფილტრი – Filter;
  - ~ დაბრკოლებებისაგან დამცავი ფილტრი - Noise filter;
  - ~ ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების ფილტრი –
    - Electromagnetic interference filter;
- ფრიქციული გადაბმულობა (ქუროში) - Friction lock;
- ფრიქციული ქურო - Friction clutch; Friction coupling; Friction;
- ფრიქციული დოლი - Friction drum;
- ფრონტული (შემროველი) კონტაქტი - Front contact;
- **ძეგსადები (სარკინიგზო)** – Baseplate;
- ქურო – Box;
  - ~ საკაბელო ქურო - Cable box;
  - ~ შემაერთებელი ქურო - Joint box;
- **ღილაკი** - Button; Key; Button;
  - ~ ამუშავების ღილაკი –Initiate button;
  - ~ დასაჭერი ღილაკი - push-button
  - ~ საისრე ღილაკი - Point key; Switch(ing) key;
  - ~ მარშრუტული ღილაკი - Track key; Route key;
- **შიბერი**– Choke; Gate;
- შენახულობა – Storageability;
- შენახულობის ვადა – Storageability time;
- შენახულობის საშუალო ვადა – Storageability mean time;
- შეთანხმებული წრედი - Matched network;
  - ~ მათანხმებელი გადამრთველი - Alignment switch;
  - ~ მათანხმებელი დენი - Matching current;



- ~ მათანხმებელი რეზისტორი - Matching resistor;
- ~ მათანხმებელი ტრანსფორმატორი –  
- Impedance-matching transformer; Matching transformer;
- შეუთანხმებელი წრედი - Inconsistent network;
- შპალა (სარკინიგზო) - Railroad tie;
- შუქნიშანი - Traffic lights; Traffic signal;
  - ~ ანძური შუქნიშნის კარადა - Signal case;
  - ~ სასადგურო შუქნიშანი - Station light signal;
  - ~ საგადასარბენო შუქნიშანი - Intermediate signal;
  - ~ ჯუჯა შუქნიშანი – Dwarf;
- შუქნიშნის დარეგულირება - Signal control; Signalization;
- შუქნიშნის ანძა - Signal post;
- შუქნიშნის თავი - Color-light signal head; Light signal head;
- შუქნიშნის ლინზა - Light-signal lens;
- ჩაკეტილი (ავტონომიური) სისტემა - Closed system;
- ჩანაცვლების სქემა - Equivalent circuit;
- ჩაშენებული ავტომატური საშუალებები –  
- Built-in automatic provisions;
- ჩამიწება – Earth; Earthing; Ground, Grounding;
  - ~ კორპუსის ჩამიწება - Case grounding;
  - ~ კორპუსზე ჩამიწება - Hull return circuit;
- ჩამიწებული რელსი -Earthed rail;
- ჩიხი (სარკინიგზო) - Dead-end track;
- ცვლადი დენი - Alternate [alternating] current;
- ცვლადი ძაბვა - Alternating voltage; Fluctuating stress;
- ცენტრალიზაცია –Interlocking;
  - ~ ავტომატური ცენტრალიზაცია - Automatic interlocking;
  - ~ ელექტრული ცენტრალიზაცია - All-electric (Power) interlocking;
- ~ მარშრუტული ცენტრალიზაცია - Push-button interlocking;
  - ~ მარშრუტულ-რელეური ცენტრალიზაცია –  
- Route-relay interlocking;
  - ~ მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია –  
- Micropocessor-based interlocking;
  - ~ რელეური ცენტრალიზაცია - All-relay interlocking;
  - ~ (ცენტრალიზაციის) ბლოკური სისტემა – Unit-block system
  - ~ რელეურ-კოდური ცენტრალიზაცია –  
- All-relay coded interlocking;

- ~ შორსმომქმედი ცენტრალიზაცია –
- Remote-control interlocking;
- ცენტრალიზაციის პოსტი - Interlocking station;
- ცენტრალიზებული ისარი - Interlocked switch;
- ცენტრალიზებული რაიონი - Interlocked zone;
- ცენტრალიზებული სიგნალი - Interlocked signal;
- ცენტრალიზებული მართვა - Interlocking control;
- ცენტრალიზებული ობიექტი - Interlocking unit;
- ცენტრალიზაციის აპარატი – interlocker;
- ცენტრალიზაციის მოწყობილობა - Interlocking equipment;
- ცენტრალური დამოკიდებულება – Central dependence;
- ცენტრალური კვება – Central supply;
- **ძაბვის წყარო** - Voltage source; Voltage (power) supply;
- **წინაღობა** – Resistance;
- ~ აქტიური წინაღობა - Resistive impedance; Active resistance;
- ~ ინდუქტიური წინაღობა – Inductive (Magnetic) reactance;
- ~ რეაქტიული წინაღობა - Image impedance;
- Imaginary impedance; Reactance;
- ~ სრული წინაღობა - Electrical impedance; Impedance;
- ~ ტალღური წინაღობა – Characteristic (Surge) impedance;
- ~ ტევადური წინაღობა – Capacitance; Capacity;
- წვეის ქვესადგური - Traction substation;
- წესიერულობა – State of operability;
- წრფივი ელექტრული წრედი - Linear electric circuit;
- წყვილთვალი - Pair of wheels; Wheel pair;
- ~ თვლის ღერძი - Wheel axle;
- **ხანგამძლეობა** – Longevity;
- ხრეში – Gravel;
- ~ ხრეშის ბალასტი - Gravel ballast;
- **ჩვარელი (ისრული გადაწყვანის)** - Frog;
- ჯვარელის რელსნაწვევტი (კონტრრელსი) - Check rail;
- **ჰაერსაცივარი** - Air cooler;
- ჰაერშემკრები - Air collector; Air holder; Air receiver;
- ჰარმონიკული მდგენელი - Harmonic components;
- ჰიგროსკოპულობა - Hygroscopic property;
- ჰისტერეზისი – Hysteresis;

**შ ო ნ ა ა რ ს ო**

<b>ავტორისაგან</b> . . . . .	3
<b>თავი 1.</b> ზოგადი ცნობები ავტომატიკისა და ტელემუ- ქანიკის სისტემების შესახებ . . . . .	5
<b>I.1.</b> სარკინიგზო ტრანსპორტის წარმოშობა და ჩაკეტულ სისტემად მისი ფორმირება . . . . .	5
<b>I.2.</b> მატარებელთა უსაფრთხოდ მოძრაობის უზრუნ- ველყოფის პრობლემა და მისი გადაჭრის გზები . . . . .	17
<b>I.3.</b> სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემუქანიკის სისტემების დანიშნულება, კლასიფიკაცია და ფუნქციონირების ბის ზოგადი პრინციპები . . . . .	26
<b>I.3.1.</b> ავტომატიკის სასადგურო სისტემები . . . . .	31
<b>I.3.2.</b> ავტომატიკის საგადასარბენო სისტემები . . . . .	39
<b>თავი 2.</b> სარელსო წრედების აგებისა და ფუნქცი- ონირების საფუძვლები . . . . .	49
<b>2.1.</b> სარელსო წრედების დანიშნულება, სახეები, სტრუქტურული სქემები და კლასიფიკაცია; მათი ელემენტები და კვების წყაროები . . . . .	49
<b>2.2.</b> სარელსო წრედების მუშაობის რეჟიმები და კრიტერიუმები . . . . .	72
<b>2.3.</b> ზოგადი ცნობები სარელსო წრედების ჩანა- ცვლების სქემების შესახებ . . . . .	86
<b>2.4.</b> სარელსო წრედების საიმედოდ და უსაფრთხოდ ფუნქციონირების პრობლემები . . . . .	96
<b>2.4.1.</b> სარელსო ხაზის პირველადი და მეორეული პარამეტრები . . . . .	97
<b>2.4.2.</b> ზოგადი ცნობები სარელსო წრედების გა- ანგარიშების შესახებ . . . . .	105
<b>2.4.3.</b> სარელსო წრედების დაცვა წვეის დენის ხელშემღელი და სახიფათო ზეგავ- ლენებისაგან . . . . .	109
<b>2.5.</b> მუდმივი დენის ელექტრული წვეის უზნებზე გა- მოყენებული სარელსო წრედები . . . . .	116
<b>2.5.1.</b> 50 ჰვ სიხშირის ცვლადი დენის სარელსო წრედები . . . . .	118
<b>2.5.2.</b> ფაზათმგრძობიარე სარელსო წრედები . . . . .	128
<b>2.6.</b> განსაკუთრებული სახის სარელსო წრედები . . . . .	135
<b>2.6.1.</b> უპირაპირო სარელსო წრედები . . . . .	136
<b>2.6.2.</b> გადასარბენის თავისუფლების მაკონტრო- ლებელი უპირაპირო სარელსო წრედი ნა- ხევრად ავტომატური ბლოკირების სისტე- მისათვის . . . . .	143
<b>2.6.3.</b> ტონალური სიხშირის ზედ- დების უპირაპირო სარელსო წრედი . . . . .	145

2.6.4.	რეაქტიული სარელსო წრედი . . . . .	147
2.7.	ჩამამიწებელი მოწყობილობების გავლენა სარელსო წრედების მუშაობაზე . . . . .	149
2.7.1.	პასიური ჩამამიწებელი მოწყობილობების გავლენა სარელსო წრედების მუშაობაზე . . . . .	155
2.7.2.	აქტიური ჩამამიწებელი მოწყობილობების გავლენა სარელსო წრედების მუშაობაზე . . . . .	159
2.8.	სარელსო წრედების აპარატურის დაცვა დენის გარეშე წყაროების გავლენისაგან . . . . .	160
<b>თავი 3.</b>	<b>სარელსო წრედების ექსპლუატაციის საფუძველები . . . . .</b>	<b>164</b>
3.1.	სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემებზე მოქმედი ობიექტური ფაქტორების ზოგადი დახასიათება . . . . .	164
3.2.	საიმედოობის შეფასება მოწყობილობების მუშაობის ინტენსიურობის გათვალისწინებით . . . . .	176
3.3.	სარელსო წრედების ექსპლუატაციის პროცესის დროს გადასაწყვეტი ძირითადი პრობლემები . . . . .	179
3.4.	სარელსო წრედების საპირაპირე შემაერთებლების გამართულობის კონტროლი . . . . .	186
3.5.	სარელსო წრედებში პოლარობის მონაცვლეობის შემოწმება . . . . .	191
3.6.	სარელსო წრედების შუნტური მგრძობიარობისა და იზოლაციის წინაღობის შემოწმება . . . . .	195
3.7.	სარელსო წრედების დარეგულირების საფუძველები . . . . .	198
3.8.	სარელსო წრედების საიმედოდ ფუნქციონირების საფუძველები . . . . .	209
<b>თავი 4.</b>	<b>წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდები . . . . .</b>	<b>215</b>
4.1.	ზოგადი ცნობები გადამწოდების შესახებ . . . . .	215
4.2.	წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდების კლასიფიკაცია და მოკლე დახასიათება . . . . .	218
4.3.	წერტილოვანი სალიანდაგო გადამწოდების გამოყენების პერსპექტივა და მათი “ინტელექტუალიზაციის” პრობლემა . . . . .	239
	<b>დანართი 1 . . . . .</b>	<b>245</b>
	<b>დანართი 2 . . . . .</b>	<b>259</b>
	<b>გამოყენებული ლიტერატურა . . . . .</b>	<b>261</b>
	<b>საგნობრივი მაჩვენებელი . . . . .</b>	<b>266</b>
	<b>მოკლე ქართულ-ინგლისური ტერმინოლოგიური ლექსიკონი . . . . .</b>	<b>271</b>

კომპიუტერული მხარდაჭერა ალექსანდრე ალექსანდრეს ძე ღუნდუას

## **იბეჭდება ავტორის მიერ წარმოდგენილი სახით**

გადაეცა წარმოებას 30.01.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდად  
16.02.2009. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 18.  
ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,  
კოსტავას 77

