



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

ნათია როველაძე

სამძარღვა პარალელურად ჩართული და ექვივალენტური
კვების სამი ერთმანაღვა მშრალი იზოლაციით შესრულებული
კაბელების ტემპერატურული რეჟიმების გამოკვლევა და მათი
გამოყენების პირობების დადგენა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 0160, საქართველო

2022 წ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი: ენერგეტიკის

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავაცანით ნათია რთველაძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „სამმარღვა პარალელურად ჩართული და ექვივალენტური კვების სამი ერთმარღვა მშრალი იზოლაციით შესრულებული კაბელების ტემპერატურული რეჟიმების გამოკვლევა და მათი გამოყენების პირობების დადგენა“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 2022 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი/ხელმძღვანელები: პროფესორი მ. ქობალია

რეცენზენტი: _____

რეცენზენტი: _____

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2022 წ.

ავტორი: ნათია რთველაძე

დასახელება: „სამძარღვა პარალელურად ჩართული და ექვივალენტური კვეთის სამი ერთმარღვა მშრალი იზოლაციით შესრულებული კაბელების ტემპერატურული რეჟიმების გამოკვლევა და მათი გამოყენების პირობების დადგენა“

მისანიჭებელი კვალიფიკაცია: ენერგეტიკის და ელექტროინჟინერიის დოქტორი

ხარისხი: აკადემიური დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: _____

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

ავტორის ხელმოწერა _____

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

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

რეზიუმე

სადისერტაციო ნაშრომი ეძღვნება ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული სამძარღვა და ერთძარღვა საკაბელო ხაზებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევას, ამ პროცესების მიერ ქსელის ელემენტებში გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების განსაზღვრას, თითოეული მათგანის გამოყენებისას ქსელის ელექტრომომარაგების საიმედოობის დონის დადგენას, ურთიერთ შედარებას, შესაბამისი დასკვნების გაკეთებას და კონკრეტულ პირობებში მათი გამოყენების მიზანშეწონილობის დადგენას.

პირველ თავში ჩატარებულია ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემის არსებული მდგომარეობის შესწავლა და ქსელში განვითარებული ავარიული გამორთვების ანალიზი. მნიშვნელოვანია, რომ ქალაქის ელექტრომომარაგების საშუალო ძაბვის სისტემა 2191 ცალ, 1558.1 მვა ჯამური სიმძლავრის, (10-6)/0.4 ძაბვის სატრანსფორმატორო ქვესადგურს და მათი ელექტრომომარაგების ქსელი, 6-10 კვ ძაბვის, 3967.76 კილომეტრი სიგრძის საკაბელო ქსელს მოიცავს. მნიშვნელოვანია, რომ საკაბელო ქსელების მნიშვნელოვანი ნაწილი მოძველებულია და სასწრაფო, გადაუდებელ რეაბილიტაციას საჭიროებს.

ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების ქსელის დისპეტჩერული მართვის სამსახურის ყოველდღიური ანგარიშის მიხედვით 2021 წელს ქსელის ტექნიკური გაუმართაობის გამო დაფიქსირდა 1567 გამორთვა. ავარიული გამორთვები ძირითადად განხორციელდა შემდეგი მიზეზებით: მომსახურე პერსონალის მიერ ავარიის ლიკვიდაციისათვის - 173 (11.0 %); რელეური დაცვის მოქმედების შედეგად ავარიის ლიკვიდაციისათვის - 1370 (87 %); ავარიული გამორთვა დაუდგენელი მიზეზებით - 24 (1,5 %).

კვლევის მასალებით დადასტურებულია, რომ საკაბელო ხაზების რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტი, მნიშვნელოვნად დაბალია. შედეგად, კაბელების მიერ გატარებული რეაქტიული სიმძლავრე სრული სიმძლავრის 40-45% -ს შეადგენს. ასევე, ნაჩვენებია, რომ კაბელებში გამავალი დენის მდალირიგის ჰარმონიკების სპექტრში ძირითადად დომინირებს მე-5 რიგის ჰარმონიკა. შესაბამისად, კაბელის იზოლაციის დამატებით გახურებას ძირითადად ეს ჰარმონიკა განაპირობებს.

მეორე თავში ჩატარებულია სამძარღვა კაბელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა და დამუშავებულია ელექტრული შენაცვლების სქემა. გამოკვლეულია კაბელებში დატვირთვის დენის არასიმეტრიულობით განპირობებული ელექტრომაგნიტური პროცესები. შესწავლილია დატვირთვის დენის დამახინჯების შედეგად წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების გავლენა ელექტრომაგნიტურ პროცესებზე. მნიშვნელოვანია, რომ საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელში არსებული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგები ძირითადად კაბელის კონსტრუქციაზე, ელემენტების მასალის გვარობაზე და საკაბელო ქსელის ტექნიკური შესრულებაზეა დამოკიდებული.

დადგენილია სამძარღვა პარალელურად ჩართულ კაბელებსა და ცალკეულ ძარღვებს შორის დატვირთვის დენის გადანაწილების უთანაბრობის მიზეზები.

პარალელურად ჩართული კაბელების შენაცვლების სქემის პარამეტრების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ პარალელურად ჩართულ ძარღვებს შორის გამავალი დენების სხვაობა ძირითადად განპირობებულია კაბელის დასაწყისსა და ბოლოში მიერთებების კონტაქტის გარდამავალ წინააღმდეგობათა უთანაბრობით. შემოთავაზებულია, პარალელურად ჩართული ერთიდაიგივე ფაზების ძარღვების წინააღმდეგობებს შორის უთანაბრობის გამოვლენის მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია პარალელურად ჩართულ ძარღვებში გამავალი ჯამური და ცალკეულ ძარღვებში გამავალი დენების სხვაობის ერთდროულ კონტროლის პრინციპზე. ჩატარებული კვლევების შედეგებით დასტურდება, რომ მიუხედავად კაბელების პარამეტრების იდენტურობისა და ერთნაირი საექსპლუატაციო პირობებისა, ერთიდაიგივე ფაზების ძარღვებში გამავალი დენები მნიშვნელოვნად განსხვავებულია ერთმანეთისაგან და რიგ შემთხვევაში, მეტად დატვირთული ძარღვში გამავალი დენი მნიშვნელოვნად აჭარბებს კაბელის, ხანგრძლივ რეჟიმში გახურების პირობით გათვალისწინებულ დასაშვებ დენის მნიშვნელობას.

მესამე თავში ჩატარებულია ერთძარღვა სამფაზა საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა. სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების მიზეზების დადგენა. ეკრანის დამიწების მეთოდის გავლენა კაბელის გადახურებასა და გამტარუნარიანობის შემცირებაზე.

ერთძარღვა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული კაბელებით შესრულებულ სამფაზა საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევის, მათ მიერ გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების შეფასებისა და კაბელის გამტარუნარიანობაზე გავლენის დადგენისათვის დამუშავებულია საკაბელო ქსელის ელექტრული შენაცვლების სქემა. დასაბუთებულია, რომ ერთძარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესები, ერთ ფაზა ორ გრაგნილა ძალოვან ტრანსფორმატორში მიმდინარე პროცესების ანალოგიურია. კერძოდ, ორმხრივ დამიწებული ეკრანის პირობებში მიმდინარე პროცესები მოკლედ შერთვის რეჟიმში მომუშავე, ხოლო ერთმხრივ დამიწებული და ტრანსპოზიციონირებული ეკრანის შემთხვევებში, უქმი სვლის რეჟიმში მომუშავე ძალოვანი ტრანსფორმატორის იდენტურია. შესაბამისად, ერთ ფაზა კაბელების კვლევებისას შეიძლება ძალოვანი ტრანსფორმატორების შენაცვლების სქემები გამოვიყენოთ შემოთავაზებული შენაცვლების სქემის პარამეტრების გათვალისწინებით. დასაბუთებულია, რომ ორმხრივ ეკრან დამიწებულ ერთძარღვა კაბელებში ძირითადად დომინირებს კაბელის ეკრანში ძარღვში გამავალი დენის მიერ შექმნილი დენებით განპირობებული დანაკარგები.

ეკრანის დამიწების მეთოდების „დასექციონირებული ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“ და „შუადამიწებული ეკრანით“ სინთეზის საფუძველზე, დამუშავებულია ეკრანის დამიწების ოპტიმალური მეთოდი: „დასექციონირებული შუა დამიწებული ეკრანით“, რომელიც უზრუნველყოფს კაბელის გადამაბვებისაგან დაზიანებას, ქსელის ძვირად ღირებული მოწყობილობების რაოდენობის, სამონტაჟო სამუშაოების მოცულობის შემცირებას და საექსპლუატაციო მომსახურების გამარტივებას.

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე, შემოთავაზებულია ელექტრომომარაგების სისტემის საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელების შესრულების რეკომენდაციები.

Resume

The dissertation is dedicated to the study of electromagnetic processes in three-phase and single-phase cable lines made of woven polyethylene, determining the power and power losses caused by these processes in network elements, analyzing the level of reliability of the network power supply when using each of them, comparing them with each other, making relevant conclusions and determining the expediency of their use in specific conditions.

The first chapter studies the current state of the electricity supply system in Tbilisi and analyzes the emergency shutdowns in the network. It is important that the average voltage system of the city power supply includes 2191 units, 1558.1 MW total power, (10-6)/0.4 voltage transformer substations and their power supply network includes, 6-10 kV, 3967.76 km long cable network. It is important that a significant portion of cable networks are outdated and in need of urgent rehabilitation.

According to the daily report of the controller management service of the Tbilisi electricity supply network, in 2021 1567 power outages were registered due to technical malfunctions of the network. Emergency power cuts were mainly done for the following reasons: 173(11.0%) for breakdown elimination by service personnel, for breakdown liquidation as a result of relay protection -1370(87%), for unknown reasons -24(1.5%).

Research materials have shown that the reactive power factor of cable lines is significantly lower. As a result, the reactive power carried by the cables is 40-45% of the total capacity. It is also shown that the spectrum of high-order harmonics outgoing in cables is mainly dominated by 5th-order harmonics. Consequently, the additional heating of the cable insulation is mainly due to this harmonica.

In the second chapter, the current electromagnetic processes in the three-phase cables are investigated and an electrical replacement scheme is developed. Electromagnetic processes due to asymmetry of load current in cables are explored. The influence of high-order harmonics on electromagnetic processes generated as a result of load current distortion is studied. It is important that the active and reactive power and energy losses in a medium voltage cable network depend mainly on the cable design, the substance of the elements' materials, and the technical arrangement of the cable network.

The reasons for the unequal distribution of the load current between the three-phase cables connected in parallel and the separate phases are established.

Based on the qualitative and quantitative analysis of the parameters of the parallel connected cables' replacement circuit, it is established that the difference between output currents of the parallel-connected wires is mainly due to the inequality of the transient resistances of the contact at the beginning and end of the cable. A method for detecting inequality between the resistors of the same phases connected in parallel is proposed, which is based on the principle of simultaneous control of the total output currents in the parallel circuits and the

difference of output currents in the separate circuits. Studies have shown that despite the identity of the cable parameters and the same operating conditions, the currents in the cables of the same phases are significantly different from each other, and in some cases, the output current in a highly loaded cable significantly exceeds the allowable current under long-term heating conditions.

The third chapter examines the current electromagnetic processes in three-phase cable networks, identifies the causes of power and electricity losses and influence of screen grounding method on cable overheating and reducing conductivity.

Electrical replacement scheme of cable network has been developed to investigate the electromagnetic processes in three-phase cables made of single-phase woven polyethylene insulation, to estimate their power and power losses, and to determine the impact on cable conductivity. It is substantiated that the current electromagnetic processes in three-phase cable networks made of single-phase cables are similar to the current processes in a single-phase two winding power transformer. In particular, the processes in the case of a two-point grounding screen are identical to power transformer working in a short-circuit mode, and in the case of a single-point grounding and transposed screen, are identical to a power transformer working in idling mode. Accordingly, in the study of single-phase cables, power transformer replacement circuits can be used along with taking into account the parameters of the proposed replacement circuit. It is supported by evidence that in two-point screen-grounded single-phase cables mainly dominate losses due to currents generated by the current in the cable screen.

Based on the synthesis of screen grounding methods: "sectioned single-grounded screen" and "mid-grounded screen", a new screen grounding method has been developed: "sectioned mid-ground screen", which ensures damage protection from cable over voltages, reduces the number of expensive network devices, reduces the amount of installation work, and simplifies maintenance services.

Based on the conducted research, the following recommendations are proposed for the implementation of medium voltage cable networks of the power supply system.

შინაარსი

შესავალი	18
თავი 1. ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემის საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელში განვითარებული ავარიული გამორთვების ანალიზი და დაზიანებების მიზეზების გამოკვლევა	24
1.1. ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემების არსებული მდგომარეობის შესწავლა და ქსელში განვითარებული ავარიული გამორთვების ანალიზი.....	24
1.2. ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემების საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელში წარმოქმნილი დაზიანებების მიზეზების გამოკვლევა.....	58
1.3. კაბელის ძარღვებში გამავალი დატვირთვის დენის მრუდის ფორმის დამახინჯების ხარისხის გავლენა კაბელის ელემენტებში წარმოქმნილი სიმძლავრის დანაკარგებზე და კაბელის გახურების ეფექტზე.....	58
1.4. საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელში რეაქტიული დატვირთვის გატარებით გამოწვეული სიმძლავრის და ელექტროენერგიის დანაკარგების გამოკვლევა კაბელის გადატვირთვის დადგენა.....	74
თავი 2. სამძარღვა კაბელებით შესრულებული საკაბელო ხაზებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა და მათ მიერ გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტრო ენერგიის დანაკარგების გამომწვევი მიზეზების დადგენა	78
2.1. სამძარღვა ნპიშ კაბელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა და საანგარიშო ელექტრული შენაცვლების სქემის დამუშავება.....	78
2.2. პარალელურად ჩართული სამძარღვა კაბელების ერთიდაიგივე ფაზების ძარღვებს შორის დატვირთვის დენის გადანაწილების გამოკვლევა და უთანაბრობის მიზეზების დადგენა	82
2.3. სამძარღვა პარალელურად ჩართული ნპიშკ-ში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა არასიმეტრიული დატვირთვების პირობებში.....	86
თავი 3. ერთძარღვა ნპიშ კაბელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა, სიმძლავრისა და ელექტროენერგიის დანაკარგების გამომწვევი მიზეზების დადგენა და შეფასება.....	92
3.1. ერთძარღვა ნპიშ კაბელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა და ეკრანის დამიწების მეთოდის გავლენა ელექტრომაგნიტურ პროცესებზე.....	92
3.2. ნპიშ ერთძარღვა საკაბელო ქსელების შენაცვლების საანგარიშო ელექტრული სქემის დამუშავება	96

3.3. ნპიშ ერთძარღვა სამფაზა საკაბელო ხაზების ეკრანის დამიწების მეთოდის გავლენა ელექტროენერგიის დანაკარგებზე და ეკრანის დამიწების ოპტიმალური მეთოდის დამუშავება.....	100
დასაკვნები	110
ლიტერატურა.....	112

ცხრილების ნუსხა

	88.
ცხრილი 1. ქ. თბილისის ქსელის 5 წლის განვითარების დინამიკა	27
ცხრილი 2. ელექტრული ქსელების ტექნიკური მახასიათებლები 31.12.2021წ	28
ცხრილი 3. ქვესადგური "ჩულურეთის" 6 კვ ძაბვის საკაბელო ხაზის ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი # 44. ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021)პერიოდი	29
ცხრილი 4. ქვესადგური "ჩულურეთის"საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.უჯრედი # 07. ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)	31
ცხრილი 5. ქვესადგური "ჩულურეთის"10 კვ ძაბვის საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი # 44 ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)	33
ცხრილი 6. ქვესადგური "ჩულურეთის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგებიუჯრედი # 07. ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)	35
ცხრილი 7. ქვესადგური "ზაგების" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი # 25 ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)	37
ცხრილი 8. ქვესადგური "ზაგების" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი # 25. ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)	39
ცხრილი 9. ქვესადგური "დილომი 1-ის საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი # 23. ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)	41

ცხრილი 10. ქვესადგური "დილომი 1"-ის საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი # 23. ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)	43
ცხრილი 11. ქვესადგური "ავშნიანის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი #19. ზამთარი (20.12.2021-26.12.2021 პერიოდი)	45
ცხრილი 12. ქვესადგური "ავშნიანის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი # 28. ზამთარი (20.12.2021-26.12.2021 პერიოდი)	47
ცხრილი 13. ქვესადგური "ავშნიანის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი #28. ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)	49
ცხრილი 14. ქვესადგური "ავშნიანის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი # 39. ზამთარი (20.12.2021-26.12.2021 პერიოდი)	51
ცხრილი 15. ქვესადგური "ავშნიანის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი #39. ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)	53
ცხრილი 16. N 18 საკაბელო ხაზის დატვირთვის დღედამური დატვირთვის გრაფიკები და რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტი	56
ცხრილი 17. ქვესადგურ „ჩულურეთის“ 6 კვ ძაბვის N 07 ფიდერის დატვირთვის და რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტის გრაფიკები	75

ნახ. 11. ქვესადგურ „ჩულურეთის“ 6 კვ ძაბვის 44 -ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) ფაზა B	71
ნახ. 12. ქვესადგურ „ჩულურეთის“ 6 კვ ძაბვის 44 -ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) ფაზა C	72
ნახ. 13. ქვესადგურ „ჩულურეთის“ 6 კვ ძაბვის მე-7 ა), მე-18-ე ბ), ე გ) და 44-ე დ) უჯრედის საკაბელო ხაზის წრიული ვექტორული დიაგრამები	28-73
ნახ. 14(ა,ბ). სამძარღვა კაბელის გამარტივებული კონსტრუქციულ - ელექტრული სქემა	79-80
ნახ.15. სამძარღვა კაბელის შენაცვლების საანგარიშო ელექტრული სქემა	81
ნახ. 16. პარალელურად ჩართული სამფაზა კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვების შეერთების შენაცვლების სქემა	84
ნახ. 17. სამძარღვა კაბელის ძარღვებში გამავალი დატვირთვის დენების განაწილების სქემა	87
ნახ. 18. ა) კაბელის დატვირთვის დენების და ბ) დატვირთვის დენების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის ნაკადების ვექტორული დიაგრამა სიმეტრიული დატვირთვისას	88
ნახ. 19. კაბელის დატვირთვის დენების და ბ) დატვირთვის დენების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის ნაკადების ვექტორული დიაგრამა სიმეტრიული დატვირთვისას	88
ნახ. 20. პარალელურად ჩართული სამფაზა კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვების შეერთების შენაცვლების სქემა	89
ნახ. 21(ა,ბ). ერთძარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელის კონსტრუქციულ - ელექტრული სქემა	94
ნახ. 22. ერთძარღვა კაბელის საანგარიშო ელექტრული სქემა	95
ნახ. 23. ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებულ ერთძარღვა საკაბელო ქსელების შენაცვლების ელექტრული სქემა	98

ნახ. 24. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ორმხრივ დამიწებული ეკრანით“	100
ნახ. 25. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“	102
ნახ. 26. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „შუადამიწებული ეკრანით“	103
ნახ. 27. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „დასექციონირებული ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“	105
ნახ. 28. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „სრული ციკლით ტრანსპოზიციონირებული ეკრანით“.....	106
ნახ. 29. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიციონირებული და შუადამიწებული ეკრანით“	106
ნახ. 30. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიციონირებული და შუადამიწებული ეკრანით“	107
ნახ. 31. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „დასექციონირებული შუადამიწებული ეკრანით“	108

გამოყენებული აბრევიატურები

ემდ - ელექტრომაგნიტური დაბრკოლება;

ემპ - ელექტრომაგნიტური პროცესები;

ემს - ელექტრომომარაგების სისტემა;

ეტდ - ელექტროტექნოლოგიური დანადგარები;

ნპიშ - ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული;

მრკ - მაღალი რიგის ჰარმონიკები;

ჰზეკ - ჰარმონიკის ზემოქმედების ეფექტის კოეფიციენტი;

ჰზე - ჰარმონიკის ზემოქმედების კოეფიციენტი.

მადლიერება

დიდ მადლობას ვუხდით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა ფაკულტეტის „ელექტრომომარების ტექნოლოგიების“ დეპარტამენტის ყველა აკადემიურ და დამხმარე პერსონალს სადისერტაციო ნაშრომზე მუშაობისას გაწეული დახმარებისათვის. განსაკუთრებით დეპარტამენტის უფროსს პროფესორს ბადურ ჭუნაშვილს დეპარტამენტის „ელექტრომაგნიტური თავსებადობის“ სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორიის „ელექტრომომარაგების ფიზიკური მოდელის“ და „Sedmax“-ის სტენდებზე ექსპერიმენტული გამოკვლევების ჩატარებაში გაწეული ღვაწლისათვის.

აგრეთვე, უღრმესი მადლიერებით მინდა ავღნიშნო სს „თელასის“ თანამშრომლების და განსაკუთრებით მისი ტექნიკური დირექტორის ბატონ ზვიად ვაშაკიძის მიერ გაწეული დახმარება, ე. თბილისის ელექტრომომარაგების ქსელის 110 კვ ძაბვის დამწვევი ქვესადგურებიდან გამავალი 6-35 კვ ძაბვის საკაბელო ხაზების დაცვის, აღრიცხვის, პარამეტრების კონტროლისა და მართვის მოწყობილობებიდან მუშაობის ნორმალურ და ავარიულ რეჟიმებში განვითარებული ელექტრომაგნიტური პროცესების მიმდინარეობის შესახებ ინფორმაციის მიღებაში.

შესავალი

ელექტრომომარაგების სისტემის (ემს) საშუალო ძაბვის ქსელების მუშაობის საიმედოობას და მომხმარებლებზე ელექტროენერჯის უწყვეტ მიწოდებას ქსელის ელექტრომომარაგების ტრაქტში მონაწილე ყველა ძირითადი ელემენტის გამართული და შეუფერხებელი მუშაობა განაპირობებს. თავის მხრივ, ელემენტების საიმედო და შეუფერხებელ მუშაობას მათი მუშაობის რეჟიმები და ქსელში არსებული ელექტრომაგნიტურ დაბრკოლებების (ემდ) მიმართ მგრძობიარობა და მდგრადობა განსაზღვრავს. აღსანიშნავია, რომ ფუნქციონალური დანიშნულებისა და ელექტრომომარაგების საიმედოობაზე გავლენის მიხედვით, ელექტრომომარაგების სისტემების ელემენტებს შორის, ერთ-ერთი ძირითადს საშუალო და მაღალი ძაბვის საკაბელო ქსელი წარმოადგენს.

აღსანიშნავია, რომ ქალაქ თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემის საშუალო ძაბვის ქსელებში განვითარებული ავარიული გამორთვების ძირითადი წილი საკაბელო ხაზების დაზიანებებზე მოდის [1]. იგი გამოწვეულია საკაბელო ქსელებში, მუშაობის ნორმალურ რეჟიმებსა და გარდამავალ პროცესებში წარმოქმნილი, ელექტრომაგნიტური პროცესებით განპირობებული გადაძაბვების შედეგად იზოლაზიის გარღვევითა და დენგამტარი ნაწილების გადახურებით.

ქალაქ თბილისში არსებულ საწარმოებში ახალი ტექნოლოგიური დანადგარებისა პრაქტიკულმა დანერგვამ და 4 - 5 სართულიანი სახლების მრავალსართულიანი კორპუსებით ჩანაცვლებამ ელექტრომომარაგების სისტემების საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელები ახალი გამოწვევების წინაშე დააყენა. კერძოდ, ინტენსიურად გაიზარდა ქალაქის უმრავლეს უბნებში ფართის ერთეულზე დადგმული ხვედრითი დატვირთვები [2]. აქედან გამომდინარე, კონცენტრირებული დიდი დატვირთვების მქონე მომხმარებელთა ელექტროენერჯით უზრუნველყოფისათვის,

მნიშვნელოვნად გაიზარდა საშუალო (6-35 კვ) ძაბვის დამწვევი ქვესადგურების სიმძლავრეები და ურთულესი პრობლემები წარმოიქმნა მათი ელექტრომომარაგების საკაბელო ქსელების მოწყობასთან დაკავშირებით. შესაბამისად, რგოლური, ორმაგი რადიალური და ორმაგი გამჭოლი მაგისტრალური სქემებით შესრულებული პირველი საფეხურის საკაბელო ქსელით უზრუნველყოფისათვის აუცილებელი გახდა სამძარღვა კაბელების დაპარალელება ან ერთძარღვა დიდი განივკვეთის კაბელების გამოყენება. აქედან გამომდინარე, ბოლო პერიოდში, საშუალო და მაღალი ძაბვის ქსელებში, ელექტრომომარაგების დონის და ელექტრული დატვირთვების სიმკვრივის ინტენსიური ზრდის შედეგად, ერთძარღვა პოლიეთილენის ნაქსოვი იზოლაციით შესრულებული ძალური კაბელების გამოყენება სულ უფრო და უფრო აუცილებელი ხდება [3].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, თანამედროვე ქალაქების მოქმედი ქსელების რეკონსტრუქციისა და ახალი ელექტრომომარაგების ქსელის მოწყობისას, ერთერთ აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს სამძარღვა და ერთძარღვა საკაბელო ხაზებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა, ამ პროცესების მიერ ქსელის ელემენტებში გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების განსაზღვრა, თითოეული მათგანის გემოყენებისას ქსელის ელექტრომომარაგების საიმედოობის დონის დადგენა, ურთიერთ შედარება, სათანადო დასკვნების გაკეთება და კონკრეტულ პირობებში მათი გამოყენების მიზანშეწონილობის დადგენა [4].

სამუშაოს მიზანი. ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს საშუალო და მაღალი ძაბვის ერთძარღვა და სამძარღვა კაბელებით შესრულებულ სამფაზა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული (ნპიშ) საკაბელო ქსელებში მიდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა, თვითეულ მათგანში განვითარებული თბური რეჟიმების შესწავლა, გამტარუნარიანობის განსაზღვრა, გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების შეფასება, ურთიერთ შედარება და

კონკრეტული პირობებისათვის, მათი გამოყენების ოპტიმალური ვარიანტის დადგენა, ქსელის მუშაობის საიმედოობისა და მდგრადობის, ენერგეტიკული მაჩვენებლებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლების მისაღწევად.

ნაშრომის მიზნის მისაღწევად დაისახა შემდეგი ამოცანები: სამძარღვა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული კაბელებით (ნპიშ) კაბელებით აღჭურვილ ქსელებში მუშაობის სტატიკურ და დინამიკურ რეჟიმებში განვითარებული ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა და ტემპერატურული რეჟიმების დადგენა სიმეტრიული და ასიმეტრიული დატვირთვის პირობებში; სამძარღვა და ერთძარღვა ნპიშ კაბელებით აღჭურვილ ქსელებში არასინუსოიდალური ფორმის მრუდის დატვირთვის დენის შედეგად წარმოქმნილი ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა, ტემპერატურული რეჟიმების დადგენა, შეფასება და გამტარუნარიანობის დადგენა; სამძარღვა ნპიშ კაბელებით აღჭურვილ ქსელებში, სხვადასხვა დატვირთვისა და მოკლედ შერთვის პირობებში, ჩართვა - გამორთვის შედეგად განვითარებული დინამიკურ პროცესების გამოკვლევა, წარმოქმნილი საკომუტაციო გადაძაბვების განსაზღვრა და კაბელის მუშაობის მდგრადობაზე გავლენის დადგენა; სამძარღვა ნპიშ კაბელებით პარალელურად ჩართული კაბელების და მათ ცალკეულ ძარღვებს შორის, სიმეტრიული და ასიმეტრიული დატვირთვის პირობებში, დატვირთვის დენის გადანაწილების გამოკვლევა.

ერთძარღვა ნპიშ კაბელებით სამფაზა საკაბელო ქსელებში, ეკრანის სხვადასხვა მეთოდით დამიწების რეჟიმებში, განვითარებული ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა, ეკრანში დაინდუქტირებული ელექტრომაგნიტური ძალისა და დენის დადგენა, მათი გალენა კაბელის თბურ რეჟიმსა და გადაძაბვებზე. ეკრანის დამიწების ოპტიმალური მეთოდის დამუშავება;

სამძარღვა პარალელურად ჩართული და ექვივალენტური კვეთის სამი ერთძარღვა ნპიშ კაბელებით კაბელების გამოყენების პირობების დადგენა,

ურთიერთ შედარება და კონკრეტული პირობებისათვის, მათი გამოყენების ოპტიმალური ვარიანტის დადგენა, ქსელის მუშაობის საიმედოობისა და მდგრადობის, ენერგეტიკული მაჩვენებლებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლებისათვის.

ერთმარღვა და სამმარღვა ნპიმ კაბელებით აღჭურვილი საკაბელო ქსელებში მუშაობის სტატიკურ და დინამიკურ რეჟიმებში განვითარებული ელექტრომაგნიტური პროცესების ექსპერიმენტული გამოკვლევები, სინუსოიდური და დამახინჯებული ფორმის დატვირთვის დენის პირობებში, ჩატარებულია სტუ-ს ენერგეტიკის ფაკულტეტის „ელექტრომოხმარების ტექნოლოგიების“ დეპარტამენტში ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ლაბორატორიაში არსებულ „ელექტრომოხმარების ქსელის დატვირთვის ფიზიკურ მოდელზე“;

ექსპერიმენტული კვლევების პროცესის მიმდინარეობის კონტროლი და პარამეტრების გაზომვები მოკლედ შერთვის რეჟიმებისათვის შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში „ელექტრომოხმარების ტექნოლოგიების“ დეპარტამენტის, ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ლაბორატორიის, კომპანია „Sedmax“-ის მიერ წარმოებული ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების კონტროლის ანალიზატორების ბაზაზე შექმნილი ლაბორატორიული სტენდის საშუალებით;

დატვირთვის ნორმალური რეჟიმების კვლევები ჩატარებულია სს „თელასის“ 110/10/6 კვ ძაბვის დამწვევი „ავშნიანის, მუხიანის, დილომი-1-ის, ნუცუბიძის, მთაწმინდის, ბაგების, ვარკეთილის“ ქვესადგურების 10 და 6 კვ-ის სალტიდან გამავალი საკაბელო ხაზებზე.

მეცნიერული სიახლე. ერთმარღვა ნპიმ კაბელებით აღჭურვილ სამფაზა საკაბელო ქსელებში, მუშაობის ნორმალური და ავარიულ რეჟიმებში, განვითარებული ელექტრომაგნიტური პროცესების სრულყოფილი გამოკვლევის, მათ მიერ ქსელში წარმოქმნილი გადაძაბვების, გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის

დანაკარგების შეფასებისათვის და კაბელის გამტარუნარიანობაზე გავლენის დადგენისათვის დამუშავებულია ელექტრული ჩანაცვლების სქემა. ჩანაცვლების სქემის საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ ორმხრივ დამიწებული ეკრანის პირობებში, კაბელის ძარღვსა და ეკრანში მიმდინარე პროცესები მოკლედშერთვის რეჟიმში მომუშავე ძალოვანი ტრანსფორმატორის იდენტურია, ხოლო ერთმხრივ დამიწებული და ტრანსპოზიცირებული ეკრანის შემთხვევებში - უქმი სვლის რეჟიმში მომუშავე ძალოვანი ტრანსფორმატორისა.

ერთდარღვა ნპიმ კაბელების ეკრანის დამიწების პრაქტიკაში მიღებული „დასექციონირებული ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“ და „შუადამიწებული ეკრანით“ მეთოდებზე დაფუძნებული საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევების შედეგების ანალიზის საფუძველზე, დამუშავებულია ეკრანის დამიწების ახალი მეთოდი: „საკაბელო ქსელი დასექციონირებული შუადამიწებული ეკრანით“, რომელიც უზრუველყოფს კაბელის ძარღვში გამავალი დენის მიერ დაინტუქტირებული ელექტრომამოძრავებელი ძალის მნიშვნელოვან შემცირებას.

შედეგების გამოყენების სფერო. ნაშრომში დამუშავებული ერთფაზა და სამფაზა ნპიმ კაბელებით აღჭურვილ სამფაზა საკაბელო ქსელებისათვის შემოთავაზებული ელექტრული ჩანაცვლების სქემების პრაქტიკული გამოყენება საშუალებას გვაძლევს დეტალურად გამოვიკვლიოთ საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესები, რაოდენობრივად შევაფასოთ მათ მიერ გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგები, დავადგინოთ მათი გავლენა კაბელების ტემპერატურულ რეიმებზე და განვსაზღვროთ კაბელების კონკრეტულ პირობებში გამტარუნარიანობა.

ეკრანის დამიწების ახალი მეთოდის „საკაბელო ქსელი დასექციონირებული შუადამიწებული ეკრანით“ პრაქტიკული გამოყენება უზრუველყოფს ქსელის ძვირად ღირებული მოწყობილობების

რაოდენობის, ქსელის სამონტაჟო სამუშაოების მოცულობის შემცირებასა და საექსპლუატაციო მომსახურების გამარტივებას. ამცდროულად მისი გამოყენების პირობებში მცირეა ძარღვში გამავალი დენის მიერ ეკრანში დაინტუქტირებული ელექტრომამოძრავებელი ძალა და გამორიცხავს კაბელის გამჭოლი მოკლრდშერთვის შედეგად წარმოქმნილი გადაძაბვებისაგან დაზიანებას.

**თავი 1. ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემის საშუალო
მაბვის საკაბელო ქსელში განვითარებული ავარიული
გამორთვების ანალიზი და დაზიანებების მიზეზების გამოკვლევა**

**1.1. ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემების არსებული
მდგომარეობის შესწავლა და ქსელში განვითარებული ავარიული
გამორთვების ანალიზი**

თანამედროვე ეტაპზე, მსოფლიოში შექმნილი ენერგეტიკული და ეკონომიკური კრიზისის პირობებში, ერთერთ აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს ელექტრომომარაგების სისტემების დაბალი დასაშუალო მაბვის ქსელების ენერგოეფექტურობის ამაღლება, რომელიც უშუალოდაა დაკავშირებული ელექტრომომარაგების ქსელების ძირითად ძალოვან ელემენტებში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების გატარებით გამოწვეული ელექტროენერჯის დანაკარგებით [5]. ამ დანადგარებს შორის ერთერთი მნიშვნელოვანი ადგილი საშუალო მაბვის საკაბელო ქსელებს უკავია. ნიშანდობლივია, რომ ქ. ნიუ-იორკის საშუალო მაბვის საკაბელო ქსელში 98 მვა აქტიური სიმძლავრის გადაცემისას 28 მვა ტევადური სიმძლავრე შეადგინა. შესაბამისად, საკაბელო ქსლის მუშა ტევადობამ 0,27 ფარადი/კოლპმეტრზე შეადგინა [6].

ახალი ტექნოლოგიების განვითარების კვალდაკვალ შექმნილი მძლავრი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დანერგვამ, სამრეწველო საწარმოებში და დაბალი სახლების თანამედროვე მრავალსართულიანი შენობა-ნაგებობებით ჩანაცვლებამ, ქალაქებში 20-ჯერ, და რიგ შემთხვევებში, 50-ჯერ გაზარდა საწარმოთა და ქალაქების ცალკეული უბნების საანგარიშო ხვედრითი დატვირთვები. შესაბამისად, მნიშვნელოვნად გაიზარდა ელექტრომომარაგების სისტემის 6-35 კვ მაბვის

ქვესადგურების ძალოვანი ტრანსფორმატორების დადგმული სიმძლავრე და ელექტრომომარაგების ქსელის საკაბელო ხაზების საანგარიშო კვეთები [7].

ბოლო წლებში, ქ.თბილისის ელექტრული დატვირთვების ინტენსიურად ზრდამ მნიშვნელოვნად გაართულა როგორც დაბალი, ასევე საშუალო და მაღალი ძაბვის ქსელების არქიტექტურა. შესაბამისად, მნიშვნელოვნად გაიზარდა, 6-10 კვ ძაბვის საფეხურის, ელექტრომომარაგების ქსელის სატრანსფორმატორო ქვესადგურების რაოდენობა და სიმძლავრეები (ცხრილი 1). აგრეთვე, ინტენსიურად გაიზარდა საშუალო და დაბალი ძაბვის საკაბელო ქსელების ჯამური სიგრძე და კვეთები.

სს „თელასის მონაცემებით, “ქ. თბილისის ელექტრომომარაგება, 2021 წლის დეკემბრისათვის, 110/(6-10) კვ ძაბვის 23 და 35(6-10) კვ ძაბვის 13 დამწვევი ქვესადგურიდან ხორციელდება, რომელთა ჯამური დადგმული სიმძლავრე 1720.6 მვა-ს შეადგენს (ცხრილი 2). მნიშვნელოვანია, რომ ქალაქის ელექტრომომარაგების საშუალო ძაბვის სისტემა 2191 ცალ, 1558.1 მვა ჯამური სიმძლავრის, (10-6)/0.4 ძაბვის სატრანსფორმატორო ქვესადგურს მოიცავს და მათი ელექტრომომარაგების ქსელი, ძირითადად 6 და 10 კვ ძაბვის, სხვადასხვა განივკვეთის (უპირატესად 95 და მეტი მმ²), საკაბელო ქსელითაა შესრულებული, რომელთა ჯამური სიგრძე 3967.76 კილომეტრს შეადგენს. საშუალო ძაბვის ქსელები ძირითადად რადიალური, ორმაგი რადიალური, მაგისტრალური, ორმაგი მაგისტრალური, რგოლური სქემებითაა შესრულებული და ელექტრომომარაგებლებს ძირითადად 0,4 კვ ძაბვა მიეწოდება. ამასთან, ელექტრომომარაგების ქსელის საშუალო და დაბალი ძაბვის საკაბელო ქსელების მნიშვნელოვანი ნაწილი მოძველებულია და სასწრაფო, გადაუდებელ რეაბილიტაციას საჭიროებს [8].

ქ.თბილისის ელექტრომომარაგების ქსელის დისპეტჩერული მართვის სამსახურის ყოველდღიური ანგარიშის მიხედვით 2021 წელს ქსელის ტექნიკური გაუმართაობის გამო დაფიქსირდა 1567 გამორთვა. ავარიული გამორთვები ძირითადად განხორციელდა შემდეგი მიზეზებით: მომსახურე პერსონალის მიერ ავარიის ლიკვიდაციისათვის - 173 (11.0 %);

რელეური დაცვის მოქმედების შედეგად ავარიის ლიკვიდაციისათვის - 1370 (87 %); ავარიული გამორთვა დაუდგენელი მიზეზებით - 24 (1,5 %) [9].

მნიშვნელოვანია, რომ, დაცვის მიერ ავარიული გამორთვების დიდი ნაწილი 994 (72,6 %) საშუალო ძაბვის საკაბელო ხაზების დაზიანებაზე მოდის. აქედან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომში ძირითადი ყურადღება გამახვილებულ იქნა საკაბელო ხაზების დაზიანებების გამომწვევი მიზეზების გამოკვლევასა და შეფასებაზე.

ამ მიზნით, შერჩეულ იქნა საშუალო ძაბვის 60 დაზიანებული საკაბელო ტრასა. შერჩეული საკაბელო ხაზების შესწავლის საფუძველზე დადგინდა, რომ დაზიანებულ კაბელებს შორისაა, როგორც ძველი საექსპლუატაციო ვადა ამოწურული, ასევე ექსპლუატაციაში ბოლო პერიოდში შესული საკაბელო ხაზები. შესაბამისად, დაზიანებული კაბელების 27 % ექსპლუატაციაში იმყოფება არაუმეტეს 10 წლისა, ხოლო 15% - არაუმეტეს 25 წლისა [10]. მაშასადამე, როგორც შედეგებიდან სჩანს, დაზიანებული კაბელების 42 % ახალ საკაბელო ხაზებზე მოდის, რაც კაბელების საექსპლუატაციო გარანტიის თვალსაზრისით დაუშვებელია.

გამოკვლევული იქნა ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემის, 110/(6-10) კვ ძაბვის დამწვევი ქვესადგურების „ჩულურეთის“ (#7 და #44), „ბაგების“ (#25), „დილომი 1“-ის (#23), „ავშნიანის“ (#19, #28, #39, #43), საშუალო ძაბვის გამანაწილებელი მოწყობილობიდან გამავალი საკაბელო ხაზების, ცალკეული ფაზების ძაბვების, დენების, ძაბვებსა და დენებს შორის ძვრის კუთხის ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდის დღელამური გრაფიკები (ცხრილი 3-15).

ცხრილი 1. ქ. თბილისის ქსელის 5 წლის განვითარების დინამიკა

დასახელება	წლები	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	პერიოდი						
ელექტროგადამცემი ხაზების საერთო ჯამური სიგრძე, კმ	წლის ბოლოს	5 082.1	5 338.3	5 626.6	5 886.92	6 098.26	6 390
	წლიური ნაზრდი	-	256.2	288.3	260.32	211.34	291.74
საკაბელო ელექტროგადამცემი ხაზების ჯამური სიგრძე, კმ	წლის ბოლოს	2 121.8	2 184.5	2 268.7	2 316.1	2 341.1	2 422.3
	წლიური ნაზრდი	-	62.7	84.2	47.4	25	81.2
საკაბელო ელექტროგადამცემი ხაზების ჯამური სიგრძე, კმ	წლის ბოლოს	2 121.8	2 184.5	2 268.7	2 316.1	2 341.1	2 422.3
	წლიური ნაზრდი	-	62.7	84.2	47.4	25	81.2
110-35 კვ ძაბვის ქვესადგურების ჯამური რაოდენობა, ცალი	წლის ბოლოს	35	36	36	36	36	36
	წლიური ნაზრდი	-	1	-	-	-	-
ქვესადგურების ჯამური დადგმული სიმძლავრე, მვა	წლის ბოლოს	1 636.3	1 698.6	1 698.6	1 698.6	1 698.6	1720.6
	წლიური ნაზრდი	-	-	-	-	-	22
სატრანსფორმატორო ქვესადგურების ჯამური რაოდენობა, ცალი	წლის ბოლოს	1 926	1 986	2 042	2 061	2 124	2 191
	წლიური ნაზრდი	-	60	56	19	63	67
სატრანსფორმატორო ქვესადგურების დადგმული სიმძლავრე, მვა	წლის ბოლოს	1 249	1 327	1 371.4	1 457.21	1 511.8	1 558.1
	წლიური ნაზრდი	-	78	44.4	85.81	54.59	46.3

ცხრილი 2. ელექტრული ქსელების ტექნიკური მახასიათებლები 31.12.2021წ.

№№	დასახელება	განზომი-ლება	რაოდენობა
1	2	3	4
1	ეგხ საერთო ჯამური სიგრძე	კმ	6390
	მათ შორის:		
1.1	საკაბელო ეგხ-ის (ჯაჭვებით) ჯამური სიგრძე	კმ	2422.3
	მათ შორის:		
1.1.1	110კვ ძაბვის	კმ	249.6
1.1.2	35კვ ძაბვის	კმ	88.6
1.1.3	10კვ ძაბვის	კმ	148.9
1.1.4	6კვ ძაბვის	კმ	212.1
1.1.5	500 ვოლტი და ნაკლები ძაბვის	კმ	1723.1
1.2	საკაბელო ეგხ-ის ჯამური სიგრძე	კმ	3967.76
	მათ შორის:		
1.2.1	35კვ ძაბვის საკაბელო ეგხ	კმ	101.56
1.2.2	10 კვ ძაბვის საკაბელო ეგხ	კმ	376.6
1.2.3	6 კვ ძაბვის საკაბელო ეგხ	კმ	1387.5
1.2.4	500 ვოლტი და ნაკლები ძაბვის	კმ	2102.1
2	35კვ და მეტი ძაბვის დამწვევი ქვესადგურები		
2.1	დამწვევი ქვესადგურები ჯამური რაოდენობა	ც	36
	მათ შორის:		
2.1.1	35/6 -10 კვ ძაბვის დამწვევი ქვესადგურები	ც	13
2.1.2	110 კვ ძაბვის დამწვევი ქვესადგურები	ც	23
2.2	საერთო დადგმული სიმძლავრე	მვა	1720.6
	მათ შორის:		
2.2.1	35/6 -10 კვ ძაბვის დამწვევი ქვესადგურები	მვა	427.6
2.2.2	110 კვ ძაბვის დამწვევი ქვესადგურები	მვა	1293
3	(6-10) კვ ძაბვის სატრანსფორმატორო ქვესადგურები		
3.1	ქვესადგურების რაოდენობა	ც	2191
3.2	საერთო დადგმული სიმძლავრე	მვა	1558.1
	მათ შორის:		
3.4	კომპლექსური	ც	556
		მვა	323.9
3.5	დახურული	ც	1635
		მვა	1234.2

ცხრილი 3. ქვესადგური "ჩულურეთის" 6 კვ ძაბვის საკაბელო ხაზის ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
უჯრედი # 44 ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021)პერიოდი

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ			დენი, ა			ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე		
		ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.06.2021 0:02:53	3476.06	3467.22	3475.57	131.64	125.90	123.44	20.49	23.10	19.25
2	22.06.2021 0:32:22	3488.38	3482.23	3490.18	115.26	109.63	110.35	23.62	24.78	21.41
3	22.06.2021 1:02:23	3477.07	3467.64	3470.44	112.58	107.11	110.57	25.24	24.62	22.28
4	22.06.2021 1:32:18	3501.28	3488.41	3498.47	109.63	104.39	103.32	24.48	26.64	22.86
5	22.06.2021 3:02:19	3445.87	3438.31	3443.66	95.57	86.84	86.80	24.78	28.01	21.11
6	22.06.2021 3:32:24	3460.31	3453.53	3457.00	94.54	88.54	90.25	26.78	27.60	23.65
7	22.06.2021 4:02:27	3459.15	3451.19	3456.76	92.78	86.80	86.54	26.35	28.65	23.79
8	22.06.2021 4:32:26	3465.35	3456.12	3459.11	89.54	84.40	83.22	25.70	28.37	23.72
9	22.06.2021 5:02:21	3454.33	3445.54	3454.67	87.60	80.44	83.03	26.36	27.20	22.27
10	22.06.2021 5:32:23	3479.68	3471.35	3477.79	81.29	78.23	76.54	26.02	28.55	25.07
11	22.06.2021 6:02:21	3486.05	3476.80	3481.79	78.85	76.01	75.22	26.48	28.16	25.23
12	22.06.2021 6:32:24	3467.18	3454.62	3461.57	84.19	82.09	80.62	25.35	27.15	24.79
13	22.06.2021 7:02:24	3419.90	3410.75	3417.11	81.66	80.47	79.16	23.23	24.62	22.97
14	22.06.2021 7:32:27	3466.65	3458.12	3462.26	87.30	83.50	82.81	23.33	25.16	21.73
15	22.06.2021 9:02:22	3488.46	3474.79	3480.44	109.82	107.02	107.12	23.09	23.65	21.92
16	22.06.2021 9:32:19	3429.53	3413.26	3420.17	120.28	114.31	115.82	22.49	23.13	20.15
17	22.06.2021 10:02:26	3427.64	3418.59	3422.27	123.29	122.50	121.02	20.46	21.20	20.30
18	22.06.2021 10:32:27	3496.87	3486.44	3490.67	131.33	132.05	131.63	21.12	20.90	21.07
19	22.06.2021 11:02:21	3455.18	3446.95	3447.89	137.53	137.59	135.30	20.08	20.87	20.26
20	22.06.2021 11:32:29	3456.07	3449.31	3452.16	138.67	139.75	133.19	19.42	21.99	20.87

ცხრილი 3. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	22.06.2021 12:02:26	3458.11	3449.73	3450.47	135.05	137.53	134.84	19.54	19.93	20.41
22	22.06.2021 12:32:27	3471.11	3465.52	3465.88	137.02	137.35	133.82	20.54	21.86	21.04
23	22.06.2021 14:02:22	3463.39	3457.19	3458.38	152.86	152.27	150.56	19.37	19.95	19.23
24	22.06.2021 15:32:28	3492.56	3478.30	3483.14	154.48	150.74	150.11	20.45	21.25	19.47
25	22.06.2021 16:02:27	3489.93	3483.56	3484.45	151.40	151.00	148.88	20.13	20.84	20.10
26	22.06.2021 16:32:25	3502.67	3493.40	3495.98	160.48	161.33	158.28	19.40	20.18	19.86
27	22.06.2021 17:02:19	3500.61	3492.32	3495.01	152.28	149.54	149.23	20.36	20.80	19.45
28	22.06.2021 17:12:31	3498.82	3489.32	3491.43	150.05	148.80	149.15	20.80	20.61	20.10
29	22.06.2021 17:32:32	3509.69	3502.22	3502.89	146.48	149.90	149.70	20.33	19.37	20.74
30	22.06.2021 18:02:18	3490.46	3479.68	3482.54	150.32	147.98	148.66	20.51	20.45	19.50
31	22.06.2021 18:32:22	3418.73	3408.43	3410.78	150.19	149.44	146.28	18.17	19.42	18.36
32	22.06.2021 19:02:19	3510.68	3502.67	3508.64	145.31	137.53	143.24	22.69	21.70	19.30
33	22.06.2021 19:32:22	3516.18	3509.78	3508.36	140.32	139.51	143.41	22.64	20.64	21.14
34	22.06.2021 21:32:18	3514.42	3504.40	3511.99	151.57	144.62	144.37	21.99	23.52	20.15
35	22.06.2021 22:02:20	3503.18	3495.07	3499.53	144.02	135.05	138.19	21.93	22.45	18.73
36	22.06.2021 22:32:20	3502.22	3495.04	3499.19	138.96	130.80	134.14	21.66	21.90	18.54
37	22.06.2021 23:02:24	3514.46	3503.02	3512.18	139.84	130.66	133.54	21.52	22.31	18.34
38	22.06.2021 23:32:24	3475.35	3467.64	3473.53	133.00	128.66	128.83	21.80	22.64	20.33

ცხრილი 4. ქვესადგური "ჩულურეთის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
უჯრედი # 07 ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ			დენი, ა			ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე		
		ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.06.2021 0:02:33	3461.44	3474.35	3452.87	121.08	119.41	121.32	22.66	22.04	21.48
2	22.06.2021 0:32:07	3488.65	3500.17	3482.92	112.92	107.27	109.25	24.74	25.35	22.31
3	22.06.2021 1:02:16	3470.73	3480.01	3457.56	103.93	102.37	101.04	24.32	25.60	24.06
4	22.06.2021 1:32:07	3495.80	3501.70	3485.60	98.42	94.00	95.80	27.15	27.48	24.96
5	22.06.2021 3:02:17	3436.58	3448.93	3428.24	88.42	85.88	88.34	28.89	27.96	26.85
6	22.06.2021 3:32:12	3454.59	3467.34	3445.05	88.00	84.26	86.48	30.04	29.73	27.57
7	22.06.2021 4:02:11	3450.20	3464.42	3443.20	83.95	81.38	84.50	31.18	29.70	28.75
8	22.06.2021 4:32:10	3458.00	3468.02	3444.19	81.22	78.62	82.96	32.29	29.65	29.31
9	22.06.2021 5:02:12	3449.69	3460.70	3436.74	78.76	78.07	81.31	31.30	28.71	29.45
10	22.06.2021 5:32:17	3475.93	3481.76	3465.47	73.07	70.85	71.86	31.58	31.66	30.02
11	22.06.2021 6:02:14	3476.89	3487.49	3467.56	75.70	72.47	74.09	32.25	32.24	29.95
12	22.06.2021 6:32:12	3456.22	3464.95	3446.05	74.44	72.97	74.87	31.72	30.64	30.09
13	22.06.2021 7:02:16	3404.96	3415.93	3398.68	79.64	78.89	79.25	28.87	28.88	28.26
14	22.06.2021 7:32:22	3450.91	3462.68	3442.18	81.10	81.40	81.73	29.78	29.32	29.59
15	22.06.2021 9:02:15	3513.26	3523.70	3507.64	99.12	98.99	98.40	26.75	27.20	26.78
16	22.06.2021 9:32:15	3418.42	3425.77	3411.80	105.74	107.33	103.70	23.20	24.98	24.77
17	22.06.2021 10:02:11	3403.83	3418.50	3397.90	115.32	114.67	113.62	22.36	23.13	22.25
18	22.06.2021 10:32:22	3470.22	3481.17	3463.04	123.91	122.38	121.44	23.21	24.16	22.89

ცხრილი 4. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	22.06.2021 11:02:08	3420.82	3434.54	3418.65	126.37	125.53	125.05	22.27	22.79	22.01
20	22.06.2021 11:32:11	3427.27	3437.54	3420.41	125.84	129.92	125.63	20.45	21.66	22.51
21	22.06.2021 12:02:14	3420.85	3435.04	3411.91	134.16	138.00	137.77	20.95	20.08	21.69
22	22.06.2021 12:32:18	3470.08	3484.58	3463.39	138.72	142.62	141.60	21.04	20.61	21.99
23	22.06.2021 13:32:17	3440.89	3454.31	3433.03	139.09	141.37	139.12	19.93	20.43	20.80
24	22.06.2021 14:02:08	3453.58	3467.43	3444.44	142.01	143.45	140.24	20.41	21.50	21.28
25	22.06.2021 15:32:11	3491.90	3499.63	3478.57	143.34	150.20	152.06	21.56	19.14	22.45
26	22.06.2021 16:02:09	3452.60	3466.28	3441.89	152.47	160.93	156.22	19.33	19.52	21.92
27	22.06.2021 16:32:16	3465.18	3476.99	3452.80	152.36	157.66	156.12	20.06	19.52	21.31
28	22.06.2021 17:02:05	3446.65	3457.56	3438.51	153.10	154.92	152.24	19.49	20.21	20.31
29	22.06.2021 17:12:20	3455.19	3467.50	3446.75	153.78	156.60	153.10	19.21	20.08	20.39
30	22.06.2021 17:32:13	3471.82	3485.85	3463.27	150.68	155.03	153.16	20.21	20.05	21.36
31	22.06.2021 18:02:10	3456.91	3466.73	3447.75	150.66	151.57	154.24	20.90	19.50	20.36
32	22.06.2021 18:32:14	3442.69	3454.82	3433.46	147.22	150.38	152.72	20.57	18.79	20.53
33	22.06.2021 19:02:10	3472.52	3485.93	3467.31	149.72	150.48	156.62	22.21	19.33	20.82
34	22.06.2021 19:32:09	3485.68	3499.92	3477.22	145.92	145.27	151.28	22.75	20.08	21.01
35	22.06.2021 21:32:12	3490.40	3503.62	3483.53	146.92	141.44	145.88	21.95	21.18	19.54
36	22.06.2021 22:02:09	3482.89	3496.83	3474.30	142.10	135.49	142.80	22.89	20.98	19.47
37	22.06.2021 22:32:10	3484.91	3495.61	3477.22	134.46	134.36	134.29	20.85	20.90	20.71
38	22.06.2021 23:02:10	3501.16	3510.04	3494.57	138.12	136.58	137.39	21.22	21.25	20.56

ცხრილი 5. ქვესადგური "ჩულურეთის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
უჯრედი # 44 ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ			დენი, ა			ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე		
		ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.12.2021 0:03:06	3487.27	3465.90	3469.88	108.90	110.40	110.64	14.55	13.56	14.69
2	22.12.2021 2:02:35	3486.78	3465.72	3470.80	88.00	83.38	83.89	17.45	18.54	15.29
3	22.12.2021 2:32:27	3441.55	3423.40	3430.76	85.86	79.99	83.82	18.36	17.54	14.51
4	22.12.2021 3:02:30	3457.13	3442.88	3447.67	82.43	76.56	79.37	19.16	19.16	15.44
5	22.12.2021 3:32:30	3459.53	3445.28	3447.85	77.77	73.01	78.92	21.28	17.97	16.60
6	22.12.2021 4:02:29	3461.47	3445.02	3451.25	73.30	70.63	73.64	20.46	18.68	17.77
7	22.12.2021 4:32:23	3456.19	3438.18	3443.57	73.40	71.38	73.91	20.25	18.61	18.03
8	22.12.2021 5:02:24	3459.85	3439.93	3450.40	72.97	69.52	73.45	20.79	18.57	17.37
9	22.12.2021 5:32:24	3450.65	3432.76	3439.93	72.55	69.73	72.52	20.38	18.89	17.71
10	22.12.2021 6:02:27	3449.68	3431.22	3439.20	73.67	71.51	75.44	20.95	18.12	18.10
11	22.12.2021 6:32:25	3444.58	3432.04	3434.93	76.21	71.24	78.16	22.30	18.16	17.02
12	22.12.2021 8:02:28	3482.83	3464.02	3471.50	94.50	90.46	94.94	17.93	15.97	14.85
13	22.12.2021 8:32:30	3447.50	3430.08	3435.29	97.06	94.86	99.17	14.44	11.95	12.09
14	22.12.2021 9:02:32	3477.53	3456.41	3465.81	103.79	100.79	103.16	14.51	13.68	12.71
15	22.12.2021 9:32:25	3456.38	3437.54	3443.72	113.80	111.89	110.76	12.17	13.04	11.76
16	22.12.2021 10:02:40	3508.20	3493.55	3495.21	115.33	116.70	114.89	13.12	13.37	13.76
17	22.12.2021 10:32:21	3489.89	3476.92	3482.42	124.90	122.81	122.62	13.27	13.64	12.50
18	22.12.2021 11:02:26	3491.66	3469.37	3476.50	128.68	126.92	122.50	11.82	14.18	12.31
19	22.12.2021 11:32:25	3471.91	3456.07	3460.31	131.59	128.03	127.33	12.36	13.29	11.39
20	22.12.2021 12:02:35	3478.91	3460.18	3464.56	136.99	134.90	130.70	10.70	12.84	10.97

ცხრილი 5. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	22.12.2021 12:32:28	3477.73	3459.98	3465.92	137.57	135.94	137.77	12.50	11.73	11.47
22	22.12.2021 14:32:26	3487.71	3468.01	3473.54	140.11	133.74	137.20	12.47	12.06	10.00
23	22.12.2021 15:02:30	3490.44	3478.03	3483.43	143.08	132.60	140.52	14.16	12.79	9.73
24	22.12.2021 15:32:32	3498.32	3481.09	3486.71	139.42	129.79	133.84	13.12	13.32	9.63
25	22.12.2021 16:02:28	3486.83	3464.86	3469.87	131.17	125.12	129.18	13.27	12.42	10.57
26	22.12.2021 16:32:29	3495.34	3475.54	3480.27	132.28	125.75	132.42	14.02	11.98	10.57
27	22.12.2021 17:02:30	3499.97	3476.53	3481.43	128.57	136.55	133.66	11.47	10.57	13.95
28	22.12.2021 17:32:23	3487.90	3469.16	3470.82	129.37	131.89	134.23	12.42	10.20	12.17
29	22.12.2021 18:02:21	3482.65	3465.72	3469.90	141.38	139.60	143.69	14.28	12.42	12.68
30	22.12.2021 18:32:28	3486.50	3470.42	3475.06	149.17	141.90	147.58	13.34	12.17	10.26
31	22.12.2021 19:02:25	3499.99	3481.64	3487.90	147.88	140.78	141.00	12.17	13.42	10.26
32	22.12.2021 20:32:29	3512.20	3491.36	3494.60	156.26	153.98	152.69	12.23	12.84	11.79
33	22.12.2021 21:02:25	3521.66	3503.63	3508.26	151.91	145.27	152.62	13.78	11.73	10.61
34	22.12.2021 21:32:22	3538.49	3522.07	3526.12	146.64	142.20	148.67	13.90	11.70	11.30
35	22.12.2021 22:02:22	3481.88	3463.76	3470.18	152.99	145.54	148.32	12.94	13.17	10.57
36	22.12.2021 22:32:23	3499.63	3486.40	3491.75	141.66	134.93	143.92	14.16	11.30	10.39
37	22.12.2021 23:02:26	3512.77	3496.54	3500.60	137.28	136.66	138.79	13.76	12.55	12.86
38	22.12.2021 23:32:28	3515.34	3498.98	3502.69	125.20	122.32	127.69	14.64	12.23	12.25

ცხრილი 6. ქვესადგური "ჩულურეთის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
უჯრედი # 07 ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ			დენი, ა			ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე		
		ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.12.2021 0:02:48	3552.24	3548.36	3530.90	125.23	139.04	130.27	15.46	16.50	21.30
2	22.12.2021 2:02:22	3547.86	3546.13	3528.17	91.56	104.10	98.71	19.16	18.80	25.27
3	22.12.2021 2:32:12	3452.94	3446.92	3432.37	85.90	98.11	91.06	18.84	19.78	26.06
4	22.12.2021 3:02:16	3467.26	3464.74	3449.84	84.06	95.18	88.31	19.56	20.79	26.49
5	22.12.2021 3:32:09	3467.84	3466.19	3451.81	83.38	93.91	88.63	20.28	20.53	26.32
6	22.12.2021 4:02:16	3471.19	3466.35	3452.91	79.74	91.74	84.50	19.88	21.20	27.70
7	22.12.2021 4:32:14	3468.97	3464.74	3451.68	79.79	91.63	82.78	19.80	22.43	28.37
8	22.12.2021 5:02:13	3473.39	3463.52	3456.16	76.55	88.22	78.89	19.80	23.07	29.04
9	22.12.2021 5:32:11	3465.85	3461.12	3451.72	81.42	95.58	84.58	18.21	21.73	28.47
10	22.12.2021 6:02:10	3468.10	3461.78	3450.00	77.45	89.87	82.01	19.42	21.18	27.96
11	22.12.2021 6:32:15	3463.40	3459.71	3444.52	80.11	90.52	83.94	19.95	21.23	26.82
12	22.12.2021 8:02:11	3408.59	3403.10	3389.89	95.76	108.83	99.94	15.82	17.64	23.33
13	22.12.2021 8:32:05	3389.16	3389.03	3372.02	101.57	112.10	107.10	15.97	15.88	20.77
14	22.12.2021 9:02:19	3411.17	3405.70	3397.34	107.46	119.40	109.75	14.42	16.78	21.07
15	22.12.2021 9:32:16	3403.54	3398.99	3388.43	116.92	124.88	115.48	14.69	17.64	19.68
16	22.12.2021 10:02:18	3450.25	3454.03	3437.47	125.98	131.27	127.63	16.09	16.52	18.30
17	22.12.2021 10:32:08	3415.14	3418.70	3406.88	138.68	141.52	134.09	13.61	16.42	15.99
18	22.12.2021 11:02:18	3417.22	3414.29	3402.14	139.19	149.02	137.94	12.17	15.00	17.19
19	22.12.2021 11:32:09	3403.24	3403.51	3392.08	149.16	150.59	143.45	13.12	15.88	14.98
20	22.12.2021 12:02:15	3394.81	3392.53	3377.94	144.78	155.28	142.43	11.64	14.96	17.02

ცხრილი 6. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	22.12.2021 12:32:09	3412.64	3414.58	3397.56	145.06	152.24	142.99	12.17	14.58	15.84
22	22.12.2021 14:32:13	3421.94	3419.33	3407.27	157.61	166.30	155.69	11.90	14.42	15.97
23	22.12.2021 15:02:08	3423.99	3423.64	3411.83	160.04	165.22	153.35	11.42	15.11	14.93
24	22.12.2021 15:32:11	3426.17	3425.68	3410.42	149.72	157.91	147.85	11.79	14.28	15.80
25	22.12.2021 16:02:10	3427.24	3421.10	3410.26	157.61	166.43	150.90	10.82	15.29	16.09
26	22.12.2021 16:32:12	3426.35	3424.30	3411.21	154.18	158.82	150.96	11.98	14.23	14.67
27	22.12.2021 17:02:07	3433.60	3428.06	3415.55	152.77	163.45	148.13	10.13	14.25	15.88
28	22.12.2021 17:32:13	3429.11	3431.75	3413.62	157.39	173.12	157.51	9.73	12.86	16.28
29	22.12.2021 18:02:09	3419.31	3415.51	3403.25	170.76	183.32	165.47	9.46	13.78	15.50
30	22.12.2021 18:32:12	3427.30	3425.53	3411.33	174.07	186.85	169.06	9.39	13.54	15.29
31	22.12.2021 19:02:10	3427.90	3424.03	3412.84	168.49	183.64	167.26	9.70	13.07	15.97
32	22.12.2021 20:32:17	3490.21	3486.16	3470.94	170.39	184.37	163.30	9.53	14.73	16.52
33	22.12.2021 21:02:04	3503.66	3498.70	3483.80	172.62	188.29	167.03	9.28	14.18	16.54
34	22.12.2021 21:32:08	3512.14	3508.07	3495.51	168.78	181.50	161.28	9.63	14.85	16.30
35	22.12.2021 22:02:20	3516.40	3511.58	3495.85	162.47	179.33	156.49	9.32	14.89	17.65
36	22.12.2021 22:32:12	3525.97	3523.72	3510.21	159.08	172.27	157.97	11.21	14.35	17.00
37	22.12.2021 23:02:08	3539.40	3533.94	3517.00	155.65	174.89	155.23	10.54	14.71	18.96
38	22.12.2021 23:32:10	3554.39	3545.54	3532.48	148.76	168.16	144.24	10.00	16.11	20.03

ცხრილი 7. ქვესადგური "ზაგების" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
უჯრედი # 25 ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ			დენი, ა			ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძერის კუთხე		
		ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.12.2021 0:05:14	3498,93	3536,81	3519,51	120,75	123,36	118,66	14,95	16,80	17,09
2	22.12.2021 0:34:03	3455,38	3492,91	3480,14	113,43	118,19	114,32	15,23	16,20	17,89
3	22.12.2021 1:04:26	3485,52	3519,67	3504,85	110,51	114,24	109,18	16,44	18,37	19,28
4	22.12.2021 1:33:26	3479,33	3517,16	3499,77	107,41	111,56	105,36	16,45	18,98	19,81
5	22.12.2021 2:04:24	3491,46	3528,87	3511,76	103,61	108,66	104,82	17,86	18,73	20,80
6	22.12.2021 2:33:36	3514,04	3548,79	3532,34	98,58	103,40	99,36	18,27	19,40	21,41
7	22.12.2021 3:04:42	3523,08	3556,30	3539,59	99,60	104,70	99,21	18,49	20,42	22,21
8	22.12.2021 3:34:11	3465,09	3498,98	3484,95	96,78	100,35	97,36	18,58	19,45	21,02
9	22.12.2021 4:04:00	3470,96	3502,64	3486,31	96,35	98,20	95,99	18,70	19,55	20,28
10	22.12.2021 4:33:43	3469,02	3503,88	3486,72	96,50	100,24	95,19	17,93	20,08	21,12
11	22.12.2021 5:04:23	3474,04	3507,61	3490,55	96,81	98,84	95,78	18,75	20,11	20,66
12	22.12.2021 5:34:10	3471,12	3500,99	3486,71	96,49	100,69	94,63	17,80	20,48	21,60
13	22.12.2021 6:04:51	3414,56	3446,76	3432,38	97,69	100,87	96,91	17,35	18,97	19,99
14	22.12.2021 6:33:34	3460,95	3495,04	3482,63	98,29	100,89	96,73	18,00	19,99	20,50
15	22.12.2021 7:03:21	3461,17	3492,51	3479,99	98,19	101,99	95,78	17,30	20,22	20,96
16	22.12.2021 7:34:29	3445,54	3479,55	3468,04	107,32	107,49	102,63	16,38	19,42	18,15
17	22.12.2021 8:03:53	3418,38	3452,91	3439,47	112,18	115,07	110,57	14,94	16,78	17,32
18	22.12.2021 8:34:32	3472,80	3504,67	3492,50	103,19	108,92	102,40	11,88	14,27	16,07
19	22.12.2021 9:05:03	3453,21	3485,83	3468,30	113,85	116,85	109,67	10,38	13,60	13,54
20	22.12.2021 9:34:03	3422,91	3455,93	3438,70	112,70	117,60	107,82	9,31	13,51	13,87
21	22.12.2021 10:05:09	3476,26	3508,42	3495,94	122,17	129,54	122,58	11,18	13,06	15,31

ცხრილი 7. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	22.12.2021 10:34:25	3506,34	3540,86	3524,60	123,13	130,39	125,60	12,15	12,85	15,53
23	22.12.2021 11:04:40	3516,70	3552,58	3532,13	121,21	130,49	119,20	10,25	13,80	16,08
24	22.12.2021 11:33:49	3503,20	3534,04	3519,81	119,86	126,70	122,97	12,16	12,42	15,26
25	22.12.2021 12:05:50	3502,24	3534,44	3522,45	122,83	131,59	122,91	10,61	13,02	15,57
26	22.12.2021 12:35:05	3511,88	3544,12	3530,14	119,60	129,12	120,26	11,33	13,68	16,67
27	22.12.2021 13:04:32	3552,72	3588,56	3569,28	122,86	129,80	124,23	12,29	13,43	15,80
28	22.12.2021 13:34:56	3465,32	3495,77	3480,71	125,28	132,03	123,28	10,37	13,18	14,74
26	22.12.2021 14:04:51	3473,36	3504,03	3486,87	126,10	133,66	126,22	10,67	12,58	14,84
27	22.12.2021 14:34:20	3468,65	3497,66	3481,22	121,86	130,02	123,51	10,59	11,94	14,79
28	22.12.2021 15:04:26	3469,17	3502,75	3488,22	121,57	129,12	122,46	11,02	12,68	15,11
29	22.12.2021 15:34:18	3466,08	3501,95	3483,51	124,53	128,82	124,63	11,59	12,68	13,99
30	22.12.2021 16:04:36	3462,71	3496,79	3479,73	122,25	129,67	120,04	10,05	13,21	14,89
31	22.12.2021 16:34:52	3468,03	3505,69	3489,91	122,30	129,40	116,58	9,63	14,59	15,32
32	22.12.2021 17:05:07	3469,66	3504,56	3486,00	123,52	130,93	120,12	9,44	13,17	14,57
33	22.12.2021 17:34:22	3458,92	3491,13	3475,75	126,78	131,66	124,08	9,85	12,52	13,35
34	22.12.2021 18:04:16	3445,02	3472,69	3462,53	146,95	154,12	144,72	12,14	14,80	16,22
35	22.12.2021 18:34:40	3442,77	3473,80	3462,94	148,99	154,01	144,74	11,94	14,98	15,41
36	22.12.2021 19:04:17	3451,67	3482,08	3470,37	148,74	158,05	145,96	10,96	14,28	16,05
37	22.12.2021 19:33:32	3461,34	3493,54	3482,86	147,85	155,41	147,15	11,51	13,61	15,32
38	22.12.2021 20:04:48	3472,17	3501,53	3490,71	149,51	157,55	148,96	11,82	13,91	15,80
39	22.12.2021 20:33:19	3479,30	3512,61	3499,71	147,50	156,77	149,14	11,95	13,41	15,97
40	22.12.2021 21:04:23	3494,43	3529,73	3512,74	146,22	153,75	149,27	12,99	13,38	15,85
41	22.12.2021 21:34:25	3507,49	3539,02	3523,69	145,82	154,11	146,24	12,23	13,93	16,12
42	22.12.2021 22:03:53	3504,74	3538,38	3525,63	141,38	152,36	147,18	12,95	13,02	16,86
43	22.12.2021 22:35:04	3515,35	3543,87	3532,44	140,35	149,18	139,39	12,34	14,90	17,05
44	22.12.2021 23:04:28	3522,86	3557,24	3541,59	139,48	143,96	137,09	13,34	15,53	16,23
45	22.12.2021 23:33:45	3528,97	3563,19	3548,96	131,17	139,28	131,87	13,53	15,29	17,65

ცხრილი 8. ქვესადგური "ზაგების" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
უჯრედი # 25 ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ			დენი, ა			ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე		
		ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.06.2021 0:03:41	3486,69	3511,91	3511,79	126,84	128,06	124,24	19,29	21,13	21,00
2	22.06.2021 0:33:43	3505,56	3531,35	3528,10	118,00	118,55	114,75	20,47	22,57	22,06
3	22.06.2021 1:03:40	3523,92	3554,27	3552,11	113,85	113,20	108,62	21,78	24,82	23,24
4	22.06.2021 1:34:23	3498,37	3528,74	3522,54	108,49	110,86	107,07	22,56	24,26	24,76
5	22.06.2021 2:03:36	3476,34	3505,96	3500,49	101,87	102,79	100,74	23,19	24,35	24,48
6	22.06.2021 2:33:56	3446,87	3476,00	3469,73	100,33	101,21	98,14	22,98	24,82	24,61
7	22.06.2021 3:04:06	3456,63	3486,35	3482,70	97,62	96,62	95,14	24,19	25,72	24,67
8	22.06.2021 3:33:51	3466,09	3495,65	3491,63	94,05	94,68	93,65	24,72	25,38	25,64
9	22.06.2021 4:04:22	3469,14	3500,12	3494,66	94,63	95,50	94,23	25,22	25,96	26,29
10	22.06.2021 4:34:09	3468,60	3502,03	3492,95	92,65	93,00	92,80	25,55	25,68	26,01
11	22.06.2021 5:03:51	3449,75	3484,72	3479,13	92,74	93,92	92,38	24,22	25,09	25,47
12	22.06.2021 5:33:43	3484,18	3515,42	3508,66	74,38	74,48	73,66	24,14	24,93	24,82
13	22.06.2021 6:03:26	3480,78	3512,88	3506,74	74,78	76,89	77,27	24,95	23,86	25,97
14	22.06.2021 6:33:37	3470,32	3502,14	3497,35	74,35	75,12	74,54	23,80	24,17	24,71
15	22.06.2021 7:04:19	3432,72	3461,43	3456,82	75,95	75,89	76,01	23,73	23,80	23,99
16	22.06.2021 7:34:46	3436,95	3466,04	3464,49	80,05	78,42	78,55	22,55	23,35	22,18
17	22.06.2021 8:04:07	3423,95	3453,31	3449,25	90,87	92,07	91,92	20,58	20,42	21,39
18	22.06.2021 8:34:07	3445,65	3472,38	3468,87	98,35	100,95	96,23	19,85	22,29	22,73
19	22.06.2021 9:04:21	3475,84	3506,14	3502,24	105,87	102,99	101,66	20,36	22,31	20,16
20	22.06.2021 9:34:21	3478,78	3504,60	3502,87	104,44	104,27	106,07	22,39	21,49	22,16
21	22.06.2021 10:04:12	3421,68	3451,67	3445,74	111,29	114,32	117,71	20,41	17,66	20,54

ცხრილი 8. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	22.06.2021 10:34:39	3532,64	3566,86	3562,28	109,68	109,66	116,49	23,27	19,31	21,48
23	22.06.2021 11:04:27	3515,49	3543,53	3542,39	109,80	115,12	113,65	20,88	20,42	23,21
24	22.06.2021 11:33:50	3543,81	3576,87	3570,22	114,98	116,68	115,56	22,07	22,37	23,16
25	22.06.2021 12:05:00	3473,82	3504,78	3499,74	115,79	119,63	117,28	19,68	20,11	21,78
26	22.06.2021 12:33:33	3519,85	3552,63	3550,34	113,09	115,72	116,54	21,64	20,62	22,43
27	22.06.2021 13:33:54	3504,23	3538,40	3535,06	115,11	116,01	113,55	21,10	22,47	22,37
28	22.06.2021 14:03:37	3505,21	3533,86	3533,64	116,88	122,79	121,46	19,99	19,39	22,36
26	22.06.2021 14:34:27	3509,98	3538,88	3535,81	119,16	120,49	120,58	20,76	20,51	21,42
27	22.06.2021 15:04:07	3492,92	3521,79	3517,76	117,26	122,58	118,45	19,18	20,17	22,17
28	22.06.2021 15:34:15	3505,48	3538,72	3530,30	115,81	122,79	117,17	19,44	20,81	23,28
29	22.06.2021 16:03:43	3531,15	3559,60	3554,93	112,11	118,18	115,92	20,98	20,74	23,71
30	22.06.2021 16:33:42	3507,23	3535,29	3529,03	114,28	121,92	117,65	19,48	19,95	23,22
31	22.06.2021 17:13:27	3470,55	3501,14	3494,96	109,61	116,88	112,27	19,09	19,87	22,92
32	22.06.2021 17:33:53	3471,37	3501,18	3493,29	114,97	123,29	119,17	18,74	18,96	22,59
33	22.06.2021 18:03:36	3467,07	3496,61	3490,48	111,66	117,95	113,53	18,20	19,14	21,68
34	22.06.2021 18:34:46	3493,79	3524,84	3516,97	112,82	117,25	115,67	20,46	20,24	22,47
35	22.06.2021 19:05:00	3535,36	3565,00	3557,48	113,89	118,05	116,28	20,54	20,50	22,55
36	22.06.2021 19:33:56	3545,25	3575,44	3571,31	113,64	115,56	112,08	20,08	21,70	22,00
37	22.06.2021 20:03:56	3491,03	3520,54	3513,76	112,82	119,57	114,59	18,22	19,33	21,97
38	22.06.2021 20:34:41	3480,93	3513,07	3511,10	112,18	116,99	112,38	17,96	19,50	21,08
39	22.06.2021 21:04:12	3451,94	3478,97	3475,91	142,46	140,87	138,13	18,22	20,03	18,84
40	22.06.2021 21:33:34	3491,31	3516,99	3515,41	146,23	147,58	142,70	17,21	19,27	19,02
41	22.06.2021 22:03:53	3514,87	3544,75	3541,52	144,15	142,64	140,60	18,25	19,71	18,71
42	22.06.2021 22:34:13	3530,84	3556,72	3556,02	143,71	143,94	139,16	18,03	20,34	19,57
43	22.06.2021 23:04:14	3528,26	3551,85	3550,86	140,14	141,92	134,34	17,50	20,78	20,14
44	22.06.2021 23:34:47	3476,29	3501,74	3499,29	133,15	136,25	130,55	17,70	19,89	20,29

ცხრილი 9. ქვესადგური "დილომი 1"-ის საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
 უჯრედი # 23 ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	მაბეა, ვ			დენი, ა			მაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე		
		ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.12.2021 0:02:03	3509,48	3523,85	3517,03	53,85	58,60	55,20	7,77	8,79	12,17
2	22.12.2021 0:31:58	3534,40	3548,74	3539,37	51,56	55,44	53,53	8,39	8,21	11,47
3	22.12.2021 1:02:00	3550,11	3562,68	3555,42	48,35	51,31	48,66	8,16	9,28	11,38
4	22.12.2021 1:31:45	3501,60	3511,65	3503,80	51,45	54,43	52,46	8,99	9,38	11,75
5	22.12.2021 2:02:00	3503,49	3516,83	3509,71	51,23	53,44	51,08	8,38	9,64	10,88
6	22.12.2021 2:31:59	3465,29	3475,61	3466,08	49,45	51,71	49,27	7,65	8,88	10,25
7	22.12.2021 3:01:48	3474,85	3486,66	3483,28	50,96	51,97	50,73	9,20	10,00	10,48
8	22.12.2021 3:31:43	3473,74	3483,32	3478,29	53,62	54,36	54,27	11,38	10,97	11,81
9	22.12.2021 4:01:57	3478,61	3490,06	3478,56	51,28	52,28	51,78	9,31	9,02	9,96
10	22.12.2021 4:32:00	3474,73	3485,78	3477,69	50,57	52,94	51,20	8,22	8,59	10,39
11	22.12.2021 5:01:55	3477,90	3493,00	3476,57	47,94	50,39	49,22	8,12	7,72	9,96
12	22.12.2021 5:32:03	3479,04	3487,69	3478,36	49,17	51,36	50,00	8,78	8,81	10,74
13	22.12.2021 6:02:10	3473,98	3486,60	3475,47	51,94	54,21	53,42	8,83	8,15	10,26
14	22.12.2021 6:31:48	3471,66	3487,20	3477,12	54,10	56,96	54,95	9,31	9,74	11,79
15	22.12.2021 7:01:53	3455,59	3468,48	3460,28	53,20	56,42	55,21	8,18	7,49	10,19
16	22.12.2021 7:31:59	3442,90	3454,26	3453,14	46,67	50,12	48,90	7,21	6,42	9,69
17	22.12.2021 8:01:57	3484,56	3496,76	3487,72	60,90	65,35	65,59	9,61	7,17	11,45
18	22.12.2021 8:31:42	3459,89	3472,79	3466,49	63,25	66,66	65,56	6,68	6,08	8,59
19	22.12.2021 9:02:00	3501,32	3508,14	3499,96	68,87	75,52	72,04	6,52	6,56	10,66
20	22.12.2021 9:31:47	3457,06	3460,44	3452,78	80,20	83,38	79,13	5,99	7,79	8,81
21	22.12.2021 10:02:06	3488,14	3495,74	3491,78	86,93	92,43	89,25	6,79	7,08	9,79

ცხრილი 9. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	22.12.2021 10:32:03	3469,46	3471,05	3469,17	86,30	92,05	88,56	6,07	6,54	9,47
23	22.12.2021 11:01:45	3456,27	3462,59	3456,96	96,11	97,72	93,89	6,16	8,08	7,93
24	22.12.2021 11:31:48	3448,65	3454,86	3448,15	97,75	100,44	96,24	5,79	7,56	7,99
25	22.12.2021 12:01:50	3439,24	3446,88	3438,87	98,40	100,17	96,47	5,58	7,26	7,22
26	22.12.2021 12:31:57	3457,24	3461,87	3459,09	95,54	99,09	96,68	6,83	7,25	8,76
27	22.12.2021 13:01:58	3492,96	3502,41	3498,63	94,15	97,02	92,65	5,75	7,69	8,10
28	22.12.2021 13:31:47	3472,17	3478,35	3474,36	100,46	102,36	97,65	6,77	9,13	8,93
26	22.12.2021 14:01:57	3461,50	3468,16	3461,85	93,44	97,32	91,68	5,56	7,90	8,76
27	22.12.2021 14:31:43	3471,58	3477,20	3472,20	91,11	95,52	89,01	5,09	7,82	8,77
28	22.12.2021 15:02:03	3478,83	3483,77	3480,77	91,45	93,73	90,39	5,48	6,81	7,30
29	22.12.2021 15:32:06	3475,89	3483,30	3480,35	87,37	90,05	84,61	5,09	7,95	7,98
30	22.12.2021 16:02:07	3476,05	3481,70	3472,33	91,80	94,89	90,29	6,56	8,47	9,14
31	22.12.2021 16:31:47	3473,69	3484,28	3475,02	89,04	93,13	85,25	4,93	8,79	9,07
32	22.12.2021 17:02:05	3481,71	3490,20	3479,11	84,09	86,75	81,88	5,99	8,38	8,69
33	22.12.2021 17:31:58	3470,98	3480,76	3473,69	83,76	85,07	80,59	5,83	8,35	7,72
34	22.12.2021 18:01:55	3525,34	3535,27	3526,72	79,34	83,30	81,44	8,24	8,23	10,50
35	22.12.2021 18:32:03	3530,07	3543,24	3536,58	71,18	74,56	72,07	8,12	8,82	10,64
36	22.12.2021 19:01:57	3540,56	3548,80	3541,99	73,58	73,74	70,88	8,28	10,62	9,58
37	22.12.2021 19:31:47	3496,38	3511,13	3506,37	72,70	75,48	71,43	7,38	9,42	10,21
38	22.12.2021 20:01:58	3504,70	3517,96	3511,45	65,55	68,83	64,67	6,70	8,98	10,21
39	22.12.2021 20:31:41	3519,20	3530,04	3526,04	67,17	70,21	66,43	7,54	9,49	10,70
40	22.12.2021 21:01:45	3541,99	3552,91	3546,77	63,88	66,39	60,87	6,66	10,36	10,40
41	22.12.2021 21:31:53	3494,95	3506,88	3495,17	68,20	68,45	66,85	8,01	9,12	8,68
42	22.12.2021 22:01:55	3490,35	3500,94	3498,24	66,60	68,43	65,68	7,20	8,75	9,32
43	22.12.2021 22:31:49	3508,12	3516,93	3511,04	63,87	66,06	60,75	6,61	10,47	10,28
44	22.12.2021 23:02:01	3512,68	3521,76	3513,85	63,11	65,93	60,59	6,94	10,35	10,84
44	22.12.2021 23:31:59	3528,12	3541,05	3529,35	65,71	68,29	63,48	7,54	10,59	11,00

ცხრილი 10. ქვესადგური "დილომი 1"-ის საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
უჯრედი # 23 ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	მაბვა, ვ			დენი, ა			მაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე		
		ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა B	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.06.2021 0:02:04	3445,24	3441,71	3448,99	75,52	79,05	76,04	15,78	17,15	18,80
2	22.06.2021 0:31:58	3468,72	3463,23	3469,37	73,58	77,99	74,22	15,74	17,41	19,61
3	22.06.2021 1:01:55	3492,59	3499,59	3501,42	76,03	80,51	76,44	17,12	19,00	20,87
4	22.06.2021 1:32:02	3465,08	3465,99	3464,19	76,19	79,01	74,60	15,28	17,96	18,50
5	22.06.2021 2:01:46	3412,22	3414,60	3410,81	74,85	78,00	74,67	15,59	17,23	18,48
6	22.06.2021 2:31:59	3443,07	3443,81	3444,12	70,93	73,98	70,45	16,32	18,36	19,49
7	22.06.2021 3:01:52	3454,14	3453,61	3459,48	75,24	77,66	75,33	18,01	19,29	20,25
8	22.06.2021 3:31:49	3473,11	3472,90	3476,67	50,13	53,25	50,68	16,16	17,69	19,91
9	22.06.2021 4:01:54	3471,42	3471,43	3475,90	56,49	59,86	57,64	18,18	19,08	21,51
10	22.06.2021 4:31:43	3474,01	3480,87	3479,54	47,99	51,51	48,17	15,94	18,25	20,57
11	22.06.2021 5:01:54	3466,45	3468,48	3472,30	52,07	55,46	53,08	17,14	18,30	20,81
12	22.06.2021 5:31:50	3500,30	3498,43	3498,52	46,59	50,84	46,71	13,03	15,85	18,96
13	22.06.2021 6:01:38	3503,20	3503,57	3505,40	47,41	51,80	47,80	15,54	18,22	21,39
14	22.06.2021 6:31:56	3487,50	3485,59	3488,79	51,47	54,80	50,45	15,33	18,87	20,43
15	22.06.2021 7:01:55	3439,13	3435,60	3444,54	49,65	52,33	49,37	14,09	16,47	17,98
16	22.06.2021 7:31:48	3433,90	3430,16	3435,51	59,69	62,43	59,58	16,98	18,80	20,19
17	22.06.2021 8:01:46	3422,40	3419,18	3426,10	57,95	62,83	58,93	11,09	13,04	16,21
18	22.06.2021 8:31:49	3476,84	3473,82	3480,14	59,31	65,73	60,77	12,80	15,07	19,28
19	22.06.2021 9:01:54	3507,59	3505,97	3511,72	75,48	79,99	77,84	17,82	18,05	20,82
20	22.06.2021 9:31:46	3472,40	3467,98	3472,10	78,04	83,69	77,86	13,64	16,40	18,67
21	22.06.2021 10:01:54	3403,82	3404,52	3409,40	87,29	93,06	86,47	12,08	15,10	16,93

ცხრილი 10. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	22.06.2021 10:31:50	3489,07	3485,46	3490,81	85,00	91,19	85,55	12,05	14,23	16,80
23	22.06.2021 11:31:42	3425,69	3424,84	3427,32	104,14	110,25	102,88	13,48	16,37	17,94
24	22.06.2021 12:01:55	3466,05	3465,01	3465,36	101,31	110,23	102,15	13,53	16,06	19,20
25	22.06.2021 12:31:54	3448,12	3444,70	3453,22	101,72	106,39	103,29	14,53	15,29	17,17
26	22.06.2021 13:31:54	3419,13	3421,20	3425,64	97,23	103,85	99,62	13,38	14,33	17,12
27	22.06.2021 14:01:49	3450,45	3447,14	3456,30	94,23	99,77	95,19	12,78	14,33	16,56
28	22.06.2021 14:31:46	3428,96	3424,04	3435,65	111,63	117,17	112,74	14,24	15,54	17,41
26	22.06.2021 15:01:59	3454,70	3449,56	3454,85	99,54	102,10	98,85	12,60	14,09	14,72
27	22.06.2021 15:31:49	3479,62	3482,62	3485,61	104,08	109,33	105,15	13,40	14,61	16,44
28	22.06.2021 16:01:49	3498,52	3493,39	3503,37	98,69	104,38	99,81	14,18	15,66	17,82
29	22.06.2021 16:31:50	3510,97	3511,40	3520,61	96,64	99,18	95,53	15,97	17,90	18,24
30	22.06.2021 17:01:49	3514,58	3511,44	3519,50	95,24	98,00	94,29	16,64	18,72	19,01
31	22.06.2021 17:12:03	3509,91	3506,57	3515,41	103,18	105,51	101,68	16,48	18,48	18,68
32	22.06.2021 17:31:55	3516,15	3513,27	3523,03	97,35	101,74	97,62	16,67	18,26	19,77
33	22.06.2021 18:01:53	3495,24	3493,91	3501,62	89,17	92,34	86,61	15,87	18,97	19,43
34	22.06.2021 18:31:58	3468,39	3465,65	3472,50	84,08	86,74	81,83	15,51	18,50	18,69
35	22.06.2021 19:01:49	3508,70	3503,98	3509,29	70,96	75,24	70,21	14,77	17,60	19,29
36	22.06.2021 19:31:42	3503,75	3503,18	3511,37	78,03	82,23	77,23	16,44	19,18	20,53
37	22.06.2021 20:01:54	3400,21	3399,00	3406,43	69,17	72,73	68,14	12,89	15,79	16,96
38	22.06.2021 20:31:47	3442,01	3440,67	3448,09	68,00	70,17	66,04	14,41	17,53	17,68
39	22.06.2021 21:01:48	3460,78	3462,30	3467,84	63,15	65,55	62,14	15,77	18,29	18,92
40	22.06.2021 21:31:54	3492,78	3493,95	3497,27	61,57	64,54	61,38	15,68	17,60	19,05
41	22.06.2021 22:01:40	3480,66	3478,09	3484,88	60,94	64,15	60,72	16,53	18,70	20,29
42	22.06.2021 22:31:43	3472,60	3472,87	3477,48	57,37	59,08	56,25	15,12	17,46	17,78
43	22.06.2021 23:01:43	3496,13	3489,08	3492,52	58,21	60,54	58,66	16,91	17,78	19,41
44	22.06.2021 23:31:43	3451,90	3448,14	3454,23	60,55	63,60	60,78	16,55	18,17	19,88

ცხრილი 11. ქვესადგური „ავშნიანის“ საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები. უჯრედი # 19
ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ		დენი, ა		ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე	
		ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6
1	20.12.2021 9:09:44	9874.34	9964.57	79.05	74.58	54.14	-351.22
2	20.12.2021 9:35:29	9777.96	9842.55	93.17	90.26	55.45	-352.38
3	20.12.2021 10:04:00	9851.27	9959.44	94.67	90.51	54.80	-351.27
4	20.12.2021 11:05:28	9790.26	9870.24	93.41	90.02	54.05	-350.92
5	20.12.2021 12:04:15	9799.49	9895.36	84.43	81.89	55.07	-351.54
6	21.12.2021 7:33:59	10028.65	10117.85	31.53	31.28	49.07	-344.59
7	21.12.2021 8:03:58	9945.60	10039.42	48.60	47.96	50.46	-347.52
8	21.12.2021 8:35:00	9960.47	10023.01	38.86	37.65	44.06	-344.06
9	21.12.2021 9:34:39	9842.04	9920.48	52.61	47.63	49.29	-348.08
10	21.12.2021 10:10:51	9778.98	9888.69	52.42	51.76	48.67	-345.65
11	21.12.2021 10:36:11	9981.49	10034.80	43.26	40.15	45.72	-340.04
12	22.12.2021 6:03:24	10056.33	10148.61	63.59	60.76	61.39	-356.06
13	22.12.2021 6:33:30	10027.11	10106.06	65.37	63.87	60.77	-355.72
14	22.12.2021 7:03:36	10070.18	10132.21	29.10	28.69	50.59	-346.50
15	22.12.2021 7:33:12	10031.73	10076.33	32.36	32.04	46.89	-344.07
16	22.12.2021 8:04:45	9998.92	10046.59	34.57	33.31	45.75	-342.74
17	22.12.2021 8:34:40	9944.06	10041.98	36.10	34.46	43.99	-344.31
18	22.12.2021 9:03:48	9912.28	9973.28	39.60	37.76	45.35	-342.46
19	22.12.2021 9:34:35	9827.18	9878.44	40.46	38.30	43.60	-341.31

ცხრილი 11. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7
20	23.12.2021 9:16:34	9884.08	9964.57	77.03	77.35	54.56	-350.67
21	23.12.2021 9:46:56	9817.95	9862.55	83.65	84.14	54.80	-351.86
22	23.12.2021 11:06:04	9881.52	9962.00	83.66	80.25	53.94	-349.69
23	23.12.2021 12:35:30	9830.76	9944.57	97.41	95.03	53.77	-351.62
24	24.12.2021 8:08:04	9958.42	10047.11	75.17	72.78	55.75	-352.93
25	24.12.2021 8:33:37	9940.99	10013.78	79.71	77.03	55.01	-350.73
26	24.12.2021 9:03:46	9835.89	9918.94	89.47	85.84	54.00	-350.63
27	24.12.2021 9:34:02	9780.52	9888.69	92.65	89.98	53.76	-351.13
28	25.12.2021 6:33:31	9920.48	9984.05	66.05	64.11	58.38	-353.57
26	25.12.2021 7:03:40	9905.10	9965.08	68.03	65.78	56.99	-352.46
27	25.12.2021 7:33:04	9862.04	9939.96	69.63	69.41	56.63	-352.14
28	25.12.2021 8:03:20	9849.73	9950.73	72.52	71.68	56.38	-352.34
29	25.12.2021 8:34:50	9857.93	9933.81	71.37	68.38	55.54	-352.49
30	25.12.2021 9:04:25	9761.55	9850.76	72.96	73.05	54.72	-351.79
31	25.12.2021 9:33:12	9885.11	9944.57	76.27	76.93	55.32	-351.25
32	25.12.2021 10:03:47	9782.06	9844.61	79.58	76.53	53.50	-350.96
33	25.12.2021 10:33:32	9858.45	9971.23	82.69	80.23	53.63	-351.61
34	25.12.2021 11:04:21	9871.78	9931.76	84.52	83.76	52.45	-350.61
35	25.12.2021 11:33:40	9791.29	9885.11	96.34	94.20	54.02	-350.90
36	25.12.2021 12:04:33	9794.88	9879.47	100.16	96.95	53.26	-350.31

ცხრილი 12. ქვესადგური "ავშნიანის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
უჯრედი # 28 ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ		დენი, ა		ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძერის კუთხე	
		ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6
1	20.12.2021 9:01:16	9949,70	9985,59	35,45	36,36	44,77	-343,63
2	20.12.2021 9:30:50	9887,67	9928,68	37,79	38,57	43,87	-344,80
3	20.12.2021 10:00:38	9952,26	10006,61	37,39	42,81	47,36	-342,84
4	20.12.2021 10:38:22	9951,75	9950,21	40,60	44,27	41,87	-342,80
5	20.12.2021 11:07:09	9910,23	9941,50	43,77	48,04	40,33	-341,39
6	20.12.2021 11:30:43	9863,57	9926,12	44,68	44,86	41,62	-341,46
7	20.12.2021 12:12:07	9927,14	9962,52	42,98	45,67	43,16	-343,31
8	20.12.2021 12:30:46	9957,39	9961,49	41,98	45,55	44,55	-340,49
9	20.12.2021 13:00:50	9980,97	9972,26	43,28	45,18	40,70	-343,46
10	21.12.2021 7:30:50	10092,73	10116,83	24,21	26,20	43,44	-347,74
11	21.12.2021 8:00:54	10059,92	10053,26	28,50	30,00	44,91	-343,21
12	21.12.2021 8:30:52	9998,92	10049,16	29,14	29,92	42,27	-343,69
13	21.12.2021 9:30:37	9898,95	9907,15	41,99	38,84	43,43	-343,78
14	21.12.2021 10:10:58	9861,01	9884,08	40,09	40,61	42,98	-342,04
15	21.12.2021 10:30:52	10054,28	10053,26	38,85	41,27	44,70	-343,43
16	21.12.2021 11:00:39	10017,88	10076,84	42,22	40,79	41,90	-340,48
17	22.12.2021 6:00:57	10141,44	10199,37	21,49	21,50	47,73	-345,71
18	22.12.2021 6:30:21	10104,52	10166,56	22,90	21,82	46,22	-347,52
19	22.12.2021 7:00:50	10104,52	10156,82	22,89	25,23	43,99	-347,66
20	22.12.2021 7:30:35	10071,71	10088,63	25,45	27,51	43,73	-345,68
21	22.12.2021 7:30:35	10071,71	10088,63	25,45	27,51	43,73	-345,68

ცხრილი 12. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7
22	22.12.2021 8:01:19	10025,06	10030,19	27,88	29,34	42,22	-344,52
23	22.12.2021 8:36:59	9976,36	10006,61	33,30	33,29	41,01	-347,66
24	22.12.2021 9:00:45	9951,75	9959,95	34,68	35,42	43,74	-345,04
25	22.12.2021 9:30:34	9864,09	9919,45	36,18	36,77	44,48	-345,21
26	23.12.2021 8:31:10	9946,62	9924,58	35,32	38,34	41,73	-341,63
27	23.12.2021 9:00:49	10025,57	10068,13	36,69	38,20	44,86	-340,12
28	23.12.2021 9:38:20	9911,25	9927,14	41,41	42,58	41,40	-343,49
26	23.12.2021 10:40:14	9928,17	9951,75	42,39	42,04	39,76	-338,45
27	23.12.2021 12:11:41	9924,58	9951,24	46,19	46,67	41,47	-340,18
28	23.12.2021 12:30:55	9929,19	9944,57	44,45	47,53	42,20	-342,20
29	24.12.2021 8:05:56	10047,62	10051,72	29,86	32,22	44,11	-343,96
30	24.12.2021 8:30:39	10042,49	10066,07	33,41	34,70	46,03	-340,53
31	24.12.2021 9:00:22	9981,49	9993,79	34,48	35,03	44,20	-342,68
32	24.12.2021 9:30:35	9934,32	9926,12	40,18	41,63	39,16	-342,34
33	24.12.2021 10:00:33	9986,61	10016,86	41,87	42,83	41,21	-344,30
34	25.12.2021 6:30:41	9965,08	10020,96	22,35	22,05	42,67	-342,33
35	25.12.2021 7:00:55	9950,73	10004,04	23,42	24,59	40,98	-342,70
36	25.12.2021 7:30:56	9947,14	9981,49	24,01	26,46	41,40	-343,75
37	25.12.2021 8:01:00	9905,10	9947,14	27,80	28,27	39,72	-342,15
38	25.12.2021 8:30:24	9944,57	9948,68	26,01	29,66	44,62	-342,61
39	25.12.2021 9:00:40	9867,16	9873,83	29,58	35,73	42,87	-342,89
40	25.12.2021 10:00:35	9836,92	9894,33	39,77	44,96	47,40	-342,76
41	25.12.2021 10:31:02	9915,35	9972,77	40,96	43,35	41,97	-342,13
42	25.12.2021 11:06:40	9940,99	9998,40	45,54	47,60	45,05	-345,29
43	25.12.2021 11:31:20	9928,17	9932,27	49,04	48,49	41,36	-345,76
44	25.12.2021 12:01:04	9937,91	9926,63	45,10	51,87	41,60	-344,97
45	25.12.2021 12:30:40	9892,28	9909,20	45,15	49,55	42,05	-343,56

ცხრილი 13. ქვესადგური "ავშნიანის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
უჯრედი # 28 ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ		დენი, ა		ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე	
		ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6
1	22.06.2021 0:00:49	10042,49	10094,27	37,52	39,28	47,43	-347,86
2	22.06.2021 0:30:34	10098,88	10124,52	32,98	32,33	49,35	-350,35
3	22.06.2021 1:00:41	10013,78	10026,60	30,05	29,59	50,35	-347,99
4	22.06.2021 1:30:30	10130,16	10161,94	28,67	26,19	51,48	-349,52
5	22.06.2021 2:00:50	9994,30	10047,11	24,65	23,95	50,62	-350,79
6	22.06.2021 2:30:31	9911,25	9957,90	23,56	23,72	51,15	-352,50
7	22.06.2021 3:00:41	9971,23	9973,80	22,63	21,86	52,24	-353,10
8	22.06.2021 3:30:57	10015,32	10024,55	21,13	20,44	51,91	-353,61
9	22.06.2021 4:00:26	9989,69	10008,66	21,66	21,20	53,66	-353,14
10	22.06.2021 4:30:50	9990,20	10048,64	21,52	21,33	54,69	-353,73
11	22.06.2021 5:00:31	9964,05	9995,33	21,59	20,46	53,19	-352,20
12	22.06.2021 5:30:29	10038,39	10074,28	19,36	20,36	53,32	-354,60
13	22.06.2021 6:00:40	10058,90	10126,57	20,44	20,73	56,72	-354,27
14	22.06.2021 6:30:45	9995,84	10038,39	20,81	20,52	52,45	-354,60
15	22.06.2021 7:00:36	9861,52	9907,66	21,56	21,47	52,16	-350,00
16	22.06.2021 7:30:55	9839,99	9892,28	25,02	24,24	48,02	-353,92
17	22.06.2021 8:00:26	9995,84	10049,67	27,67	28,43	52,46	-351,95
18	22.06.2021 8:37:07	9832,81	9869,21	29,18	32,85	48,46	-353,11
19	22.06.2021 9:00:34	10007,63	10073,76	32,84	31,41	47,99	-351,83
20	22.06.2021 9:30:40	9925,61	9965,08	35,87	36,23	45,84	-351,49
21	22.06.2021 10:00:44	10028,14	10041,98	33,53	33,43	45,13	-354,02

ცხრილი 13. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7
22	22.06.2021 10:30:35	10030,19	10037,37	37,99	37,22	48,63	-352,58
23	22.06.2021 11:00:25	9909,20	9949,70	35,15	36,57	48,34	-351,06
24	22.06.2021 11:33:37	9892,80	9923,04	37,13	36,39	47,30	-350,73
25	22.06.2021 12:00:57	9790,26	9858,96	37,01	39,36	46,51	-349,98
26	22.06.2021 12:30:45	10007,12	9994,81	38,72	38,23	46,11	-351,12
27	22.06.2021 13:00:30	9956,88	9992,25	38,79	38,84	49,88	-350,07
28	22.06.2021 13:30:35	9833,84	9912,28	38,27	38,34	48,08	-348,08
26	22.06.2021 14:00:36	9924,58	9983,54	40,06	41,04	48,55	-350,98
27	22.06.2021 14:30:38	9920,99	9957,39	39,62	39,23	47,51	-349,97
28	22.06.2021 15:07:16	10012,25	10056,33	38,90	39,11	48,56	-349,39
29	22.06.2021 15:31:06	10029,68	10108,63	37,51	38,46	50,98	-350,12
30	22.06.2021 16:06:48	9934,83	9868,19	38,70	39,83	48,95	-349,89
31	22.06.2021 16:31:03	9948,16	10004,04	40,42	40,60	50,00	-349,44
32	22.06.2021 17:00:43	10085,04	10108,63	30,88	28,69	45,65	-343,33
33	22.06.2021 17:11:09	10052,75	10103,50	37,31	39,61	48,73	-350,53
34	22.06.2021 17:30:40	9971,23	10026,60	44,42	41,91	47,36	-347,50
35	22.06.2021 18:00:48	9977,38	10001,99	37,20	37,96	46,08	-346,98
36	22.06.2021 18:30:31	10029,68	10043,00	38,15	41,12	50,77	-352,64
37	22.06.2021 19:00:39	10050,69	10059,92	38,15	38,65	48,60	-353,63
38	22.06.2021 19:30:24	10098,37	10125,54	37,41	39,38	48,49	-349,73
39	22.06.2021 20:00:36	10084,02	10140,92	41,46	43,63	51,39	-351,83
40	22.06.2021 20:36:01	9986,61	10007,12	41,47	42,85	49,13	-353,91
41	22.06.2021 21:00:31	9865,62	9973,28	44,41	46,92	48,21	-351,23
42	22.06.2021 21:30:32	10002,50	10067,61	48,18	48,71	44,96	-350,54
43	22.06.2021 22:00:39	9954,83	10004,04	47,29	46,11	45,90	-346,43
44	22.06.2021 22:30:30	9920,48	9964,57	47,82	46,94	46,28	-344,98
45	22.06.2021 23:00:44	10006,09	10025,06	44,91	45,73	47,52	-346,21
46	22.06.2021 23:36:25	9952,78	9953,29	39,19	39,48	46,70	-345,79

ცხრილი 14. ქვესადგური "ავშნიანის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
 უჯრედი # 39 ზამთარი (22.12.2021-22.12.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ		დენი, ა		ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე	
		ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6
1	20.12.2021 9:03:55	9956,88	10004,04	32,52	35,48	42,84	-349,05
2	20.12.2021 10:03:04	10002,50	9991,74	41,57	45,14	45,13	-343,03
3	20.12.2021 10:38:42	10112,73	10120,42	44,92	51,25	46,65	-344,55
4	20.12.2021 11:38:28	10072,23	10104,01	55,47	60,51	46,52	-344,95
5	20.12.2021 12:04:01	10105,04	10128,62	55,30	58,39	46,86	-346,18
6	20.12.2021 12:35:04	10078,38	10140,92	42,94	48,96	47,38	-346,54
7	21.12.2021 7:33:49	10086,07	10105,55	22,91	24,41	41,77	-340,14
8	21.12.2021 8:03:04	10016,86	10034,29	24,99	28,56	43,12	-344,46
9	21.12.2021 8:34:15	10029,68	10035,83	31,20	30,80	38,01	-343,26
10	21.12.2021 9:03:29	9982,00	9991,74	34,18	38,86	46,09	-345,15
11	21.12.2021 9:33:29	10082,99	10106,06	40,97	42,97	47,33	-347,37
12	21.12.2021 10:06:48	10038,39	10089,66	45,76	48,83	44,78	-344,94
13	21.12.2021 11:02:46	10023,52	10072,74	52,45	57,78	42,90	-346,29
14	22.12.2021 6:03:02	10143,49	10187,06	21,35	25,69	49,14	-345,24
15	22.12.2021 6:32:33	10107,60	10137,85	22,84	26,61	45,02	-343,34
16	22.12.2021 7:03:23	10118,88	10163,48	24,79	26,64	47,19	-345,84
17	22.12.2021 7:32:55	10055,31	10094,27	26,09	28,17	42,98	-340,10
18	22.12.2021 8:04:50	10031,73	10047,11	28,25	33,77	42,65	-341,66
19	22.12.2021 8:33:24	9995,33	10021,47	31,30	32,87	40,46	-342,30

ცხრილი 14. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7
20	22.12.2021 9:03:12	10122,98	10141,95	40,26	44,52	46,06	-349,11
21	22.12.2021 9:32:59	10056,85	10065,56	42,41	48,56	45,80	-347,54
22	23.12.2021 8:33:54	10071,20	10085,04	33,76	35,05	43,43	-345,39
23	23.12.2021 9:12:56	9986,10	10019,42	44,16	45,54	45,89	-345,85
24	23.12.2021 9:33:44	9956,88	9978,92	42,29	43,28	39,85	-344,09
25	23.12.2021 10:04:52	10029,16	10014,30	45,56	50,73	42,77	-344,46
26	23.12.2021 10:35:52	9939,96	9957,90	48,35	54,52	43,94	-348,89
27	23.12.2021 11:05:38	9990,71	10028,65	50,37	54,40	41,62	-340,95
28	23.12.2021 12:14:13	9970,21	10014,30	48,17	56,38	42,13	-341,97
26	24.12.2021 8:03:10	10038,90	10082,48	27,24	31,69	41,12	-339,96
27	24.12.2021 8:32:59	10055,31	10086,58	31,12	33,16	42,26	-339,63
28	24.12.2021 9:02:36	9990,20	9997,38	36,68	40,16	41,71	-337,31
29	24.12.2021 9:32:29	10037,88	10084,02	49,05	51,36	43,32	-345,05
30	25.12.2021 6:32:57	10158,87	10173,73	20,63	24,10	44,36	-340,58
31	25.12.2021 7:03:10	10090,17	10114,26	22,25	26,10	44,01	-342,66
32	25.12.2021 7:33:15	10102,99	10102,47	23,23	27,26	45,81	-344,23
33	25.12.2021 8:03:19	10057,87	10017,37	26,61	29,09	45,12	-338,88
34	25.12.2021 9:02:43	9985,59	10000,45	30,13	33,20	40,68	-340,11
35	25.12.2021 10:03:18	9969,69	10024,55	31,94	39,17	43,09	-342,96
36	25.12.2021 10:33:02	10097,86	10122,47	37,19	43,43	43,66	-344,08
37	25.12.2021 11:03:00	10102,47	10143,49	37,68	41,56	41,10	-347,88
38	25.12.2021 11:33:37	10043,52	10084,02	37,39	44,61	44,59	-343,14
39	25.12.2021 12:07:56	10052,75	10082,99	43,40	43,65	41,12	-338,98

ცხრილი 15. ქვესადგური "ავშნიანის" საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები.
 უჯრედი # 39 ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ		დენი, ა		ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე	
		ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6
1	22.06.2021 0:03:18	10017,37	10035,83	34,18	34,61	44,34	-347,04
2	22.06.2021 0:32:23	10018,91	10037,88	31,60	32,54	44,11	-349,96
3	22.06.2021 1:02:28	10125,03	10128,62	25,10	26,29	55,69	-350,46
4	22.06.2021 1:32:19	10213,72	10212,70	21,76	23,30	50,12	-349,37
5	22.06.2021 2:03:13	10054,28	10106,57	21,56	22,77	50,36	-350,07
6	22.06.2021 2:32:20	10087,09	10137,85	20,26	20,35	51,27	-349,43
7	22.06.2021 3:02:57	10133,23	10158,87	18,99	19,83	53,29	-352,55
8	22.06.2021 3:32:42	10198,34	10202,44	17,84	18,29	52,98	-351,09
9	22.06.2021 4:02:22	10194,75	10226,02	19,47	20,87	54,50	-353,23
10	22.06.2021 4:32:09	10214,75	10238,84	17,48	18,48	53,54	-351,88
11	22.06.2021 5:02:41	10154,76	10171,17	18,61	19,34	54,62	-353,31
12	22.06.2021 5:32:45	10087,09	10096,32	17,47	17,85	54,16	-349,92
13	22.06.2021 6:02:45	10120,93	10129,64	17,28	18,24	55,58	-353,22
14	22.06.2021 6:32:23	10074,28	10089,66	19,66	20,93	55,10	-354,64
15	22.06.2021 7:03:11	10073,25	10078,38	20,92	21,34	53,96	-352,51
16	22.06.2021 7:33:02	10070,18	10111,70	21,82	23,21	50,24	-351,54
17	22.06.2021 8:02:40	10028,65	10087,61	27,46	26,30	50,23	-349,95
18	22.06.2021 8:32:45	10001,48	10002,50	25,26	26,12	48,40	-348,78
19	22.06.2021 9:02:11	10169,12	10133,75	33,95	38,50	53,29	-351,38
20	22.06.2021 9:32:59	9948,16	10009,17	48,79	50,33	55,23	-351,45
21	22.06.2021 10:02:46	10029,16	10083,50	49,34	55,68	50,56	-347,53

ცხრილი 15. გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7
22	22.06.2021 10:32:33	10000,97	10075,30	54,57	60,95	51,07	-349,62
23	22.06.2021 11:02:26	9941,50	10004,04	65,04	70,97	50,53	-351,16
24	22.06.2021 11:34:23	10221,41	10237,30	58,66	64,28	53,41	-351,65
25	22.06.2021 12:04:46	9966,62	10063,00	73,43	78,48	49,34	-351,07
26	22.06.2021 12:32:53	9955,85	10015,83	65,67	69,57	49,41	-349,38
27	22.06.2021 13:32:45	10152,20	10192,70	67,05	71,13	53,05	-350,79
28	22.06.2021 14:02:55	10118,37	10144,51	64,46	68,79	52,15	-351,56
26	22.06.2021 14:33:15	9932,27	9994,81	61,57	63,48	51,58	-350,30
27	22.06.2021 15:03:11	10053,26	10122,47	61,31	64,66	50,97	-349,46
28	22.06.2021 15:33:33	10169,63	10212,70	57,36	59,61	54,61	-350,97
29	22.06.2021 16:02:44	10016,35	10025,57	69,66	73,77	49,34	-348,09
30	22.06.2021 16:33:51	10012,76	10080,43	55,84	59,34	52,66	-350,67
31	22.06.2021 17:02:42	10057,36	10050,69	59,47	64,44	48,77	-349,05
32	22.06.2021 17:13:35	10036,85	10092,22	49,23	52,85	54,32	-352,58
33	22.06.2021 17:33:12	10057,87	10130,67	54,62	54,88	50,34	-349,35
34	22.06.2021 18:02:56	10132,21	10152,71	48,03	52,69	55,00	-352,24
35	22.06.2021 18:35:50	9998,40	10030,19	45,72	49,74	52,09	-350,12
36	22.06.2021 19:02:29	10149,64	10175,78	41,43	41,51	55,66	-353,54
37	22.06.2021 19:32:16	10146,56	10199,88	40,49	44,66	54,45	-351,85
38	22.06.2021 20:02:28	9964,05	9983,02	43,08	46,35	52,43	-350,17
39	22.06.2021 20:32:48	10102,99	10152,71	41,25	43,32	48,92	-347,76
40	22.06.2021 21:02:46	10014,81	10021,99	40,82	41,61	46,63	-345,32
41	22.06.2021 21:32:36	10123,49	10152,20	39,38	38,80	47,33	-346,21
42	22.06.2021 22:02:44	10199,88	10257,81	36,89	39,64	48,56	-350,05
43	22.06.2021 22:32:23	10021,99	10027,11	40,29	41,20	41,92	-348,01
44	22.06.2021 23:02:48	10053,26	10069,66	40,25	42,78	43,35	-347,27
45	22.06.2021 23:33:14	10145,54	10187,06	37,22	36,03	44,26	-345,44

კვლევის შედეგებიდან მკვეთრად ჩანს, რომ საკაბელო ხაზებში აქტიურტან ერთად მნიშვნელოვანი სიდიდის რეაქტიული დენები გაედინება (ცხრილი 3-15), რაც იწვევს კაბელების გადატვირთვას, დანაკარგების გაზრდას, კაბელის გადახურებას და დაზიანებას. უფრო მეტიც, რიგ შემთხვევაში ერთი კაბელის ორი ფაზის დენი აქტიურ ხასიათს ატარებს მესამე რეაქტიულს. ესე იგი, რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტი ზოგი ფაზის წინმსწრებია და ზოგის ჩამორჩენილი. ამავდროულად, დიდია ფაზების რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის განსხვავება. მაგალითად, ძვრის კუთხე A ფაზის ვექტორებს შორის $56,54^{\circ}$ -ია, ხოლო B ფაზის - 1.96° (ცხრილი 16). მაშასადამე, გვაქვს როგორც აქტიური, ასევე რეაქტიული დატვირთვების ასიმეტრია, რაც, როგორც ძველი, ასევე ახალი კაბელის დამატებით გადახურების და დაზიანების მიზეზი შეიძლება გახდეს [11].

ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნილი ავარიული გამორთვების გამომწვევი მიზეზების გამოკვლევის საფუძველზე დადგენილი იქნა, რომ ახალი კაბელების დაზიანება ძირითადად ქვემოთ ჩამოთვლილმა მიზეზებმა განაპირობა:

ძალოვანი კაბელების მექანიკური დაზიანები რომლებიც გამოიწვია საკაბელო ტრასის ზონაში მიმდინარე სამშენებლო და მსგავსი სამუშაოების უსაფრთხოების წესების დარღვევამ;

კაბელის სამონტაჟო დეფექტები (დაუშვებელი რადიუსით მოღუნვები, გარსაცმის ჩაჭყლეტა, ქუროს სამონტაჟო დარღვევები და სხვა);

კაბელისა და ქუროს საქარხნო წუნი;

კაბელის გადატვირთვისა და გამჭოლი მოკლედშერთვების დროს, კაბელის რელეური დაცვის არასელექტიური მოქმედების შედეგად გამოწვეული, კაბელის ძარღვების გადახურება;

კაბელის ცვეთა (დამველება);

დატვირთვისა და გამჭოლი მოკლედშერთვის დენების ამორთვისას, დენების მკვეთრი გაწყვეტის შედეგად, წარმოქმნილი საკომუტაციო გადაძაბვები (განსაკუთრებით ვაკუუმური ამომრთველით ამორთვისას; კაბელის ერთი ფაზის დამიწებისას რელეური დაცვის დაბალი მგრძობიარობით განპირობებული არასელიქტიური მოქმედება; კაბელის ძარღვებში გამავალი დატვირთვის დენის მრუდის ფორმის დამახინჯების შედეგად კაბელის ეკრანის გადახურება; კაბელის ძარღვებში გამავალი დარტვირთვის დენების არასიმეტრიულობით გამოწვეული კაბელის ეკრანის გადახურება.

მნიშვნელოვანია, რომ რიგ შემთხვევებში საკაბელო ხაზის დაცვის უარის შედეგად ადგილი აქვს ავარიის განვითარებას, რადგან ვერ ხერხდება დაზიანებული კაბელის დროული ამორთვა. ამის გამო, დაზვის მიერ, ადგილი აქვს დაუზიანებელი ელემენტების: გამანაწილებელი მოწყობილობის სექციის შემომყვანი უჯრედის ან სასექციო ამომრთველის გამორთვას. შედეგად, იზრდება ქსელის გამორთული ნაწილი (ავარიის მასშტაბი), ელექტროენერჯის გარშე დარჩენილი აბონენტების რაოდენობა და მათი ელექტრომომარაგების შეწყვეტის ხანგრძლივობა.

ცხრილი 16. N 18 საკაბელო ხაზის დატვირთვის დღელამური დატვირთვის გრაფიკები და რეაქტიული სიმლავრის კოეფიციენტი

დრო	ქ/ს ჩულურთი 6 კვ ფიდერი N 18		
	01311749		
	აქტიური სიმძლავრე, კვტ	რეაქტიული სიმძლავრე, კვარ	cosφ
1	2	3	4
01/06/2022 00:00-00:30	1 530.	632.88	0.92
01/06/2022 00:30-01:00	1 427.04	620.28	0.92
01/06/2022 01:00-01:30	1 313.64	602.64	0.91
01/06/2022 01:30-02:00	1 242.	597.6	0.90
01/06/2022 02:00-02:30	1 164.24	576.	0.90
01/06/2022 02:30-03:00	1 130.76	567.	0.89
01/06/2022 03:00-03:30	1 109.88	565.92	0.89
01/06/2022 03:30-04:00	1 080.	564.12	0.89
01/06/2022 04:00-04:30	1 068.48	557.64	0.89

ცხრილი 16. გაგრძელება

1	2	3	4
01/06/2022 04:30-05:00	1 046.88	560.52	0.88
01/06/2022 05:00-05:30	955.44	533.88	0.87
01/06/2022 05:30-06:00	932.4	530.28	0.87
01/06/2022 06:00-06:30	934.2	520.92	0.87
01/06/2022 06:30-07:00	1 007.28	520.2	0.89
01/06/2022 07:00-07:30	1 060.92	518.04	0.90
01/06/2022 07:30-08:00	1 146.6	511.2	0.91
01/06/2022 08:00-08:30	1 224.	536.04	0.92
01/06/2022 08:30-09:00	1 368.	614.52	0.91
01/06/2022 09:00-09:30	1 428.84	609.48	0.92
01/06/2022 09:30-10:00	1 500.12	595.8	0.93
01/06/2022 10:00-10:30	1 677.96	663.12	0.93
01/06/2022 10:30-11:00	1 602.36	616.68	0.93
01/06/2022 11:00-11:30	1 628.28	610.92	0.94
01/06/2022 11:30-12:00	1 698.12	614.88	0.94
01/06/2022 12:00-12:30	1 817.28	633.96	0.94
01/06/2022 12:30-13:00	470.16	161.28	0.95
01/06/2022 13:00-13:30	1 922.04	672.12	0.94
01/06/2022 13:30-14:00	1 981.08	675.	0.95
01/06/2022 14:00-14:30	2 009.52	687.6	0.95
01/06/2022 14:30-15:00	2 044.08	713.52	0.94
01/06/2022 15:00-15:30	2 053.08	704.88	0.95
01/06/2022 15:30-16:00	2 005.56	712.44	0.94
01/06/2022 16:00-16:30	2 017.44	730.8	0.94
01/06/2022 16:30-17:00	1 954.8	724.68	0.94
01/06/2022 17:00-17:30	1 925.64	698.76	0.94
01/06/2022 17:30-18:00	1 913.04	706.32	0.94
01/06/2022 18:00-18:30	1 896.12	735.12	0.93
01/06/2022 18:30-19:00	1 845.	723.96	0.93
01/06/2022 19:00-19:30	1 815.12	691.56	0.93
01/06/2022 19:30-20:00	1 814.4	670.68	0.94
01/06/2022 20:00-20:30	1 799.64	656.28	0.94
01/06/2022 20:30-21:00	1 904.4	699.84	0.94
01/06/2022 21:00-21:30	1 930.32	692.64	0.94
01/06/2022 21:30-22:00	1 916.64	685.08	0.94
01/06/2022 22:00-22:30	1 917.36	709.92	0.94
01/06/2022 22:30-23:00	1 843.92	698.04	0.94
01/06/2022 23:00-23:30	1 737.72	664.2	0.93
01/06/2022 23:30-00:00	1 622.16	622.08	0.93
სამუდგომო დღედადური:	1 550.7075	623.1525	0.93

1.2. ქ. თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემების საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელში წარმოქმნილი დაზიანებების მიზეზების გამოკვლევა

წინა პარაგრაფში, საკაბელო ქსელის დაზიანებების გამოვლენილ მიზეზებს შორის, სამეცნიერო კვლევის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია კაბელის ძარღვებში გამავალი დატვირთვისა და გამჭოლი მოკლედშერთვების დენის შედეგად გამოწვეული დანაკარგების გამოკვლევა. შესაბამისად, საჭიროა დადგინდეს როგორი სახის ელექტრომაგნიტური პროცესები მიმდინარეობს ქსელში, განისაზღვროს რომელი მათგანი განაპირობებს კაბელის ძარღვების, ეკრანისა და იზოლაციის გადახურებას და დაზიანებებს.

აღნიშნული ამოცანის გადასაწყვეტად, მიზანშეწონილია გამოკვლევულ იქნას რა გავლენას ახდენს კაბელის გადახურებაზე: კაბელის ძარღვებში გამავალი დატვირთვის დენის მრუდის ფორმის დამახინჯების შედეგად წარმოქმნილი დენისა და ძაბვის მაღალი რიგის ჰარმონიკები (მრჰ), ცალკეულ ფაზებში გამავალი დენების ასიმეტრია და ძარღვებში გამავალი დენების რეაქტიული სიმძლავრე.

1.3. კაბელის ძარღვებში გამავალი დატვირთვის დენის მრუდის ფორმის დამახინჯების ხარისხის გავლენა კაბელის ელემენტებში წარმოქმნილი სიმძლავრის დანაკარგებზე და კაბელის გახურების ეფექტზე

ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებში (საკაბელო და საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზები, ძალოვანი ტრანსფორმატორები) ელექტრომომხმარებლებში არსებული ელექტროტექნოლოგიური დანადგარის (ეტდ) მოქმედების პრინციპისა და მუშაობის რეჟიმის შედეგად განპირობებული დამხინჯებული ფორმის დატვირთვის დენი გაედინება.

შედეგად, ძაბვისა და დენის მრკ-ბი წარმოიქმნება. მაშასადამე, მაღალი რიგის ჰარმონიკებს წარმოქმნიან ის ელექტრომიმღებები, რომელთაც დამახინჯებული ფორმის დატვირთვის დენი გააჩნიათ [12].

მნიშვნელოვანია, რომ ყოველ ქსელის ელემენტსა და ელექტრომიმღებს ქსელში არსებული მრკ-ების სპექტრის ცალკეული სიხშირის ჰარმონიკის მიმართ, განსხვავებული მგრძობიარობა გააჩნია, რომელსაც ელექტრომიმღების ელექტრულ წრედში ჩართული ელემენტების (აქტიური ინდუქტიური და ტევადური) ჩართვის არქიტექტურა და პარამეტრები განაპირობებს. მნიშვნელოვანია, რომ ელექტრომიმღების ქსელის ელემენტების უმრავლესობა და ზოგიერთი ელექტრომიმღების მგრძობიარება მრკ-ის მიმართ დამოკიდებულია ჰარმონიკის რიგზე (სიხშირეზე) და ზოგიერთის - არა. მაგალითად, ტევადური დატვირთვის მქონე (საკაბელო ხაზები და სტატიკური კონდენსატორის შემცველი ეტდ-ები) ელექტრომიმღების მგრძობიარება ძაბვის მაღალი რიგის ჰარმონიკის სიხშირის პროპორციულად იზრდება, ინდუქტიურის კი მცირდება, ხოლო აქტიურის - ჰარმონიკის სიხშირეზე დამოკიდებული არაა [13].

ტევადური დატვირთვის მქონე ელექტრომიმღების მგრძობიარობის გაზრდა გამოწვეულია იმით, რომ კონდენსატორის გამტარებლობა ძაბვის სიხშირის პირდაპირპროპორციულად იზრდება:

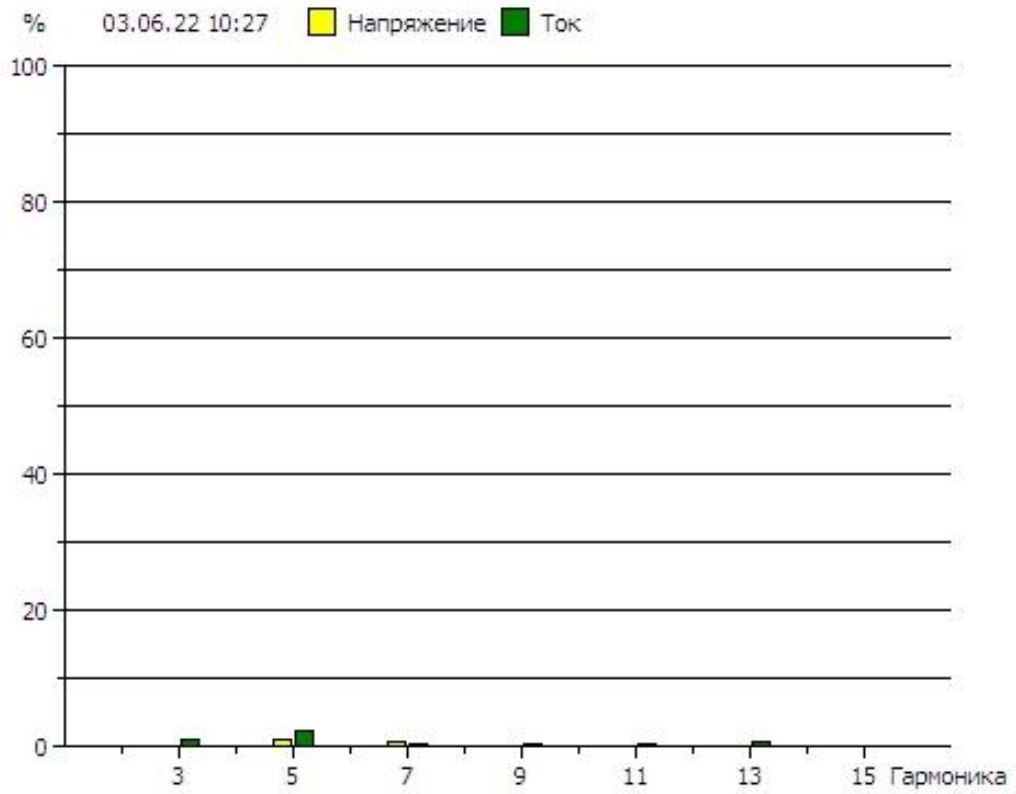
$$Y_C = \omega C,$$

სადაც ω - ქსელის ძაბვის კუთხური სიხარეა, რად/წმ; C - ელექტრომიმღების ჯამური ტევადობაა, მკვ), ხოლო ინდუქტიურობის პირიქეთ - ქსელის ძაბვის სიხშირის უკუპროპორციულია ($Y_L = 1/\omega L$, სადაც L ელექტრომიმღების ჯამური ინდუქტიურობაა, ჰნ) [14].

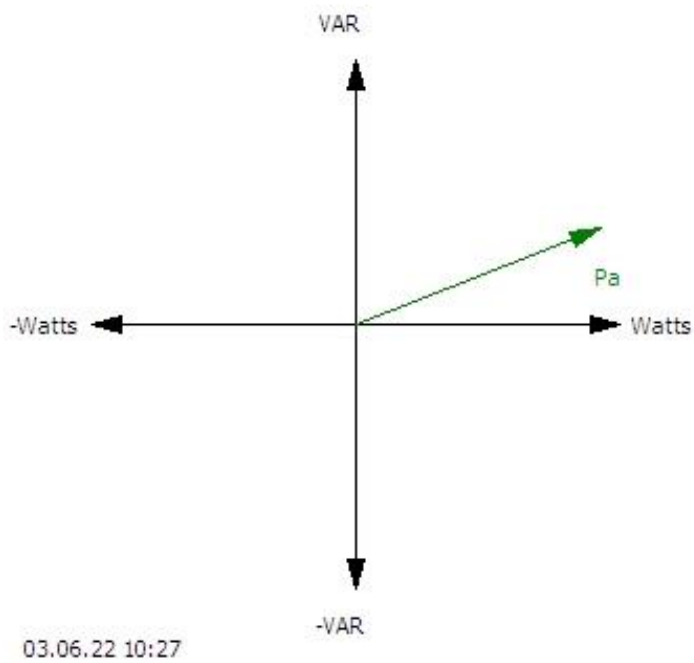
მრკ-ები ელექტრომიმღების გამანაწილებელი ქსელის კაბელებში, ანალოგიურად სტატიკური კონდენსატორებისა, იწვევს კაბელების მარღვებს შორის არსებული იზოლაციის გახურებას, ინტენსიურ ცვეთასა და საექსპლუატაციო ვადაზე ადრე მწყობრიდან გამოსვლას. ასევე, მარღვში გამავალი დენის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკების შედეგად კაბელის

ეკრანში დაინდუქტირებული გრძივი ემპ, იწვევს ეკრანის ინტენსიურ გახურებას და კაბელის დაზიანებას [15].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ქ. თბილისის საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელების დაზიანების მიზეზების დადგენისას, მიზანშეწონილია ქსელში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა და წარმოქმნილი მრკ-ის სპექტრის პარამეტრების დადგენა და შეფასება. აღნიშნული მიზნის მისაღწევად, ჩატარებულ იქნა ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის გამანაწილებელი მოწყობილობის მე - 7, მე - 18, 28 - ე და 44 - ე უჯრედებიდან გამავალი საკაბელო ხაზების, ძაბვისა და დენის, მრკ-ის სპექტრის გამოკვლევა. საკაბელო ხაზების თავში დადგმული მიკროპროცესორული აღრიცხვის მოწყობილობებიდან ამოღებული გამოკვლევის შედეგები წარმოდგენილია ქვემოთ (ნახ. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13).

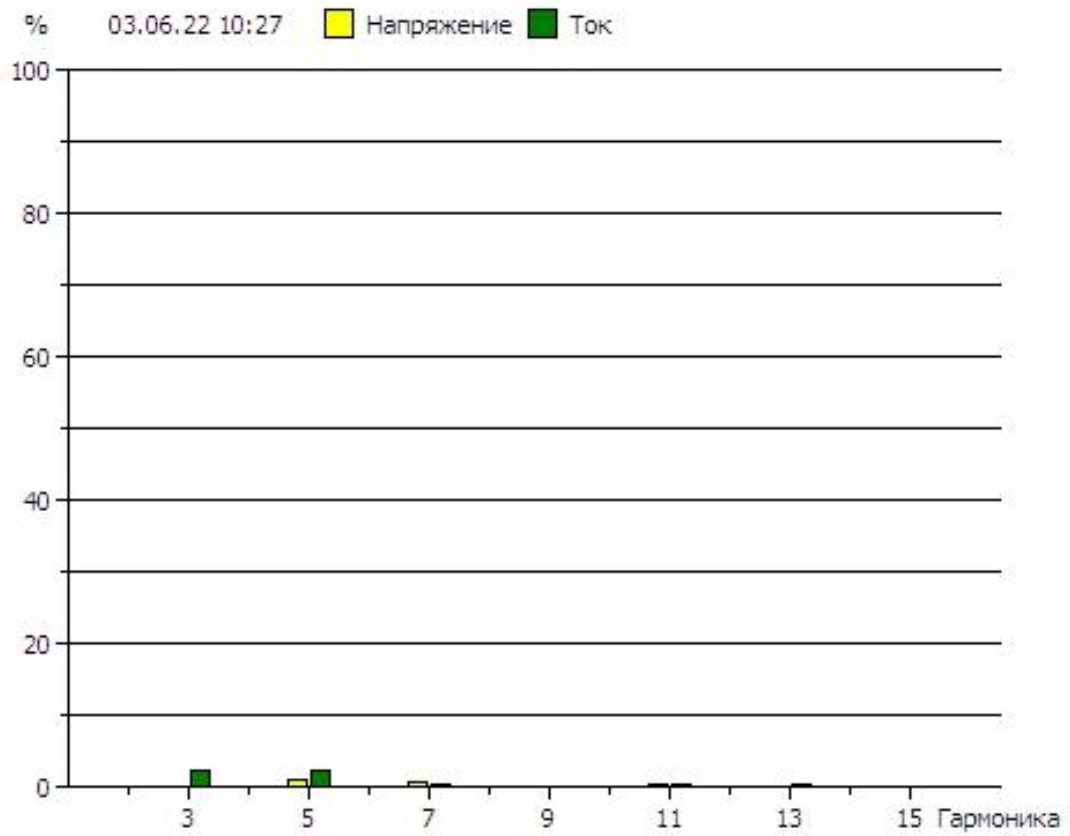


ა)

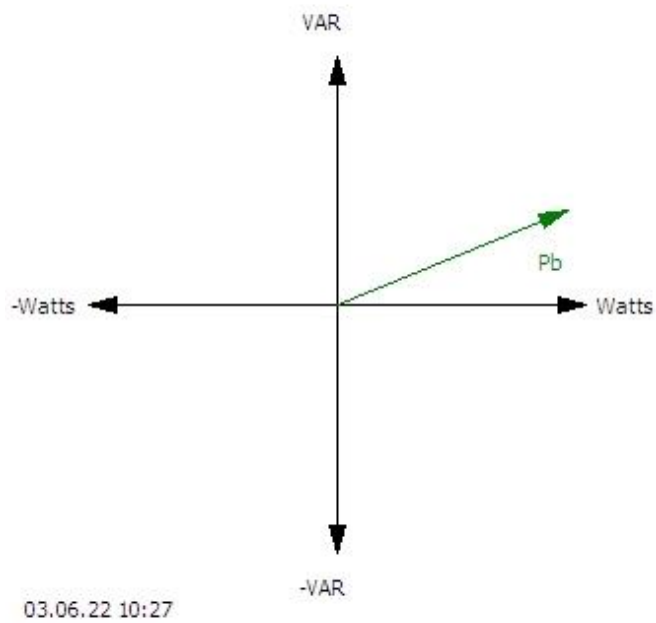


ბ)

ნახ. 1. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის 7-ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) (ფაზა A)

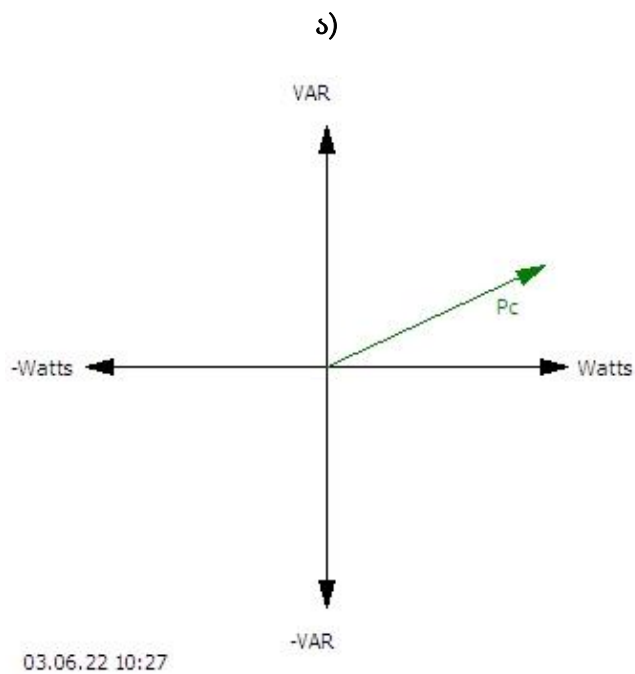
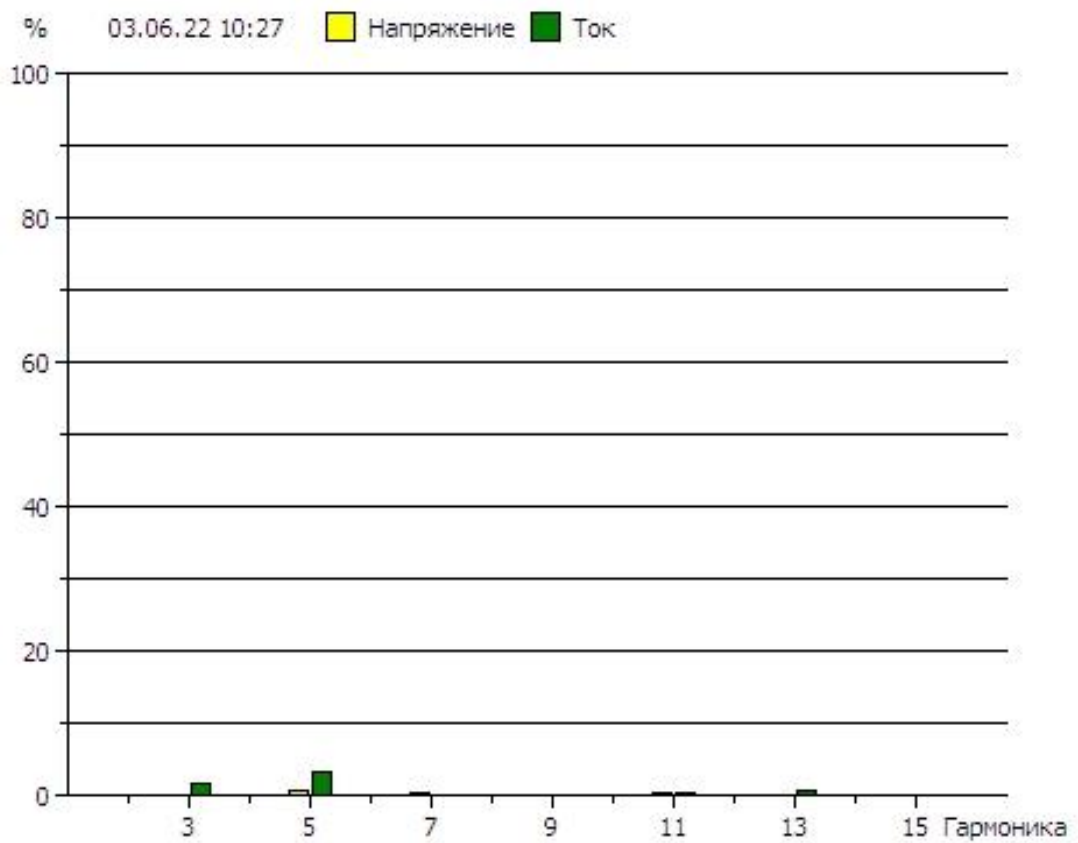


ა)



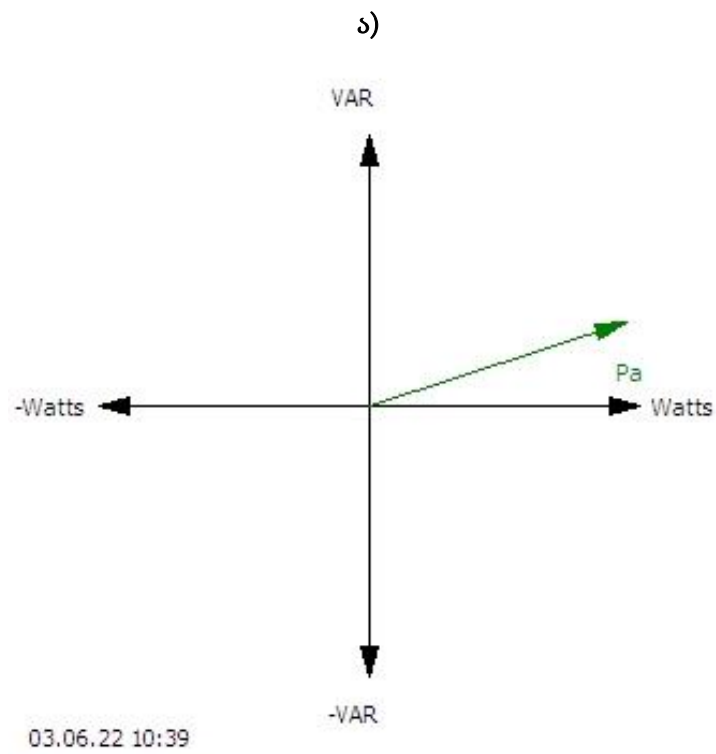
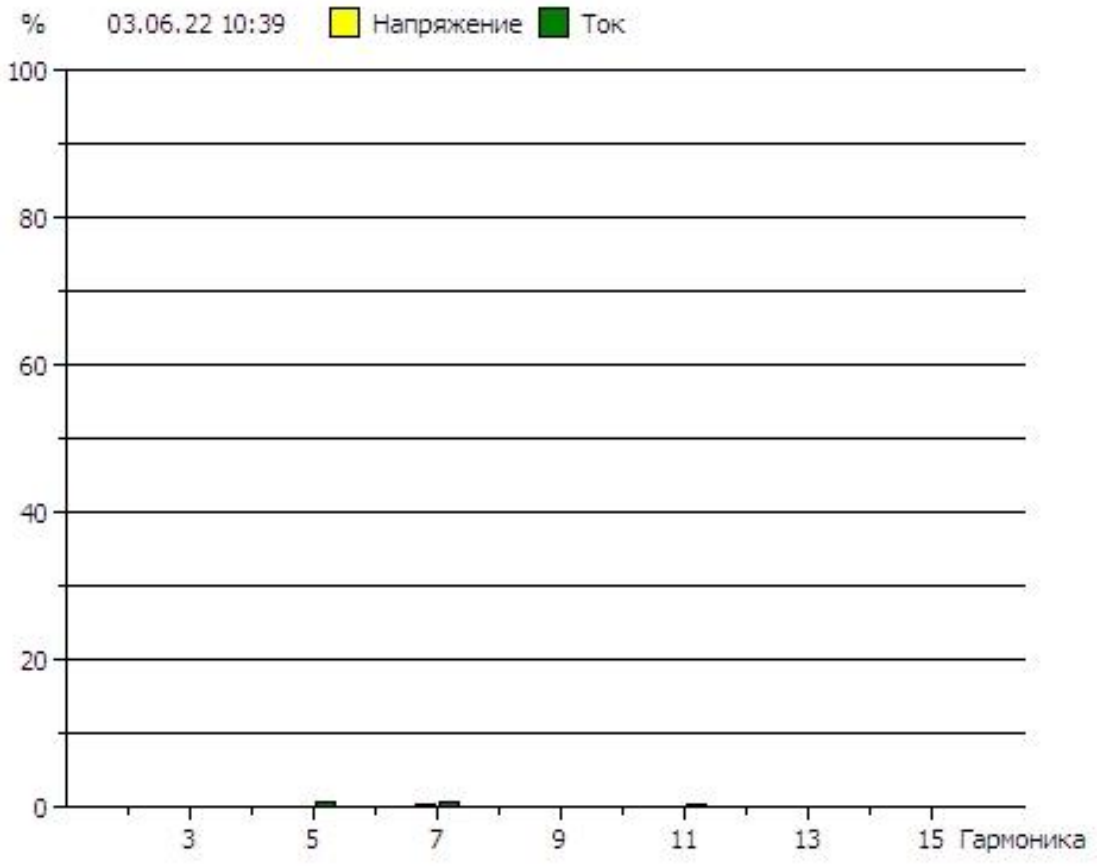
ბ)

ნახ. 2. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის 7 -ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) (ფაზა B)



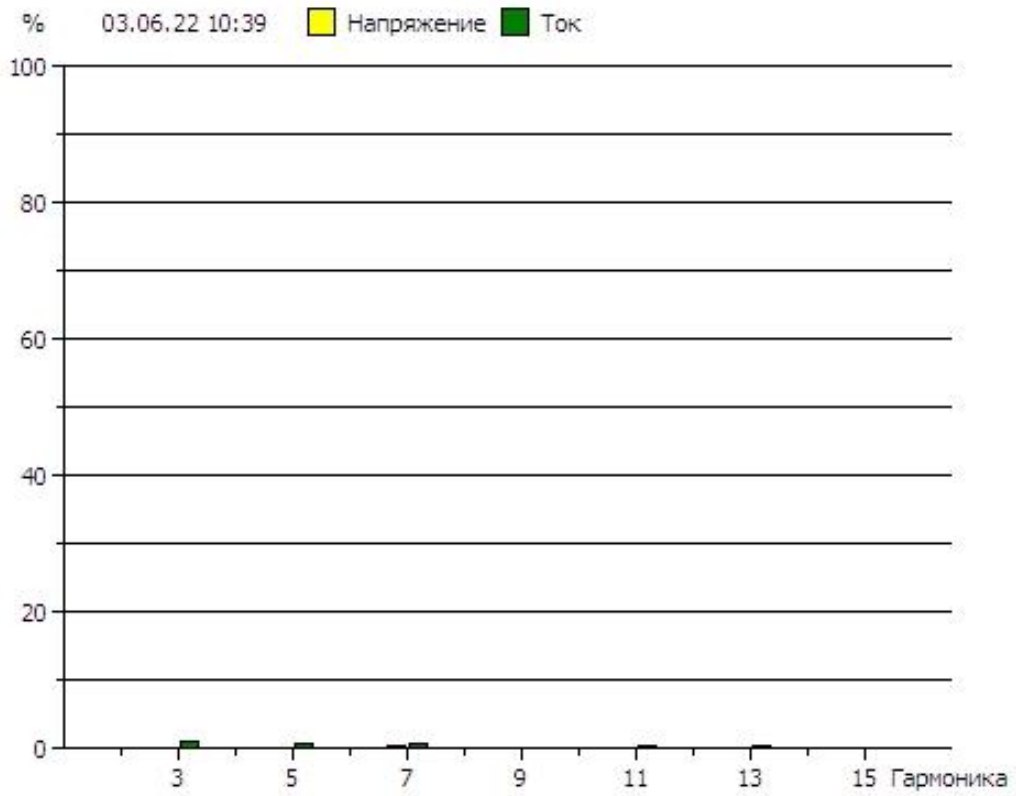
ბ)

ნახ. 3. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის 7-ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) (ფაზა C)

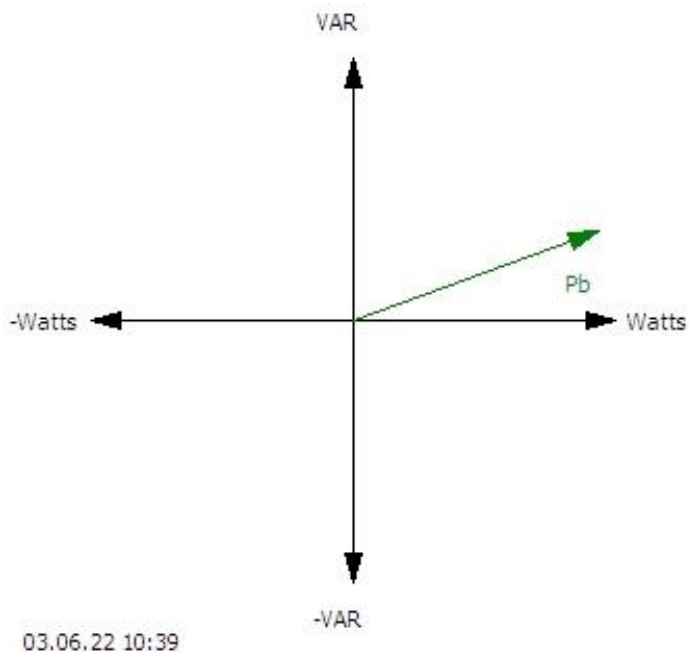


ბ)

ნახ. 4. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის მე-18 საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) (ფაზა A)

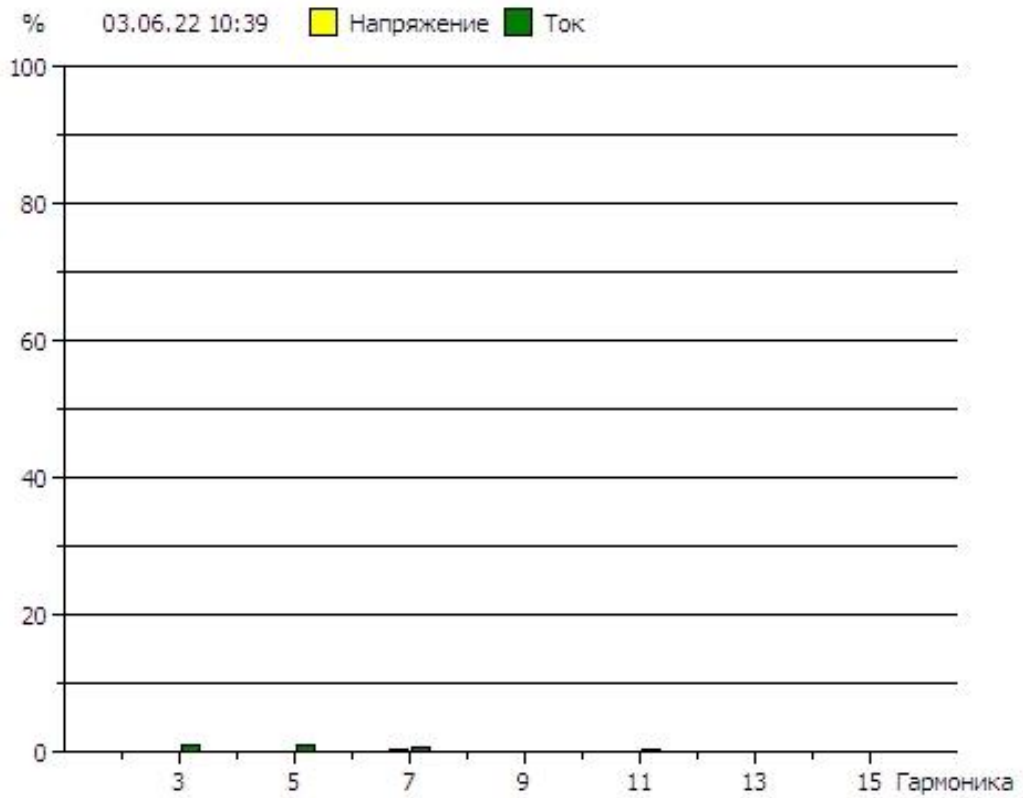


ა)

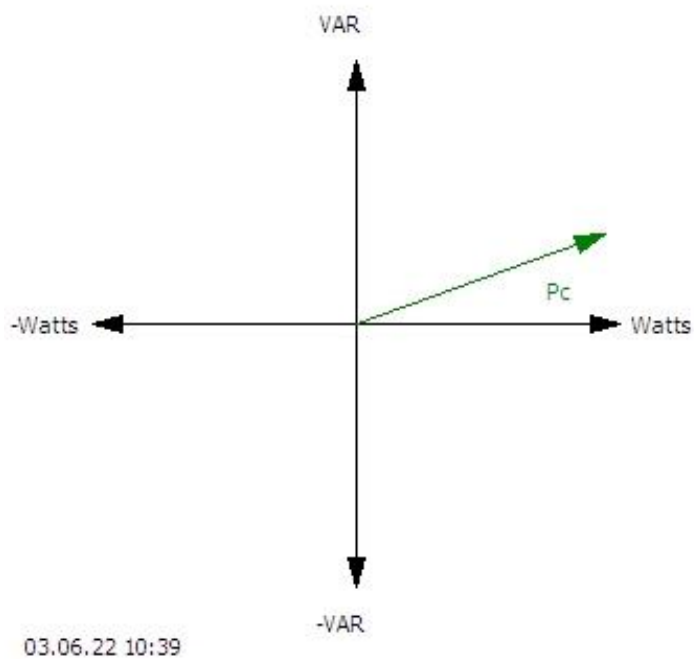


ბ)

ნახ. 5. ქვესადგურ „ჩულურეთის“ 6 კვ ძაბვის მე-18 საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) (ფაზა B)

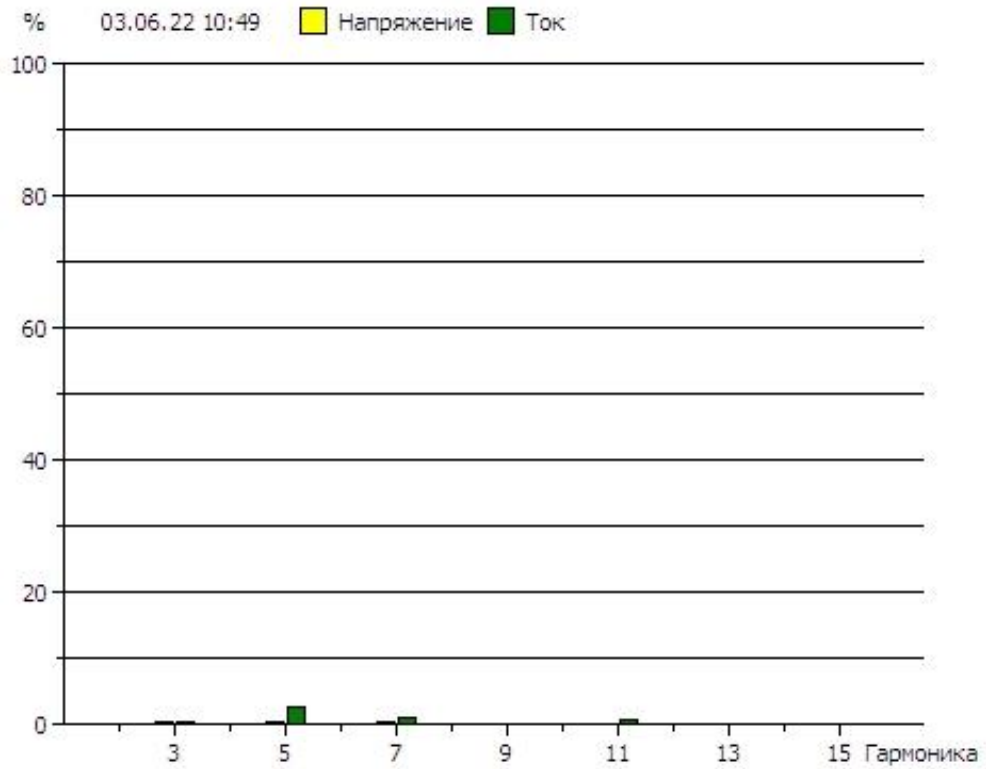


ა)

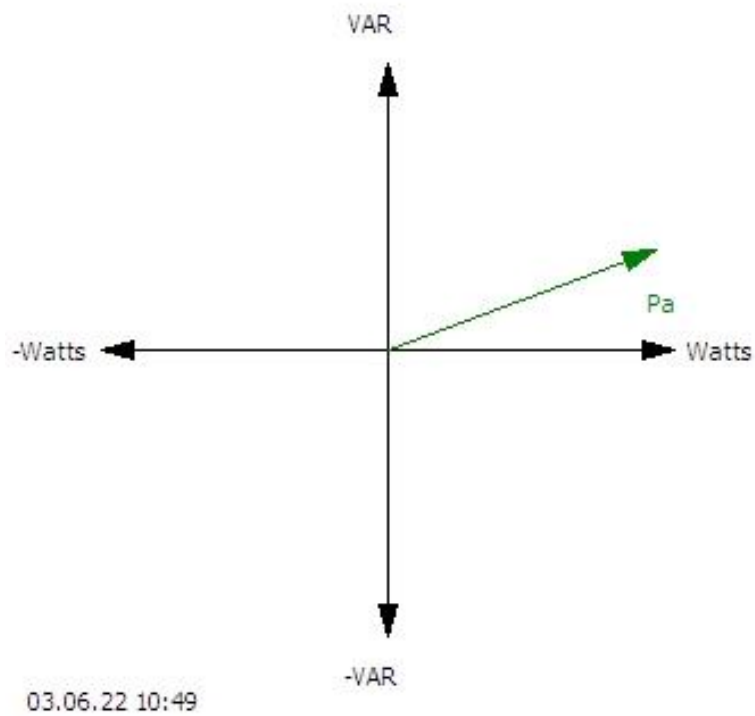


ბ)

ნახ. 6. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის მე-18 საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) (ფაზა C)

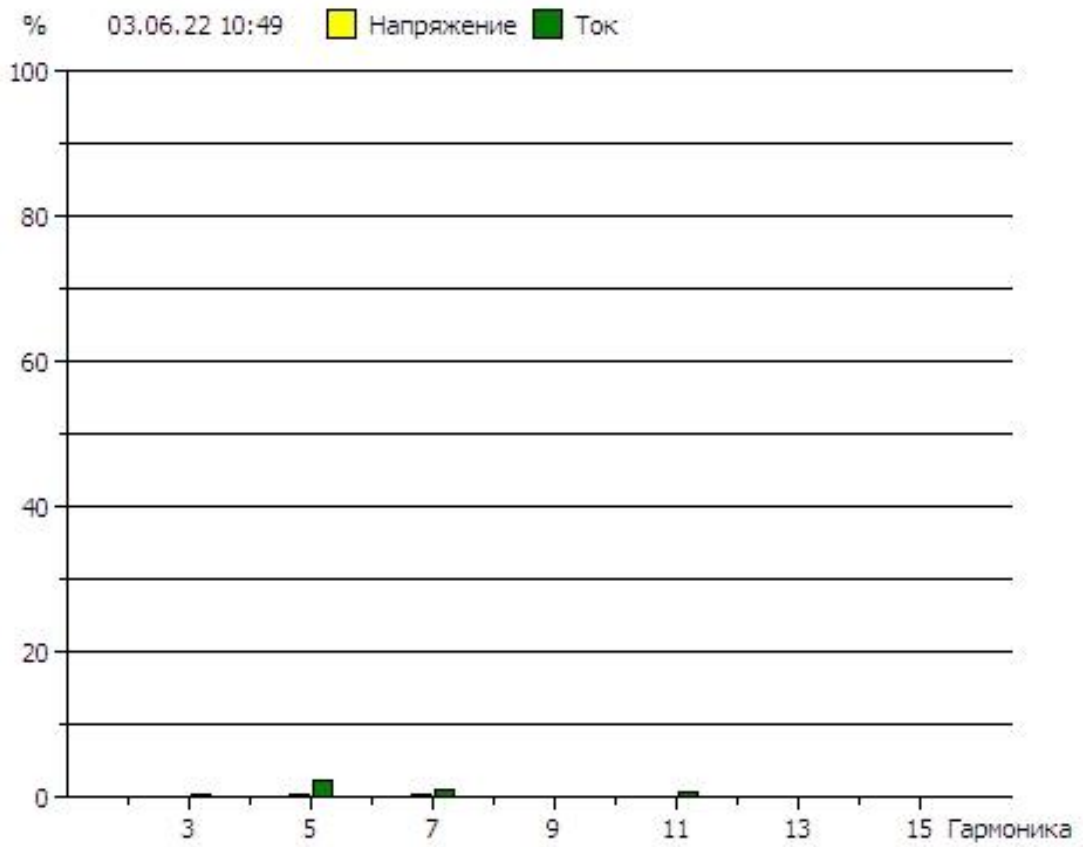


ა)

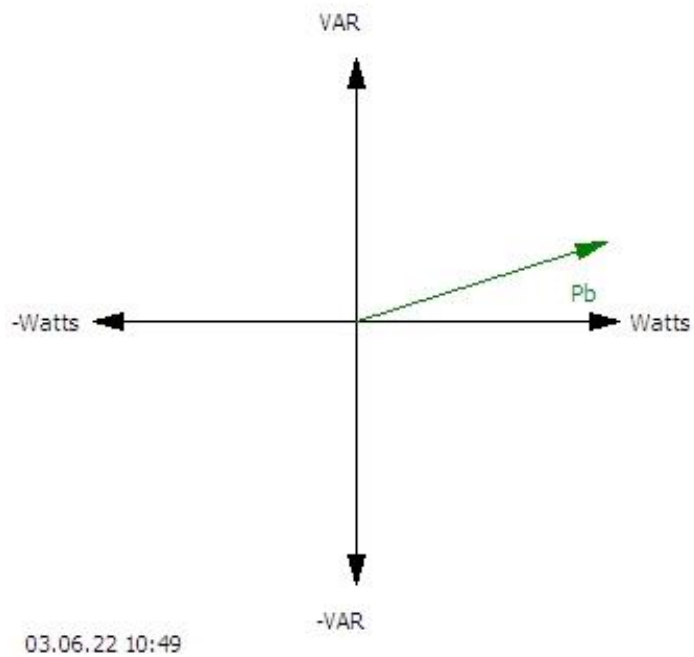


ბ)

ნახ. 7. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის 28-ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმბლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) (ფაზა A)



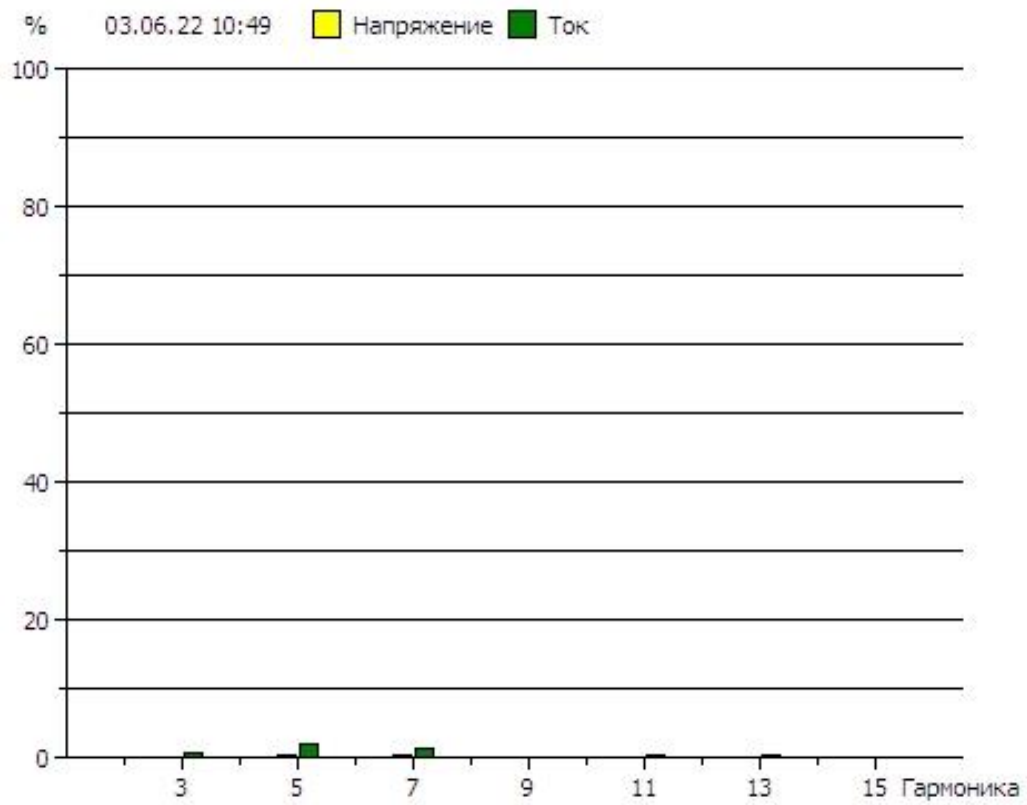
ა)



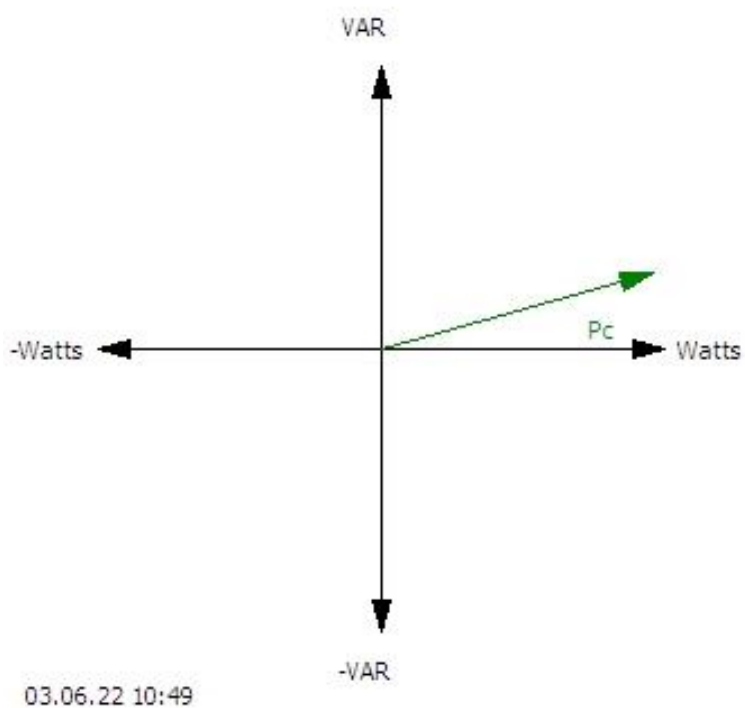
ბ)

ნახ. 8. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის 28-ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) (ფაზა

B)

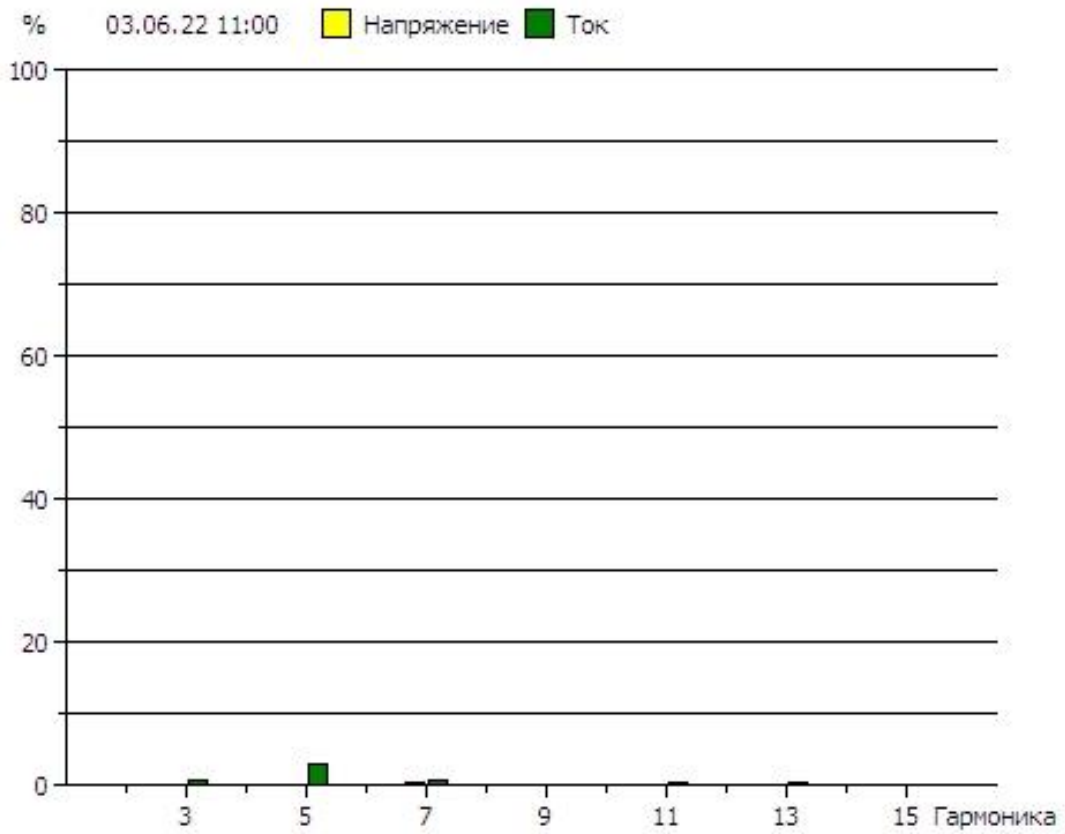


ა)

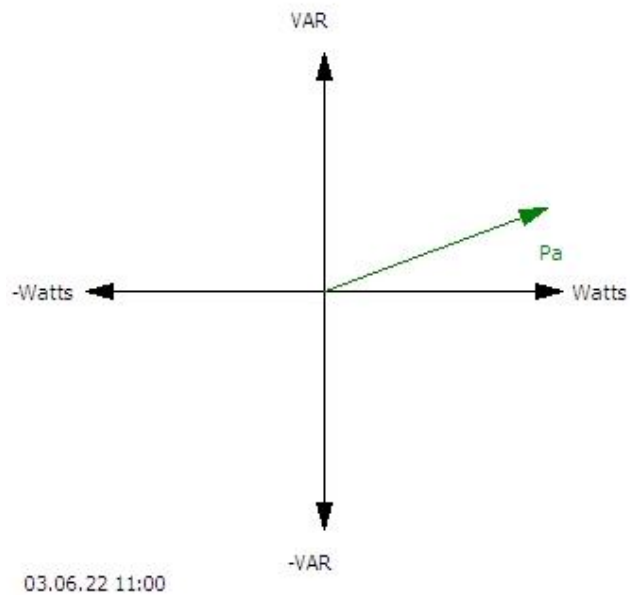


ბ)

ნახ. 9. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის 28-ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) (ფაზა C)

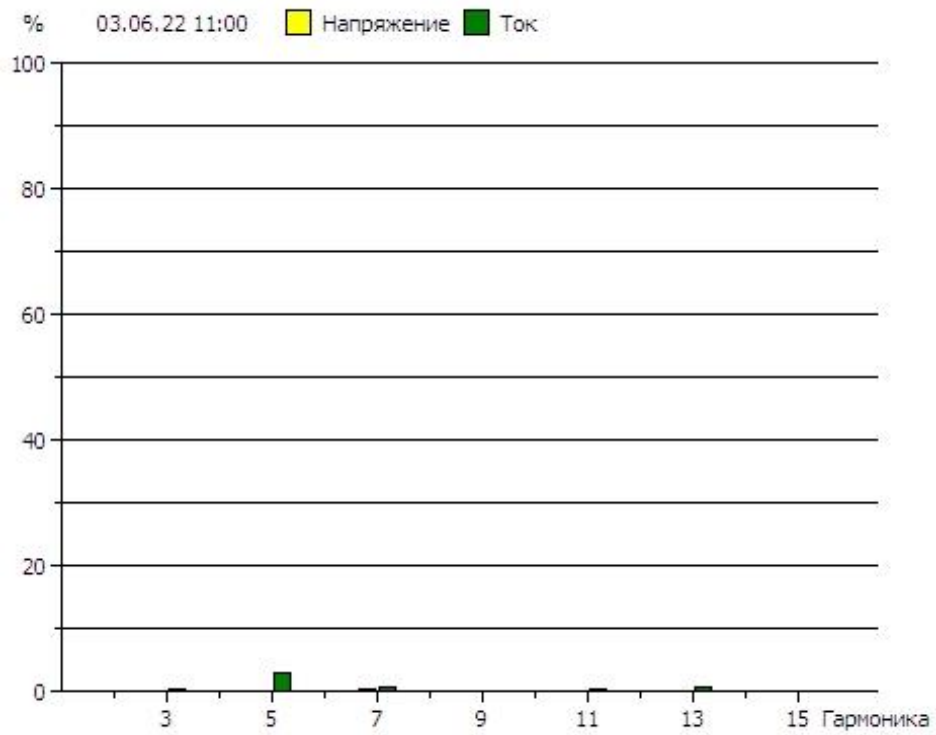


ა)

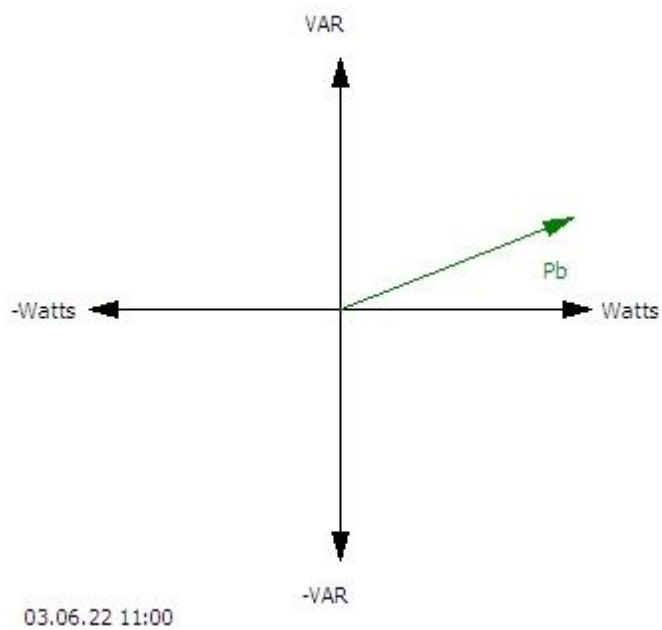


ბ)

ნახ. 10. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის 44 -ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) ფაზა *A*

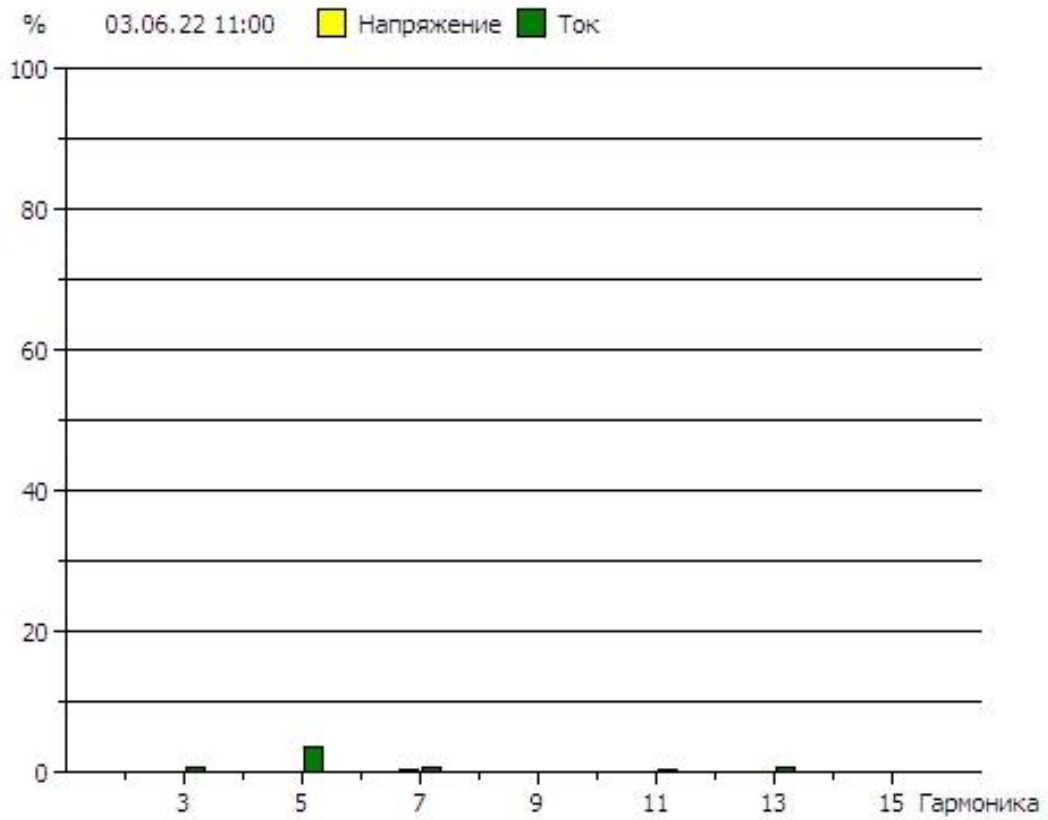


ა)

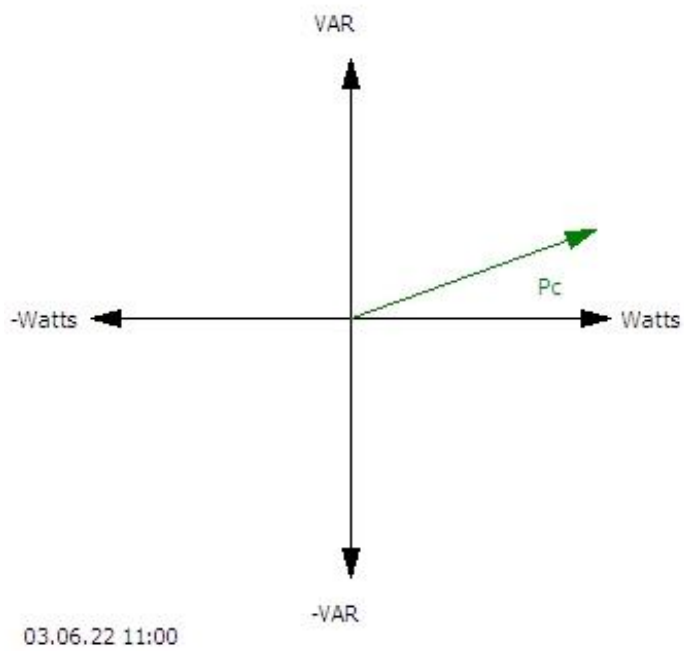


ბ)

ნახ. 11. ქვესადგურ „ჩუღურეთის“ 6 კვ ძაბვის 44 -ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) ფაზა B

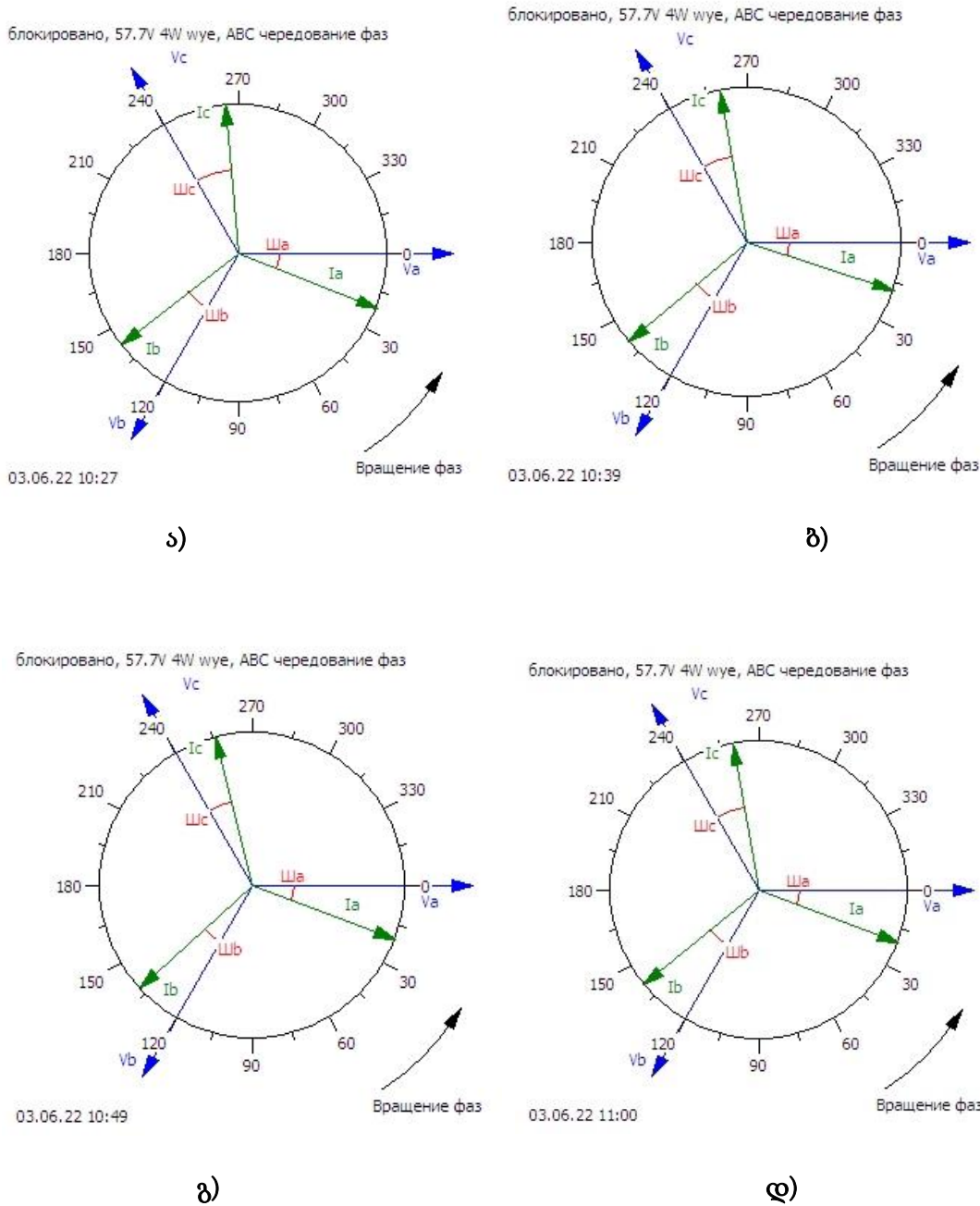


ა)



ბ)

ნახ. 12. ქვესადგურ „ჩულურეთის“ 6 კვ ძაბვის 44 -ე საკაბელო ხაზის ძაბვისა და დენის მრკ ა) და აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის ძვრის კუთხე ბ) ფაზა C



ნახ. 13. ქვესადგურ „ჩულურეთის“ 6 კვ ძაბვის მე-7 ა), მე-18-ე ბ), 28-ე გ) და 44 -ე დ) უჯრედის საკაბელო ხაზის წრიული ვექტორული დიაგრამები

ქვესადგურ „ჩულურეთის“ 6 კვ ძაბვის მე-7, მე-18, 28-ე და 44 -ე საკაბელო ხაზების ძაბვისა და დენის მრკ-ის სპექტრის გამოკვლევების შედეგებიდან ნათლად სჩანს, რომ კაბელებში გამავალი დენის მლალირიგის ჰარმონიკების სპექტრში, ძირითადად დომინირებს მე-5 რიგის (250 ჰც სიხშირის) ჰარმონიკა. შესაბამისად, კაბელის იზოლაციის დამატებით

გახურებას ძირითადად ეს ჰარმონიკა განაპირობებს. ამავდროულად, რადგან კაბელის მგრძობიარობა (მრკ-ის მიმართ მგრძობიარობის კოეფიციენტი) მრკ-ის რიგის (სიხშირის) პირდაპირპროპორციულად იზრდება. ასევე, მაღალია მე-7, მე-11 და მე-13 რიგის ჰარმონიკის ზემოქმედება და მათ მიერ წარმოქმნილი კაბელის გახურების ჯამური ეფექტი.

უნდა აღინიშნოს, რომ კაბელის ძარღვებში გამავალი დენის მაღალი რიგის ჰარმონიკების ასიმეტრიის შემთხვევაში, ადგილი აქვს კაბელის ეკრანის ნულოვანი მიმდევრობის მრკ-ის შედეგად გამოწვეულ გახურებას, რაც ასევე იწვევს კაბელის დამატებით გადახურებას და გამტარუნარიანობის შემცირებას.

1.4. საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელში რეაქტიული დატვირთვის გატარებით გამოწვეული სიმძლავრის და ელექტროენერჯის დანაკარგების გამოკვლევა კაბელის გადატვირთვის დადგენა.

ცვლადი დენის ელექტრომაგნიტურ მოქმედების პრინციპზე დაფუძნებული ყველა თანამედროვე ელექტრომომხმარებლების ქსელში ჩართული ელექტროტექნოლოგიური დანადგარი და ელექტრომოწყობილობა მაგნიტური ველის შესაქმნელად, მკვებავი ქსელიდან, აქტიურთან ერთად, მოითხოვს გარკვეული სიდიდის რეაქტიულ სიმძლავრეს. თანაფარდობა ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მიერ მოთხოვნილ აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრებს შორის დამოკიდებულია ეტდ-ის მოქმედების პრინციპზე, მუშაობის რეჟიმზე, დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტზე და დატვირთვის დიაგრამაზე. მაგალითად, მოკლედშერთულ როტორიანი ასინქრონული ძრავებისათვის ნომინალური დატვირთვისთვის პირობებში იგი დაახლოებით 65-75%-ია, ხოლო ძალოვანი ტრანსფორმატორებისათვის -5-10%.

ყველაზე გავრცელებული, თანამედროვე, ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებისა (ეტდ) და კომპლექსების რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტი, საშუალოდ, 0,8 - 0,85 ფარგლებში იცვლება. შესაბამისად, ეტდ-ის მიერ მოთხოვნილი რეაქტიული სიმძლავრე, აქტიურის 40-45% შეადგენს. მაშასადამე, რეაქტიული სიმძლავრის მიერ გამოწვეული ძაბვის, სიმძლავრის და ენერჯის დანაკარგების შემცირების ერთერთი რეზერვი რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციაშია [16].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის გატარებით გამოწვეული სიმძლავრის დანაკარგების განსაზღვრისათვის, გადაღებულ იქნა ქვესადგურ „ჩულურეთის“ გამანაწილებელი მოწყობილობიდან გამავალი საკაბელო ხაზების, ცალკეული ფაზების ძაბვების, დენებისა და მათ ვექტორებს შორის ძვრის კუთხეების ცვლილებების გრაფიკები ზაფხულისა და ზამთრის სეზონისათვის (დანართი 7-10).

კვლევის შედეგების საფუძველზე გამოთვლილ იქნა აქტიური და რეაქტიული დატვირთვის გრაფიკები და რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტის მნიშვნელობები, ყოველი ფიდერის, ყოველი საფეხურისათვის (ცხრი 16, 17, 18, 19. დანართი 23-28).

ცხრილი 17. ქვესადგურ „ჩულურეთის“ 6 კვ ძაბვის N 07 ფიდერის დატვირთვის და რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტის გრაფიკები

დრო	ქ/ს „ჩულურეთი“ 6 კვ ფიდერი N 07		
	01311740		
	აქტიური სიმძლავრე, კვტ	რეაქტიული სიმძლავრე, კვარ	cosφ
1	2	3	4
01/06/2022 00:00-00:30	790.92	353.16	0.91
01/06/2022 00:30-01:00	751.32	361.8	0.90
01/06/2022 01:00-01:30	699.84	367.56	0.89
01/06/2022 01:30-02:00	658.44	363.6	0.88
01/06/2022 02:00-02:30	626.04	349.2	0.87

გრძელება

1	2	3	4
01/06/2022 03:00-03:30	578.16	345.6	0.86
01/06/2022 03:30-04:00	560.88	344.16	0.85
01/06/2022 04:00-04:30	551.16	340.56	0.85
01/06/2022 04:30-05:00	550.08	346.32	0.85
01/06/2022 05:00-05:30	514.8	340.2	0.83
01/06/2022 05:30-06:00	495.72	329.76	0.83
01/06/2022 06:00-06:30	502.92	327.24	0.84
01/06/2022 06:30-07:00	524.52	329.4	0.85
01/06/2022 07:00-07:30	550.08	334.44	0.85
01/06/2022 07:30-08:00	617.4	328.32	0.88
01/06/2022 08:00-08:30	676.44	313.92	0.91
01/06/2022 08:30-09:00	732.96	339.84	0.91
01/06/2022 09:00-09:30	790.2	363.6	0.91
01/06/2022 09:30-10:00	817.56	360.36	0.92
01/06/2022 10:00-10:30	831.6	368.64	0.91
01/06/2022 10:30-11:00	886.68	391.32	0.91
01/06/2022 11:00-11:30	926.64	408.6	0.91
01/06/2022 11:30-12:00	951.48	397.8	0.92
01/06/2022 12:00-12:30	950.4	398.52	0.92
01/06/2022 12:30-13:00	747.36	316.8	0.92
01/06/2022 13:00-13:30	1 024.2	446.4	0.92
01/06/2022 13:30-14:00	1 037.52	450.36	0.92
01/06/2022 14:00-14:30	1 041.12	425.52	0.93
01/06/2022 14:30-15:00	1 059.12	434.52	0.93
01/06/2022 15:00-15:30	1 062.72	412.56	0.93
01/06/2022 15:30-16:00	1 031.76	414.36	0.93
01/06/2022 16:00-16:30	1 028.88	421.92	0.93
01/06/2022 16:30-17:00	1 022.4	422.64	0.92
01/06/2022 17:00-17:30	1 042.92	444.24	0.92
01/06/2022 17:30-18:00	1 023.84	441.36	0.92
01/06/2022 18:00-18:30	998.64	428.4	0.92
01/06/2022 18:30-19:00	972.72	425.88	0.92
01/06/2022 19:00-19:30	967.32	431.28	0.91
01/06/2022 19:30-20:00	959.76	408.24	0.92
01/06/2022 20:00-20:30	982.44	403.92	0.92
01/06/2022 20:30-21:00	1 039.68	416.16	0.93
01/06/2022 21:00-21:30	1 036.08	407.52	0.93
01/06/2022 21:30-22:00	1 037.88	402.48	0.93
01/06/2022 22:00-22:30	1 034.28	411.48	0.93
01/06/2022 22:30-23:00	983.88	411.48	0.92
01/06/2022 23:00-23:30	963.	401.4	0.92
01/06/2022 23:30-00:00	901.8	390.6	0.92
სამუშალო დღეღამური:	836.1	383.685	0.91

როგორც წარმოდგენილი ცხრ. 17 და დანართებიდან (7-8) ჩანს, საკაბელო ხაზების რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტი, დატვირთვის გრაფიკის გარკვეულ საფეხურებზე, საკმაოდ დაბალია. შედეგად, კაბელების მიერ გატარებული რეაქტიული სიმძლავრე სრული სიმძლავრის მნიშვნელოვან წილს შეადგენს. იგი საშუალოდ 48-47% -ს შეადგენს. შესაბამისად, კაბელის ძარღვებში გამოწვეული ელექტროენერჯის ჯამური დანაკარგების და მის მიერ გამოწვეული გახურების ეფექტის მნიშვნელოვანი ნაწილი (48-47%) რეაქტიულ სიმძლავრის გატარებაზე მოდის.

დასკვნა: ქ.თბილისის ელექტრომომარაგების სისტემის საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევისა და შედეგების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ საკაბელო ქსელი გადატვირთულია რეაქტიული სიმძლავრის გატარების გამო. შედეგად, დაბალია რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტი. შესაბამისად დიდია გამოწვეული ელექტროენერჯის დანაკარგები და კაბელების გახურების ეფექტი. დაბალია ენერგეტიკული მაჩვენებლები, ენერგოეფექტურობა, მაღალია ქსელის ელემენტების ცვეთა და მოსალოდნელი დაზიანებები.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საკაბელო ქსელის რეაქტიული სიმძლავრის გატარებისაგან განტვირთვის უზრუნველყოფის მიზნით, აუცილებელია, რომ დაბალი რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტის მქონე ელექტრომომარაგება, ადგილზე განახორციელოს მოთხოვნილი რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია.

თავი 2. სამძარღვა კაბელებით შესრულებული საკაბელო ხაზებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა და მათ მიერ გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტრო ენერჯის დანაკარგების გამომწვევი მიზეზების დადგენა

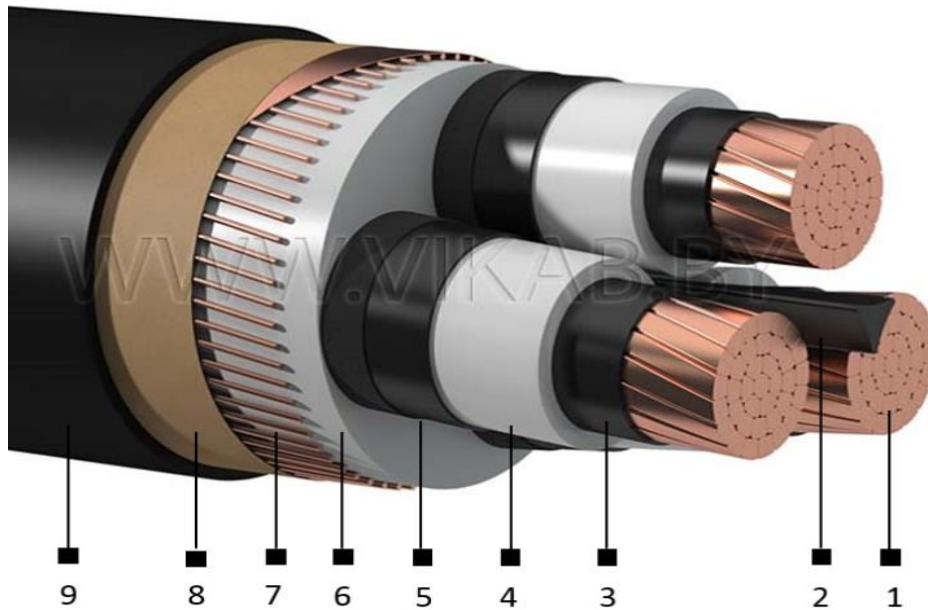
2.1. სამძარღვა ნპიშ კაბელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა და საანგარიშო ელექტრული შენაცვლების სქემის დამუშავება

ელექტრომომარაგების სისტემის 6-35 კვ ძაბვის საკაბელო ქსელებში არსებული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები წარმოქმნის მიზეზების მიხედვით შინაარსობრივად რადიკალურად განსხვავდებიან ერთმანეთისგან. მნიშვნელოვანია, რომ, ყოველი მათგანი სხვადასხვა სახის მდგენელებს მოიცავს და ელექტროტექნიკის კონკრეტული პრინციპითაა განპირობებული. ამავდროულად ისინი ურთიერთ განსხვავებულ ფაქტორზეა დამოკიდებული და მათ მიერ განპირობებული პრაქტიკული შედეგები თვისობრივად და რაოდენობრივად მნიშვნელოვნად განსხვავებულია [16].

მნიშვნელოვანია, რომ საშუალო ძაბვის საკაბელო ქსელში არსებული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგები ძირითადად კაბელის კონსტრუქციაზე, ელემენტების (ძარღვი, იზოლაცია, ეკრანი, გარსაცმი) მასალის გვარობაზე და საკაბელო ქსელის ტექნიკური შესრულებაზეა დამოკიდებული.

ქვემოთ მოცემულია ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული სამძარღვა საშუალო ძაბვის ძალოვანი კაბელის კონსტრუქცია (ნახ. 14-ა).

სამძარღვა ნპიშ კაბელისათვის შედგენილია კონსტრუქციულ-ელექტრული საილუსტრაციო სქემა (ნახ. 14-ბ).

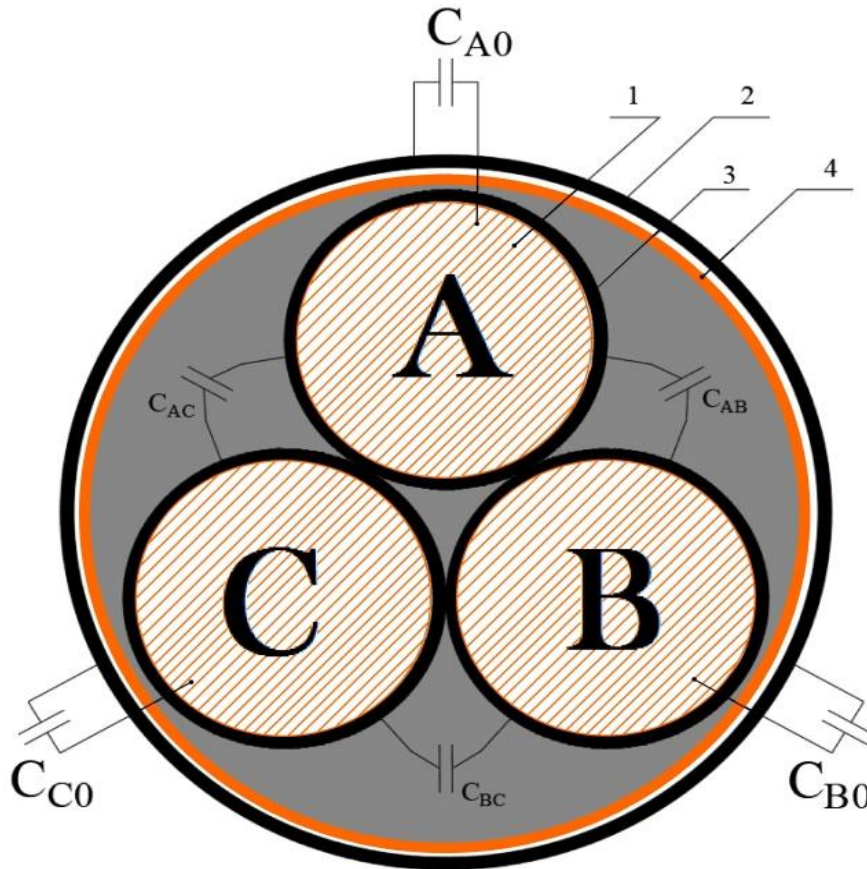


ნახ. 14-ა. სამძარღვა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული კაბელის კონსტრუქცია.

1 – დენგამტარი ძარღვი; 2 – შუასადები პოლიეთილენის იზოლაცია; 3 – ძარღვის ნკ ეკრანი; 4 – ძარღვის ნკ-ის ძირითადი იზოლაცია; 5 – ნკ-ის ეკრანი; 5– ნკ-ის წყალშემზღუდავი შრე (ეკრანი); 6 – სპილენძის ლენტით შეკრული მავთულებიანი ეკრანი; 7- ეკრანსადა გარსაცმს შორის გამყოფი შრე; 8 – კაბელის პოლიეთილენის დამცავი გარსაცმი.

საკაბელო ქსელებში წარმოქმნის მიზეზის მიხედვით, ძირითადად, ორი სახის დანაკარგები დომინირებს: პირველი, დანაკარგები რომლებსაც კაბელის ძარღვში (ძარღვებში) გამავალი დატვირთვის დენითაა განაპირობებული (ე.წ. დატვირთვის დანაკარგები) და მის ხარისხის მაჩვენებლებზეა (სიმეტრიულობა, დატვირთვის დენის ფორმა და ა.შ.) დამოკიდებული; მეორე, დანაკარგები რომლებიც დატვირთვის დენზე არაა დამოკიდებული, ე.წ. უქმი სვლის დანაკარგები [17]. იგი ძირითადად ქსელის ძაბვის პარამეტრებითაა განპირობებული.

სამძარღვა კაბელში არსებული აქტიური სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგები ერთფაზა კაბელებთან შედარებით, წარმოქმნის მიზეზების მიხედვით, განსხვავებულია და იგი ძირითადად სამი კომპონენტისაგან შედგება.



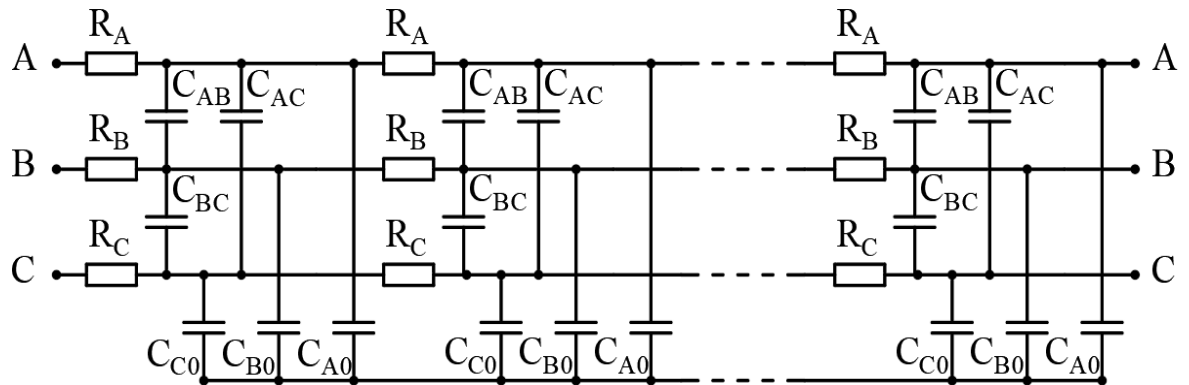
ნახ. 14-ბ. სამძარღვა კაბელის გამარტივებული კონსტრუქციულ - ელექტრული სქემა.

1-კაბელის დენგამტარი ძარღვი; 2 - კაბელის პოლიეთილენის გარსაცმი; 3 - კაბელის ძარღვის იზოლაცია; 4 - კაბელის სპილენძის ლენტით შეკრული მავთულებიანი ეკრანი; C_{AB} , C_{BC} , C_{AC} - კაბელის ძარღვებს შორის ტევადობა; C_{A0} , C_{B0} , C_{C0} - კაბელის ძარღვებს და ეკრანს შორის ტევადობა

ამასთან, საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევის შედეგების სიზუსტე ძირითად დამოკიდებულია, თუ რამდენად სწორადაა შედგენილი საანგარიშო შენაცვლების ელექტრული სქემა და რამდენად ადექვატურადაა მასში ასახული პროცესებზე მოქმედი ყველა პარამეტრი.

ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული სამძარღვა კაბელის კონსტრუქციის მიხედვით შედგენილი კაბელის გამარტივებული კონსტრუქციულ-ელექტრული სქემის საფუძველზე (ნახ. 14-ა,ბ)

დამუშავებულია სამძარღვა კაბელის შენაცვლების საანგარიშო ელექტრული სქემა (ნახ. 15).



ნახ.15. სამძარღვა კაბელის შენაცვლების საანგარიშო ელექტრული სქემა.

R_A, R_B, R_C – კაბელის ძარღვის ხვედრითი აქტიური წინაღობა, ომი; C_{AB}, C_{BC}, C_{AC} – შესაბამისად, A და B, B და C, A და C ფაზების ძარღვებს შორის არსებული ხვედრითი ტევადობაა, მკვ; C_{A0}, C_{B0}, C_{A0} – შესაბამისად, A, B, C ფაზების ძარღვებსა და ეკრანს შორის არსებული ხვედრითი ტევადობაა, მკვ.

საანგარიშო სქემის საფუძველზე შედგენილია სამძარღვა კაბელში წარმოქმნილი აქტიური სიმძლავრისა და ენერგიის დანაკარგების განსაზღვრის გამოსახულებები:

$$\begin{aligned} \Delta P_{კაბ.საშ} &= \Delta P_{ძარA} + \Delta P_{ძარB} + \Delta P_{ძარC} + \\ &+ \Delta P_{ძარAB} + \Delta P_{იზოლBC} + \Delta P_{იზოლCA} + \Delta P_{ეკრ}; \\ \Delta W_{კაბ} &= \Delta W_{ძარA} + \Delta W_{ძარB} + \Delta W_{ძარC} + \\ &+ \Delta W_{ძარAB} + \Delta W_{ძარBC} + \Delta W_{ძარCA} + \Delta W_{ეკრ}, \end{aligned} \quad (1)$$

სადაც $\Delta P_{ძარA}, \Delta P_{ძარB}, \Delta P_{ძარC}, \Delta W_{ძარA}, \Delta W_{ძარB}, \Delta W_{ძარC}$ – შესაბამისად, კაბელის A, B და C ძარღვების (ნახ. 14-ბ.) R_A, R_B, R_C აქტიურ წინაღობებში დატვირთვის დენის გავლის შედეგად, სითბოს სახით გამოყოფილი სიმძლავრის (ენერგიის) დანაკარგებია, კვტ (კვტ.სთ); $\Delta P_{იზოლAB}, \Delta P_{იზოლBC}, \Delta P_{იზოლCA}, \Delta W_{იზოლAB} + \Delta W_{იზოლBC} + \Delta W_{იზოლCA}$ – შესაბამისად, კაბელის ძარღვებს შორის არსებულ C_{AB}, C_{BC}, C_{CA} ტევადობებში (ნახ. 15) წარმოქმნილი ტევადური დენით განპირობებული, ფაზათაშორის იზოლაციის გახურებაზე დახარჯული სიმძლავრის (ენერგიის)

დანაკარგებია, კვტ (კვტ.სთ); $\Delta P_{გვრ}$, $\Delta W_{გვრ}$ – კაბელის დამცავ გარსაცმში დატვირთვის დენის ასიმეტრიის შედეგად აღძრული ემმ-ით შექმნილი დენების მიერ გამოყოფილი სითბოზე დახარჯული სიმძლავრეა (ენერგია), კვტ (კვტ.სთ).

სამძარღვა კაბელის ძარღვებს შორის იზოლაციაში გახურებაზე დახარჯული სიმძლავრისა და ენერგიის დანაკარგები $\Delta P_{იზოლAB}$, $\Delta P_{იზოლBC}$, $\Delta P_{იზოლCA}$ კაბელში გამავალი დენის მაღალი რიგის ჰარმონიკის მიერ წარმოქმნილ დანაკარგების ჯამს წარმოადგენს და (3) გამოსახულებით განისაზღვრება.

2.2. პარალელურად ჩართული სამძარღვა კაბელების ერთიდაიგივე ფაზების ძარღვებს შორის დატვირთვის დენის გადანაწილების გამოკვლევა და უთანაბრობის მიზეზების დადგენა

დღეის მდგომარეობით თანამედროვე ქალაქების ელექტრომომარაგების სისტემის საშუალო ძაბვის გამანაწილებელ ქსელზე მომხმარებელთა მიერ მოთხოვნილი დიდი სიმძლავრეების მიერთებასთან დაკავშირებით მიმართვები მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ეს ეხება, როგორც საყოფაცხოვრებო, ასევე არასაყოფაცხოვრებო სექტორს, რაც განაპირობა ქალაქის ფართის ერთეულზე ხვედრითი საანგარიშო ელექტრული დატვირთვების მნიშვნელოვანმა გაზრდამ [?]. სიმძლავრეების გაზრდა საყოფაცხოვრებო სექტორში განაპირობა დაბალსართულიანი და კერძო საცხოვრებელი სახლების მრავალსართულიანი საცხოვრებელი კომპლექსებით ჩანაცვლებამ, ხოლო არასაყოფაცხოვრებო სექტორში კი – სავაჭრო და კომერციული ინფრასტრუქტურის ფართო მშენებლობებმა, სადაც გათბობის, გაგრილების, ვენტილაციის სისტემებისა და სხვა დამხმარე მექანიზმებისათვის გამოყენებულია ელექტროენერგიაზე მომუშავე თანამედროვე ტიპის დიდი სიმძლავრის ელექტრომონოწილობები. მაგალითად, ბოლო პერიოდში სს „თელასის“

გამანაწილებელ ქსელზე მიერთებული ახლი სიმძლავრეების მოცულობამ დაახლოებით 150 – 200 მვტ – ს მიაღწია [18].

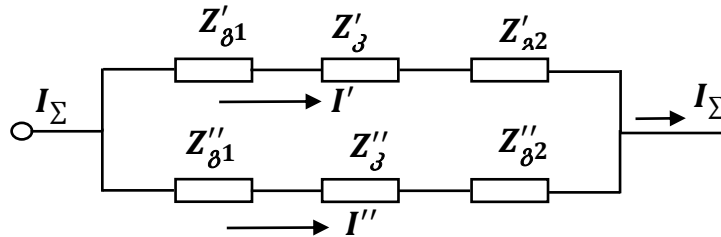
აღნიშნულიდან გამომდინარე, საშუალო ძაბვის საფაზა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული ძალოვანი კაბელების კვეთები ვერ აკმაყოფილებს გაზრდილი სიმძლავრეების გატარებას. შესაბამისად, საპროექტო ორგანიზაციები იძულებულია ქალაქის გადატვირთული უბნების ელექტრომომარაგების ქსელი დაპარალელებული (დაწყვილებული) საკაბელო ხაზების საშუალებით განხორციელდეს.

მნიშვნელოვანია, რომ ელექტრომაგნიტური პროცესები პარალელურად ჩართულ ძალოვანი კაბელებით შესრულებულ საკაბელო ქსელებში განსხვავებულად მიმდინარეობს, რადგან პარალელურად ჩართულ კაბელებში, კაბელების დასაწყისსა და ბოლოს მიერთების გარდამავალი წინააღმდეგობები, მათი არასტაბილურობის გამო, კაბელების მარღვებს შორის დენების გადანაწილებაზე დიდ გავლენას ახდენს.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საკაბელო ხაზების დაზიანებების შემცირებისა და მომხმარებელთა ელექტრომომარაგების საიმედოობის ამაღლებისათვის, საჭიროა დეტალურად იქნეს შესწავლილი პარალელურად ჩართული ძალოვანი კაბელებით განპირობებული მოსალოდნელი ყველა ელექტრომაგნიტური პროცესები. შესაბამისად, საჭიროა შეიქმნას საანგარიშო ელექტრული ჩანაცვლების სქემა და პარამეტრების საანგარიშო მათემატიკური აღწერილობა.

პარალელურად ჩართულ კაბელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევისათვის შედგენილია შენაცვლების სქემა (ნახ. 16). ნახაზზე დატანილია შემდეგი აღნიშვნები: Z'_{g1} და Z''_{g1} – პირველი კაბელის მარღვის დასაწყისსა და ბოლოში მიერთების კონტაქტის გარდამავალი წინააღმდეგობა, ომი; Z'_g – პირველი კაბელის მარღვის წინააღმდეგობა, ომი; Z'_{g2} და Z''_{g2} – მეორე კაბელის მარღვის დასაწყისსა და ბოლოში მიერთების კონტაქტის გარდამავალი წინააღმდეგობა, ომი; Z''_g – მეორე კაბელის მარღვის

წინააღმდეგობა, ომი; I' და I'' – შესაბამისად, პირველ და მეორე კაბელში გამავალი დენი, ა; I_{Σ} – ჯამური დატვირთვის დენი, ა.



ნახ. 16. პარალელურად ჩართული სამფაზა კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვების შეერთების შენაცვლების სქემა

შენაცვლების სქემის საფუძველზე, პრაქტიკაში აპრობირებული ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლებში დამუშავებული მეთოდების გამოყენებით, შედგენილია ორი ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვების პარალელურად ჩართული ძალოვანი კაბელების პარამეტრების საანგარიშო გამოსახულებები:

$$\begin{aligned}
 Z' &= Z'_g + Z'_{g1} + Z'_{g2} ; \\
 Z'' &= Z''_g + Z''_{g1} + Z''_{g2} ; \\
 \Delta Z &= Z' - Z'' ; \\
 \Delta U &= I' Z' = I'' Z'' ; \\
 K_{\text{ფთ}Z} &= \frac{Z'}{Z''} ; \\
 I_{\Sigma} &= I' + I'' ; \\
 \Delta I &= I' - I'' ; \\
 K_{\text{ფთ}I} &= \frac{I''}{I'} , \tag{3}
 \end{aligned}$$

სადაც:

Z' და Z'' – შესაბამისად, პირველი და მეორე კაბელის ერთიდაიგივე ფაზის ჯამური წინააღმდეგობაა, ომი;

ΔZ – ძარღვების ჯამური წინააღმდეგობებს შორის განსხვავებაა, ომი;

ΔU – ძაბვის ვარდნაა, ვ;

$K_{\text{თ}Z}$ – კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვების წინააღმდეგობებს შორის უთანაბრობის კოეფიციენტი;

ΔI – კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვებში გამავალ დენებს შორის სხვაობა, ა;

$K_{\text{თ}I}$ – კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვებში გამავალი დენებს შორის უთანაბრობის კოეფიციენტი.

აღსანიშნავია, რომ კაბელის მიერთების კონტაქტი და შესაბამისად, წინააღმდეგობა, ექსპლუატაციის პერიოდში, ტემპერატურის ზემოქმედების შედეგად, თანდათან უარესდება. თავის მხრივ, კონტაქტის გარდამავალი წინააღმდეგობა ძარღვში გამავალი დენის სიდიდეზეა დამოკიდებული $R_g = f(I)$.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, პარალელურად ჩართული კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვებში გამავალი დენების უთანაბრობა გამოწვეულია ძარღვების საწყისსა და ბოლოში მიერთების კონტაქტების გარდამავალი წინააღმდეგობების განსხვავების შედეგად.

წარმოდგენილი (3) გამოსახულებების გარდაქმნის საფუძველზე, მიღებულია კაბელების ძარღვების დენებს შორის სხვაობის ჯამურ დატვირთვის დენზე დამოკიდებულების ფორმულა:

$$\Delta I = K_{\text{თ}Z} I_{\Sigma} . \quad (4)$$

როგორც (4) გამოსახულებიდან ჩანს, პარალელურად ჩართული კაბელების ერთი ფაზის ძარღვებში გამავალ დენებს შორის სხვაობა ΔI , ერთიდაიგივე წინააღმდეგობის უთანაბრობის კოეფიციენტის $K_{\text{თ}Z}$ პირობებში, მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ორივე ძარღვში გამავალი ჯამური დენზე I_{Σ} .

მნიშვნელოვანია, რომ პარალელურად ჩართული ძალოვანი კაბელების დაცვისათვის, რიგ შემთხვევაში, განივი დიფერენციალური დაცვა გამოიყენება. რადგან, განივი დიფერენციალური დაცვის პრინციპი დაფუძნებულია სხვადასხვა კაბელის ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვებში გამავალი დენების სხვაობაზე, გამჭოლი მოკლედ შერთვებისას,

გარდამავალი წინააღმდეგობების უთანაბრობით განპირობებული დენის მნიშვნელობამ შეიძლება გადააჭარბოს დაცვის ამოქმედების დენს და ადგილი ჰქონდეს საკაბელო ხაზის ყალბ ამორთვას.

2.3. სამძარღვა პარალელურად ჩართული ნპიშკ-ში მიმდინარე ელექტრომაგნუტური პროცესების გამოკვლევა არასიმეტრიული დატვირთვების პირობებში

მნიშვნელოვანია, რომ სამძარღვა კაბელის ეკრანში, ემმ-ს ერთდროულად აინდუქტირებს კაბელის სამივე ძარღვში გამავალი დენების მიერ შექმნილი ჯამური მაგნიტური ველი. შესაბამისად, სამძარღვა ნპიშკ-ში მიმდინარე ელექტრომაგნუტური პროცესები, ერთიდაიგივე სიმძლავრის გადაცემისას, ძარღვებში გამავალი დენების (I_A , I_B , I_C) სიმეტრიისა და ასიმეტრიის შემთხვევაში, განსხვავებულად მიმდინარეობს და კაბელის ეკრანში გამოწვეული დანაკარგები მნიშვნელოვნად განსხვავებულია. კერძოდ, სიმეტრიული დატვირთვისას, კაბელის ძარღვებში (ნახ. 17) დაახლოებით თანაბარი სიდიდის დენი გადის $I_A \approx I_B \approx I_C$, ამ დენების ვექტორების (ნახ. 18,ა) ჯამი დაახლოებით ნულის ტოლია $\vec{I}_\Sigma = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C \approx 0$.

ასევე, დაახლოებით თანაბარია დენების მიერ შექმნილი ელექტრული ველების ნაკადების მნიშვნელობები $\Phi_A \approx \Phi_B \approx \Phi_C$ და ნულის ტოლია ნაკადების ვექტორების (ნახ. 18,ბ) ჯამი $\vec{\Phi}_\Sigma = \vec{\Phi}_A + \vec{\Phi}_B + \vec{\Phi}_C \approx 0$. შესაბამისად, ნულის ტოლია ჯამური ნაკადის მიერ ეკრანში დაინდუქტირებული ემმ, მის მიერ შექმნილი დენი და გამოწვეული აქტიური სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგები.

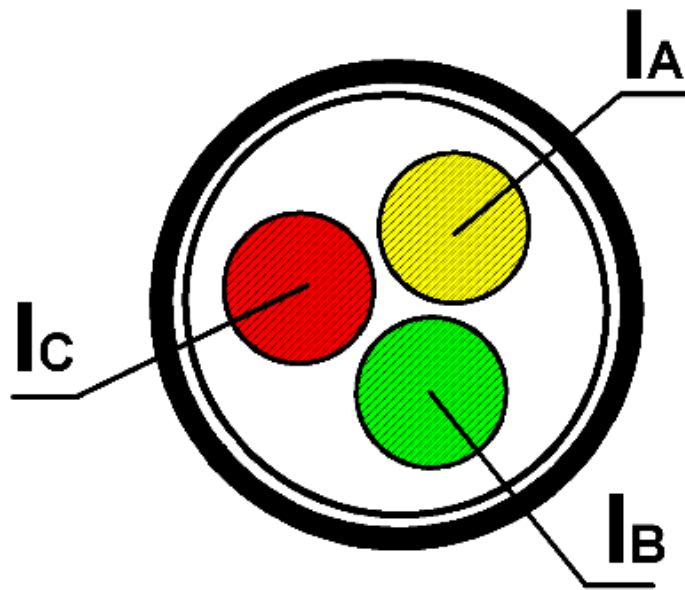
სამფაზა კაბელის არასიმეტრიული დატვირთვისას, როცა კაბელის თითოეულ ძარღვში (ნახ. 17) განსხვავებული სიდიდის დენი გადის $I_A \neq I_B \neq I_C$, ამ დენების ვექტორების (ნახ. 19,ა) ჯამი ნულისგან განსხვავებულია:

$$\vec{I}_\Sigma = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C \neq 0. \quad (5)$$

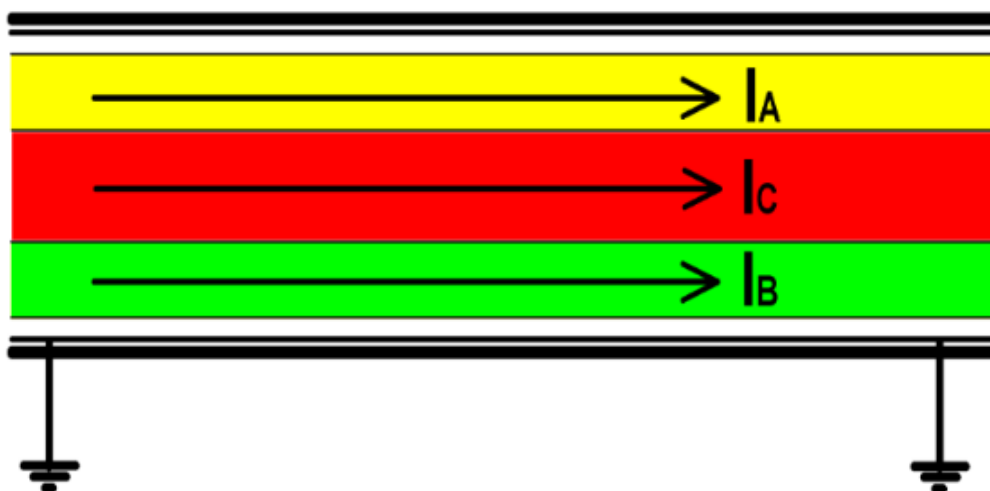
ასევე ურთიერთ განსხვავებულია დენების მიერ შექმნილი ელექტრული ველების ნაკადები (ნახ. 19, ბ) $\Phi_A \neq \Phi_B \neq \Phi_C$ და მათი ვექტორების ჯამი:

$$\vec{\Phi}_{\Sigma} = \vec{\Phi}_A + \vec{\Phi}_B + \vec{\Phi}_C \approx 0. \quad (6)$$

შედეგად, ჯამური ნაკადი ეკრანში დააინდუქტირებს ემმ-ს და შეიქმნება დენი, რომელიც ეკრანში გამოიწვევს აქტიური სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგებს.

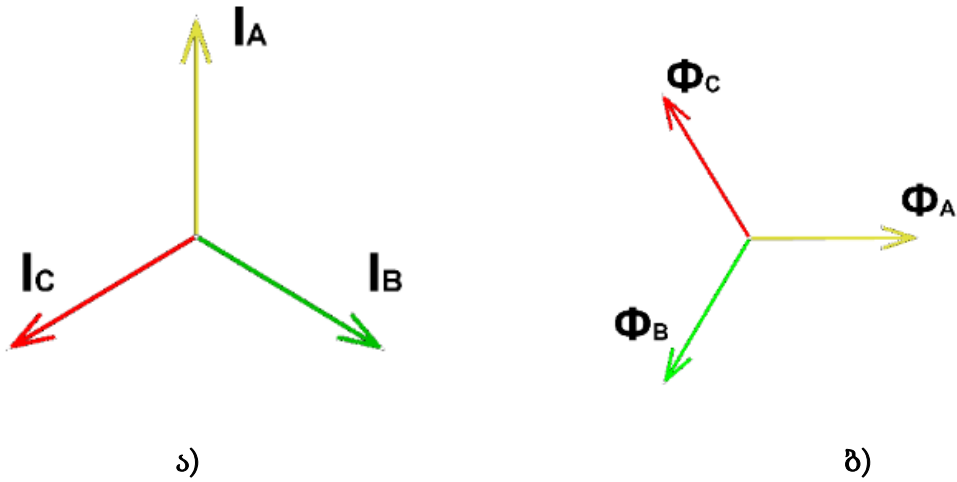


ა)

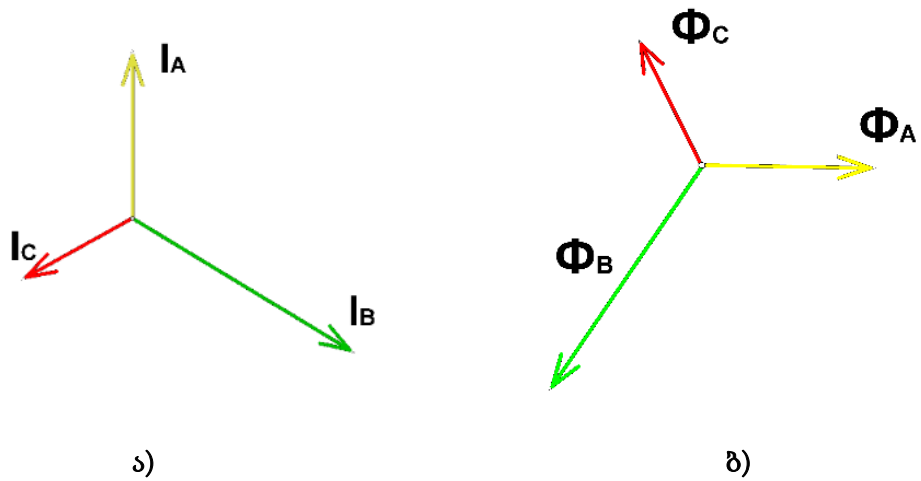


ბ)

ნახ. 17. სამხარლვა კაბელის ძარღვებში გამავალი დატვირთვის დენების განაწილების სქემა



ნახ. 18. ა) კაბელის დატვირთვის დენების და ბ) დატვირთვის დენების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის ნაკადების ვექტორული დიაგრამა სიმეტრიული დატვირთვისას



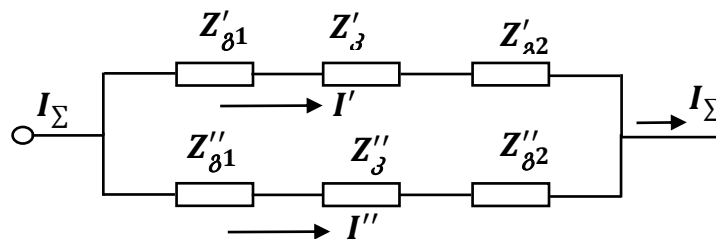
ნახ. 19. კაბელის დატვირთვის დენების და ბ) დატვირთვის დენების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის ნაკადების ვექტორული დიაგრამა სიმეტრიული დატვირთვისას

კაბელის თითოეული ფაზის ძარღვში დატვირთვის დენის გავლის შედეგად გამოწვეული დანაკარგები შემდეგი გამოსახულებებით განისაზღვრება:

$$\begin{aligned}
 \Delta W_{\text{ძარ}A} &= 2R \int_0^t I_{\text{ძარ}A} dt ; \\
 \Delta W_{\text{ძარ}B} &= 2R \int_0^t I_{\text{ძარ}B} dt; \\
 \Delta W_{\text{ძარ}C} &= 2R \int_0^t I_{\text{ძარ}C} dt ,
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

სადაც R – კაბელის ძარღვების აქტიური წინააღმდეგობაა, ომი; $I_{ძარA}$, $I_{ძარB}$, $I_{ძარC}$ – კაბელის A, B და C ფაზის ძარღვებში გამავალი დენის მოქმედი მნიშვნელობა, ა.

პარალელურად ჩართულ კაბელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევისათვის შედგენილია შენაცვლების სქემა (ნახ. 20). ნახაზზე დატანილია შემდეგი აღნიშვნები: $Z'_{გ1}$ და $Z''_{გ1}$ – პირველი კაბელის ძარღვის დასაწყისსა და ბოლოში მიერთების კონტაქტის გარდამავალი წინააღმდეგობა, ომი; Z'_z – პირველი კაბელის ძარღვის წინააღმდეგობა, ომი; $Z'_{გ2}$ და $Z''_{გ2}$ – მეორე კაბელის ძარღვის დასაწყისსა და ბოლოში მიერთების კონტაქტის გარდამავალი წინააღმდეგობა, ომი; Z''_z – მეორე კაბელის ძარღვის წინააღმდეგობა, ომი; I' და I'' – შესაბამისად, პირველ და მეორე კაბელში გამავალი დენი, ა; I_Σ – ჯამური დატვირთვის დენი, ა.



ნახ. 20. პარალელურად ჩართული სამფაზა კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვების შეერთების შენაცვლების სქემა

შენაცვლების სქემის საფუძველზე, პრაქტიკაში აპრობირებული ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლებში დამუშავებული მეთოდების გამოყენებით, შედგენილია ორი ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვების პარალელურად ჩართული ძალოვანი კაბელების პარამეტრების საანგარიშო გამოსახულებები:

$$Z' = Z'_z + Z'_{გ1} + Z'_{გ2} ;$$

$$Z'' = Z''_z + Z''_{გ1} + Z''_{გ2} ;$$

$$\Delta Z = Z' - Z'' ;$$

$$\Delta U = I'Z' = I''Z'' ;$$

$$K_{\text{უთ}Z} = \frac{Z'}{Z''} ;$$

(8)

$$I_{\Sigma} = I' + I'' ;$$

$$\Delta I = I' - I'' ;$$

$$K_{\text{უთ}I} = \frac{I''}{I'} ,$$

სადაც Z' და Z'' – შესაბამისად, პირველი და მეორე კაბელის ერთიდაიგივე ფაზის ჯამური წინააღმდეგობაა, ომი; ΔZ – ძარღვების ჯამური წინააღმდეგობებს შორის განსხვავებაა, ომი; ΔU – ძაბვის ვარდნაა; ა, ვ; $K_{\text{უთ}Z}$ – კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვების წინააღმდეგობებს შორის უთანაბრობის კოეფიციენტი; ΔI – კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვებში გამავალ დენებს შორის სხვაობაა, ა; $K_{\text{უთ}I}$ – კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვებში გამავალი დენებს შორის უთანაბრობის კოეფიციენტი. აღსანიშნავია, რომ კაბელის მიერთების კონტაქტი ექსპლუატაციის პერიოდში თანდათან უარესდება. ამავდროულად, კონტაქტის გარდამავალი წინააღმდეგობა გამავალი დენის ფუნქციაში იცვლება $R_g = f(I)$.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, პარალელურად ჩართული კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვებში გამავალი დენების უთანაბრობა გამოწვეულია ძარღვების საწყისსა და ბოლოში მიერთების კონტაქტების გარდამავალი წინააღმდეგობების განსხვავების შედეგად.

წარმოდგენილი (8) გამოსახულებების გარდაქმნის საფუძველზე, მიღებულია კაბელების ძარღვების დენებს შორის სხვაობის ჯამურ დატვირთვის დენზე დამოკიდებულების ფორმულა:

$$\Delta I = K_{\text{უთ}Z} I_{\Sigma} . \quad (9)$$

როგორც (9) გამოსახულებიდან ჩანს, პარალელურად ჩართული კაბელების ერთი ფაზის ძარღვებში გამავალ დენებს შორის სხვაობა ΔI , ერთიდაიგივე წინააღმდეგობის უთანაბრობის კოეფიციენტის $K_{უთან}$ პირობებში, მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ორივე ძარღვში გამავალი ჯამური დენზე I_{Σ} .

მნიშვნელოვანია, რომ პარალელურად ჩართული ძალოვანი კაბელების დაცვისათვის, რიგ შემთხვევაში, განივი დიფერენციალური დაცვა გამოიყენება.

რადგან, განივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია პარალელურად ჩართული კაბელის ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვებში გამავალი დენების სხვაობაზე, გამჭოლი მოკლედ შერთვებისას, გარდამავალი წინააღმდეგობების უთანაბრობით განპირობებული დენის მნიშვნელობამ, შეიძლება გადააჭარბოს დაცვის ამოქმედების დენს და ადგილი ჰქონდეს საკაბელო ხაზის ყალბ ამორთვას.

გამოკვლეულია სამძარღვა პარალელურად ჩართული ნპიმკ-ში მიმდინარე ელექტრომაგნუტური პროცესები დამახინჯებული ფორმის დატვირთვის დენის პირობებში.

**თავი 3. ერთძარღვა ნპიშ კაბელებში მიმდინარე
ელექტრომაგნუტური პროცესების გამოკვლევა, სიმპლავრისა და
ელექტროენერჯის დანაკარგების გამომწვევი მიზეზების
დადგენა და შეფასება**

**3.1. ერთძარღვა ნპიშ კაბელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური
პროცესების გამოკვლევა და ეკრანის დამიწების მეთოდის გავლენა
ელექტრომაგნიტურ პროცესებზე**

ბოლო პერიოდში საშუალო და მაღალი ძაბვის ქსელებში (6-500 კვ), ელექტრომოხმარების დონის და ელექტრული დატვირთვების სიმკვრივის ინტენსიური ზრდის შედეგად, ერთძარღვა პოლიეთილენის ნაქსოვი იზოლაციით შესრულებული ძალური კაბელების გამოყენება სულ უფრო და უფრო აუცილებელი ხდება.

ერთძარღვა ნპიშ კაბელები, ძარღვის ძაბვის მაღალი დონის გამო, აღჭურვილია კარგი ელექტრული გამტარებლობის მქონე მასალისგან (სპილენძი) დამზადებული ეკრანით. შესაბამისად, ეკრანის ძირითად დანიშნულებას კაბელის მთავარ იზოლაციაზე მოქმედი ელექტრული ველის თანაბრად განაწილება წარმოადგენს და იგი შესაძლებელია მხოლოდ ეკრანის მინიმუმ ერთმხრივ დამიწების პირობებში [20].

ერთფაზა საკაბელო ხაზების პროექტირებისა და ექსპლუატაციისას მნიშვნელოვანი პრობლემები წარმოიქმნება კაბელის ეკრანში დაინდუქტირებული გრძივი დენებისა და ძაბვის შეზღუდვის აუცილებლობის გამო. კაბელის ეკრანში დაინდუქტირებული გრძივი დენებისა და ძაბვის, ეკრანის ერთმხრივი დამიწების ან ტრანსპოზიციის საშუალებით, ეკრანში წარმოიქმნება ძაბვა, რომელიც მნიშვნელოვნად აღემატება გარსაცმის ელექტრულ სიმტკიცეს. ასევე, იგი საფრთხეს უქმნის კაბელთან ახლოს მყოფ ადამიანებს. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია კაბელის ეკრანში დაინდუქტირებული დენისა და ძაბვის განსაზღვრის

მათემატიკური მოდელის დაზუსტება, კაბელების ოპტიმალური კვეთების შერჩევისათვის [21].

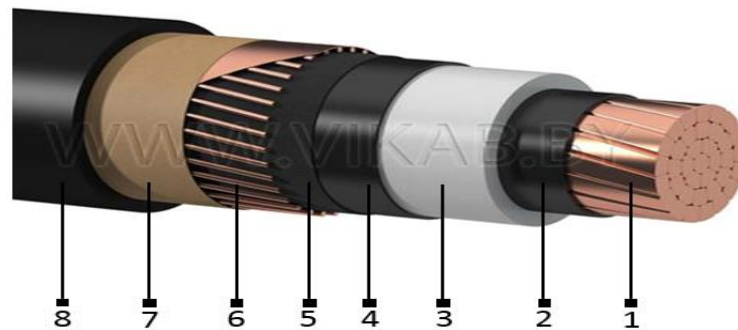
აღნიშნულიდან გამომდინარე, ელექტრომომარაგების ქსელის მუშაობის საიმედოობის ამაღლებისათვის, სამფაზა ორი პარალელურად ჩართული სამძარღვა კაბელებით შესრულებული საკაბელო ხაზების ჩანაცვლების, ქსელის სამონტაჟო სამუშაოების გასამარტივებლად, ენერგეტიკული მაჩვენებლების გაუმჯობესებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლებისათვის საჭიროა დეტალურად იქნეს გამოკვლეული ერთფაზა საკაბელო ხაზებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესები (ემპ), როგორც მუშაობის ნორმალური, ასევე ქსელში წარმოქმნილი მოკლედშერთვებისათვის განისაზღვროს ემპ-ის მიერ გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგები. დადგინდეს ემპ-ის მიერ წარმოქმნილი გადაძაბვების მიზეზები, კაბელის ძარღვების, იზოლაციისა და ეკრანის გახურების მიზეზები. განისაზღვროს ემპ-ის გავლენა კაბელის ენერგეტიკულ მაჩვენებლებზე, ტემპერატურულ რეჟიმებზე გამტარუნარიანობაზე.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საშუალო და მაღალი ძაბვის ერთფაზა კაბელებით შესრულებულ სამფაზა ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა, მათ მიერ ქსელის ელემენტებში გამოწვეული ძაბვის, სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების მიზეზების გამოვლენა და შეფასება, მათი კონსტრუქციული შესრულების გავლენის დადგენა მუშაობის რეჟიმებზე, ელექტრომომარაგების საიმედოობასა და ქსელის მდგრადი მუშაობის გარანტიას წარმოადგენს.

შესაბამისად, დაისახა ამოცანა ერთძარღვა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული კაბელებით სამფაზა საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევისათვის შესრულებ მიღებული შედეგების ანალიზის, კრიტიკული შეფასებისა და განზოგადოების საფუძველზე, მომზადდეს საპროექტო და

საექსპლუატაციო ღონისძიებების ნუსხა, რომელიც უზრუნველყოფს ქსელის მუშაობის საიმედოობისა და მდგრადობის ამაღლებას, ენერგეტიკული მაჩვენებლებისა და ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესებას, საექსპლოატაციო უსაფრთხოებას.

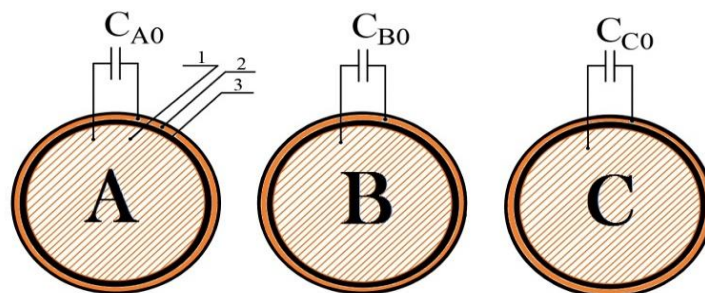
ერთძარღვა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული კაბელის კონსტრუქციული ნახაზი 21-ა.



ნახ. 21-ა. ერთძარღვა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული კაბელის კონსტრუქცია:

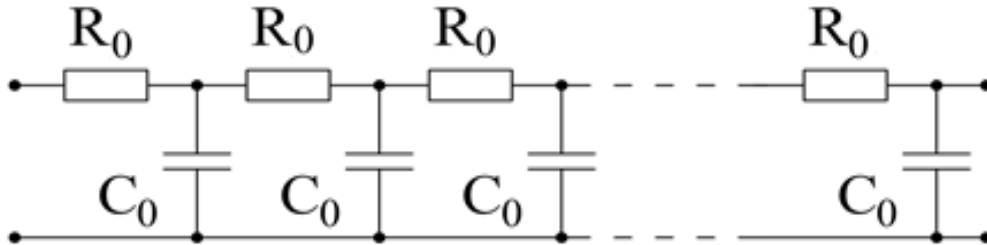
1 – დენგამტარი ძარღვი; 2 – ნაქსოვი პოლიეთილენის (ნპ) ეკრანი; 3 – ძარღვის ნპ-ის ძირითადი იზოლაცია; 4 – ნპ-ის ეკრანი; 5 – ნპ-ის წყალშემზღუდავი შრე (ეკრანი); 6 – სპილენძის ლენტით შეკრული მავთულებიანი ეკრანი; 7 – ეკრანსადა გარსაცმს შორის გამყოფი შრე; 8 – კაბელის პოლიეთილენის დამცავი გარსაცმი

ერთძარღვა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული კაბელის კონსტრუქციის საფუძველზე, შედგენილია ერთძარღვა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელის კონსტრუქციულ - ელექტრული სქემა. (ნახ. 21-ბ).



ნახ. 21-ბ. ერთძარღვა ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელის კონსტრუქციულ - ელექტრული სქემა

კონსტრუქციულ-ელექტრული სქემის საფუძველზე დამუშავებულია ერთძარღვა კაბელის საანგარიშო ელექტრული სქემა (ნახ. 22).



ნახ. 22. ერთძარღვა კაბელის საანგარიშო ელექტრული სქემა

სამი ერთძარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა ქსელში (ნახ. 21-ა) არსებული აქტიური სიმძლავრისა და ენერგიის დანაკარგები, სამივე ფაზის დანაკარგების ჯამს წარმოადგენს.

$$\Delta P_{საკ. ქს} = \Delta P_{კაბA} + \Delta P_{კაბB} + \Delta P_{კაბC} . \quad (10)$$

მეტალის დამცავი ეკრანის მქონე ერთძარღვა კაბელისათვის (მაგალითად A ფაზისათვის), ჯამური აქტიური სიმძლავრისა და ენერგიის დანაკარგები, შემდეგი გამოსახულებით განისაზღვრება:

$$\begin{aligned} \Delta P_{კაბA} &= \Delta P_{იზოლA} + \Delta P_{იზოლA} + \Delta P_{გარA} , \\ \Delta W_{კაბA} &= \Delta W_{ძარA} + \Delta W_{ძარA} + \Delta W_{გარA} \end{aligned} \quad (11)$$

სადაც: $\Delta P_{ძარA}$, $\Delta W_{ძარA}$ - შესაბამისად, კაბელის ძარღვის 1 (ნახ. 21-ბ) R_0 აქტიურ წინაღობაში (ნახ. 22) დატვირთვის დენის გავლის შედეგად ძარღვის გახურებაზე გამოყოფილი ჯოულ - ლენცის სითბოზე დახარჯული აქტიური სიმძლავრისა და აქტიური ენერგიის დანაკარგებია, კვტ, კვტ.სთ;

$\Delta P_{იზოლA}$, $\Delta W_{იზოლA}$ - შესაბამისად, კაბელის ძარღვისა 1 და ეკრანს 2 შორის არსებულ C_{AO} , C_{AO} , C_{BO} ტევადობებში (ნახ. 21-ბ) წარმოქმნილი ტევადური დენით განპირობებული, კაბელის იზოლაციის 3 გახურებაზე

დახარჯული აქტიური სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგებია, კვტ (კვტ.სთ);

$\Delta P_{გრA}$, $(\Delta W_{გრA})$ – შესაბამისად, კაბელის გარსაცმში ძარღვში გამავალი დენის შედეგად აღძრული ემმ - ის შედეგად შექმნილი დენებით განპირობებული გარსაცმის გახურებაზე დახარჯული სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგებია, კვტ (კვტ.სთ).

3.2. ნპიშ ერთძარღვა საკაბელო ქსელების შენაცვლების საანგარიშო ელექტრული სქემის დამუშავება

აღსანიშნავია, რომ კაბელის იზოლაციაში ტევადური დენების მიერ გამოყოფილი ტემპერატურით განპირობებული აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები, მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული კაბელში გამავალი დენის მრუდის ფორმის დამახინჯების კოეფიციენტზე [14]. შესაბამისად, აქტიური სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგები კაბელის იზოლაციასა და ეკრანში, კაბელის ძარღვში გამავალი დენის მაღალი რიგის ჰარმონიკის მიერ წარმოქმნილ დანაკარგების ჯამს წარმოადგენს:

$$\Delta P_{ოზოლ} = \Delta P_{ოზოლ1} + \Delta P_{ოზოლ2} + \Delta P_{ოზოლ3} + \dots + \Delta P_{ოზოლი},$$

$$\Delta P_{ოზოლ} = \sum_1^n \Delta P_{ოზოლი} ;$$

$$\Delta P_{გრ} = \Delta P_{გრ1} + \Delta P_{გრ2} + \Delta P_{გრ3} + \dots + \Delta P_{გრი},$$

$$\Delta P_{გრ} = \sum_1^n \Delta P_{გრი} ,$$

$$\Delta W_{ოზოლ} = \Delta W_{ოზოლ1} + \Delta W_{ოზოლ2} + \Delta W_{ოზოლ3} + \dots + \Delta W_{ოზოლი},$$

$$WP_{ოზოლ} = \sum_1^n \Delta W_{ოზოლი} ;$$

$$\Delta W_{გრ} = \Delta W_{გრ1} + \Delta W_{გრ2} + \Delta W_{გრ3} + \dots + \Delta W_{გრი},$$

(12)

$$\Delta W_{გრ} = \sum_1^n \Delta W_{გრი} ,$$

სადაც $\Delta P_{ოზოლი}$ ($\Delta W_{ოზოლი}$) - კაბელის ძარღვში გამავალი დენის მაღალი რიგის i -ური ჰარმონიკის მიერ კაბელის ძარღვსა და ეკრანს შორის

იზოლაციაში წარმოქმნილი აქტიური სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგებია, კვტ (კვტ.სთ);

$\Delta P_{კრი} (\Delta W_{კრი})$ - კაბელის მარღვი გამავალი დენის მაღალი რიგის i -ური ჰარმონიკის მიერ კაბელის ეკრანში დაინდუქტირებული ელექტრომაგნიტური ძალის მიერ შექმნილი დენით განპირობებული აქტიური სიმძლავრის (ენერჯის) დანაკარგებია, კვტ (კვტ.სთ).

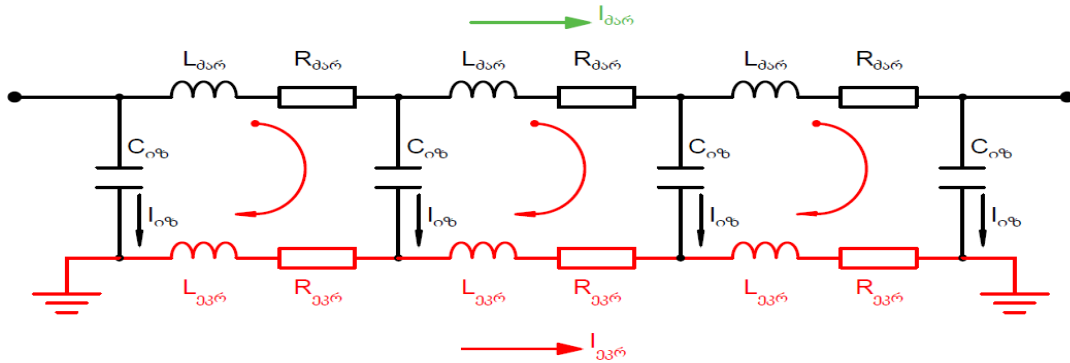
რიგ შემთხვევაში, დიდი სიდიდის და მნიშვნელოვნად დამახინჯებული ფორმის დატვირთვის დენის პირობებში, არა ხაზოვანი დატვირთვის დენის მიერ წარმოქმნილ მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრების გავლენის ეფექტი მნიშვნელოვნად აღემატება სხვა ფაქტორებით განპირობებულ ჯამურ დანაკარგებს.

საშუალო და მაღალი ძაბვის ერთფაზა კაბელებით აღჭურვილი სამფაზა საკაბელო ქსელების მუშაობის საიმედოობა, მდგრადობა, თბური რეჟიმები, კაბელის გამტარუნარიანობა, ენერგეტიკული მაჩვენებლები და ენერგოეფექტურობა მთლიანად განპირობებულია ქსელის ელემენტებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესებით, როგორც მუშაობის ნორმალურ რეჟიმებში, ასევე ავარიისა და ავარიის შემდგომ პერიოდში.

თავის მხრივ, მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა-შესწავლა და პარამეტრების ადეკვატური შეფასება შესაძლებელია განხორციელდეს მხოლოდ ქსელის შენაცვლების ელექტრულ სქემაზე, რომელიც სრულად მოიცავს ქსელის ყველა თავისებურებებს. აღნიშნული მიდგომით, შედგენილია ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებულ ერთფაზა საკაბელო ქსელების შენაცვლების ელექტრული სქემა და წარმოდგენილია ნახ. 23-ზე.

ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელებში წარმოქმნილი სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგები თვითოეულ ფაზაში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესებზეა დამოკიდებული და ქსელი ცალკეული ფაზის კაბელის დატვირთვის ან მოკლედშერთვის დენებითაა განპირობებული.

ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელებში წარმოქმნილი სიმძლავრისა და ელექტროენერგიის დანაკარგები თვითოეულ ფაზაში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესებზეა დამოკიდებული და ქსელი ცალკეული ფაზის კაბელის დატვირთვის ან მოკლედშერთვის დენებითაა განპირობებული.



ნახ. 23. ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებულ ერთძარღვა საკაბელო ქსელების შენაცვლების ელექტრული სქემა.
 $L_{\text{მარ}}, L_{\text{გვრ}}$ – ძარღვისა და ევრანის ინდუქციურობა; $C_{\text{იზ}}$ – ძარღვსა და ევრანს შორის ტევადობა; $R_{\text{მარ}}, R_{\text{გვრ}}$ – ძარღვისა და ევრანის აქტიური წინაღობა; $I_{\text{მარ}}, I_{\text{გვრ}}, I_{\text{იზ}}$ – ძარღვში, ევრანსა და იზოლაციაში გამავალი დენი

ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელებში წარმოქმნილი სიმძლავრისა და ელექტროენერგიის დანაკარგები თვითოეულ ფაზაში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესებზეა დამოკიდებული და ქსელი ცალკეული ფაზის კაბელის დატვირთვის ან მოკლედშერთვის დენებითაა განპირობებული [22].

ერთძარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა ქსელში ჯამური აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები მუშაობის ნორმალური რეჟიმისათვის შემდეგი გამოსახულებით განისაზღვრება:

$$\Delta P_{\text{საკაბ. ქსელ}} = \Delta P_{\text{კაბ } A} + \Delta P_{\text{კაბ } B} + \Delta P_{\text{კაბ } C}, \quad (13)$$

სადაც $\Delta P_{\text{კაბ } A}, \Delta P_{\text{კაბ } B}, \Delta P_{\text{კაბ } C}$ – A, B და C ფაზებში დატვირთვის დენის გავლის შედეგად გამოწვეული აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებია, კვტ.

საკაბელო ქსელის ერთი ფაზის ერთძარღვა კაბელში არსებული აქტიური სიმძლავრისა და აქტიური ენერგიის დანაკარგები შემდეგი გამოსახულებებით განისაზღვრება:

$$\Delta P_{\text{კაბ } A} = \Delta P_{\text{ძარ } A} + \Delta P_{\text{იზ } A} + \Delta P_{\text{ეკრ } A};$$

$$\Delta W_{\text{კაბ } A} = \Delta W_{\text{ძარ } A} + \Delta W_{\text{იზ } A} + \Delta W_{\text{ეკრ } A}, \quad (14)$$

სადაც:

$\Delta P_{\text{ძარ } A}$ – კაბელის ძარღვის აქტიურ წინააღმდეგობაში დატვირთვის დენის გავლის შედეგად გამოყოფილი დანაკარგებია, კვტ. იგი მხოლოდ დატვირთვის დენის სიდიდეზეა დამოკიდებული;

$\Delta P_{\text{იზ } A}$ – კაბელის ძარღვისა და გარსაცმის შორის იზოლაციაში ტევადური დენით განპირობებული დანაკარგებია, კვტ. იგი დამოკიდებულია კაბელის ძარღვსა და ეკრანს შორის წარმოქმნილ ძაბვის სიდიდესა და სიხშირეზე. მნიშვნელოვანია, რომ დამახინჯებული ძაბვის მრუდის ფორმის შემთხვევაში, იგი დამოკიდებულია მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრებზე;

$\Delta P_{\text{ეკრ } A}$ – კაბელის ეკრანში ძარღვში გამავალი დენის შედეგად აღძრული ემდ-ის შედეგად განპირობებული დენებით განპირობებული დანაკარგებია, კვტ;

მნიშვნელოვანია, რომ ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესები ერთფაზა ორგრაფილა ძალოვან ტრანსფორმატორში, მიმდინარე პროცესების ანალოგიურია. კერძოდ, ორმხრივ დამიწებული ეკრანის პირობებში კაბელში მიმდინარე პროცესები მოკლედშერთვის რეჟიმში მომუშავე ძალოვანი ტრანსფორმატორის იდენტურია, ხოლო ერთმხრივ დამიწებული და ტრანსპოზიცირებული ეკრანის შემთხვევებში უქმი სვლის რეჟიმში მომუშავე ძალოვანი ტრანსფორმატორისა. შესაბამისად, ერთფაზა ძალოვანი გაბელების შესწავლისას, შეიძლება გამოვიყენოთ ძალოვანი ტრანსფორმატორების შენაცვლების სქემები შემოთავაზებული შენაცვლების სქემის პარამეტრების გათვალისწინებით.

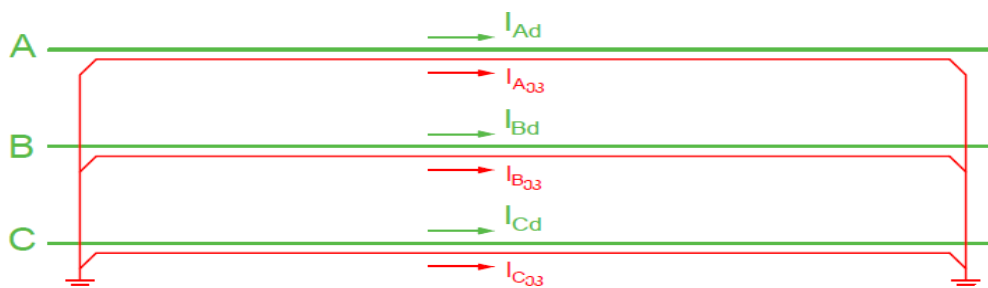
3.3. ნპიშ ერთძარღვა სამფაზა საკაბელო ხაზების ეკრანის დამიწების მეთოდის გავლენა ელექტროენერჯის დანაკარგებზე და ეკრანის დამიწების ოპტიმალური მეთოდის დამუშავება

ელექტრომომარაგების საშუალო ძაბვის ერთძარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელებში, ძირითადად გამოიყენება, ეკრანის დამიწების შემდეგი მეთოდები: „ორმხრივ დამიწებული ეკრანით“ (ნახ. 24), „ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“ (ნახ. 25), „შუა დამიწებული ეკრანით“ (ნახ. 26), დასექციონირებული ეკრანით“ (ნახ. 27), „სრული ციკლით ტრანსპოზიცირებული, შუა დამიწებული ეკრანით“ (ნახ. 28), „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიცირებული შუა დამიწებული ეკრანით“ (ნახ. 29) და „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიცირებული ეკრანით“ (ნახ. 30) [23, 24].

დამიწების ყოველ მეთოდს ტექნიკური და ეკონომიკური თვალსაზრისით გარკვეული ღირსებები და ნაკლოვანებები გააჩნიათ და ქსელის პარამეტრებზეა დამოკიდებული.

ქვემოთ მოცემულია ეკრანის დამიწების არსებული მეთოდები, მათი ღირსებებისა და ნაკლოვანებების შეფასება.

3.3.1. ერთძარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ორმხრივ დამიწებული ეკრანით“



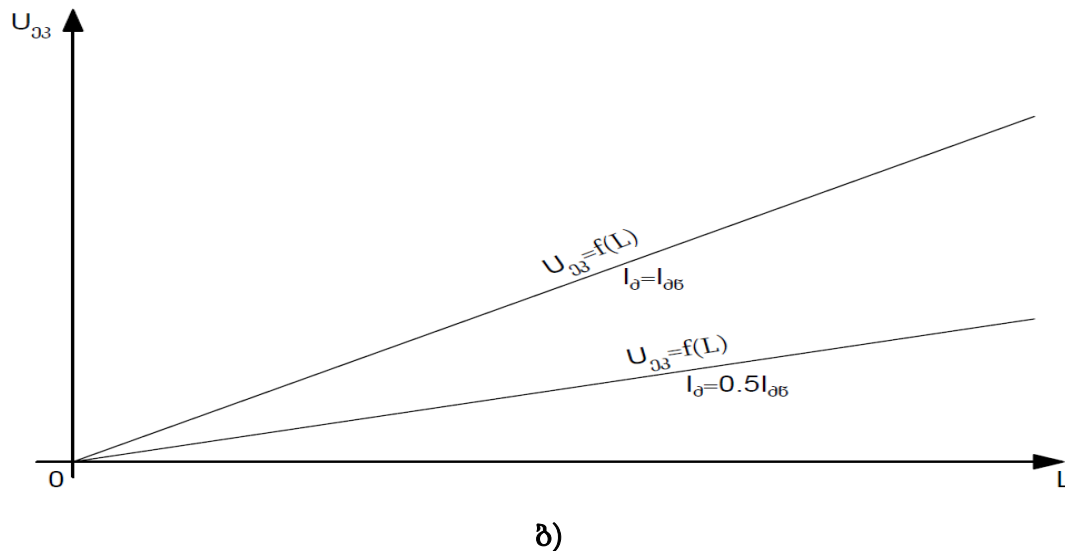
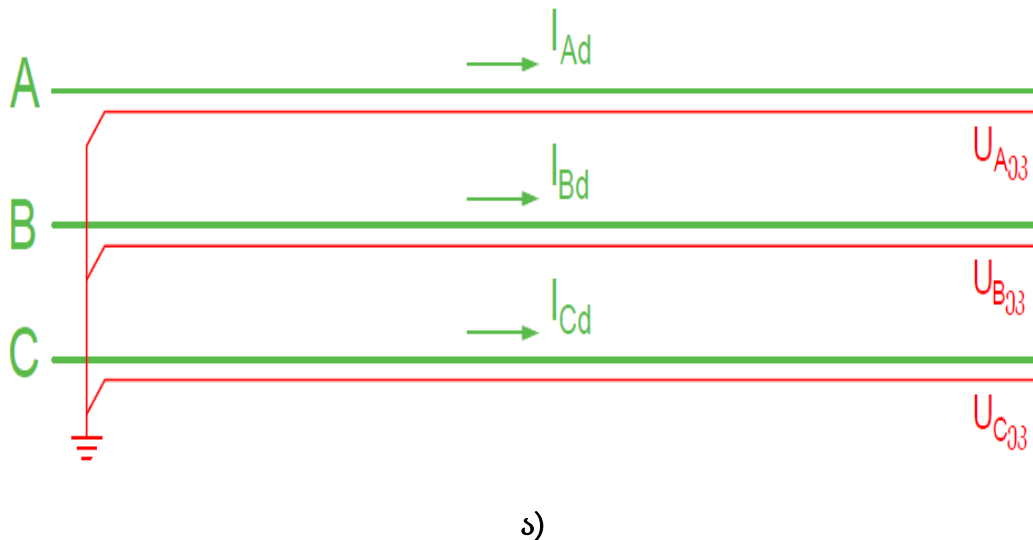
ნახ. 24. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ორმხრივ დამიწებული ეკრანით“

**ეკრანის დამიწების „ორმხრივ დამიწებული ეკრანით“ მეთოდის
შეფასება**

- ორმხრივ დამიწებულ ეკრანში დაინდუქტირებულმა დენმა შეძლება კაბელის ძარღვში გამავალ დენის სიდიდეს მიაღწიოს და ეკრანის მაქსიმალურ დასაშვებ დენს გადააჭარბოს;
- მნიშვნელოვნად ამცირებს კაბელის გამტარუნარიანობას;
- გამოიყენება იშვიათად და მხოლოდ ძალიან მოკლე ხაზების შემთხვევაში.
- მაგალითად: 10 კვ ძაბვის 2500 მეტრი სიგრძის, 500 მმ² კვეთის ძარღვისა და 95 მმ² კვეთის ორმხრივ დამიწებული ეკრანის მქონე კაბელის ძარღვში ნორმალური დამყარებული რეჟიმის 186 ამპერი ძარღვში გამავალი დენის შედეგად ეკრანში გამავალმა დენმა 115 ა შეადგინა. ძარღვში დენის დასაშვებ მნიშვნელობამდე გაზრდის შემთხვევაში პროპორციულად იზრდება დენი ეკრანში და შეადგენს 430 ამპერს რაც 95 მმ² კვეთის ეკრანისათვის თბური რეჟიმიდან გამომდინარე დაუშვებელია.
- „ორმხრივ დამიწებული ეკრანით“ სქემის შემთხვევაში ეკრანში დაინდუქტირებულმა დენმა შეძლება კაბელის ძარღვში გამავალ დენის სიდიდეს მიაღწიოს და ეკრანის მაქსიმალურ დასაშვებ (თერმიული მდგრადობის) დენს გადააჭარბოს.

**3.3.2. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი
„ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“**

ეკრანში დაინდუქტირებული დენის შემცირების, თბური რეჟიმის გაუმჯობესებისა და კაბელის გამტარუნარიანობის გაზრდის მიზნით, გამოიყენება სქემა „ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“ (ნახ. 25) [22, 23].

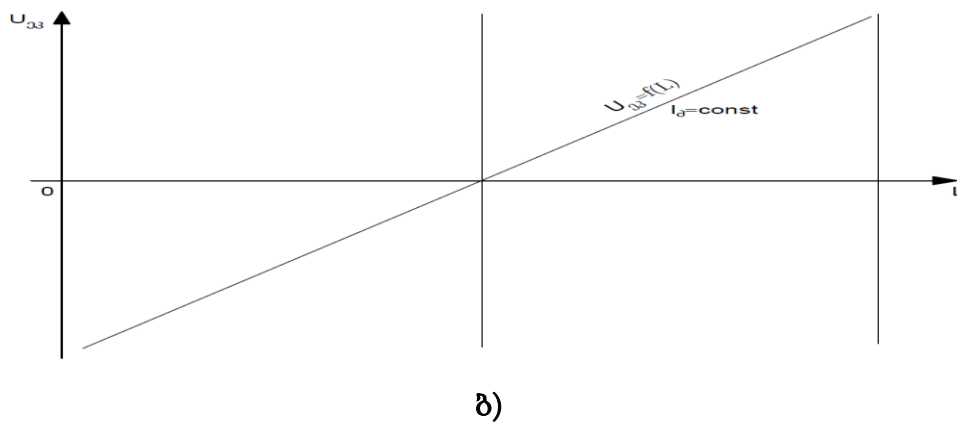
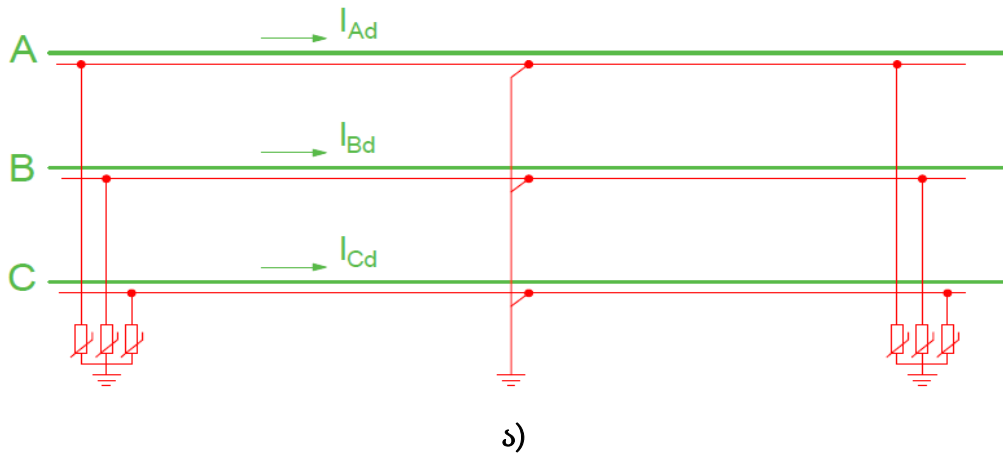


ნახ. 25. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“ ა) და ეკრანში დატვირთვის დენის მიერ დაინდუქტირებული ძაბვის განაწილება ხაზის გასწვრივ ბ) ეკრანის დამიწების „ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“ მეთოდის შეფასება

მნიშვნელოვანია, რომ „ერთმხრივ დამიწებული ეკრანის“ სქემის შემთხვევაში, არ არსებობს ეკრანში დაინდუქტირებული ემმ-ის დენის გავლის კონტური, როგორც მუშაობის ნორმალური რეჟიმის, ასევე საკაბელო ხაზის გარეთ წარმოქმნილი გამჭოლი მოკლედ შერთვისას. ამასთან, ეკრანში ძაბვის სიდიდე კაბელის სიგრძის პროპორციულად იზრდება და ეკრანის დაუმეწებელ ბოლოსა და მიწას შორის მაქსიმალურ მიშვნელობას აღწევს. ასევე, მეზობელი ფაზების ეკრანების დაუმეწებელ ბოლოებს შორის ძაბვა $\sqrt{3}$ – ჯერ აღემატება ერთი ფაზის ეკრანისა და მიწას შორის ძაბვას.

ერთმხრივ დამიწებული ეკრანის გამოყენება შეზღუდულია. იგი გამოიყენება მხოლოდ მოკლე ხაზების შემთხვევაში.

3.3.3. ერთმხრივ კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „შუა დამიწებული ეკრანით“



ნახ. 26. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „შუა დამიწებული ეკრანით“ ა) და ეკრანში დატვირთვის დენის მიერ დაინდუქტირებული ძაბვის განაწილება ხაზის გასწვრივ ბ) ეკრანის დამიწების „შუა დამიწებული ეკრანით“ მეთოდის შეფასება

საკაბელო ხაზები შუა დამიწებული ეკრანით გამოირჩევა მუშაობის მაღალი საიმედოობით, საექსპლუატაციო უსაფრთხოებით, მაღალი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით და გამტარუნარიანობით.

შუა დამიწებული ეკრანის გამოყენება მიზანშეწონილია საშუალო სიგრძის საკაბელო ხაზების შემთხვევაში.

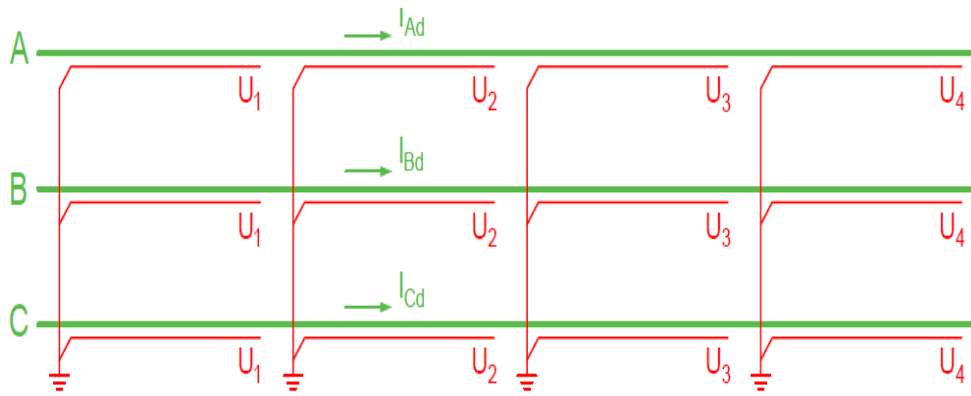
3.3.4. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „დასექციონირებული ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“

ეკრანსა და მიწას შორის წარმოქმნილი ძაბვის შემცირების მიზნით, შემოთავაზებულია სქემა „დასექციონირებული ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“ (ნახ. 26). ამ შემთხვევაში, კაბელის დაუმიწებელი ეკრანის ბოლოს არსებული ძაბვა თანაბრად ნაწილდება სექციებზე. მნიშვნელოვანია, რომ სექციების რაოდენობას ხაზის სიგრძე და გადასაცემი სიმძლავრე (დენი) განსაზღვრავს. ეკრანსა და მიწას შორის, გამჭოლი, მოკლედშერთვების შედეგად წარმოქმნილი გადაძაბვების შემცირებისათვის, ყოველი სექციის დაუმიწებელ ბოლოსთან გათვალისწინებულია გადაძაბვებისაგან შემზღუდავების ჩართვა.

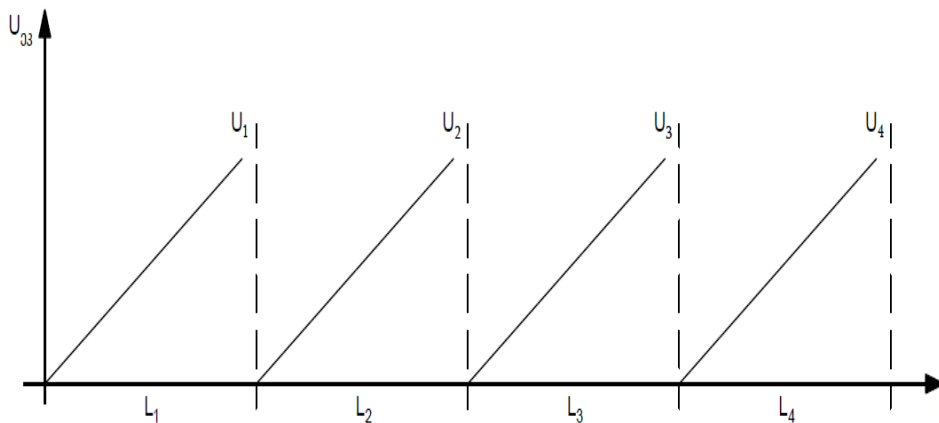
უნდა აღინიშნოს, რომ ერთფაზა საკაბელო ქსელების დასექციონირებული და განსაკუთრებით, ტრანსპოზიცირებული ეკრანით სქემების განხორციელება მოითხოვს ძვირად ღირებულ მოწყობილობებს და დიდი მოცულობის სამონტაჟო სამუშაოებს. ასევე, რთულია მათი საექსპლუატაციო მომსახურება.

საკაბელო ხაზები დასექციონირებული ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით გამოირჩევა მუშაობის მაღალი საიმედოობით, საექსპლუატაციო უსაფრთხოებით, მაღალი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით და გამტარუნარიანობით.

საკაბელო ხაზები დასექციონირებული, ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით გამოყენება გრძელი საკაბელო ხაზების შემთხვევაში.



ა)



ბ)

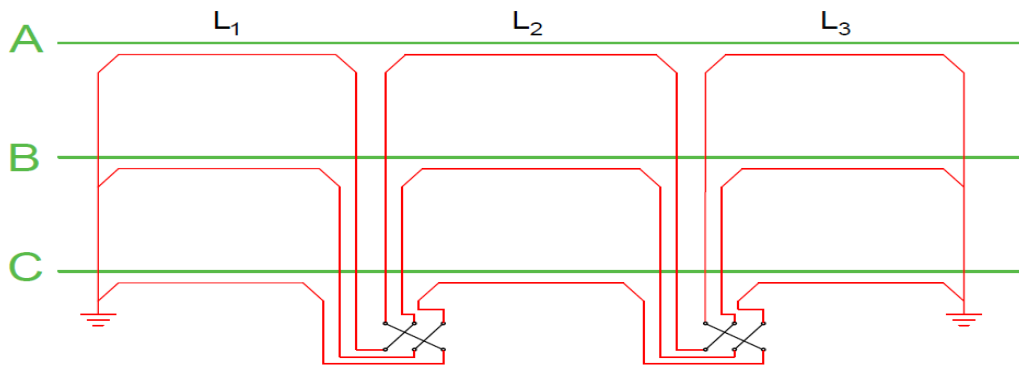
ნახ. 27. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „დასექციონირებული ეკრანით“ ა) და ეკრანში დატვირთვის დენის მიერ დაინდუქტირებული ძაბვის განაწილება საკაბელო ხაზის გასწვრივ ბ). ეკრანის დამიწების „დასექციონირებული ეკრანით“ მეთოდის შეფასება

3.3.5. ერთძარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „სრული ციკლით ტრანსპოზიცირებული ეკრანით“

ეკრანის დამიწების „სრული ციკლით ტრანსპოზიცირებული ეკრანით“ მეთოდის შეფასება

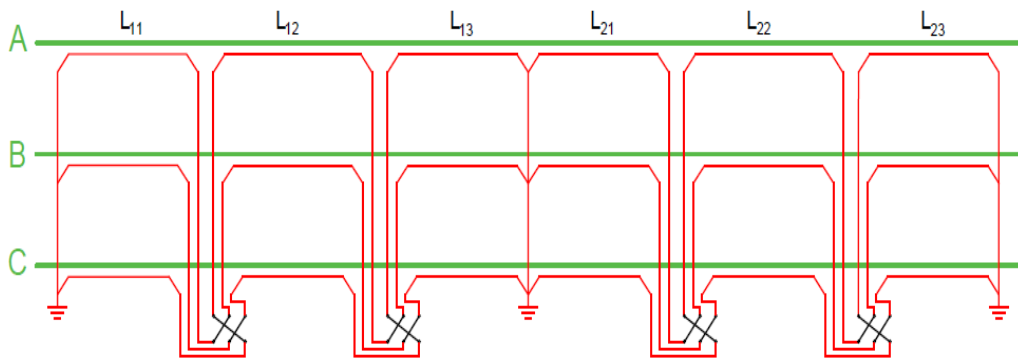
საკაბელო ხაზები ტრანსპოზიცირებული ეკრანით გამოირჩევა მუშაობის მაღალი საიმედოობით, საექსპლუატაციო უსაფრთხოებით, მაღალი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით და გამტარუნარიანობით. გამოირჩევა სამონტაჟო და მაღალი საექსპლუატაციო ხარჯებით.

საკაბელო ხაზები ტრანსპოზიცირებული ეკრანით გამოიყენება გრძელი საკაბელო ქსელები შემთხვევაში.



ნახ. 28. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „სრული ციკლით ტრანსპოზიცირებული ეკრანით“

3.3.6. ერთძარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიცირებული, შუადამიწებული ეკრანით“.



ნახ. 29. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიცირებული და შუადამიწებული ეკრანით“

ეკრანის დამიწების „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიცირებული და შუადამიწებული ეკრანით“ მეთოდის შეფასება

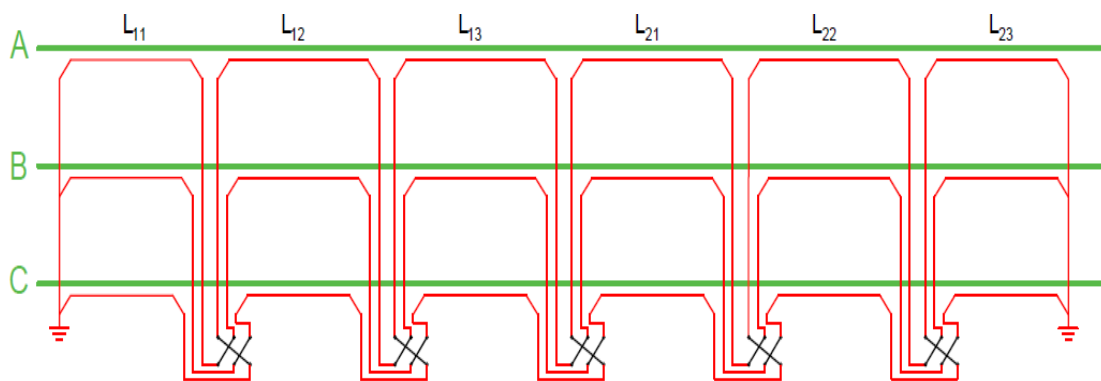
საკაბელო ხაზები ტრანსპოზიცირებული ეკრანით (ხუთი ტრანსპოზიციის ჭით) გამოირჩევა მუშაობის მაღალი საიმედოობით,

საექსპლუატაციო უსაფრთხოებით, მაღალი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით და გამტარუნარიანობით;

ძალიან მაღალია სამშენებლო და საექსპლუატაციო ხარჯები.

საკაბელო ხაზები ორმაგი ტრანსპოზიცირებული ეკრანით (ოთხი ტრანსპოზიციის ჭით) გამოიყენება იშვიათად, ძალიან გრძელი საკაბელო ხაზების შემთხვევაში.

3.3.7. ერთძარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიცირებული ეკრანით“



ნახ. 30. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიცირებული ეკრანით“

ეკრანის დამიწების „ორმაგი ციკლით ტრანსპოზიცირებული ეკრანით“

მეთოდის შეფასება

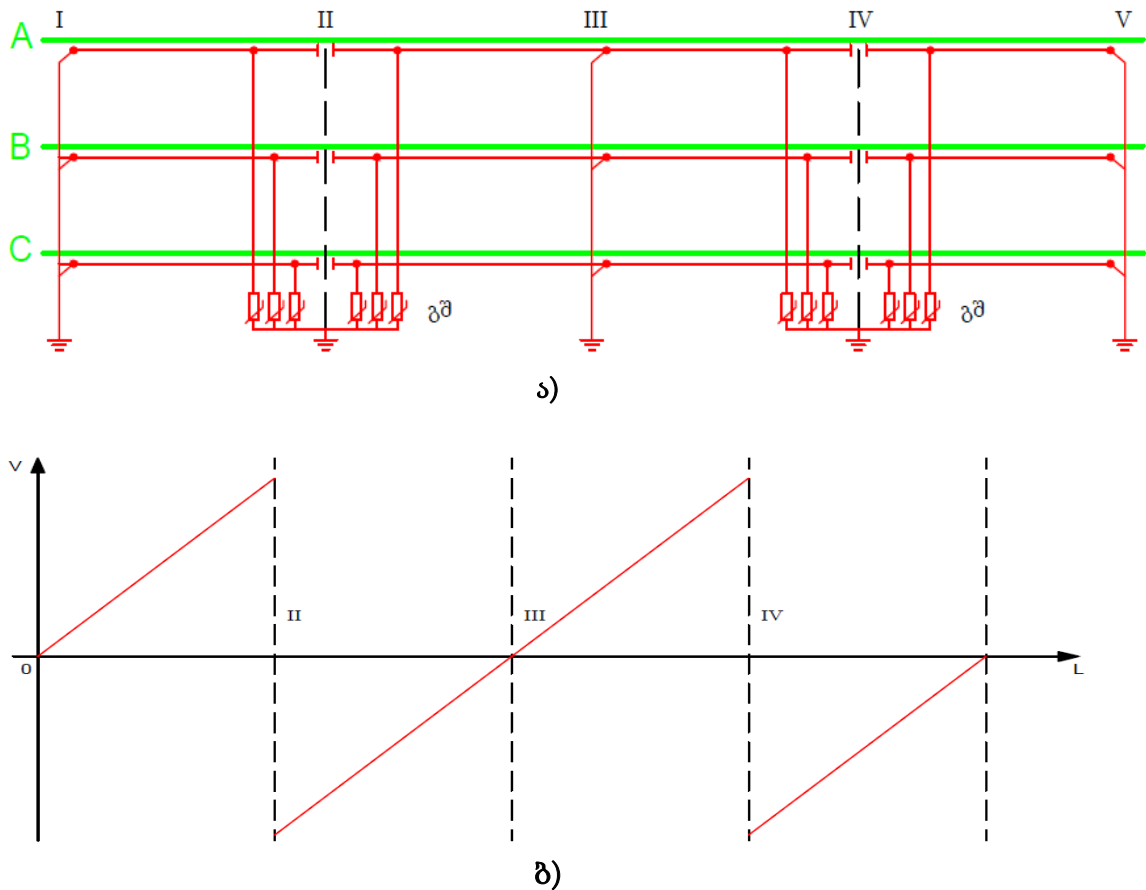
საკაბელო ხაზები ორმაგი ტრანსპოზიცირებული ეკრანით (ხუთი ტრანსპოზიციის ჭით) გამოირჩევა მუშაობის მაღალი საიმედოობით, საექსპლუატაციო უსაფრთხოებით, მაღალი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით და გამტარუნარიანობით;

ძალიან მაღალია საექსპლუატაციო ხარჯები;

საკაბელო ხაზები ორმაგი ტრანსპოზიცირებული ეკრანით (ხუთი ტრანსპოზიციის ჭით) გამოიყენება იშვიათად, ძალიან გრძელი საკაბელო ხაზების შემთხვევაში.

3.3.8. ეკრანის დამიწების „დასექციონირებული შუადამიწებული ეკრანით“

ეკრანის დამიწების არსებული მეთოდების ნაკლოვანებების გამოსწორების მიზნით, ერთფაზა საკაბელო ქსელების ეკრანის დამიწების არსებული მეთოდების ანალიზის საფუძველზე, „დასექციონირებული ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“ და „შუადამიწებული ეკრანით“ მეთოდების სინთეზის საფუძველზე, შემოთავაზებულია ეკრანის დამიწების ოპტიმალური სქემა (მეთოდი): „დასექციონირებული შუადამიწებული ეკრანით“ (ნახ. 31).



ნახ. 31. ერთფაზა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელი „დასექციონირებული შუადამიწებული ეკრანით“ ა) და ეკრანში დატვირთვის დენის მიერ დაინდუქტირებული ძაბვის განაწილება კაბელის გასწვრივ ბ).

3.4. ეკრანის დამიწების „დასექციონირებული შუადამიწებული ეკრანით“ მეთოდის შეფასება

საკაბელო ხაზები „დასექციონირებული შუადამიწებული ეკრანით“ გამოირჩევა მუშაობის მაღალი საიმედოობით, საექსპლუატაციო უსაფრთხოებით, მაღალი ენერგეტიკული მაჩვენებლებით და გამტარუნარიანობით. აღნიშნული სქემის გამოყენება შეიძლება გრძელი საკაბელო ქსელების შემთხვევაში, იგი უზრუნველყოფს ქსელის ძვირად ღირებული მოწყობილობების ეკონომიას, ქსელის სამონტაჟო სამუშაოების მოცულობის შემცირებასა და საექსპლუატაციო მომსახურების გამარტივებას.

ერთფაზა ნპიმ სამფაზა საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევის, მათ მიერ წარმოქმნილი სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების გავლენის დადგენისათვის კაბელის გამტარუნარიანობაზე, შედგენილია საკაბელო ქსელის ელექტრული ჩანაცვლების სქემა. დასაბუთებულია, რომ საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესები ერთფაზა ორგრაგნილა ძალოვან ტრანსფორმატორში მიმდინარე პროცესების ანალოგიურია. კერძოდ, ორმხრივ დამიწებული ეკრანის პირობებში, კაბელის ძარღვსა და ეკრანში მიმდინარე პროცესები მოკლედშერთვის რეჟიმში მომუშავე ძალოვანი ტრანსფორმატორის იდენტურია, ხოლო ერთმხრივ დამიწებული და ტრანსპოზიცირებული ეკრანის შემთხვევებში - უქმი სვლის რეჟიმში მომუშავე ძალოვანი ტრანსფორმატორისა. გამოკვლეულია ერთფაზა კაბელებით შესრულებულ სამფაზა ქსელების ეკრანის დამიწების კონსტრუქციული შესრულების გავლენა ეკრანში წარმოქმნილი ძაბვის, სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგებზე, კაბელის ტემპერატურულ რეჟიმზე, ელექტრომომარაგების საიმედოობაზე, ქსელის მუშაობის მდგრადობაზე და საექსპლუატაციო უსაფრთხოებაზე.

დასაკვნები

1. ნაშრომში ჩატარებული სამუშაოების, საფუძველზე შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

2. ნაქსოვი პოლიეთილენის იზოლაციით შესრულებული პარალელურად ჩართული სამძარღვა კაბელების ერთიდაიგივე ფაზის ძარღვებს შორის დატვირთვის დენის გადანაწილებასთან დაკავშირებით ჩატარებული კვლევების შედეგებით დადასტურებულია, რომ მიუხედავად კაბელების პარამეტრების იდენტურობისა და ერთნაირი საექსპლუატაციო პირობებისა, ერთიდაიგივე ფაზების ძარღვებში გამავალი დენები მნიშვნელოვნად განსხვავებულია ერთმანეთისაგან და რიგ შემთხვევაში, მეტად დატვირთული ძარღვში გამავალი დენი მნიშვნელოვნად აჭარბებს კაბელის, ხანგრძლივ რეჟიმში გახურების პირობით გათვალისწინებულ დასაშვებ საპასპორტო დენს.

3. პარალელურად ჩართული კაბელების შენაცვლების სქემის პარამეტრების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ პარალელურად ჩართულ ძარღვებს შორის გამავალი დენების სხვაობა ძირითადად განპირობებულია კაბელის დასაწყისსა და ბოლოში მიერთებების კონტაქტის გარდამავალ წინააღმდეგობათა უთანაბრობით;

4. შემოთავაზებულია, პარალელურად ჩართული ერთიდაიგივე ფაზების ძარღვების წინააღმდეგობებს შორის უთანაბრობის გამოვლენის მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია პარალელურად ჩართულ ძარღვებში გამავალი ჯამური და ცალკეულ ძარღვებში გამავალი დენების სხვაობის ერთდროულ კონტროლის პრინციპზე.

5. ერთძარღვა ნპიშ შესრულებულ სამფაზა საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევის, მათ მიერ გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების შეფასებისა

და კაბელის გამტარუნარიანობაზე გავლენის დადგენისათვის დამუშავებულია საკაბელო ქსელის ელექტრული შენაცვლების სქემა;

6. დასაბუთებულია, რომ ერთმარღვა კაბელებით შესრულებული სამფაზა საკაბელო ქსელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესები, ერთფაზა ორგრაგნილა ძალოვან ტრანსფორმატორში მიმდინარე პროცესების ანალოგიურია. კერძოდ, ორმხრივ დამიწებული ეკრანის პირობებში მიმდინარე პროცესები მოკლედშერთვის რეჟიმში მომუშავე, ხოლო ერთმხრივ დამიწებული და ტრანსპოზიცირებული ეკრანის შემთხვევებში, უქმი სვლის რეჟიმში მომუშავე ძალოვანი ტრანსფორმატორის იდენტურია. შესაბამისად, ერთფაზა კაბელების კვლევებისას შეიძლება ძალოვანი ტრანსფორმატორების შენაცვლების სქემები გამოვიყენოთ შემოთავაზებული შენაცვლების სქემის პარამეტრების გათვალისწინებით;

7. დასაბუთებულია, რომ ორმხრივ ეკრანდამიწებულ ერთმარღვა კაბელებში ძირითადად დომინირებს კაბელის ეკრანში ძარღვში გამავალი დენის მიერ შექმნილი დენებით განპირობებული დანაკარგები. შესაბამისად, კაბელის თბურ რეჟიმს, გამტარუნარიანობას, ქსელის, მუშაობის საიმედოობასა და მდგრადობას, დიდ წილად, კაბელის ეკრანში წარმოქმნილი დანაკარგები განსაზღვრავს და დამოკიდებულია ეკრანის დამიწების მეთოდზე;

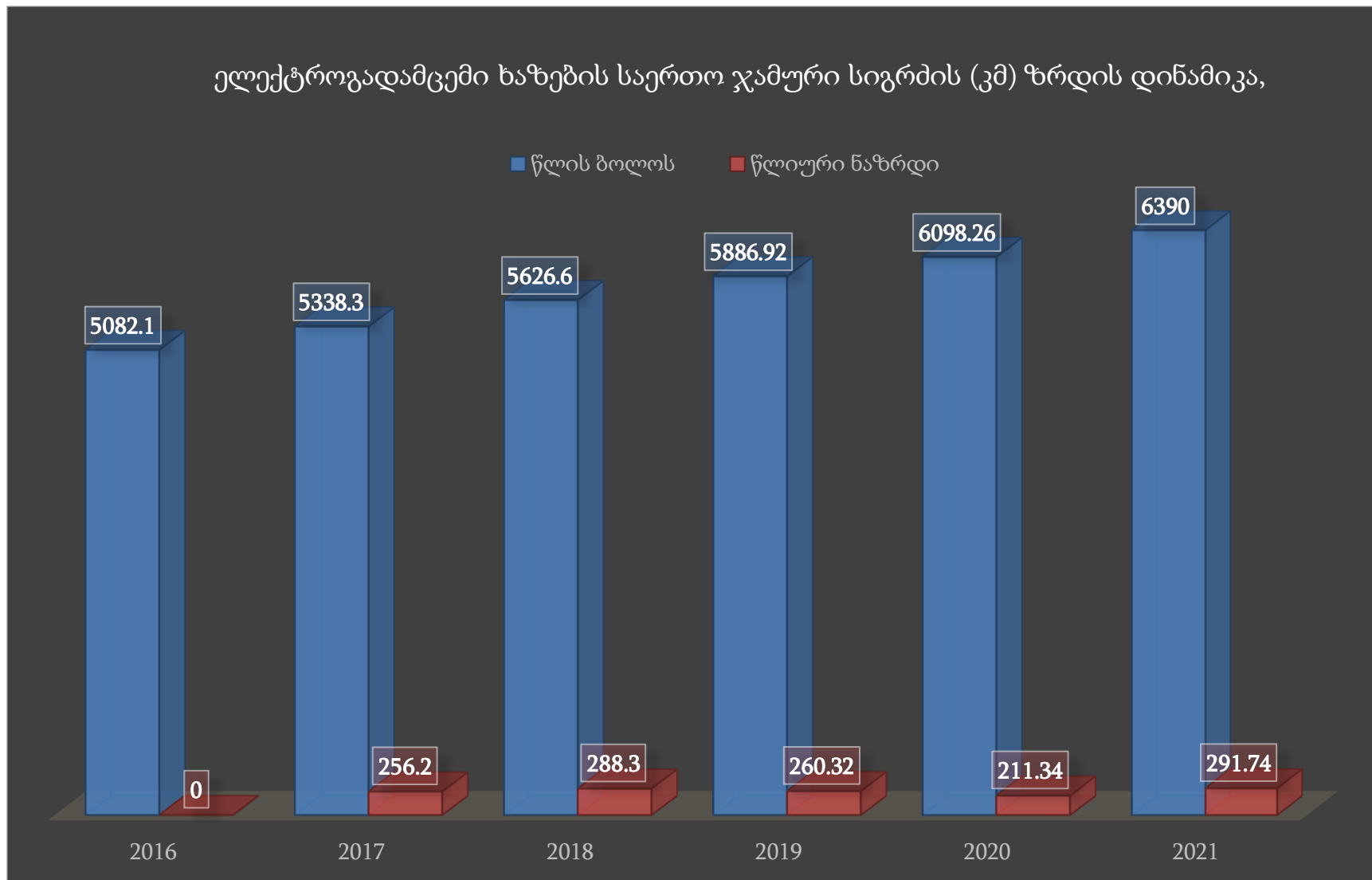
8. ერთმარღვა საკაბელო ქსელების ეკრანის დამიწების მეთოდების „დასექციონირებული ერთმხრივ დამიწებული ეკრანით“ და „შუადამიწებული ეკრანით“ სინთეზის საფუძველზე, დამუშავებულია ეკრანის დამიწების ოპტიმალური მეთოდი: „დასექციონირებული შუადამიწებული ეკრანით“, რომელიც უზრუნველყოფს კაბელის გადამაბვებისაგან დაზიანებას, ქსელის ძვირად ღირებული მოწყობილობების რაოდენობის, სამონტაჟო სამუშაოების მოცულობის შემცირებას და საექსპლუატაციო მომსახურების გამარტივებას.

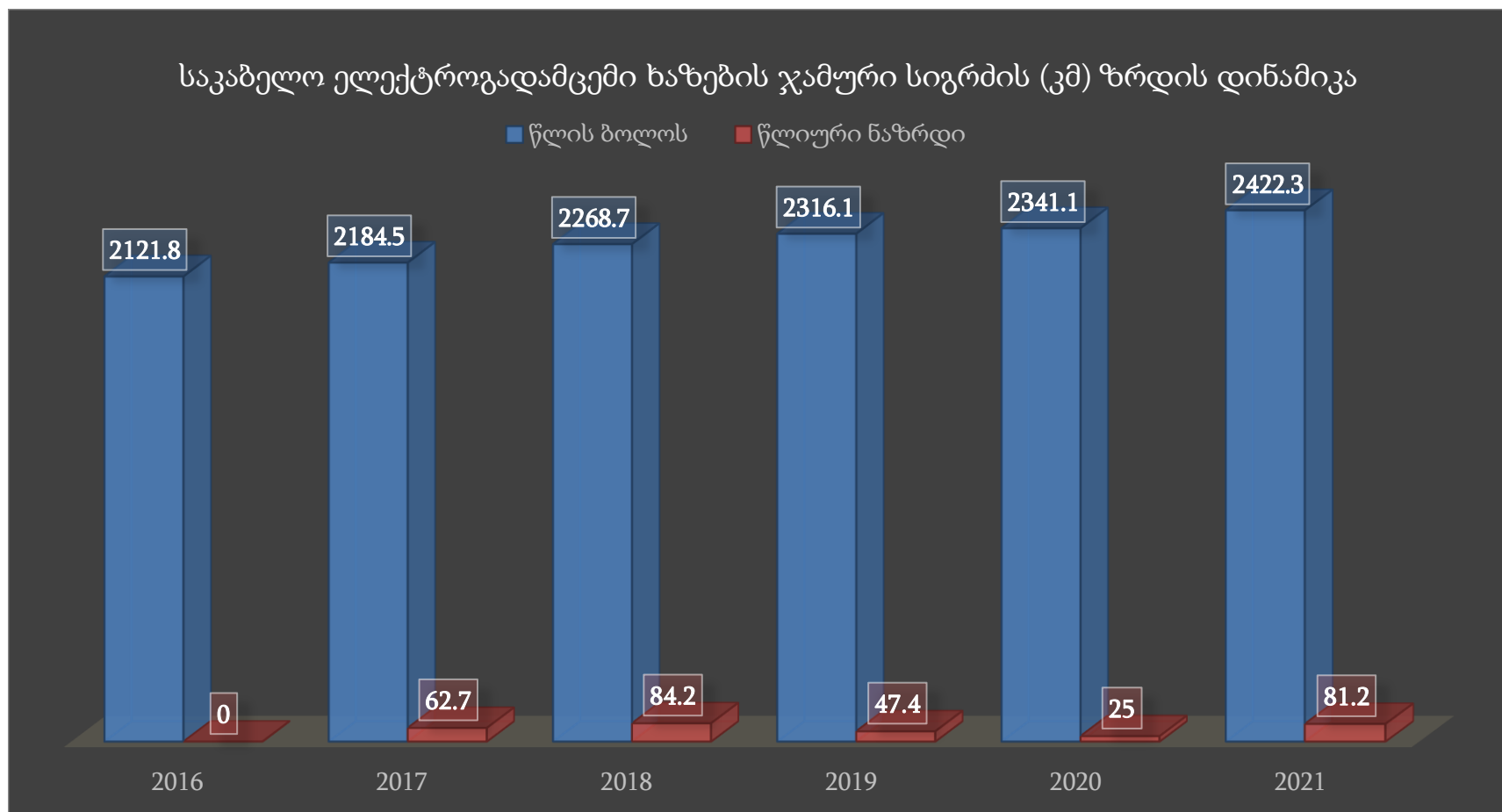
ლიტერატურა

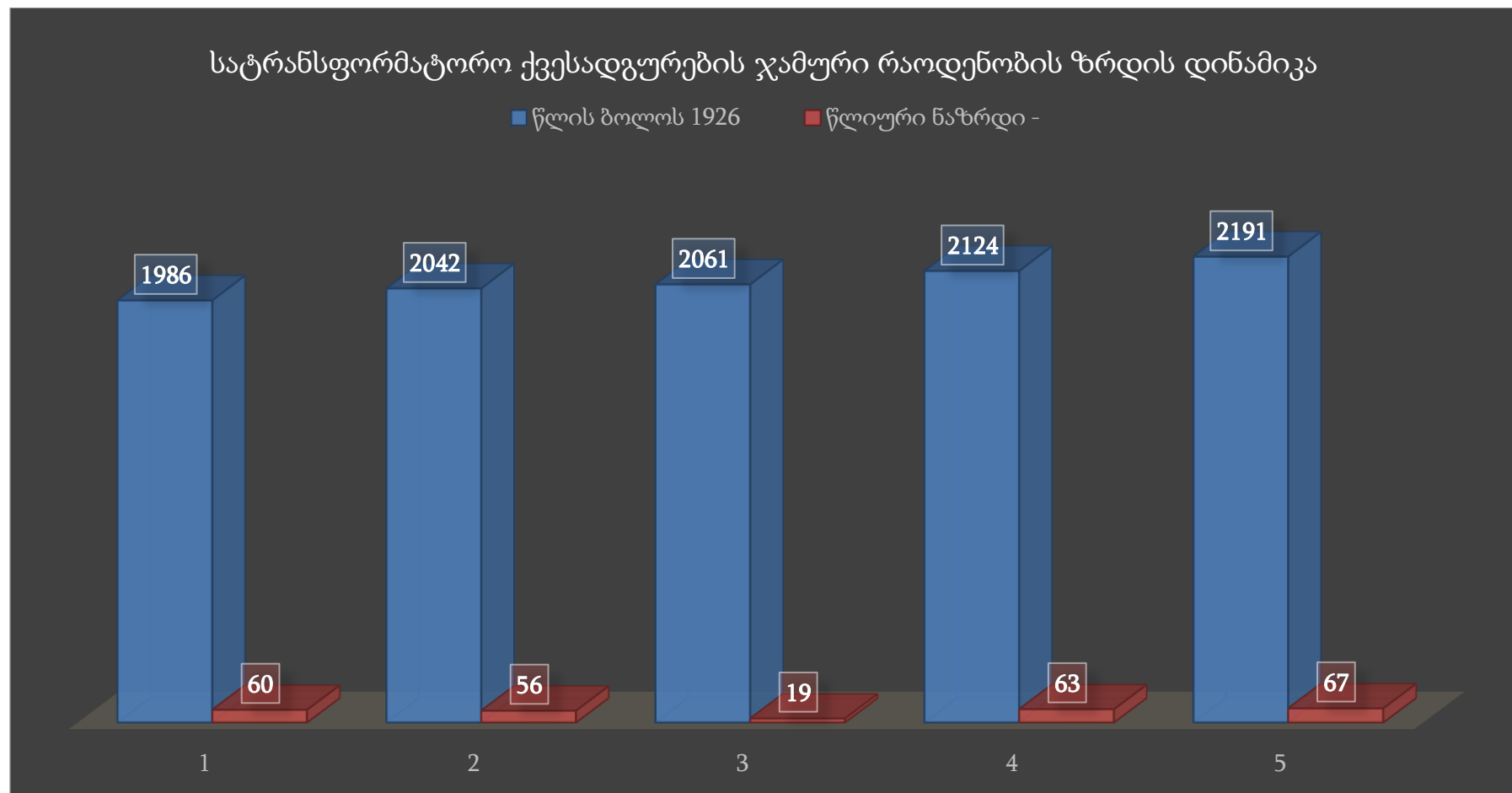
1. სს „თელასის“ „2021 წლის ანგარიში საწარმოო ტექნიკური საქმიანობის შესახებ“ - 04.02.2022 წ.
2. სს „თელასის“ გამანაწილებელ ქსელში ელექტროენერჯის გეგმური და არაგეგმიური წყვეტების აღრიცხვის 2020-2021 წლის ელექტრონული ჟურნალი.
3. Дмитриев М. В., Евдокунин Г. А. Однофазные силовые кабели 6–10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена. Новости ЭлектроТехники, 2007, № 5(47), 59-82 с.
4. Чунашвили Б., Кобаля М., Петросян А., Гамреკელაშვილი Т., Ртвелაძე Н. Исследование электромагнитных процессов проходящих в однофазных и трехфазных и кабельных линиях в направлении определения потери мощности. „ენერჯია“, 2020, №4(96), ნაწილი I, გვ. 74–77.
5. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин. - 2-е изд./ М.: Интермет Инжиниринг, 2006, 672 с.
6. Electricity Distribution System Baseline Report - July 2016, Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/01/f34/Electricity%20Distribution%20System%20Baseline%20Report.pdf>
7. სს „თელასის“ გამანაწილებელ ქსელში მიერთებული სიმძლავრეების ზრდის ანალიზი და ახალი სიმძლავრეების განსაზღვრა - სს „თელასის“ ქსელის განვითარების 5 წლიანი გეგმა (2023-2024 წ.), თავი15, გვ. 146-151.
8. ანგარიში სს „თელასის“ ქსელის ტექნიკური მდგომარეობის შესახებ - ქსელის განვითარებისა და ტექნიკური მდგომარეობის ანალიზის განყოფილების 2020 წლის წლიური ანგარიში. <http://www.telasi.ge/ge/shareholders/accounting> უკანასკნელად გადამოწმებულია 06.06.2022.
9. სს „თელასის“ წლიური ანგარიში 2021 წლის მუშაობის შედეგების მიხედვით. http://www.telasi.ge/sites/default/files/attachments/Annual%20Report%202021_geo.pdf უკანასკნელად გადამოწმებულია 06.06.2022.

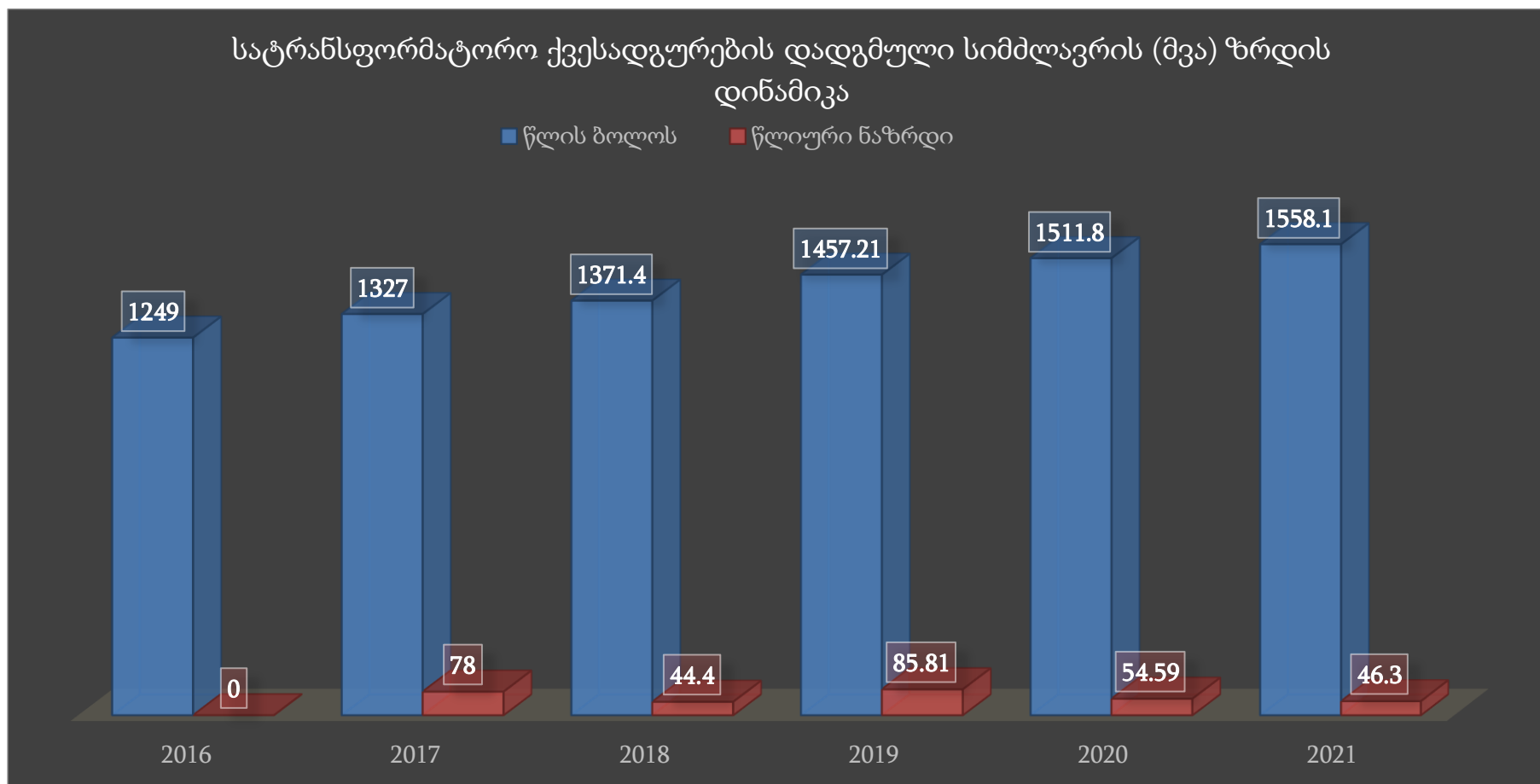
10. სს „თელასის“ გამანაწილებელი ქსელის ძირითადი ტექნიკური მაჩვენებლები - სს „თელასის“ „2021 წლის ანგარიში საწარმოო ტექნიკური საქმიანობის შესახებ“. 04.02.2022 წ. გვ 9-11.
11. Чунашвили Б.М., Кобалия М.И., Петросян А.М., Гвимрадзе А.Дж. Результаты исследований компенсации реактивной мощности при асимметричной нагрузке // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ": Темат. вып.: «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. Силовая электроника и энергоэффективность», 2017, №27(1249), с. 30-39.
12. Вагин Г.Я. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике /Г.Я. Вагин, А.Б. Лоскутов. А.А. Севостьянов. Н. Новгород: Изд-во НГТУ, 2004, 214 с.
13. ჭუნაშვილი ბ., შაველაშვილი გ., ბეჟანიშვილი ჯ., გამრეკელაშვილი თ. ძაბვის მაღალი რიგის ჰარმონიკების ელექტრომიმღებებზე გავლენის შეფასება. „ენერჯია“, 2017, №3(80), გვ. 22-27.
14. გამრეკელაშვილი თ. ელექტრომიმარაგების ქსელებში მაღალი რიგის ჰარმონიკების წარმოქმნის მიზეზების გამოკვლევა. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის ავტორეფერატი. თბილისი, სტუ, 2018.
15. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский Р.Г. Шаманов и др.; под ред. Ю.В. Шарова./ М.: Издательский дом МЭИ, 2006, 320 с.
16. პრტოსიანი ა. რეაქტიული სიმძლავრის საკომპენსაციო დანადგარების მდოვრე რეგულირების მართვის სისტემის დამუშავება. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის ავტორეფერატი, თბილისი, სტუ, 2014.
17. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения: Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2021, 480 с.
18. დოჭვირი რ. ელექტრომიმღებების მუშაობის რეჟიმების ქსელზე ზეგავლენის გამოკვლევა და ახალი ობიექტების მიერთების ტექნიკური მოთხოვნების დადგენა დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის ავტორეფერატი, თბილისი, სტუ, 2019.

19. სს „თელასის“ 2021 წლის ანგარიში ახალი მომხმარებლების მიერ მოთხოვნილი სიმძლავრეების გამანაწილებელ ქსელზე მიერთების შესახებ. სს „თელასი“ 2022.
20. Дмитриев М.В., Кияткина М.Р. Транспозиция экранов кабелей. Научно-технические ведомости СПбГПУ, Наука и образование, Электротехника, 2-1, 2012, с. 202-206.
21. Тихонова М.Р. Анализ режимов работы кабельных линий электропередачи и разработка мероприятия по повышению их надежности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Санкт-Петербург, 2013.
22. როველაძე ნ. ერთძარღვა პოლიეთილენის ნაქსოვი იზოლაციით შესრულებულ კაბელებში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების გამოკვლევა და ეკრანის დამიწების მეთოდის გავლენა ტემპერატურულ რეჟიმებზე. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი 3'21“, 2021, №3, ტ. 94, გვ. 25–30.
[https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/375203/1/Saqartvelos Sainjinro S iakhleni 2021 N3.PDF](https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/375203/1/Saqartvelos%20Sainjinro%20Siaxhleni%202021%20N3.PDF). უკანასკნელად გადამოწმებულია 06.06.2022.
23. Дмитриев М.В. Заземление экранов однофазных силовых кабелей 6-500 кВ. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010, 154 с.
24. ჭუნაშვილი ბ., ქობალია მ., პეტროსიანი ა., როველაძე ნ. პარალელურად ჩართული სამძარღვა კაბელების ერთიდაიგივე ფაზების ძარღვებს შორის დატვირთვის დენის გადანაწილების გამოკვლევა და უთანაბრობის მიზეზების დადგენა. „ენერჯია“, 2021, №2(98), ნაწილი I, გვ. 39-42.









ქვესადგური "ავშნიანის"
საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები
უჯრედი #43

ზამთარი (20.12.2021-26.12.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ		დენი, ა		ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე	
		ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6
1	20.12.2021 9:05:18	10007,63	10034,80	39,83	38,80	39,45	-340,73
2	20.12.2021 9:35:17	10031,73	10080,94	103,75	65,15	38,90	-338,05
3	20.12.2021 10:03:59	9973,28	10030,70	61,98	58,11	40,90	-337,87
4	20.12.2021 10:38:57	10077,35	10114,78	65,01	63,92	43,18	-342,47
5	20.12.2021 11:09:17	10041,98	10091,71	73,22	74,55	42,52	-341,84
6	21.12.2021 7:34:28	10095,81	10125,54	29,41	28,77	36,75	-346,15
7	21.12.2021 8:03:50	10046,08	10051,72	36,36	33,83	36,69	-343,47
8	21.12.2021 8:34:54	10030,19	10057,36	33,95	31,35	38,07	-337,94
9	21.12.2021 9:04:15	9976,36	9961,49	43,74	41,00	38,28	-342,33
10	21.12.2021 9:34:28	10076,84	10104,01	52,44	48,10	39,56	-341,05
11	21.12.2021 10:08:08	10015,83	10090,68	55,34	54,01	42,37	-343,00
12	21.12.2021 11:03:58	9993,79	10037,88	118,45	109,29	43,33	-339,93
13	22.12.2021 6:04:00	10137,85	10160,40	25,03	25,03	37,21	-347,74
14	22.12.2021 6:33:07	10115,80	10177,32	28,40	28,95	37,67	-347,30
15	22.12.2021 7:04:06	10114,78	10167,07	28,87	32,91	36,54	-344,01
16	22.12.2021 7:33:34	10050,69	10122,47	33,74	32,16	35,09	-343,06
17	22.12.2021 8:05:45	10068,13	10087,61	34,00	33,70	35,56	-343,49
18	22.12.2021 8:34:31	9999,43	10035,31	36,84	34,08	35,19	-336,92
19	22.12.2021 9:03:57	10081,45	10072,23	41,07	37,29	36,51	-339,72
20	22.12.2021 9:34:22	10040,44	10057,87	56,11	49,94	38,90	-341,99

გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7
20	23.12.2021 8:35:04	10066,07	10109,65	32,08	31,09	36,33	-336,45
21	23.12.2021 9:06:20	10001,48	10023,01	53,78	47,75	40,54	-336,78
22	23.12.2021 9:34:47	9935,86	9987,12	53,72	50,46	37,59	-338,34
23	23.12.2021 10:06:42	10016,86	10054,28	73,31	67,58	40,33	-338,10
24	23.12.2021 10:36:30	9968,16	9965,59	86,16	87,62	40,05	-338,00
25	23.12.2021 11:07:22	9966,62	10043,00	83,34	78,77	43,39	-340,90
26	23.12.2021 12:07:59	9994,81	10026,60	80,39	81,36	42,35	-342,73
27	23.12.2021 12:35:43	10113,75	10175,78	73,07	77,25	43,77	-343,16
28	24.12.2021 8:03:51	10019,93	10045,57	33,27	34,56	39,83	-341,06
26	24.12.2021 8:33:53	10068,64	10081,97	34,98	32,60	35,17	-335,52
27	24.12.2021 9:03:26	9949,70	9987,12	39,66	40,78	36,37	-338,42
28	24.12.2021 9:32:59	10066,59	10089,14	55,65	53,92	40,94	-339,97
29	25.12.2021 6:33:56	10131,69	10167,58	26,03	25,54	36,32	-346,51
30	25.12.2021 7:03:45	10132,72	10136,82	28,69	26,90	36,04	-345,78
31	25.12.2021 7:34:06	10095,30	10122,47	28,09	27,38	34,88	-346,67
32	25.12.2021 8:04:20	10061,46	10108,63	32,55	26,69	35,20	-342,49
33	25.12.2021 9:04:00	9983,02	10012,76	37,70	33,34	35,16	-338,52
34	25.12.2021 10:03:56	9972,77	10039,93	49,69	49,75	39,42	-339,35
35	25.12.2021 10:33:58	10073,76	10157,33	64,16	62,98	44,58	-341,04
36	25.12.2021 11:04:10	10095,30	10117,34	69,79	68,06	44,89	-345,05
37	25.12.2021 11:37:06	10063,00	10098,37	80,83	84,51	41,86	-340,49
37	25.12.2021 12:05:05	10064,54	10132,72	76,52	76,78	42,73	-341,79

ქვესადგური "ავშნიანის"
საკაბელო ხაზების ელექტრული დატვირთვების გამოკვლევის შედეგები
უჯრედი #43

ზაფხული (22.06.2021-22.06.2021 პერიოდი)

#	თარიღი და დრო	ძაბვა, ვ		დენი, ა		ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის ძვრის კუთხე	
		ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C	ფაზა A	ფაზა C
		1	2	3	4	5	6
1	22.06.2021 0:04:06	9991,74	10034,80	15,34	16,67	36,81	-337,18
2	22.06.2021 0:33:13	10028,65	10047,11	15,64	14,58	35,42	-334,95
3	22.06.2021 1:03:20	10090,68	10131,18	16,23	15,89	39,77	-333,31
4	22.06.2021 1:33:01	10173,73	10215,26	12,08	12,73	35,34	-335,29
5	22.06.2021 2:04:12	10040,95	10081,97	32,73	31,25	56,42	7,46
6	22.06.2021 2:32:57	10097,35	10146,05	34,28	34,89	57,11	5,45
7	22.06.2021 3:33:30	10203,47	10220,90	31,13	32,08	59,57	7,92
8	22.06.2021 4:32:51	10206,54	10223,46	30,42	30,80	59,04	7,50
9	22.06.2021 5:03:15	10163,99	10230,13	29,63	30,51	60,20	8,23
10	22.06.2021 5:33:46	10109,14	10166,56	25,72	24,47	58,44	4,10
11	22.06.2021 6:03:39	10091,71	10152,20	25,20	24,67	59,84	4,23
12	22.06.2021 6:33:03	10059,41	10119,39	26,33	26,45	58,44	4,36
13	22.06.2021 7:06:53	10058,90	10134,77	30,99	30,80	56,54	1,96
14	22.06.2021 7:33:47	10046,08	10102,47	32,34	32,17	56,52	2,53
15	22.06.2021 8:03:18	10014,81	10072,23	37,91	36,20	53,95	-355,56
16	22.06.2021 8:33:21	9961,49	9990,20	44,19	38,52	53,12	-352,80
17	22.06.2021 9:03:21	10157,33	10162,45	51,11	47,32	50,42	-354,80
18	22.06.2021 9:33:34	9938,42	9973,80	53,96	49,73	51,10	-355,17
19	22.06.2021 10:03:24	9983,54	10053,26	89,48	108,42	45,70	-345,82
20	22.06.2021 10:33:18	10026,09	10049,67	77,21	74,86	53,32	-350,72

გაგრძელება

#	1	2	3	4	5	6	7
21	22.06.2021 11:06:16	9907,15	9980,46	78,58	65,38	49,17	-350,71
22	22.06.2021 11:35:07	10174,25	10204,49	49,23	48,38	49,86	-348,32
23	22.06.2021 12:05:28	10006,09	10076,84	76,82	62,82	48,07	-343,50
24	22.06.2021 12:34:00	9955,34	10010,71	57,24	60,06	48,47	-345,66
25	22.06.2021 13:33:25	10154,25	10218,33	45,02	42,79	48,27	-352,08
26	22.06.2021 14:03:49	10139,90	10209,11	66,89	62,31	53,31	-353,77
27	22.06.2021 14:33:55	9973,80	9996,35	92,06	105,20	49,03	-348,23
28	22.06.2021 15:03:55	10091,19	10141,44	79,85	75,18	52,78	-354,24
26	22.06.2021 15:34:19	10172,19	10229,10	80,91	76,56	50,35	-352,69
27	22.06.2021 16:07:09	9803,08	9849,22	77,14	77,41	48,60	-349,25
28	22.06.2021 16:35:55	9993,79	10090,17	80,73	77,45	50,69	-350,65
29	22.06.2021 17:14:39	10027,63	10077,35	83,74	74,95	50,46	-351,68
30	22.06.2021 17:33:51	10059,41	10106,57	77,10	74,79	51,04	-348,94
31	22.06.2021 18:33:54	9947,65	10060,43	74,45	71,59	49,09	-350,61
32	22.06.2021 19:03:07	10130,67	10168,61	67,30	62,32	48,59	-350,09
33	22.06.2021 19:33:21	10161,94	10201,93	60,50	58,55	48,92	-351,21
34	22.06.2021 20:03:17	9945,09	9992,76	58,34	56,81	46,71	-348,63
35	22.06.2021 20:33:54	10094,78	10135,28	79,30	73,05	47,83	-346,12
36	22.06.2021 21:03:44	10005,07	10034,29	94,21	92,52	49,06	-344,81
37	22.06.2021 21:33:44	10115,29	10157,84	69,21	65,49	48,21	-351,34
38	22.06.2021 22:04:26	10055,82	10068,64	61,63	61,26	47,93	-352,17
39	22.06.2021 22:33:13	10016,86	10041,47	61,36	59,27	47,89	-351,34
40	22.06.2021 23:04:13	10034,29	10072,74	57,81	56,32	49,32	-350,00
41	22.06.2021 23:34:05	10170,66	10176,30	52,65	52,29	51,28	-352,49

**N 28 საკაბელო ხაზის დატვირთვის დღედამური დატვირთვის
გრაფიკები და რეაქტიული სიმლავრის კოეფიციენტი**

დრო	ქ/ს ჩუღურთი 6 კვ ფიდერი		
	01311712		
	აქტიური სიმლავრე, კვტ	რეაქტიული სიმლავრე, კვარ	cosφ
1	2	3	4
01/06/2022 00:00-00:30	846.36	311.04	0.94
01/06/2022 00:30-01:00	767.52	315.	0.93
01/06/2022 01:00-01:30	707.04	317.52	0.91
01/06/2022 01:30-02:00	654.84	315.72	0.90
01/06/2022 02:00-02:30	615.96	304.2	0.90
01/06/2022 02:30-03:00	586.44	301.32	0.89
01/06/2022 03:00-03:30	567.72	299.16	0.88
01/06/2022 03:30-04:00	555.48	303.84	0.88
01/06/2022 04:00-04:30	545.76	300.24	0.88
01/06/2022 04:30-05:00	544.32	304.56	0.87
01/06/2022 05:00-05:30	525.24	296.64	0.87
01/06/2022 05:30-06:00	533.16	294.48	0.88
01/06/2022 06:00-06:30	549.36	295.56	0.88
01/06/2022 06:30-07:00	588.24	299.16	0.89
01/06/2022 07:00-07:30	613.8	295.2	0.90
01/06/2022 07:30-08:00	646.92	284.76	0.92
01/06/2022 08:00-08:30	713.52	276.12	0.93
01/06/2022 08:30-09:00	834.12	313.2	0.94
01/06/2022 09:00-09:30	871.92	326.88	0.94
01/06/2022 09:30-10:00	903.6	317.16	0.94
01/06/2022 10:00-10:30	971.28	340.2	0.94
01/06/2022 10:30-11:00	1 053.72	395.28	0.94
01/06/2022 11:00-11:30	1 085.76	400.32	0.94
01/06/2022 11:30-12:00	1 065.96	383.76	0.94
01/06/2022 12:00-12:30	1 123.2	399.6	0.94
01/06/2022 12:30-13:00	731.52	268.56	0.94
01/06/2022 13:00-13:30	1 167.84	431.64	0.94

ცხრილი 3 გაგრძელება

1	2	3	4
01/06/2022 13:30-14:00	1 131.48	408.6	0.94
01/06/2022 14:00-14:30	1 130.4	383.4	0.95
01/06/2022 14:30-15:00	1 137.96	398.16	0.94
01/06/2022 15:00-15:30	1 138.68	383.4	0.95
01/06/2022 15:30-16:00	1 133.64	374.04	0.95
01/06/2022 16:00-16:30	1 090.8	372.96	0.95
01/06/2022 16:30-17:00	1 055.16	362.52	0.95
01/06/2022 17:00-17:30	1 064.52	384.84	0.94
01/06/2022 17:30-18:00	1 019.16	374.04	0.94
01/06/2022 18:00-18:30	1 012.68	370.44	0.94
01/06/2022 18:30-19:00	1 004.04	372.24	0.94
01/06/2022 19:00-19:30	988.2	374.4	0.94
01/06/2022 19:30-20:00	982.08	353.52	0.94
01/06/2022 20:00-20:30	1 007.28	348.48	0.95
01/06/2022 20:30-21:00	1 035.36	351.36	0.95
01/06/2022 21:00-21:30	1 048.32	345.6	0.95
01/06/2022 21:30-22:00	1 072.08	350.28	0.95
01/06/2022 22:00-22:30	1 035.72	351.72	0.95
01/06/2022 22:30-23:00	1 005.48	354.6	0.94
01/06/2022 23:00-23:30	972.72	342.36	0.94
01/06/2022 23:30-00:00	925.2	341.64	0.94
სამუდლო დღეღამური:	882.5325	341.4525	0.93

**N 44 საკაბელო ხაზის დატვირთვის დღედამური დატვირთვის
გრაფიკები და რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტი**

დრო	ქ/ს ჩულურთი 6 კვ ფიდერი		cosφ
	01311712		
	აქტიური სიმძლავრე, კვტ	რეაქტიული სიმძლავრე, კვარ	
1	2	3	4
01/06/2022 00:00-00:30	1 012.32	424.8	0.92
01/06/2022 00:30-01:00	942.12	411.48	0.92
01/06/2022 01:00-01:30	891.36	416.16	0.91
01/06/2022 01:30-02:00	858.24	414.36	0.90
01/06/2022 02:00-02:30	804.6	399.6	0.90
01/06/2022 02:30-03:00	788.04	394.56	0.89
01/06/2022 03:00-03:30	765.36	397.08	0.89
01/06/2022 03:30-04:00	738.72	394.2	0.88
01/06/2022 04:00-04:30	706.32	375.12	0.88
01/06/2022 04:30-05:00	704.88	379.44	0.88
01/06/2022 05:00-05:30	664.92	346.68	0.89
01/06/2022 05:30-06:00	644.76	328.32	0.89
01/06/2022 06:00-06:30	644.4	324.	0.89
01/06/2022 06:30-07:00	678.6	321.48	0.90
01/06/2022 07:00-07:30	733.68	320.76	0.92
01/06/2022 07:30-08:00	772.2	313.92	0.93
01/06/2022 08:00-08:30	842.76	337.68	0.93
01/06/2022 08:30-09:00	879.48	356.04	0.93
01/06/2022 09:00-09:30	949.68	380.16	0.93
01/06/2022 09:30-10:00	992.88	384.48	0.93
01/06/2022 10:00-10:30	1 038.24	407.52	0.93
01/06/2022 10:30-11:00	1 095.48	425.88	0.93
01/06/2022 11:00-11:30	1 153.8	427.68	0.94
01/06/2022 11:30-12:00	1 168.2	428.04	0.94
01/06/2022 12:00-12:30	1 157.4	417.6	0.94
01/06/2022 12:30-13:00	516.24	187.2	0.94
01/06/2022 13:00-13:30	1 231.56	450.36	0.94
01/06/2022 13:30-14:00	1 230.84	453.24	0.94

ცხრილი 4 გაგრძელება

1	2	3	4
01/06/2022 14:00-14:30	1 237.68	452.16	0.94
01/06/2022 14:30-15:00	1 248.12	464.4	0.94
01/06/2022 15:00-15:30	1 280.16	465.12	0.94
01/06/2022 15:30-16:00	1 245.24	458.28	0.94
01/06/2022 16:00-16:30	1 234.08	474.12	0.93
01/06/2022 16:30-17:00	1 263.96	487.8	0.93
01/06/2022 17:00-17:30	1 221.12	466.2	0.93
01/06/2022 17:30-18:00	1 195.92	466.2	0.93
01/06/2022 18:00-18:30	1 111.68	438.12	0.93
01/06/2022 18:30-19:00	1 128.96	444.96	0.93
01/06/2022 19:00-19:30	1 143.72	428.4	0.94
01/06/2022 19:30-20:00	1 140.48	408.96	0.94
01/06/2022 20:00-20:30	1 158.84	406.08	0.94
01/06/2022 20:30-21:00	1 218.6	438.12	0.94
01/06/2022 21:00-21:30	1 214.64	451.08	0.94
01/06/2022 21:30-22:00	1 186.2	449.64	0.94
01/06/2022 22:00-22:30	1 165.32	455.04	0.93
01/06/2022 22:30-23:00	1 163.88	462.6	0.93
01/06/2022 23:00-23:30	1 115.64	441.	0.93
01/06/2022 23:30-00:00	1 058.4	425.16	0.93
საშუალო დღეღამური:	1 007.0775	408.36	0.93