

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თ. მუსელიანი, თ. ბოდოკია, ზ. გურგენიძე

ელექტრომოწყობილობათა ტექნიკური დიაგნოსტიკა

ნაწილი II

მაღალი ძაბვის მოწყობილობები და მათი
დიაგნოსტიკა



დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ
სტუდენტების სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ. 09.03.2012, ოქმი №1

თბილისი
2012

შინაარსი

შესავალი.....	7
I თავი. მაღალი ძაბვის გამანაწილებელი მოწყობილობების	
აპარატურა და მათი დიაგნოსტიკა.....	12
1.1. ავარიებისა და მტყუნებების მიზეზები ქვესადგურებსა და ელექტრულ ქსელებში.....	12
1.2. იზოლატორები, მათი დანიშნულება და კლასიფიკაცია.....	14
1.3. შემყვანები.....	22
1.4. იზოლატორებისა და შემყვანების დიაგნოსტიკა.....	23
1.5. იზოლატორების რემონტი.....	32
1.6. გამთიშები.....	33
1.7. გამთიშების კლასიფიკაცია და მოწყობილობა.....	34
1.8. გამთიშებთან შესასრულებელი ოპერაციების ტექნიკა.....	38
1.9. გამთიშებზე ოპერაციების შემსრულებელი პერსონალის პირადი უსაფრთხოება.....	40
1.10. გამთიშების რემონტი.....	41
1.11. მოკლედშემრთველები.....	43
1.12. განმაცალკეებლები.....	46
1.13. გამთიშების, მოკლედშემრთველებისა და განმაცალკეებლების დიაგნოსტიკა.....	48
1.14. განმმუხტველები.....	51
1.15. მილისებრი განმმუხტველები.....	55
1.16. გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველები.....	57
1.17. ვენტილური განმმუხტველების დიაგნოსტიკა.....	60
1.18. გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველების დიაგნოსტიკა.....	65
1.19. იზოლატორის მდგომარეობის კონტროლის ხელსაწყოები.....	66
1.20. მაღალვოლტიანი დნობადი მცველები.....	69
1.21. მაღალი ძაბვის დნობადი მცველების დიაგნოსტიკა.....	75
1.22. დეფექტების გამოვლენა გამანაწილებელი მოწყობილობების საკონტაქტო შეერთებებსა და საჰაერო ხაზებში.....	76

II თავი. მაღალი ძაბვის ამომრთველები და მათი დიაგნოსტიკა	80
2.1. მაღალი ძაბვის ამომრთველები, მათი დანიშნულება და კლასიფიკაცია	80
2.2. საჰაერო ამომრთველები	86
2.3. საჰაერო ამომრთველების დიაგნოსტიკა	91
2.4. ზეთის ამომრთველები	93
2.5. ზეთის ავზიანი ამომრთველები	94
2.6. მცირეზეთიანი ამომრთველები	100
2.7. ზეთის ამომრთველების დიაგნოსტიკა	107
2.8. ზეთის ამომრთველების გაწყობა და გამოცდა	110
2.9. ელგაზური ამომრთველები	118
2.10. ვაკუუმური ამომრთველები	122
2.11. ელგაზური და ვაკუუმური ამომრთველების დიაგნოსტიკა	126
2.12. თანამედროვე ვაკუუმური ამომრთველები, რომლებიც ტექნიკურ მომსახურებას არ მოითხოვს	128
2.13. ელექტრომაგნიტური ამომრთველები	132
2.14. ამომრთველების ღირსებები და ნაკლოვანებები	134
2.15. ამომრთველების მექანიკური ნაწილების დიაგნოსტიკა	136
2.16. ამომრთველების დიაგნოსტიკის ხელსაწყოები და სისტემები	148
III თავი. მოკლე ცნობები ტრანსფორმატორების შესახებ	153
3.1. ტრანსფორმატორები, მათი დანიშნულება, ძირითადი კონსტრუქციული ელემენტები, მოქმედების პრინციპი, სახეები და კლასიფიკაცია	153
3.2. ტრანსფორმატორის ნომინალური მონაცემები და ტექნიკური მახასიათებლები	163
3.3. ავტოტრანსფორმატორები	164
3.4. ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების სქემები და ჯგუფები	166
3.5. ვექტორული დიაგრამების პრაქტიკული სისტემა	171
3.6. საათური აღნიშვნა	177

3.7. ტრანსფორმატორების მუშაობის რეჟიმები და მარგი ქმედების კოეფიციენტი	180
3.8. ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობა.....	181
3.9. მოთხოვნები თანამედროვე ძალოვანი ტრანსფორმატორების მიმართ.....	184
3.10. ტრანსფორმატორის გადაძაბვები.....	186
3.11. ტრანსფორმატორის ძაბვის რეგულირება	187
IV თავი. ძალოვანი ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა	193
4.1. ძალური ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკის ძირითადი მეთოდები	193
4.2. ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა გაღვანომეტრით	196
4.3. ფაზების აღნიშვნის ციკლური გადაადგილება.....	202
4.4. ტრანსფორმატორების ფაზირება პარალელური მუშაობისათვის.....	204
4.5. ტრანსფორმატორის დაზიანებების ძირითადი სახეები.....	205
4.6. ტრანსფორმატორის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის ხერხები	214
4.7. საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოების ჩვენებათა კონტროლი და ტრანსფორმატორების დაოვალიერება.....	220
4.8. სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებები.....	224
4.9. ზეთის მექანიკური მინარევები და ტენიანობა.....	229
4.10. ზეთის სინჯის აღება.....	230
4.11. სატრანსფორმატორო ზეთის გამოცდა და ქიმიური ანალიზი.....	232
4.12. გაზის შემცველობა ზეთში	238
4.13. ზეთის სინჯის აღება გახსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზისათვის.....	241
4.14. იზოლაციის მდგომარეობის გამოცდა და განსაზღვრა.....	248
4.15. მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის გაზომვა	262
4.16. გრაგნილების მდგომარეობის განსაზღვრა და გამოცდა	266

4.17. ტრანსფორმატორის უქმი სელისა და მოკლედ შერთვის ცდები.....	272
4.18. ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა.....	279
4.19. ტრანსფორმაციის შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა ორი ვოლტმეტრის მეთოდით.....	282
4.20. მაგნიტგამტარისა და ავზის მდგომარეობის კონტროლი.....	283
4.21. მაღალი ძაბვის შემყვანების მდგომარეობის კონტროლი.....	286
4.22. გადამრთველი მოწყობილობის მდგომარეობის კონტროლი.....	293
4.23. დამხმარე მოწყობილობების მდგომარეობის კონტროლი.....	300
4.24. ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკა თბოვიზორების დახმარებით.....	306
4.25. ტრანსფორმატორების რევიზია.....	310
დანართი	314
ლიტერატურა.....	319

შესავალი

ძალური ელექტროტექნიკური კომპლექსებისა და სისტემების საიმედო და უწყვეტი მუშაობა განისაზღვრება მათი შემადგენელი ელემენტების – ტრანსფორმატორების, ამოძრვებლების, გადაბევისაგან დაცვის მოწყობილობების მდგომარეობით. ისინი რთული და ძვირად ღირებული მოწყობილობებია, რომელთა ექსპლუატაცია და დიაგნოსტიკა მოითხოვს არა მარტო ახალი მეთოდების დამუშავებას და ხელსაწყოების შექნას, არამედ მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების აღზრდასაც, რომელშიც განსაკუთრებული როლი წინამდებარე სახელმძღვანელოს ეკისრება.

უკანასკნელ წლებში იზრდება მოძველებული ელექტრომოწყობილობების პარკი, მათ რიცხვში ისეთი ელექტრომოწყობილობებიცაა, რომელთა ექსპლუატაციის ხანგრძლივობამ დასაშვებს გადააჭარბა, რის გამოც გამწვავდა საიმედოობის პრობლემა. იზრდება მოწყობილობის ავარიულობა, რასაც მიეყვართ მატერიალურ დანაკარგებთან, ენერგიის შეწყვეტასა და მომსახურე პერსონალის დიდ საფრთხესთან. გარდა ამისა, ახალი აპარატურის ღირებულების მრავალჯერადი გაზრდა და შესაბამისი ინვესტიციების შემცირება პრობლემატურს ხდის მაღალეფექტიანი ელექტრომოწყობილობის შეცვლას.

აქედან გამომდინარე, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება იმ ენერგეტიკული მოწყობილობების მუშაობის ხანგრძლივობის გაზრდას, რომლებმაც უკვე ამოწურა რესურსი ან იმყოფება ამოწურვის ზღვარზე.

ზეთესებული მოწყობილობის ფუნქციონირების ეფექტურობის ამაღლების ერთ-ერთი პერსპექტიული მიმართულებაა ელექტრომოწყობილობების მდგომარეობის კონტროლის, ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის სისტემების დახვეწა.

ტექნიკური მდგომარეობის მიხედვით, რემონტების სისტემაზე გადასვლისას ხარისხობრივად იცვლება მოთხოვნები ელექტრომოწყობილობის დიაგნოსტიკური სისტემის მიმართ, რომლის დროსაც დიაგნოსტიკების მთავარი ამოცანაა ხანგრძლივ პერიოდზე გათვლილი ელექტრომოწყობილობის ტექნიკური მდგომარეობა. ამ ამო-

ცანის გადაწყვეტა არატრივიალურია და შესაძლებელია მხოლოდ მეთოდების, საშუალებების, ალგორითმებისა და დიაგნოსტიკების ორგანიზაციულ-ტექნიკური ფორმების დახვეწის შემდეგ.

ელექტრომოწყობილობის ფაქტიური მდგომარეობის განსაზღვრა დაფუძნებულია საკონტროლო პარამეტრების შეფასებაზე, რომელთათვისაც განისაზღვრება საგანგაშო და ავარიული სიგნალიზაციის დონეები.

დიაგნოსტიკური კონტროლის ძირითადი ამოცანაა მოწყობილობის ავარიული მტყუნების თავიდან აცილება, მისი მდგომარეობის განსაზღვრა და ნარჩენი რესურსის პროგნოზირება, როგორც საიმედოობის ერთ-ერთი მთავარი მაჩვენებელი.

დიაგნოსტიკური დაკვირვების მთავარი ობიექტისა და ყველა მაღალვოლტიანი ელექტროტექნიკური აპარატისათვის საერთოა ელექტრული იზოლაცია. საიზოლაციო ელემენტებში საექსპლუატაციო ფაქტორების ხანგრძლივი ზემოქმედების დროს შეიძლება აღიძრას დეფექტები, რომლის ელექტროფიზიკური და მექანიკური მახასიათებლები განსხვავდება ნორმალურ მდგომარეობაში მყოფი დიელექტრიკების მახასიათებლებისაგან.

მაღალვოლტიან ელექტრულ აპარატებში გამაგრებულ და მაიონებელ საშუალებად სატრანსფორმატორო ზეთი გამოიყენება. ზეთით ავსებული ელექტრომოწყობილობის საიმედო მუშაობა ზეთის ხარისხზეა დამოკიდებული. სატრანსფორმატორო ზეთის მნიშვნელოვანი საექსპლუატაციო მახასიათებლებია: გამრღვევი ძაბვა, ტენისა და გახსნილი აირების შემცველობა, აფეთქების ტემპერატურა და სხვა. ამ მახასიათებლების გაზომვას პრაქტიკაში მხოლოდ სპეციალურად განსწავლული მაღალკვალიფიციური პერსონალი ატარებს.

იზოლაციის სერიოზული დეფექტები ჩვეულებრივ შეიმჩნევა მაღალვოლტიანი გამოცდის მიღება-ჩაბარებისას და მონტაჟის ადგილზე გამოცდისას. თუ მოწყობილობამ გაიარა ეს გამოცდა, მაშინ იზოლაციის შეუმჩნეველ დეფექტებს ნორმალური მუშაობის პირობებში არ მიეყვართ იზოლაციის მთლიან გარღვევამდე. ამასთანავე, მოწყობილობის შემდგომი ექსპლუატაციის დროს ეს დეფექტები

ვითარდება და იზრდება, რაც საბოლოო ჯამში იწვევს ელექტრომოწყობილობის მთლიანად დაზიანებას.

მუშა ძაბვის ქვეშ იზოლაციის მდგომარეობის კონტროლისათვის გამოიყენება ისეთი მეთოდები, როგორიცაა ზეთის ტემპერატურისა და შემყვანებში წნევის გაზომვა, ავზში გაზის გამოყოფის ინტენსიურობის, ზეთის დონისა და ტენიანობის განსაზღვრა.

ელექტრომოწყობილობის დიაგნოსტიკის საკითხებში ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულებაა ქვესადგურის ყველაზე მთავარი ელემენტის – ძალური ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა. ეს გამოწვეულია ძალური ტრანსფორმატორის მაღალი ღირებულებით, მისი მნიშვნელობით ელექტრომომარაგების საიმედოობის საკითხებში, განვითარების ადრეულ სტადიაზე დაზიანებებისა და დეფექტების განსაზღვრის სირთულით.

განასხვავებენ საერთო და სპეციალური დანიშნულების ძალურ ტრანსფორმატორებს. საერთო დახიშხულების ძალური ტრანსფორმატორები გამოიყენება ისეთი ქსელებისა და მომხმარებლების კვებისათვის, რომლებიც არ ხასიათდება მუშაობის განსაკუთრებული პირობებით, დატვირთვის ხასიათითა და მუშაობის რეჟიმებით, ხოლო სპეციალური დანიშნულების ძალური ტრანსფორმატორები გამოიყენება ისეთი ქსელებისა და მომხმარებლების კვებისათვის, რომლებიც ხასიათდება მუშაობის განსაკუთრებული პირობებით, დატვირთვის ხასიათითა და მუშაობის რეჟიმებით. ასეთი ქსელებისა და მომხმარებლების რიცხვს მიეკუთვნება მიწისქვეშა მაღაროსა და შახტის ქსელები და დანადგარები, გამმართველი მოწყობილობები, ელექტრული ღუმელები და სხვა.

ტრანსფორმატორების უმეტესობა მრავალი წლის განმავლობაში მუშაობს სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში და განიცდის ელექტრომაგნიტური და მექანიკური ბუნების შიგა და გარე ზემოქმედებას. ამიტომ, ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციისას გამორიცხული არ არის აღიძრას სხვადასხვა სახის დეფექტი, რომლებიც სხვადასხვანაირად აისახება მათ მუშაობაზე. ერთი სახის დეფექტებით ტრანსფორმატორმა შეიძლება ხანგრძლივად იმუშაოს, ხოლო სხვადასხვა სახის დეფექტებით საჭიროა მათი დაუყოვნებლივ მუშაობიდან გამოყვანა. თითოეულ შემთხვევაში მუშაობის გაგრძე-

ღლების შესაძლებლობა განისაზღვრება დაზიანების ხასიათით. პერსონალის არაოპერატიულობის გამო, უმნიშვნელო დეფექტების გამოსწორებისათვის ზომების არადროულ მიღებას ტრანსფორმატორების ავარიულ გამორთვამდე მიყვავართ.

დღეისათვის საქართველოს ელმომარაგების სისტემაში ძალური ტრანსფორმატორების მნიშვნელოვანმა ნაწილმა ამოწურა თავისი მუშაობის რესურსი. ქვეყნის ეკონომიკური სიტუაცია, აგრეთვე ტრანსფორმატორების საერთო რაოდენობის დიდი რიცხვი არ იძლევა უახლოეს ხანში მათი შეცვლის საშუალებას. ამიტომ, ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციის საიმედოობის შესანარჩუნებლად მნიშვნელოვანი როლი მათ დიაგნოსტიკურ კონტროლს ეკისრება.

მსოფლიო გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მძლავრი ტრანსფორმატორების შემთხვევითი ავარიით გამოწვეული ეკონომიური ზარალი, რომელიც ძაბვის შეწყვეტის გამო დაკავშირებულია სამრეწველო საწარმოების გაჩერებასთან, მილიონობით დოლარით განისაზღვრება. უკვე არ ვლაპარაკობთ იმ უდიდეს დანახარჯებზე, რომელიც საჭიროა ამ ძვირად ღირებული მოწყობილობის მუშაუნარიანობის აღსადგენად. ამიტომ, ტრანსფორმატორების დროული დიაგნოსტიკა მეტად აქტუალური თემაა.

საზღვარგარეთ ჩატარებულმა სტატისტიკურმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ძალური ტრანსფორმატორის მტყუნების ალბათობა წელიწადში 0,0062 შეადგენს. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ეს ნიშნავს, რომ 160-ზეთიანი ტრანსფორმატორის მქონე ენერგოსისტემაში, უკიდურეს შემთხვევაში, შესაძლებელია ერთი ავარია წელიწადში. მეორე მხრივ, თანამედროვე ელექტროენერგეტიკის დამახასიათებელი ტენდენცია ძირითადი ძალური მოწყობილობების ცვეთის ხარისხის ზრდა და არასაკმარისი განახლების ტემპებია. დაზიანების მიზეზები დაკავშირებულია ექსპლუატაციის ცუდ პირობებთან, უხარისხო რემონტსა და მონტაჟთან. მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის ცალკეული ელემენტების ფარული დეფექტები და უხარისხო საიზოლაციო მასალები.

ამჟამად ძალური ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების საექსპლუატაციო მახასიათებლების განსაზღვრისა და სისტემების დეფექტების განვითარების დონის შეფასებისათვის მი-

მართავენ კომპლექსურ დიაგნოსტიკურ გამოკვლევას. ასეთი გამოკვლევები საშუალებას გვაძლევს არა მარტო გამოვავლინოთ განვითარებადი დეფექტები, შევაფასოთ მათი საშიშროების დონე, არამედ დავასაბუთოთ კაპიტალური რემონტის საჭიროება, მოცულობა და ვადები.

ტექნიკური მდგომარეობის არსებული მეთოდები და საშუალებები, მოწყობილობის კომპლექსური გამოკვლევისას, დეფექტების უმრავლესობის შემჩნევის საშუალებას იძლევა. მაგრამ კომპლექსური გამოკვლევები, მათი დიდი შრომატევადობისა და ღირებულების გამო, სრულდება მხოლოდ სტრატეგიული ელექტრომოწყობილობების რემონტზე გადაყვანის დროს და, ბუნებრივია, ვერ უზრუნველყოფს განვითარებადი დეფექტების დროულ შემჩნევას.

პრინციპული პრობლემაა კონცეფციის თეორიული უზრუნველყოფის არსებითი ჩამორჩენა დიაგნოსტიკის თანამედროვე საშუალებებისა და ინფორმაციული ტექნოლოგიების მიღწევების რეალური შესაძლებლობებისაგან.

უკანასკნელი ორი ათწლეულის განმავლობაში მსოფლიო მასშტაბით განუწყვეტლივ მუშავდება და პრაქტიკაში ინერგება ქვესადგურებისა და ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკური მეთოდები და ხელსაწყოები, რომლებიც დამზადებულია თანამედროვე მიკროელექტრონიკის ბაზაზე. მათ საფუძველზე გამოჩნდა თანამედროვე ვიბროდიაგნოსტიკის, თბოეიზორული კონტროლის, ზეთის ქრომატოგრაფიული ანალიზის, ოსცილოგრაფებისა და რეგისტრატორების მრავალი სახეობა, რომლებიც ადვილად უერთდება პერსონალურ კომპიუტერებს.

I თავი. მაღალი ძაბვის მანაწილებელი მოწყობილობების აპარატურა და მათი დიაგნოსტიკა

1.1. ავარიებისა და მტყუნებების მიზეზები ქვესადგურებსა და ელექტრულ ქსელებში

ქვესადგურების მუშაკთა ძირითადი მოვალეობა ელექტრომოწყობილობების საიმედო მუშაობა და მომხმარებელთა უწყვეტი ელექტრომომარაგებაა. ქვესადგურების ნორმალური მუშაობის დარღვევის ყველა შემთხვევა (მოკლედ შერთვისას მოწყობილობის ავტომატური გათიშვა, პერსონალის მცდარი მოქმედება, მომხმარებელთათვის ელექტროენერგიის შეწყვეტა და სხვა) განიხილება, როგორც ავარიები ან მტყუნებანი მუშაობაში. ქვესადგურებში ავარიები შეიძლება მოხდეს მოწყობილობის მოულოდნელი დაზიანებით, შესაძლო გადაძაბვითა და ელექტრული რკალის ზემოქმედებით, მოწყობილობის მუშაობის რეჟიმის დარღვევით, მტყუნებით რელეური დაცვის, ავტომატიკის, მეორეული კომუტაციის აპარატურის მოწყობილობების მუშაობაში, ოპერატიული, სარემონტო, საწარმოო სამსახურების პერსონალის მცდარი მოქმედებით. მოწყობილობის მოულოდნელი დაზიანების მიზეზი, როგორც წესი, არის: მოწყობილობის უხარისხო მონტაჟი და რემონტი (მაგ., ამომრთველების მტყუნება გადაცემის მექანიზმებისა და ამძრავების ცუდი დარეგულირების გამო); მოწყობილობის არასწორი ექსპლუატაცია; კონტაქტური შეერთებების მოუვლელობა, რომელსაც მიეყვარათ მათ გადახურებამდე, მუშა დენის წრედის გაწყვეტამდე და მოკლედ შერთვამდე; მოწყობილობის დამზადების კონსტრუქციისა და ტექნოლოგიის დეფექტები (საქარხნო დეფექტები); ბუნებრივი დაძველება და იზოლაციის დაჩქარებული ცვეთა. მაგალითად, ტრანსფორმატორის გრაგნილების ტემპერატურის დასაშვებზე მეტად, 60°C -ით სისტემატური აწევა მისი იზოლაციის შესაძლო გამოყენების ვადას ორჯერ ამცირებს.

ელექტროდანადგარების მუშაობის დარღვევის მიზეზი შეიძლება იყოს ჭექა-ქუხილისა და კომუტაციური გადაძაბვები. ამ დროს

ზიანდება ტრანსფორმატორების, ამომრთველების, გამთიშებისა და სხვა მოწყობილობების იზოლაცია. იზოლაციის დასაშვებზე მეტად გაჭუჭყიანება და დანესტიანება იწვევს მის გადაფარვასა და გარღვევას.

6-35 კვ ძაბვის ქსელებში მიწასთან ერთგვარაა მოკლედ შერთვას (ტევადური დენების არასაკმარისი კომპენსაციის გამო) თან ახლავს ჩამამიწებელი რკალის წვა, რომელსაც მიეყვართ გადაძაბებამდე, ელექტრული მანქანებისა და აპარატების იზოლაციის გარღვევამდე, იზოლატორების დაშლამდე, ხაღტვების გადნობამდე, კომპლექტური მანაწილებელი მოწყობილობების უჯრედებში მეორეული კომუტაციის ქსელების გადაწვამდე და სხვა.

რელეური დაცვის, ავტომატიკის, მეორეული კომუტაციის აპარატურის მოწყობილობების მუშაობაში მტყუნებათა მიზეზებია: უწესიერობა რელეს ელექტრულ და მექანიკურ ნაწილებში; დარღვევები კონტაქტურ შეერთებებში; საკონტროლო კაბელებისა და მართვის წრედების ძარღვების გაწყვეტა; რელეს დაყენებისა და მახასიათებლების უდროო ცვლილება და არასწორი შერჩევა; რელეური დაცვისა და ავტომატიკის სქემებში დეფექტები და შეცდომები მონტაჟში; პერსონალის არასწორი მოქმედება ამ მოწყობილობების მომსახურებისას.

თითოეულმა მიზეზმა მოკლედ შერთვისას შეიძლება მიგვიყვანოს მოწყობილობის გამორთვის მტყუნებამდე ან არასელექციურ გამორთვამდე, რამაც შეიძლება მძიმე შედეგები გამოიწვიოს. კერძოდ, ადგილობრივი ავარიები შეიძლება სისტემურ ავარიებამდე განვითარდეს.

გადართვების შესრულებისას, უმრავლეს შემთხვევაში, პერსონალის მცდარი მოქმედების მიზეზებია: ოპერატიული დისციპლინის დარღვევა; ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების მოთხოვნებისადმი უპასუხისმგებლო დამოკიდებულება; ინსტრუქციის არასაკმარისი ცოდნა; უყურადღებობა; საკუთარი მოქმედებისადმი უკონტროლობა და სხვა.

ზემოთ ჩამოთვლილია ავარიის გამომწვევი ძირითადი და ყველაზე ხშირად განმეორებადი მიზეზები. არ არის ნაჩვენები მრავალი სხვა მიზეზი, რომელსაც შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ქვე-

სადგურებისა და ელექტრული ქსელების ელექტრომწოდებლობის ექსპლუატაციის დროს.

ქვესადგურებში ავარიები შედარებით იშვიათია, მაგრამ თავისი შედეგებით მნიშვნელოვანია. ისინი ძირითადად სპეციალური ავტომატური მოწყობილობებით სწორდება, სხვა შემთხვევებში მათი ლიკვიდაცია ოპერატიული პერსონალის მოქმედებით ხდება.

ოპერატიული პერსონალის მიერ ავარიის ლიკვიდაცია მოიცავს: დაზიანებული მოწყობილობის განცალკევებისათვის საჭირო გადართვების შესრულებას; ავარიის განვითარების აღკვეთას; ხანძრის გაჩენის შემთხვევაში ხანძრის კერის ლოკალიზაციასა და ლიკვიდაციას; პერსონალის უსაფრთხოების დაცვას; უმოკლეს დროში მომხმარებლებისათვის ელექტრომომარაგების აღდგენას; ქსელიდან გამორთული მოწყობილობის მდგომარეობის გარკვევასა და მის მუშაობაში ჩასართავად ან რემონტზე დასაყენებლად ზომების მიღებას.

12. იზოლატორები, მათი დანიშნულება და კლასიფიკაცია

ელექტრული დანადგარებისა და ცალკეული აპარატების დენგამტარი ნაწილები ერთმანეთისა და მიწისაგან საიმედოდ უნდა იყოს იზოლირებული. ამ ფუნქციისა და დენგამტარი ნაწილების დასამაგრებლად სხვადასხვა სახის იზოლატორი გამოიყენება, რომლებმაც უნდა დააკმაყოფილოს შემდეგი მოთხოვნები: უზრუნველყოს საკმარისი ელექტრული სიმტკიცე, განსაზღვრული ელექტრული ველის დაძაბულობით (კვ/მ), რომლის დროსაც იზოლატორი კარგავს დიელექტრიკის თვისებებს; უნდა გააჩნდეს საკმარისი მექანიკური სიმტკიცე, რათა ქსელის მოკლედ შერთვისას გაუძლოს ცალკეულ დენგამტარ ნაწილებს შორის აღძრულ დინამიკურ ძალებს; უზრუნველყოს მისი თვისებების უცვლელობა გარემო პირობების (თოვლი, წვიმა და სხვა) ცვლილებისას; გააჩნდეს საკმარისი თბომედეგობა ანუ განსაზღვრულ ფარგლებში ტემპერატურის ცვლილებისას არ შეიცვალოს ელექტრული თვისებები და ჰქონდეს ისეთი ზედაპირი, რომელიც მდგრადი იქნება ელექტრული განმუხტვის ზემოქმედების მიმართ.

იზოლატორების ელექტრულ მახასიათებლებს მიეკუთვნება: ნომინალური და გამრღვევი (მინიმალური ძაბვა, რომლის დროსაც ხდება იზოლაციის გარღვევა) ძაბვები; სამრეწველო სიხშირის (50 კ(ვ) განმუხტვისა და დაყოვნების ძაბვები მშრალ (მშრალი განმუხტვის დროს ხდება იზოლატორის ზედაპირის გადაფარვა საიზოლაციო თვისებების დაკარგვის გარეშე) და სველ (როცა იზოლატორის ზედაპირი დასველებულია) მდგომარეობაში; იმპულსური ანუ ორივე პოლარობის 50%-იანი განმუხტვის ძაბვა.

იზოლატორების ძირითად მექანიკურ მახასიათებლებს მიეკუთვნება: მინიმალური (ნომინალური) დამშლელი დატვირთვა (ნიუტონებში), რომელიც მოდებულია იზოლატორის თავზე ღერძის პერპენდიკულარული მიმართულებით; ზომები და მასა.

დანიშნულების მიხედვით, იზოლატორები იყოფა **სასადგურე, სააპარატო და სახაზო იზოლატორებად.**

სასადგურე და სააპარატო იზოლატორები გამოიყენება ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების მანაწილებელ მოწყობილობებში სალტების იზოლაციისა და დამაგრებისათვის და, შესაბამისად, აპარატების დენგამტარი ნაწილების იზოლაციისა და დამაგრებისათვის.

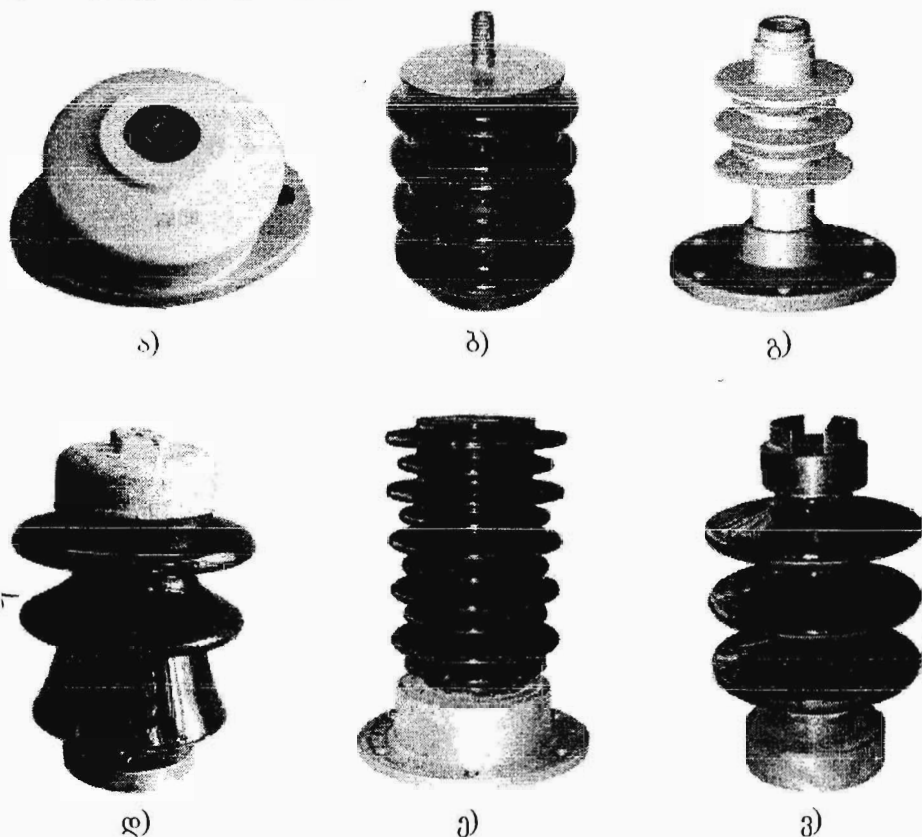
დიელექტრიკად გამოყენებული მასალების მიხედვით იზოლატორები არის ფაიფურის, მინისა და პოლიმერული. ისინი ყველაზე უფრო სრულად პასუხობს ზემოთ წაყენებულ მოთხოვნებს. დღეისათვის ყველაზე უფრო გავრცელებულია ფაიფურისა და მინის იზოლატორები. უფრო მეტად კი ნაწრობი მინისაგან დამზადებული იზოლატორები. ეს იმით აიხსნება, რომ აქვს მნიშვნელოვანი უპირატესობა ფაიფურის იზოლატორებთან შედარებით. კერძოდ, მინის იზოლატორების დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი მთლიანად ავტომატიზებული და მექანიზებულია; მინის გამჭვირვალობა საშუალებას იძლევა გარე დათვალიერებისას ადვილად შევნიშნოთ წვრილმანი ბზარები და სხვადასხვა შიგა დეფექტები; მინის იზოლატორების გამოყენება საშუალებას იძლევა უარი ვთქვათ ექსპლუატაციის პროცესში გირლანდების ძაბვის ქვეშ პერიოდულ პროფილაქტიკურ გამოცდაზე, რადგანაც ნაწრობი მინის თითოეულ დაზიანებას მივყავართ მაიონებელი თევზის

დაშლასთან, რომელიც შეიძლება ადვილად შენიშნოს საექსპლუატაციო პერსონალმა ელექტროგადაცემის ხაზის შემოვლისას. მექანიკურად უფრო დიდი სიმტკიცით გამოირჩევა პოლიმერული (მინაპლასტიკური) იზოლატორები. აქვს ატმოსფერული გაჯუჭყიანების მიმართ მაღალი მდგრადობა, ჰიდროფობურობა, მონტაჟის მოხერხებულობა და სიმარტივე, გადაძაბვების მიმართ მაღალი მედეგობა, მაღალი ვანდალმდგრადობა და მინისა და ფაიფურის იზოლატორებთან შედარებით 90%-ით უფრო მსუბუქია. დადებით თვისებებთან ერთად აქვს ნაკლიც. კერძოდ, არასაკმარისად არის განვითარებული წარმოების ერთიანი სისტემა; მასალის უკმარისობა; პრაქტიკულად არ არსებობს ხანგრძლივი ექსპლუატაციის გამოცდილება.

აპარატის დეტალები, რომლებიც ასრულებს იზოლატორის ფუნქციას, განსაკუთრებით იმ აპარატებისა, რომლებიც მოთავსებულია გარსაცმის შიგნით და ავსებულია საიზოლაციო ზეთით მზადდება ბაკელიტის, გეტინაქსისა და ტექსტოლიტისაგან. საიზოლაციო თვისებების გაუმჯობესების მიზნით ფაიფურის კორპუსი გარედან ჭიქურით იფარება.

იზოლატორის ფუძეზე, სალტეებისა და აპარატების დენგამტარი ნაწილების იზოლატორზე დასამაგრებლად გამოიყენება ფაიფურზე დამაგრებული ლითონური ნაწილი – არმატურა. არმატურას ფაიფურზე ყველაზე ხშირად ამაგრებენ სხვადასხვა სახის ისეთი მაცემენტებელი საგოზავებით, რომელთა მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი ახლოა ფაიფურის გაფართოების კოეფიციენტთან. იზოლატორების არმატურა გათვლილია მნიშვნელოვან მექანიკურ დატვირთვაზე და შედგება ოვალური ან კვადრატული მილტუნისაგან, რომელსაც ქვემოდან ნახვრეტი აქვს ჭანჭიკისათვის და ლითონის თავი კუთხვილი ნახვრეტით ზემოდან სადენის დასამაგრებლად. იზოლატორებს, რომლებიც გათვლილია ნაკლებ მექანიკურ დატვირთვაზე, არა აქვს მილტუნა და თავი. მათთვის გათვალისწინებულია ლითონის სადები ხრახნიანი ნახვრეტით, რომელიც ჩამაგრებულია ფაიფურის ღეროს სიდრმეში. ეს იზოლატორები მცირე ზომისა და მასისაა.

სასადგურე და სააპარატო იზოლატორები, თავის მხრივ, იყოფა საყრდენ და გამავალ იზოლატორებად.



ნახ.1.1. საყრდენი იზოლატორები:

- ა - ფაიფურის, დაბალი ძაბვის; ბ - ფაიფურის, მაღალი ძაბვის;
 გ - პოლიმერული; დ - საყრდენ-მანჭვალისებრი, მაღალი ძაბვის;
 ე - კერამიკის, მაღალი ძაბვის; ვ - კერამიკის
 საყრდენ-ღეროვანი, მაღალი ძაბვის

საყრდენი იზოლატორების (ნახ. 1.1) დანიშნულებაა ელექტრული სადგურების, ქვესადგურებისა და კომპლექტური მანაწილებელი მოწყობილობების დენგამტარი ნაწილებისა და აპარატების დამაგრება და იზოლაცია. გამოიყენება აგრეთვე საპაერო ხაზების საყრდენებზე სადენების დასამაგრებლად. საყრდენი იზოლატორები იყოფა ღეროვან და მანჭვალისებრ იზოლატორებად. ღეროვან იზო-

ლატორებს მთლიანი ფაიფურის ღერო აქვს გამოშვებული წიბო-
ებით. დაყენების სახეობის მიხედვით ღეროვანი იზოლატორები იყო-
ფა შიგა და გარე დაყენების იზოლატორებად.

შიგა დაყენების ღეროვანი საყრდენი იზოლატორების ძაბვა
6-35 კე-ია, აქვს კონუსური ფორმა ერთი ან ორი მცირე წიბოთი.
იზოლატორის სიმაღლეს განსაზღვრავს ნომინალური ძაბვა, ხოლო
მის დიამეტრსა და არმატურის სახეს – მინიმალური დასაშვები
დატვირთვა. რაც უფრო დიდია დასაშვები დატვირთვა, მით უფრო
მყარად უნდა იქნეს დამაგრებული იზოლატორი ფუძეზე.

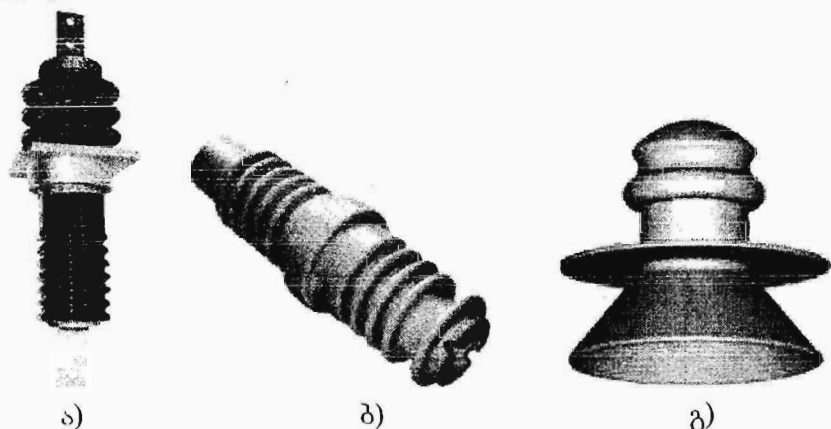
გარე დაყენების ღეროვან საყრდენ იზოლატორებს ამზადებენ
10-110 კე ძაბვაზე. მათ, განხილულისაგან განსხვავებით, უფრო
ფართო წიბოები აქვს.

გარე დაყენების მანჭვალისებრ საყრდენ იზოლატორებს
6-35 კე ძაბვაზე აქვს ისეთი ფორმა, რომ წვიმის დროს სველდება
მხოლოდ ზემოდან, ქვემოდან ყოველთვის მშრალია. 10 კე ძაბვამდე
მანჭვალისებრ იზოლატორებს აქვს მონოლითური ფაიფურის კორ-
პუსი, ხოლო 10 კე ზემოთ – იგივე ფაიფურის კორპუსი, რომელიც
შედგება ერთმანეთთან შეერთებული რამდენიმე ნაწილისაგან. ასე-
თი შეერთებისას იზრდება იზოლატორის გამრღვევი ძაბვის სიდიდე
და მექანიკური სიმტკიცე. ასეთი სახის იზოლატორები ფუძეზე
მაგრდება თუჯის მანჭვალით მილტუჩასთან ერთად. ზემოთ დენ-
გამტარი ნაწილების დასამაგრებლად გათვალისწინებულია თუჯის
ხუფი კუთხვილიანი ხერელებით.

გამავალი იზოლატორების (ნახ.1.2) დანიშნულებაა ელექტრუ-
ლი სადგურებისა და ქვესადგურების დახურული და კომპლექტური
მანაწილებელი მოწყობილობების 10 კე ძაბვამდე და 100 ჰვ სიხ-
შირემდე დენგამტარი ნაწილების გატარება და იზოლაცია.

შიგა დაყენების გამავალი იზოლატორები გამოიყენება ტრან-
სფორმატორების ავზებიდან, ზეთიანი და საჰაერო ამომრთველები-
დან მაღალი ძაბვის სადენების გამოსაყვანად და აგრეთვე შენობის
კედლებში გამავალი სადენების იზოლაციისათვის. გარე დაყენების
იზოლატორების დანიშნულებაა დახურული მანაწილებელი მო-
წყობილობების ღია მანაწილებელ მოწყობილობებთან ან ელექტ-

ტროგადაცემის საზებთან დენგამტარი ნაწილების შეერთება და იზოლაცია.



ნახ. 12. გამავალი იზოლატორები:

- ა - კერამიკის დაარმატურებული; ბ - კერამიკის დაუარმატურებელი;
გ - პოლიმერული

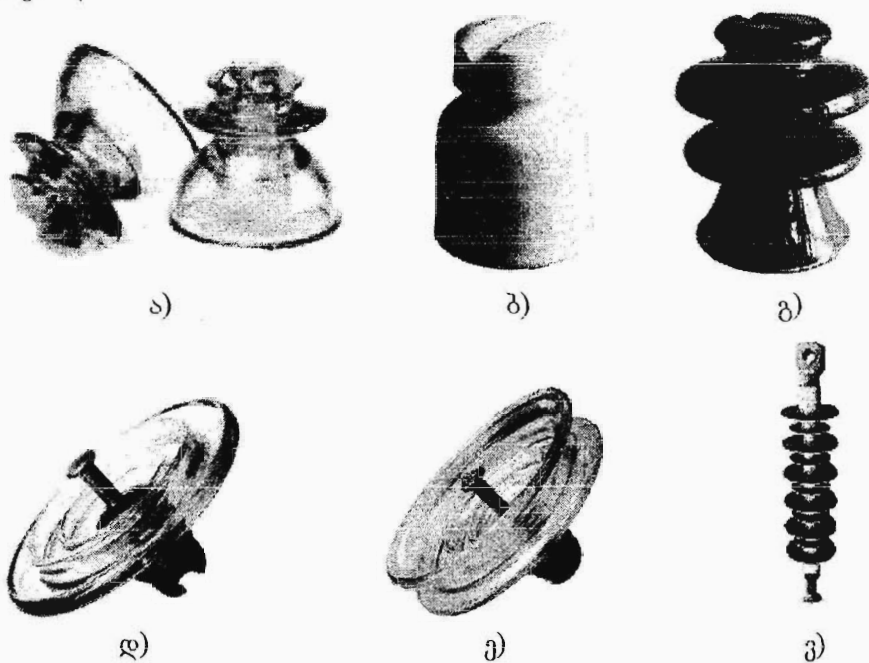
35 კვ ძაბვამდე შიგა დაყენების გამავალ იზოლატორებს აქვს ღრუ ფაიფურის კორპუსი მცირე წიბოებით. გადახურვებსა და კედლებში იზოლატორების დასამაგრებლად მის შუა ნაწილში გათვალისწინებულია მილტუნა, ხოლო ტორსებზე სადენების დასამაგრებლად - ლითონის ხუფი. 2000 ა დენამდე გამავალ იზოლატორებს აქვს სწორკუთხა განიგვეთის დეროები, ხოლო 2000 ა-ზე ზევით - სპეციალური კონსტრუქციის ხუფები, რომლებზეც დენგამტარი სალტეები მაგრდება.

დიდ ნომინალურ დენზე (1000 ა და მეტი) გათვალისწინებული იზოლატორების ინდუქციური დენებით გამოწვეული დამატებითი დანაკარგების თავიდან აცილების მიზნით მილტუნები და ხუფები მზადდება არამაგნიტური მასალისაგან - სპეციალური მარკის თუჯისაგან.

ტრანსფორმატორებისა და ზეთიანი ამომრთველების გამავალი იზოლატორების კორპუსის ჰაერში მომუშავე ნაწილს უფრო ფართო წიბოები აქვს.

სახაზო იზოლატორების (ნახ.1.3) დანიშნულებაა საჰაერო გადაცემის საზებში, ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების მანაწილებელ მოწყობილობებში სადენების დამაგრება და იზო-

ლაცია. ისინი მზადდება ფაიფურისა და ნაწრთობი მინისაგან. კონსტრუქციის მიხედვით, იყოფა მანჭვალისებრ და საკიდ იზოლატორებად.



ნახ. 1.3. სახაზო იზოლატორები:

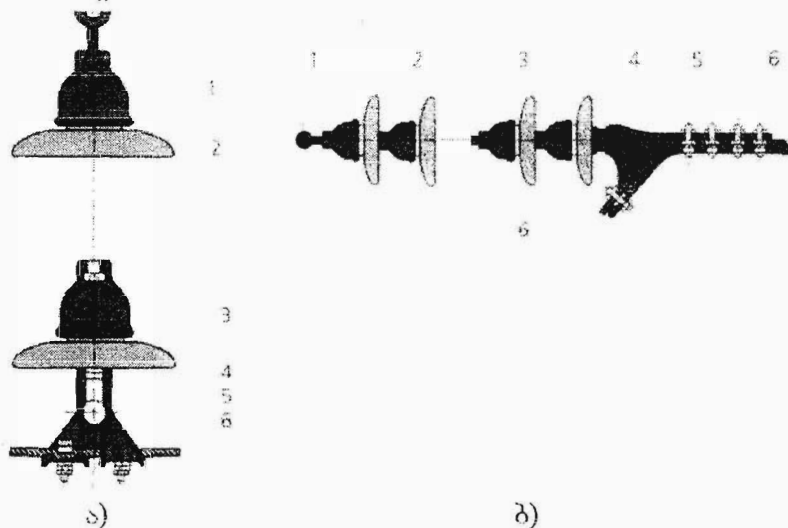
ა - მანჭვალისებრი, მინის; ბ - მანჭვალისებრი, ფაიფურის დაბალი ძაბვის; გ - მანჭვალისებრი, ფაიფურის მაღალი ძაბვის; დ - ჩამოსაკიდი, მინის; ე - ჩამოსაკიდი, ორფრთიანი, მინის; ვ - ჩამოსაკიდი, პოლიმერის

მანჭვალისებრი იზოლატორები ძირითადად გამოიყენება 1 კვ ძაბვამდე საჰაერო ხაზებში, იშვიათად 6-35 კვ ძაბვაზე, ისიც მცირე კვეთის სადენების დროს. 6-10 კვ და ქვევით ძაბვაზე იზოლატორები მზადდება ერთელემენტიანი, ხოლო 20-35 კვ-ზე - ორელემენტიანი. მანჭვალისებრი იზოლატორები საყრდენებზე მაგრდება მანჭვალეების ან კაკეების საშუალებით. თუ საჭიროა, საიმედოობის ამაღლების მიზნით, ანკერულ საყრდენებზე ამაგრებენ არა ერთ, არამედ ორ და სამ მანჭვალისებრ იზოლატორებს.

საკიდ იზოლატორებს გირლანდებად აერთებენ. არსებობს დამჭერი და დამჭიმი გირლანდები. დამჭერ გირლანდებს ამონტაჟებენ საშუალებდო, ხოლო დამჭიმს - ანკერულ საყრდენებზე. იზოლატორების რაოდენობა გირლანდაში დამოკიდებულია ხაზის ძაბვაზე.

მაგალითად, 35 კვ ძაბვის ლითონის ან რკინაბეტონის საყრდენებიანი საპარო ხაზის დამჭერ გირლანდაში უნდა იყოს სამი იზოლატორი; 110 კვ ძაბვის ხაზში – 6-8; 220 კვ-ზე – 10-14 და ა.შ.

საკიდი იზოლატორის კონსტრუქცია და გირლანდის აწყობის სქემა მოცემულია 1.4 ნახ-ზე, ხოლო აწყობილი გირლანდის სურათი 1.5 ნახ-ზე.

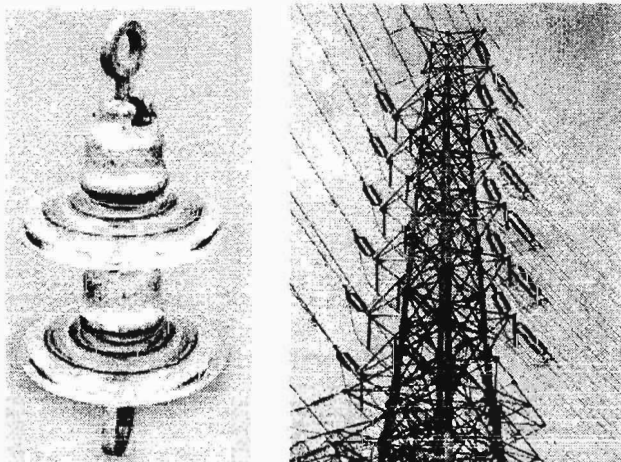


ნახ. 14. იზოლატორების გირლანდა:

ა – დამჭერი; ბ – დამჭიმი. 1 - საკიდი; 2 – პირველი იზოლატორი;

3 – ბოლო იზოლატორი; 4 – ორთათიანი საყურე;

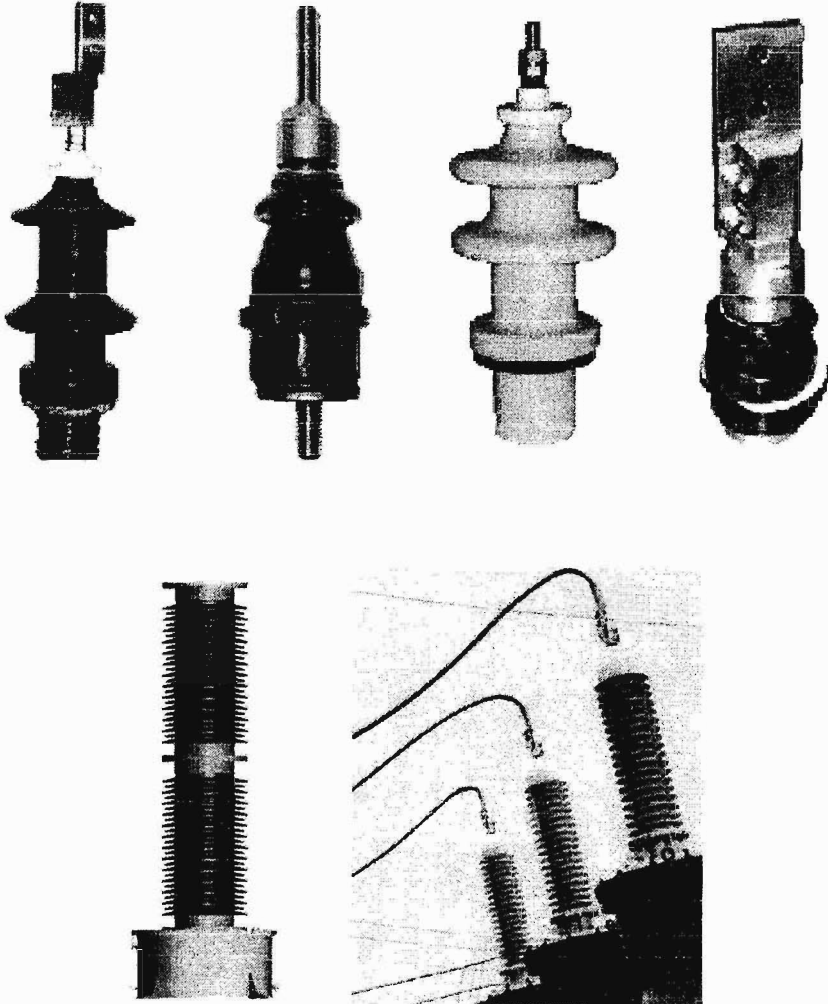
5 – დამჭიმი მომჭერი; 6 – სადენი



ნახ. 15. იზოლატორების გირლანდა

1.3. შემყვანები

მაღალვოლტიანი შემყვანი (ნახ.1.6) ფაიფურის გამავალი იზოლატორია, რომლის შიგა ღრუს გავლით გადის დენგამტარი ღერო და გამოიყენება ტრანსფორმატორების გრაგნილების ბოლოების გარეთ გამოსაყვანად და მათ ქსელში ჩასართავად.



ნახ. 1.6. მაღალვოლტიანი შემყვანების სახეები

შემყვანები მონტაჟდება ტრანსფორმატორის სახურავზე, იშვიათად აუზის გვერდით კედელზე. ტრანსფორმატორის შიგნით შემყვანი შეერთებულია გრაგნილთან, ხოლო გარეთ – ელექტროქსელთან. გარდა ამისა, ისინი მაშუნტირებელი რეაქტორების, ზეთიანი ამომრთველების განუყოფელი ნაწილია და გამოიყენება, როგორც დახურული გამანაწილებელი მოწყობილობების დამოუკიდებელი ელემენტი. გამოიყენება შენობაში და შენობის გარეთ არსებული ელექტროდანადგარების ერთმანეთთან შესაერთებლად.

დანიშნულების მიხედვით შემყვანები იყოფა:

- შემყვანები ტრანსფორმატორებისათვის (ავტოტრანსფორმატორებისათვის);
- შემყვანები რეაქტორებისათვის;
- შემყვანები ზეთიანი ამომრთველებისათვის;
- სახაზო შემყვანები;

შინაგანი იზოლაციის მიხედვით:

- ქაღალდზეთიანი;
- მყარი;
- ზეთბარიერული;
- ელგაზური.

14. იზოლატორებისა და შემყვანების დიაგნოსტიკა

საკიდი და საყრდენი იზოლატორების დიაგნოსტიკისას, პირველ რიგში, გარე დათვალიერებით მოწმდება ფაიფურის, არმატურის, ჭიქურის მთლიანობა, დაარმატურებისა და ნესტმედვი საფარის წესიერულობა. შემდეგ, ელექტრომოწყობილობის გამოცდის ნორმების მიხედვით, 2500 ვ მეგაომეტრით იზომება იზოლაციის წინაღობა. თითოეული ელემენტის იზოლაციის წინაღობა უნდა იყოს არანაკლებ 300 მომისა. თუ იზოლაცია არ აკმაყოფილებს ამ მოთხოვნებს და გარე დეფექტები შესამჩნევი არ არის, მაშინ მომსახურე პერსონალი ახდენს იზოლაციის გაწმენდასა და გარეცხვას, რის შემდეგაც 1 წუთის განმავლობაში ხდება იზოლაციის გამოცდა სამრეწველო სიხშირის აწეული ძაბვით. გამოსაცდელი

ძაბვის მნიშვნელობები ერთელემენტიანი იზოლატორებისათვის მოცემულია 1.1 ცხრილში.

ცხრილი 1.1

დანადგარის ნომინალური ძაბვა, კვ	3	6	10	15	20	35
გამოსაცდელი ძაბვა ნორმალური იზოლაციით, კვ	24	32	42	55	65	95
გამოსაცდელი ძაბვა შემსუბუქებული იზოლაციით, კვ	14	21	32	48	--	--

ჩვეულებრივ პირობებში, საკიდი და მრავალელემენტიანი საყრდენი იზოლატორის თითოეული ელემენტი გამოიცდება 50 კვ ძაბვაზე 1 წუთის განმავლობაში.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მინის საკიდი იზოლატორების გამოცდა აწეული ძაბვით არ ხდება, რადგან მათი დეფექტები გარე დათვალიერებით ადვილად შეინიშნება.

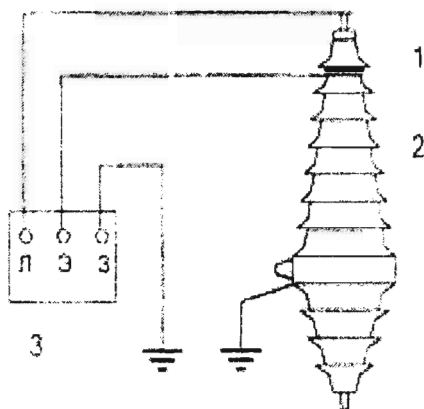
იზოლატორების დიაგნოსტიკისათვის ფართოდ გამოიყენება თბოვიზორული მეთოდი. რომელიც დაფუძნებულია დეფექტური ელემენტების ტემპერატურის ცვლილებაზე, რის გამოც იცვლება ინფრაწითელი გამოსხივების ინტენსიურობა, რომელიც თბოვიზორული ხელსაწყოებით ფიქსირდება. ფაიფურის საკიდი და საყრდენი იზოლატორების დიაგნოსტიკისათვის საჭიროა მაღალი მგრძნობიარობის თბოვიზორული აპარატურა.

პოლიმერული იზოლატორების დაზიანება ექსპლუატაციის უმეტეს შემთხვევაში, როგორც წესი, განპირობებულია დამცავი გარსაცმის პერმეტულობის დარღვევითა და იზოლატორში ნესტის შეღწევით.

პოლიმერული იზოლატორების დიაგნოსტიკისათვის, გარდა გარე დათვალიერებისა, რეკომენდებულია გამოყენებულ იქნეს ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი კონტროლის მეთოდების ურთიერთშერწყმა. ამასთანავე, ინფრაწითელი კონტროლის მეთოდი უნდა იყოს ძირითადი, რითაც შეიძლება გამოვავლინოთ დეფექტები დაზიანების საწყის ეტაპზე. ულტრაიისფერი მეთოდი კი იქნება დამა-

ტებითი, რომელიც დეფექტებს გამოავლენს იზოლატორის ძლიერი დაზიანების შემთხვევაში.

შემყვანებისა და გამავალი იზოლატორების დიაგნოსტიკის დროს, პირველ რიგში, გარე დათვალიერებით მოწმდება ფაიფურის გარე მდგომარეობა, ანაზღაურებისა და ბზარების არარსებობა, არმატურის, საზომი გამომყვანის ჩამამიწებელი სადენისა და პოტენციომეტრული მოწყობილობის წესიერულობა, ზეთის დონე საფართოებელში. შემყვანის გამოცდის წინ აიღება ზეთის სინჯი და მოწმდება ელექტრულ სიმტკიცეზე სტანდარტულ ზეთსარღვევში. ზეთის გამრღვევი ძაბვა 35-220 კვ კლასის შემყვანებისათვის უნდა იყოს არანაკლებ 40 კვ, ხოლო 330-500 კვ კლასის შემყვანებისათვის - არანაკლებ 55 კვ.



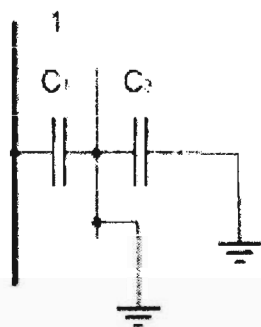
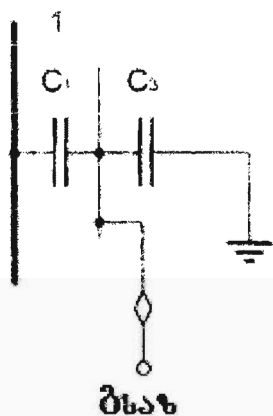
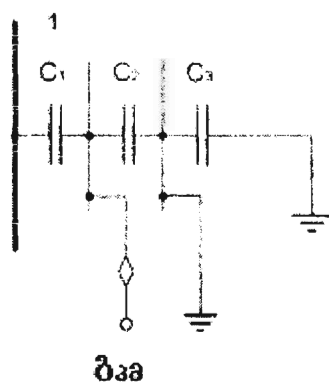
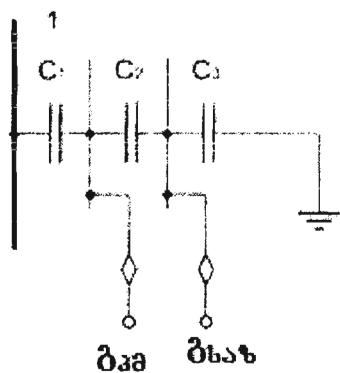
ნახ. 1.7. შემყვანის იზოლაციის წინააღობის გაზომვის სქემა:

1 - ეკრანი-რგოლი; 2 - გამოსაცდელი გამომყვანი;

3 - მეგაომმეტრი

1000-2500 ვ მეგაომმეტრით აწარმოებენ ძირითადი და საზომი გამომყვანების იზოლაციის წინააღობის გაზომვას მიღტუჩას მიმართ (ნახ. 1.7). გაზომილი წინააღობა უნდა იყოს არანაკლებ 1000 მომი. საზომი გამომყვანის იზოლაციის წინააღობის გაზომვისას უნდა მოიხსნას დამცავი გარსაცმი და ჩამამიწებელი სადენი. შემყვანის შეცდომით დაწუნების თავიდან აცილების მიზნით რეკომენდებულია იზოლაციის წინააღობის გაზომვა ვაწარმოოთ ეკრანი-რგოლის დადებით (ნახ.1.7).

ქალაღღზეთიანი იზოლაციის მქონე შემყვანის იზოლაციის წინაღობის გაზომვა წარმოებს 1.8 ნახ-ზე წარმოდგენილი ზეთით ავსებული შემყვანის იზოლაციის ჩანაცვლების სქემებისა და 1.2 ცხრილში მოცემული მითითებების მიხედვით.



ნახ.1.8. ზეთით ავსებული შემყვანის იზოლაციის ჩანაცვლების სქემა:
 C_1 – შემყვანის ძირითადი იზოლაცია; C_2 – საზომი კონდენსატორის იზოლაცია; C_3 – ბოლო შემონაფენის იზოლაცია საზომი მილისის მიმართ; 1 – შემყვანის დენგამტარი ღერო; გკვ – პოტენციომეტრული მოწყობილობის გამომყვანი; ბსაზ – საზომი გამომყვანი

შემყვანების იზოლაციის წინააღობის გაზომვის სქემა

ჩანაცვლების სქემა (ნახ.13)	შემყვანის იზო- ლაციის გასაზომი უბანი	მეგაომეტრის მომჭერების შეერთება (ნახ.17)			შენიშვნა
		მომჭე- რი „1“	მომჭერი „3“	მომჭერი „3“	
1	2	3	4	5	6
ა	C ₁	გაჟ-თან	1-თან	ჩამიწებულდია	ბგაზ-ჩამიწებ
	C ₁	გაჟ-თან	ჩამიწებულდია	ბგაზ-თან	1 ჩამიწებ.
	C ₂	ბგაზ- თან	გაჟ-თან	ჩამიწებულდია	1 ჩამიწებ.
	C ₂	გაჟ-თან	ბგაზ-თან	1-თან	
	C ₃		ჩამიწებულდია	1-თან, გაჟ-თან	
	C ₃	ბგაზ- თან	ჩამიწებულდია	გაჟ-თან	1 ჩამიწებ.
ბ	C ₁	გაჟ-თან	1-თან	ჩამიწებულდია	
	C ₂		ჩამიწებულდია	1-თან	ბგაზ ჩამიწებ. შემყვანის შიგნით
გ	C ₁		1-თან	ჩამიწებულდია	
	C ₃		ჩამიწებულდია	1-თან	
	C ₁ + C ₃		ჩამიწებულდია	თავისუფალდია	1 ჩამიწებ.
დ	C ₁	1-თან	ჩამიწებულდია	თავისუფალდია	

შემყვანი და გამავალი იზოლატორებისათვის, რომელთა ძირითადი იზოლაცია არის ზეთბარიერული, ქაღალდზეთიანი და ბაკელიტის, ასევე უნდა ჩატარდეს დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსის *იგდ* გაზომვა. დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსის მნიშვნელობებმა როგორც ძირითადი, ასევე საზომი კონდენსატორის იზოლაციისათვის, არ უნდა გადააჭარბოს 1.3 ცხრილში ნაჩვენებ მნიშვნელობებს.

შემყვანი და გამავალი იზოლატორებისათვის, რომელთაც სპეციალური გამოყვანი აქვს პოტენციომეტრული მოწყობილობისათვის, დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსის *იგდ* გა-

ზომვა წარმოებს ძირითადი და საზომი კონდენსატორის იზოლაციისათვის. ერთდროულად წარმოებს ტევადობის გაზომვა.

იგდ-ს გაზომვასთან ერთად უნდა გაიზომოს შემყვანის ტევადობები: დენგამტარ ღეროსა და საზომ გამომყვანს შორის; დენგამტარ ღეროსა და საზომ კონდენსატორს შორის; შემყვანის უკანასკნელ შემონაფენსა და შემაერთებელ მილისს შორის.

შემყვანებისათვის, რომელთაც იზოლაციის შემონაფენის ბოლო ფენიდან გააჩნია საზომი გამომყვანი, დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსის იგდ გაზომვა რეკომენდებულია 3 კვ ძაბვის დროს.

ცხრილი 1.3

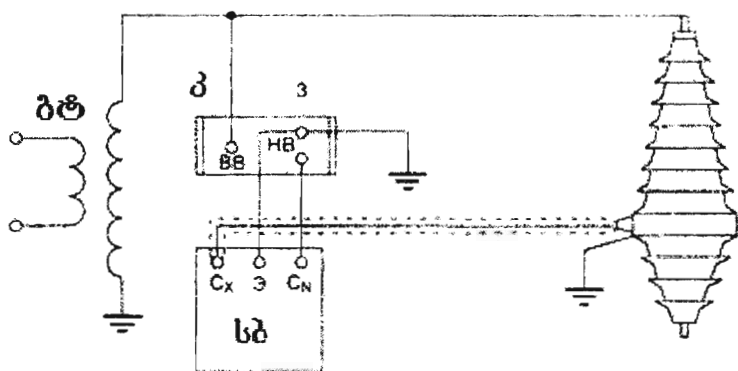
შემყვანი და გამავალი იზოლატორების ძირითადი და საზომი კონდენსატორის იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსის იგდ უდიდესი დასაშვები მნიშვნელობები +20°C ტემპერატურის დროს

გამოსაცდელი ობიექტის დასახელება და ძირითადი იზოლაციის სახე	დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი იგდ, % ნომინალური ძაბვის დროს, კვ					
	3-15	20-35	60-110	150-220	330	500
ზეთესებული შემყვანი და გამავალი იზოლატორები ზეობარიერული იზოლაციით	—	3,0	2,0	2,0	1,0	1,0
ზეთესებული შემყვანი და გამავალი იზოლატორები ქაღალდზეთიანი იზოლაციით	—	—	1,0	0,8	0,7	0,5
შემყვანი და გამავალი იზოლატორები ბაკელიტის იზოლაციით, მათ შორის ზეთესებული	3,0	3,0	2,0	—	—	—

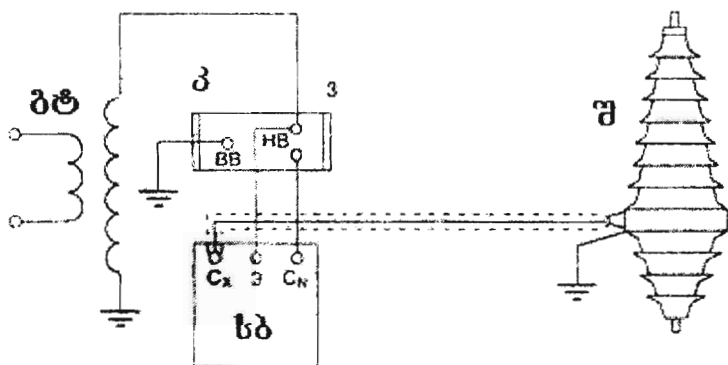
შემყვანი და გამავალი იზოლატორების ქაღალდზეთიანი იზოლაციის ბოლო ფენების მდგომარეობის შეფასებისათვის შეიძლება გავაკეთოთ ორიენტაცია დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსის იგდ საშუალო მნიშვნელობებზე: 110-115 კვ - 3%; 220 კვ - 2%; 330-500 კვ - 2%.

ტვ-ს გაზომვისას შემყვანების მდგომარეობის შეფასება უნდა წარმოებდეს არა მარტო მისი აბსოლუტური მნიშვნელობით, არამედ წინა გაზომილ მნიშვნელობებთან შედარებით. შემყვანების ტვ ხასიათისა და ტევალობის ცვლილების გათვალისწინებით.

სხვადასხვა კონსტრუქციული შესრულების ზეთვსებული შემყვანების დიელექტრიკული დანაკარგების რეკომენდებული გაზომვის სქემები მოცემულია 1.9 ნახ-ზე და 1.4 ცხრილში.



ა)



ბ)

ნახ. 1.9. შემყვანების იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტვ გაზომვის პრინციპული სქემა: ა) C_1 ტევალობის გაზომვის ნორმალური სქემა; ბ) გადამზრუნებული სქემა C_2 და C_3 კონდენსატორების გაზომვისათვის; 1 - დენამტარი ღერო; გტ - გამოსაცდელი ტრანსფორმატორი; კ - ეტალონური კონდენსატორი; სბ - ცვლადი დენის საზომი ბოგირი; შ - გამოსაცდელი შემყვანი

ზეთესებული შემყვანების იზოლაციის ღდ-ს განსაზღვრის სქემა

ჩანაცდლების ტევა- დური სქემა	შემყვანის იზოლაციის გაზომის უბანი	ბოგირული სქემის სახე	საზომი ბოგირის მომჭერების შეერთება			შენიშვნა
			მომჭერი „C _N “	მომჭერი „C _X “	„ა“	
ა	C ₁	ნორმალური	1-თან	ბგა-თან	ჩამიწებ.	ბგა-ზ ჩამიწ.
	C ₂	ნორმალური	ბგა-თან	ბგა-ზ-თან	ჩამიწებ.	იგივე
	C ₁ + C ₂	ნორმალური	1-თან	ბგა-ზ-თან	ჩამიწებ.	იგივე
	C ₃	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	ბგა-ზ-თან	1-თან	—
ბ	C ₁	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	1-თან	—	ბგა ჩამიწ.
	C ₁	ნორმალური	1-თან	ბგა-თან	ჩამიწებ.	—
	C ₂	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	ბგა-თან	1-თან	—
	C ₁ + C ₂	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	1-თან	—	—
გ	C ₁	ნორმალური	1-თან	ბგა-ზ-თან	ჩამიწებ.	ბგა-ზ გან- მიწებუღლია
	C ₃	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	ბგა-ზ-თან	1-თან	ბგა-ზ გან- მიწებუღლია
დ	C ₁	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	1-თან	—	

ქალაღდზეთიანი შემყვანებისათვის ძირითადი იზოლაციის ღდ-სა და ტევაღობის გაზომვის გარდა აუცილებელია C₂ საზომი კონდენსატორის იზოლაციისა და C₃ უკანასკნელი შემონაფენის იზოლაციის შეფასება შემყვანის შემაერთებელი მიღისის მიმართ.

ძირითადი იზოლაციის (ტევაღობა C₁) დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი იზომება ნორმალური სქემით 10 კვ გამოსაცდელი ძაბვის დროს; საზომი კონდენსატორის C₂ – შებრუნებული სქემით, 5–10 კვ ძაბვის დროს; C₃ – შებრუნებული სქემით, 5 კვ ძაბვის დროს. იმ შემთხვევებში, როცა გვაქვს შემყვანის შემაერთებული მიღისის მიწისაგან იზოლირების საშუალება, მაშინ C₂ ან C₃ საზომი კონდენსატორის ღდ იზომება ნორმალური სქემით. ნორმალური სქემით C₂ ან C₃ ტევაღობების გაზომვისას (ნახ.1.19,ა)

ნამიწება მოიხსნება გასაზომი გამომყვანიდან და შემადგენელი მილისიდან, ხოლო 'შებრუნებული სქემით გაზომვისას (ნახ.1.9,ბ) -- მხოლოდ გასაზომი გამომყვანიდან.

ქაღალდზეთიანი იზოლაციით ზეთესებული 'შემყვანების კონსტრუქცია ისეა შესრულებული, რომ, მაგალითად, 110 კვ 'შემყვანებისათვის უკანასკნელ საზომ შემონაფენსა და მიღტუზას შორის დადებულია ქაღალდის 2-3 ფენა (0,4-0,6 მმ), ხოლო დანარჩენი ნაწილი (10-11 მმ) აკსებულია ზეთით. ფაქტურად, ზეთის დრენო მერყეობს მნიშვნელოვან ზღვრებში, ხოლო ზოგჯერ საერთოდ არ არის. ამიტომ, C_3 ტევადობა ერთი ტიპის შემყვანებისათვის შეიძლება მერყეობდეს მნიშვნელოვან ზღვრებში.

შემყვანების იზოლაციის გაზომვა წარმოებს არანაკლებ $+10^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დროს.

ძალურ ტრანსფორმატორებზე დაყენებული შემყვანების ჯგუფი გაზომვისას ტრანსფორმატორის გრაგნილები ერთმანეთთან ელექტრულად უნდა იყოს შეერთებული, რათა გამორიცხულ იქნეს გრაგნილების ინდუქციურობის გავლენა გაზომვის შედეგებზე. ასევე, დაწვრილებით უნდა გაიზომოს შემყვანის ტემპერატურა, რადგან მის ქვედა ნაწილს აქვს ზეთის ზედა ფენების ტოლი ტემპერატურა, ხოლო ზედა ნაწილს -- გარემოს ტემპერატურა. ამიტომ, ზეთესებული შემყვანებისათვის, რომლებიც დაყენებულია ძალურ ტრანსფორმატორებზე, შემყვანის ტემპერატურა შეიძლება შევაფასოთ შემდეგი ფორმულით:

$$t_{\text{შემყვ}} = 0,34 t_{\text{გარ.}} + 0,66 t_{\text{ზეთ.}}$$

ხოლო ზეთიან ამომრთველებზე დაყენებული ზეთესებული შემყვანებისათვის შემყვანის ტემპერატურად მიღებულია ამომრთველის ზეთის ტემპერატურა.

ჯგუფ-ს გაზომვა რეკომენდებული არ არის ვაწარმოთ $0-5^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დიაპაზონში, რადგან იზოლატორების დაორთქლისა და სხვა ფაქტორების გამო არაზუსტი შედეგი მიიღება. უკიდურეს შემთხვევაში, ზამთრის პერიოდში ჯგუფ-ს გასაზომად უნდა მოხდეს იზოლაციის გათბობა $+5^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე მეტად.

იზოლაციის წინააღობის $R_{0\phi}$ და $t_{\text{გნ}}$ -ს გაზომვის შედეგების დამაკმაყოფილებელი მნიშვნელობების დროს წარმოებს შემყვანების გამოცდა, სამრეწველო სიხშირის აწეული ძაბვით, ფაიფურის იზოლატორისათვის 1 წთ განმავლობაში და 5 წთ განმავლობაში ორგანული მჟარი მასალებისაგან დაშლადებული იზოლატორებისათვის. გამოსაცდელი ძაბვების მნიშვნელობები იგივეა, რაც საკიდი და საყრდენი იზოლატორების შემთხვევაში (ცხრილი 1.1).

შემყვანები და გამავალი იზოლატორები კარგისია, თუ მათ არა აქვს ხილული დაზიანებები და გაუძღვს ელექტრულ გამოცდებს გარღვევის გარეშე.

თუ $t_{\text{გნ}}$ -ს გაზომილი მნიშვნელობა აღემატება დასაშვებ ნორმას, მაშინ შემყვანს ან გამავალ იზოლატორს აშრობენ. იზოლატორის გაშრობა ხდება საშრობ კამერაში $50-60^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე და გრძელდება 5-6 საათის განმავლობაში. თუ გაშრობის შემდეგაც $t_{\text{გნ}}$ -ს მნიშვნელობა აღემატება დასაშვებ ნორმას, მაშინ ასეთი შემყვანი ან გამომყვანი იზოლატორი დაწუნებული უნდა იქნეს.

1.5. იზოლატორების რემონტი

თუ იზოლატორების გაწმენდისა და გარე დათვალიერების დროს ჭიქურის ზედაპირზე აღმოჩნდა 1 სმ²-მდე ფართობისა და 1 მმ-მდე სიღრმის ბზარები და ანახლეჩები, მაშინ იზოლატორს არ ცვლიან და დეფექტურ ადგილებს ფარავენ ბაკელიტის ან გლიფტალის ლაქით. თუ არმატურა ამოიფშენა, მაშინ ის უნდა აღდგეს, რისთვისაც ფაიფურის ან ლითონის ზედაპირს ასუფთავებენ ჭუჭყისა და ზეთის ლაქისაგან. ამოფშენილი მოცულობა საგოზავით უნდა ამოივსოს, რომელიც მომზადებულია 1 წილი პორტლანდცემენტისა და 1.5 წილი სილისაგან. ამ ნარევის 100 წილი აზელილი უნდა იქნეს 40 წილ წყალთან. ასეთი საგოზავით შეიძლება ვისარგებლოთ 1-1.5 სთ-ის განმავლობაში.

თუ საჭიროა აღდგეს იმ იზოლატორების არმატურა, რომლებიც ეხება სატრანსფორმატორო ზეთს, მაშინ საგოზავი უნდა მომზადდეს 3 წილი მურდასანგისა და 1 წილი ტექნიკური ვაზელინისაგან.

თუ იზოლატორებზე დიდი ზომის ბზარები და ანახლეჩებია, მაშინ ისინი უნდა შეიცვალოს იმავე ზომის ახალი იზოლატორებით.

1.6. გამთიშები

გამთიში არის მაღალი ძაბვის აპარატი, რომელიც გამოიყენება ხილული წყვეტის შექმნისათვის და განამხოლოებს მუშაობიდან გამოყვანილ მოწყობილობას ძაბვის ქვეშ მყოფი დენგამტარი ნაწილებისაგან, რაც მოწყობილობის სარემონტო სამუშაოების უსაფრთხოდ ჩატარების შესაძლებლობას იძლევა.

გამთიშებს არ გააჩნია რკალჩამქრობი მოწყობილობა და ამიტომ ისინი ძირითადად გამოიყენება დატვირთვის გარეშე და ძაბვის ქვეშ ან ძაბვის გარეშე მყოფი ელექტრული წრედების ჩართვა-ამორთვისათვის და აგრეთვე გამთიშთან მთლიან კომპლექტში მყოფი ჩამამიწებლის დახმარებით ამორთული უბნების ჩამიწებისათვის.

გამთიშებისადმი წაყენებული მოთხოვნები:

- გამთიშმა უნდა შექმნას წრედის ცხადი ხილული წყვეტა, რომელიც შეესაბამება დანადგარის ძაბვის კლასს;
- გამთიშების ამძრავებს უნდა ჰქონდეს ჩართვა-ამორთვის მდგომარეობის დანების ხისტი ფიქსაციის მოწყობილობა, ასევე საიმედო საყრდენები, რომლებიც ზღუდავს დანების მობრუნებას მოცემულზე მეტი კუთხით;
- გამთიშები უნდა ჩაირთოს და ამოიროს გარემოს გაუარესებული პირობების (მაგ., ყინვიან ამინდში) დროსაც;
- საყრდენმა და წევის იზოლატორებმა უნდა გაუძლოს საკომუტაციო ოპერაციების დროს წარმოშობილ მექანიკურ დატვირთვებს;
- გამთიშის მთავარი დანები ჩამამიწებელი მოწყობილობის დანებთან უნდა იყოს დაბლოკილი, რათა გამოირიცხოს მათი ერთდროული ჩართვა.

1.7. გამთიშების კლასიფიკაცია და მოწყობილობა

6–10 კვ ძაბვის გამთიშების (კალკული ტიპები ერთმანეთისაგან განსხვავდება: დაყენების სახეობის მიხედვით – შიგა და გარე დაყენების; პოლუსების მიხედვით – ერთპოლუსა და სამპოლუსა; დანის მოძრაობის ხასიათის მიხედვით – ვერტიკალურ-საბრუნო, ვერტიკალურ-ჩამრაზი და მოქანავე ტიპის.

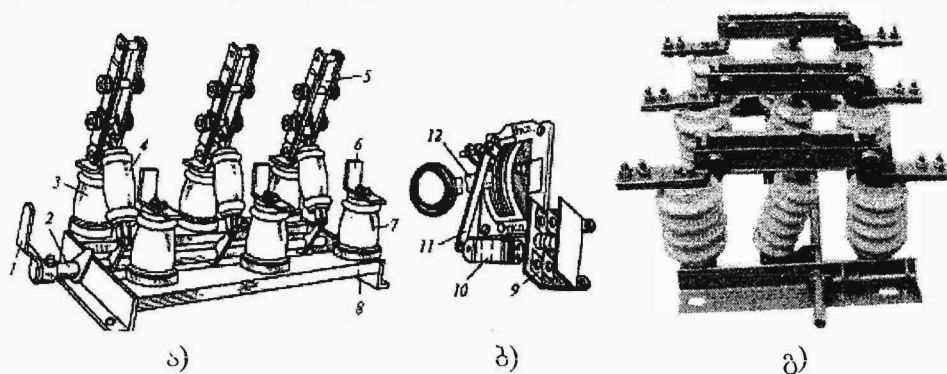
გამთიშების ჩართვისა და ამორთვისათვის გამოიყენება ხელის, ელექტროძრავიანი და პნევმატიკური ამძრავები. თავის მხრივ, ხელის ამძრავები იყოფა ბერკეტიანი და ჭიახრახნული გადაცემით. ბერკეტიანი ამძრავები შეიძლება დაყენებულ იქნეს როგორც ღია, ასევე დახურულ მანაწილებელ მოწყობილობებში. ასეთი ამძრავის სახელური ვერტიკალურ სიბრტყეში $120-150^\circ$ გადაადგილდება. გამორთვისას სახელური დაწვით ქვემოთ, ხოლო ჩართვისას აწვით ზემოთ. ხელის ამძრავები ყენდება იგივე საყრდენზე, რომელზეც დამონტაჟებულია გამთიში. ამძრავი საშუალებას იძლევა არასწორი ოპერაციების თავიდან აცილების მიზნით, განხორციელდეს გამთიშის მექანიკური ან ელექტრული ბლოკირება. 35 კვ ძაბვამდე შიგა დაყენების ერთპოლუსა გამთიშები იზოლირებული შტანგებით იმართება. ელექტროძრავიან ამძრავებს შიგა და გარე დაყენების გამთიშებისათვის აქვს ღილაკიანი მართვის პულტები: “ჩართულია”, “ამორთულია” და “სდექ”. პნევმატიკური ამძრავები დაყენებულია უშუალოდ გამთიშის გასართთან, ამიტომ საწვეარის საჭიროება აღარ არის. პნევმატიკური ამძრავები გამოირჩევა მდოვრე მუშაობით. მათ იყენებენ იქ, სადაც შეკუმშული ჰაერის მოსამზადებელი დანადგარებია. პნევმატიკური ამძრავების მართვა ხდება დისტანციურად, ჩართვისა და ამორთვის ელექტრომაგნიტების დახმარებით.

1.10,ა ნახ-ზე ნაჩვენებია შიგა დაყენების 10 კვ ძაბვის სამპოლუსა ვერტიკალურ-ჩამრაზი ტიპის გამთიში, მისი ამძრავი (ნახ.1.10,ბ) და ფოტო (ნახ.1.10, გ); 1.11 ნახ-ზე ჭიახრახნიანი ხელის ამძრავი.

შიგა და გარე დაყენების გამთიშების კონსტრუქცია განსხვავდება მუშაობის პირობებიდან გამომდინარე. გარე დაყენების გამთიშებს უნდა ჰქონდეს ლიპყინულის დროს წარმოშობილი ყინულის

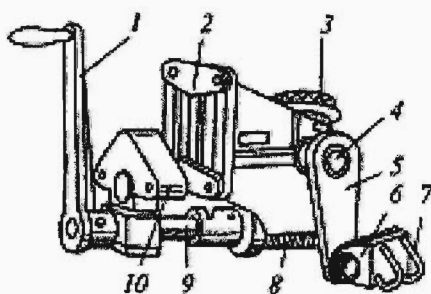
შებს უნდა ჰქონდეს ლიპყინულის დროს წარმოშობილი ყინულის ქერქის დამშლელი სამარჯვი. გარდა ამისა, მათ იყენებენ დატვირთვის მცირე დენების ამოსართავად, რისთვისაც გააჩნია რკალ-ჩამქრობი რქები.

შიგა დაყენების გამოსაშვები გამოიყენება 10 კვ ძაბვამდე სტაციონარულ და კომპლექტურ მანაწილებელ მოწყობილობებში.



ნახ. 1.10. შიგა დაყენების 10 კვ ძაბვის სამოლუსა ვერტიკალურ-ჩამრავი ტიპის გამთიში (ა) და მისი ამძრავი (ბ); გამთიშის ფოტო (გ).

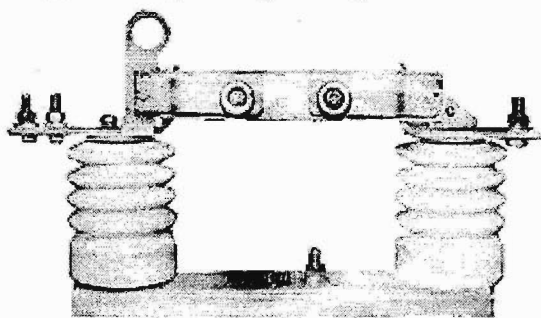
- 1 – ბერკეტი; 2 – დერძი; 3 და 7 – საყრდენი იზოლატორები; 4 – მოძრავი იზოლატორი; 5 – დანა; 6 – უძრავი კონტაქტი; 8 – ჩარჩო;
9 – კონტაქტების ბლოკი; 10 – ამორთულ მდგომარეობაში ამძრავის ბერკეტის საკეტი; 11 – თამასა; 12 – ბერკეტი



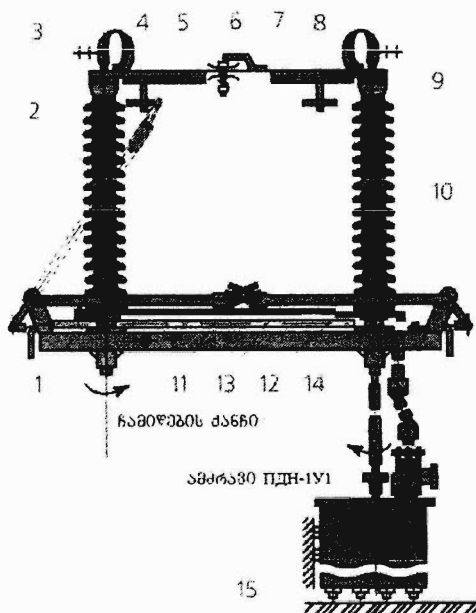
ნახ. 1.11. ჭიახრახნიანი ხელის ამძრავი

- 1 – მართვის სახელური; 2 – უკანა საკისარი; 3 – კბილანა;
4 და 9 – ლილვები; 5 – ბერკეტი; 6 – თამასა; 7 – ცალული („ხოშუტი“);
8 – ჭიახრახნი; 10 – კორპუსი

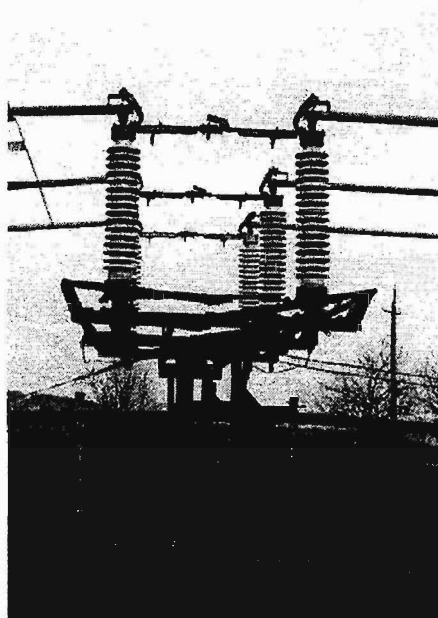
1.12 ნახ-ზე მოცემულია 10 კვ ძაბვის ერთპოლუსა, ხოლო 1.13 ნახ-ზე – გარე დაყენების 35, 110 და 220 კვ ძაბვის ჰორიზონტალურ-საბრუნე PHДЗ-2-110 ტიპის გამთიშები.



ნახ. 1.12. 10 კვ ძაბვის ერთპოლუსა გამთიშში



ა)



ბ)

ნახ. 1.13. გარე დაყენების 35, 110 და 220 კვ ძაბვის ჰორიზონტალურ-საბრუნე PHДЗ-2-110 ტიპის გამთიშის ძირითადი ნაწილები (ა) და მისი ფოტო (ბ). 1 – ძირი; 2 და 9 – იზოლატორების სვეტები; 3 – მომჭერები; 4 – მოქნილი კავშირი; 5 – დანა; 6 – თითისებრი ლამელები; 7 – ნიჩაბი; 8 – ჩამაშიწებელი დანის კონტაქტი; 10 – სვეტის საკისარი; 11 – ჩამაშიწებელი დანები; 12 – ბერკეტი; 13 – საწევარი; 14 – ლილვი; 15 – ამპრაჰი

ძალური ტრანსფორმატორების ნეიტრალის ჩამიწებისათვის გამოიყენება გარე დაყენების სპეციალური ერთპოლუსა ჩამამიწებლები ამძრავით, რომლის საწვეარი ჩამამიწებლიდან იზოლირებულია ფაიფურის იზოლატორებით.

გამთიშის ძირითადი კვანძებია:

- ჩარჩო, რომელზეც აკრეფილია ყველა დანარჩენი კვანძი;
- ჩარჩოზე უძრავად დამაგრებული საყრდენი ან გაშავალი იზოლატორები; საქუსლეზე დამაგრებული საბრუნო იზოლატორები, რომლებიც გამთიშის ჩართვისა და ამორთვის დროს თავისი ღერძის გარშემო მობრუნდება ამა თუ იმ კუთხით;
- საკონტაქტო სისტემა, რომელიც შედგება: ერთი ან ორი უძრავი კონტაქტისაგან; მოძრავი კონტაქტისაგან ე.წ. გამთიში დანისაგან; მოძრავი კონტაქტიდან უძრავ კონტაქტზე დენის გადაცემის მოწყობილობისაგან, რომელიც მცოცავი კონტაქტის ერთ-ერთი სახეა ან მოქნილი კავშირი; ბერკეტიანი მექანიზმისაგან იზოლაციის საწვევართ, რომლის საშუალებით გამთიშის ჩართვისა და ამორთვის დროს ხორციელდება მოძრავი კონტაქტების გადაადგილება; ჩამიწების დანებისა და კონტაქტებისაგან, რომლებიც შეიჭრება ჩამიწების დანებში. ეს კონტაქტები მაგრდება უძრავ კონტაქტებზე ან ძირითადი კონტაქტური სისტემის დანებზე.

მიმყვანი საღტეები (სადენები) მიერთებულია გამთიშის გამომყვან ბოლოებთან, რომლებიც დამოუკიდებელი დეტალია ან გაერთიანებულია უძრავ კონტაქტებთან.

გამთიშს შეიძლება არ გააჩნდეს ჩამიწების დანები; შეიძლება გააჩნდეს ერთი ან ორივე მხრიდან. ისინი მექანიკურად ბლოკირებულია ძირითადი მექანიკური სისტემის დანებთან იმგვარად, რომ ჩართული დანების დროს შეუძლებელია ჩაერთოს ჩამიწების დანები და პირიქით.

საყრდენი იზოლატორების მექანიკური სიმტკიცის ამაღლება ორი იზოლატორის პარალელურად დაყენებით ხდება.

გამთიშების გამოყენება მათანაბრებელი და დატვირთვის მცირე დენების ამოსართავად. ენერგოსისტემებში ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ცდების საფუძველზე დადგენილია, რომ გამთიშებით შეიძლება ჩაირთოს და ამოირთოს საჰაერო და საკაბელო ხაზების დამუხტვის, ძალური ტრანსფორმატორების უქმი სვლის (დამამაგნიტებელი), მათანაბრებელი და მცირე დატვირთვის დენები. მათანაბრებელი დენი გადის ელექტრულად დაკავშირებული ქსელის ორ წერტილს შორის და განპირობებულია ელექტრული კავშირის ჩართვის ან ამორთვის მომენტში ძაბვების სხვაობით ან დატვირთვის გადანაწილებით.

6-10 კვ ძაბვის დახურულ მანაწილებელ მოწყობილობებში გამთიშებით დასაშვებია შემდეგი მნიშვნელობის დენების ჩართვა და ამორთვა:

- 6 კვ ძაბვისას: დამამაგნიტებელი დენი - 3.5 ა, დამუხტვის დენი - 2.5 ა, მიწასთან შერთვის დენი - 4 ა;
- 10 კვ ძაბვისას: დამამაგნიტებელი დენი - 3.0 ა, დამუხტვის დენი - 2.0 ა, მიწასთან შერთვის დენი - 3 ა.

პოლუსებს შორის დაყენებული საიზოლაციო ტიხარი საშუალებას იძლევა ჩართვისა და ამორთვის დენი 1,5-ჯერ გაიზარდოს.

6-0 კვ ძაბვის გარე დაყენების სამპოლუსა მექანიკურამძრავიანი გამთიშებით დასაშვებია 70 ა-მდე სიდიდის მათანაბრებელი და 15 ა-მდე სიდიდის დატვირთვის დენების ჩართვა და ამორთვა.

გამთიშები ხშირად აღჭურვილია სტაციონარული ჩამამიწებლებით, რაც საშუალებას იძლევა რემონტზე დაყენებულ მოწყობილობაზე არ მივაერთოთ გადასატანი ჩამიწება, ამასთან, გადასატანი ჩამიწების მიერთებისას გამორიცხავს უსაფრთხოების წესების დარღვევის შესაძლებლობას.

1.8. გამთიშებთან შესასრულებელი ოპერაციების ტექნიკა

მანაწილებელ მოწყობილობებში მიერთების გამთიშების, რომელთა წრედში ამომრთველია დამონტაჟებული, ჩართვისა და ამორ-

თვის ოპერაციები უნდა შესრულდეს ამომრთველის ამორთული მდგომარეობის შემოწმების შემდეგ.

გამთიშის ჩართვის ან ამორთვის წინ საჭიროა ვაწარმოოთ გარე დათვალიერება. გამთიშებს, ამძრავებსა და ბლოკირების მოწყობილობებს არ უნდა ჰქონდეთ ისეთი დაზიანებები, რომელთაც ხელს შეუშლის ოპერაციების შესრულებას. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს გამთიშის მაშუნტირებელი ზღუდარების არარსებობას. რაიმე დეფექტის შემჩნევის შემთხვევაში, ძაბვის ქვეშ გამთიშებთან ოპერაციები უნდა შესრულდეს განსაკუთრებული სიფრთხილით და მხოლოდ გადართვებზე განკარგულების გამცემი პირის ნებართვით. აკრძალულია გამთიშებთან ოპერაციების ჩატარება, თუ იზოლატორებს ბზარები აქვს.

ხელისამძრავიანი გამთიშების ჩართვა უნდა მოხდეს სწრაფად, მაგრამ სვლის ბოლოს დარტყმის გარეშე. კონტაქტებს შორის რკალის გაჩენისას გამთიშის დანები არ უნდა დაეაბრუნოთ უკან, რადგან ამ დროს რკალი შეიძლება დაგრძელდეს, გადაფაროს ფაზებს შორის არსებული დაშორება და გამოიწვიოს მოკლედ შერთვა. ჩართვის ოპერაცია ყველა შემთხვევაში ბოლომდე უნდა შესრულდეს. კონტაქტების შეხებისას რკალი ისე ქრება, რომ არ აზიანებს მოწყობილობებს.

გამთიშების ამორთვის აწარმოებენ ნელა და ფრთხილად. პირველ რიგში აწარმოებენ ამძრავის სახელურის სასინჯ მოძრაობას, რათა დარწმუნდნენ საწევარის წესიერულობაში, იზოლატორების რყევისა და დაზიანების არარსებობაში. თუ დანების დაშორებისას რკალი აღიძრა, მაშინ საჭიროა გამთიში დაუყონებლივ ჩაირთოს და რკალის წარმოშობის მიზეზის გარკვევამდე მასზე ოპერაციები აღარ ვაწარმოოთ.

ოპერატიული შტანგების დახმარებით ერთპოლუსა გამთიშებზე ოპერაციები უნდა ვაწარმოოთ იმ თანამიმდევრობით, რომელიც უზრუნველყოფს პერსონალის უსაფრთხოებას. დაეშუშვით, პერსონალი შეცდომით შეუდგა დატვირთვის ქვეშ მყოფი გამთიშის ამორთვის. შერეული დატვირთვისას უფრო უსაფრთხოა სამი გამთიშიდან პირველის ამორთვა, რადგან არ აღიძვრება მძლავრი რკალი იმ შემთხვევაშიც კი, როცა წრედში გადის ნომინალური დენი, რადგან

დანების განშორების მომენტში მათ შორის გაჩნდება მცირე სიდიდის პოტენციალთა სხვაობა, რამდენადაც, ერთი მხრივ, ამორთული გამთიში აქნება კვების წყაროს ძაბვის ქვეშ, ხოლო, მეორე მხრივ, გარკვეული დროის განმავლობაში მასზე მოქმედებს ორ ფაზაზე მომუშავე სინქრონული და ასინქრონული ძრავებისა და მანაწილებელ ქსელებში დაყენებული კონდენსატორების მიერ აღძრული თითქმის ერთნაირი ემ ძალები.

გამთიშის მეორე დანის ამორთვისას წარმოიშობა მძლავრი რკალი, ხოლო მესამე დანის ამორთვისას რკალი საერთოდ არ წარმოიშობა.

რადგან გამთიშის რიგით მეორე დანის ამორთვა საშიშია, ამიტომ იგი შეძლებისდაგვარად უნდა იყოს გამთიშის დანარჩენი ფაზებიდან მოშორებით. გამთიშების ნებისმიერი განლაგებისას, პირველ რიგში, უნდა ამოირთოს შუა ფაზის დანა. გამთიშების პორიზონტალურ რიგში განლაგებისას რიგრიგობით ამორთავენ კიდურა დანებს. გამთიშების ვერტიკალურად განლაგებისას ჯერ ამორთავენ ზედა დანას, შემდეგ – ქვედას.

ერთპოლუსა გამთიშების ჩართვის ოპერაციები უკუთანადიმდეერობით სრულდება.

წრედებში, რომლებიც შეიცავს ამომრთველებს ზამბარიანი ამძრავით, ოპერაციები გამთიშებზე უნდა მოხდეს შესუსტებული ზამბარების დროს, რათა გამთიშებზე ოპერაციების წარმოებისას გამოირიცხოს ამომრთველების შემთხვევითი ჩართვა.

6–10 კვ ძაბვის ქსელებში ტრანსფორმატორის დამამაგნიტებელი დენის გამთიშების ამორთვის წინ, გადაძაბვების თავიდან აცილების მიზნით, პირველ რიგში უნდა ამოირთოს რკალჩამქრობი რეაქტორი.

1.9. გამთიშებზე ოპერაციების შემსრულებელი პერსონალის პირადი უსაფრთხოება

ძაბვის ქვეშ მყოფ გამთიშებზე ნებისმიერი ოპერაციების შესრულებისას ოპერაციის შემსრულებელმა ამძრავის აპარატთან უნდა

შეირჩიოს ისეთი ადგილი, რათა იზოლატორების შემთხვევით დაშლისა და ჩამოცვენის შემთხვევაში თავიდან აიცილოს მოსალოდნელი ტრამპები, აგრეთვე ელექტრული რკალის აღძვრის შემთხვევაში თავი დაიცვას მისი პირდაპირი ზემოქმედებისაგან.

ოპერაციის წარმოების მომენტში მიუღებელია შევხედოთ გამთიშის კონტაქტურ ნაწილებს. ამასთან, ჩართვისა და ამორთვის ოპერაციების დასრულების შემდეგ გამთიშის მთავარი დანებისა და სტაციონარული ჩამამიწებლის დანების მდგომარეობის შემოწმება აუცილებელია, რადგან პრაქტიკაში ყოფილა შემთხვევები, როცა მთავარი დანები ბოლომდე არ არის ჩართული, სტაციონარული ჩამამიწებლის ცალკეული ფაზების დანები არ არის ამორთული, დანები აცდენილია სატუჩეს და სხვა. ამიტომ, გამთიშის თითოეული ფაზა სათითაოდ უნდა იქნეს შემოწმებული, მიუხედავად იმისა, რა მდგომარეობაშია დანარჩენი ფაზების დანები და მათ შორის არსებული მექანიკური კავშირი.

1.10. გამთიშების რემონტი

გამთიშების რემონტი მოიცავს იზოლატორების, დენგამტარი ნაწილების, ამძრავის მექანიზმისა და კარკასის რემონტს.

დასაწყისში ბენზინში დასველებული ჩვრით იზოლატორებიდან მოაშორებენ მტვერს, ჭუჭყს. დეფექტების გამოვლენისა და აღმოფხვრის მიზნით ყურადღებით დაათვალიერებენ მას. შემდეგ უნდა შემოწმდეს:

- გამთიშის მოძრავი და უძრავი კონტაქტების იზოლატორებზე და დენგამტარი გამავალი იზოლატორების კარკასზე დამაგრება;
- გამთიშის ჩართვისას მოძრავ კონტაქტს უძრავის მიმართ არ უნდა ჰქონდეს წანაცვლება. თუ წანაცვლება იწვევს მოძრავი კონტაქტის დარტყმას უძრავზე, მაშინ მისი გამოსწორება შეიძლება უძრავი კონტაქტის მდგომარეობის ცვლილებით;

- გამთიშის უძრავი კონტაქტების საღებებთან შეერთების ადგილზე კონტაქტის საიმედოობა. მომჭერი ქანჩის გარდა დაჭერილი უნდა იყოს წინაღქანჩით (“კონტრგაიკა”);
- 0.05 მმ სისქის საცეცით უნდა შემოწმდეს გამთიშის მოძრავი და უძრავი კონტაქტების შეხების სიმჭიდროვე, რომელიც უნდა გავიდეს არა უმეტეს 5–6 მმ სიღრმეზე. სიმჭიდროვის ცვლილება მიიღწევა გამთიშის მოძრავ კონტაქტზე არსებული სპირალური ზაჩხარის მოჭერით. კონტაქტის სიმჭიდროვე უნდა იყოს ისეთი, რომ შეზიდვის ძალვა 600 ა-მდე დენის გამთიშებისათვის 100–200 ნიუტონს არ უნდა აღემატებოდეს;
- სამფაზა გამთიშის დანების ჩართვის ერთდროულობა. დანების ჩართვის არაერთდროულობა 3 მმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. რეგულირება მიიღწევა ცალკეული ფაზების სამართის და საწვეარის სიგრძის ცვლილებით. გამთიშის დანა ჩართულ მდგომარეობაში უძრავი კონტაქტის ფუძიდან უნდა იყოს დაშორებული არა უმეტეს 5 მმ-ისა;
- გამთიშის ბლოკ-კონტაქტების ჩართვის მომენტი. ჩართვის პროცესში გამთიშის ბლოკ-კონტაქტის წრედი უნდა ჩაერთოს დანის სატუჩესთან მიახლოებისას (დასაშვებია დანების სატუჩესთან 5 გრადუსით მიახლოება). გამორთვის შემთხვევაში – დანა მოშორებული უნდა იქნეს სატუჩედან მისი სრული სვლის 75 %-ით. რეგულირება მიიღწევა ბლოკ-კონტაქტის საწვეარის სიგრძის ცვლილებითა და ექვსწახნაგიან ლილეზე საკონტაქტო საყელურის მობრუნებით;
- ჩამამიწებელი დანების ლილვის გამთიშის კარკასთან მოქნილი კავშირის ფირფიტების მთლიანობა და ჩამამიწებელი საღტის შეერთება გამთიშთან. გამთიშის ჩარჩოსა და ჩამამიწებელი საღტის ზედაპირების საიმედოდ შესაერთებლად ქანჩისათვის განკუთვნილი ნახერცის გარშემო ზედაპირს გააპრიადებენ, წაუსვამენ ვაზელინის თხელ ფენას და ქანჩით შეაერთებენ. კოროზიის თავიდან ასაცილებლად, ქანჩის გარშემო ადგილი უნდა შეიღებოს;

- გამთიში და ჩამამიწებელი დანების ლილვის მექანიკური ბლოკირების მუშაობის მკაფიოობა. გამთიშისა და ამძრავის მოხახუნე ნაწილებს ფარავენ უყინავი საპოხით, ხოლო, საჭიროების შემთხვევაში, წინასწარ წმენდენ ბენზინში დასველებული ჩვრით, გაასუფთავენ ზუმფარის ქაღალდით, მოაშორებენ ჟანგს და ღებავენ;
- გამთიშის სატუჩისა და დანის კონტაქტის ადგილის ზედაპირს ასუფთავენ ფოლადის რბილი ჯაგრისით და ფარავენ ვახელინის ან უყინავი საპოხის თხელი ფენით.

კაპიტალურად შეკეთებულმა გამთიშმა გამოცდა უნდა გაიაროს.

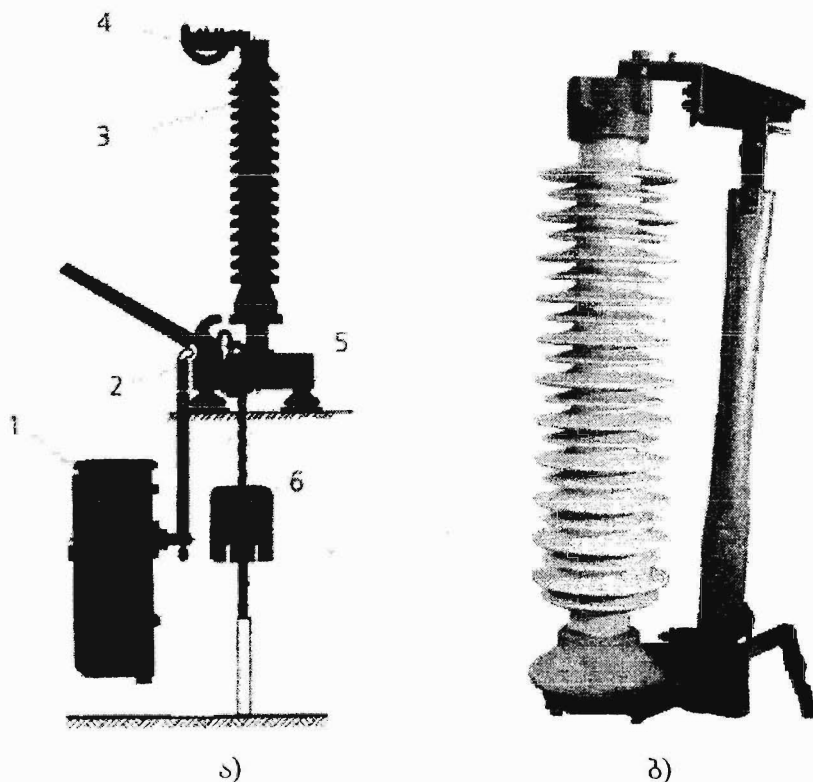
1.11. მოკლედ შემოთველები

მოკლედ შემოთველი ელექტრული აპარატია, რომლის დანიშნულებაა ძალურ ტრანსფორმატორებში შიგა დაზიანებისას ელექტრომომარაგების ქსელებში სწრაფად შექმნას ხელოვნური მოკლედ შერთვა, რაც ამომრთველების ამორთვას გამოიწვევს. მკვებაჲ ხაზზე ძაბვის მოხსნის შემდეგ განმაცალკეებლის საშუალებით განამხოლოებენ დაზიანებულ ტრანსფორმატორს, ხოლო ხაზს ჩართავენ მუშაობაში ავტომატური განმეორებითი ჩართვით.

მოკლედ შემოთველები განმცალკეებელთან ერთად გამოიყენება ქვესადგურების გამარტივებულ სქემებში ძვირად ღირებული ძალური ამომრთველების მაგიერ. ამგვარი შეცვლა საშუალებას იძლევა დაზოგილ იქნეს მნიშვნელოვანი ფულადი სახსრები, რადგანაც ძალური ამომრთველების ღირებულება ძალიან ძვირია. რაც უფრო მეტია მიერთებები ქვესადგურზე და მაღალია ძაბვა მაღალ მხარეზე, მით უფრო შესამჩნევი ხდება გამარტივებული სქემების გამოყენების სარგებლიანობა. ძირითადად გამარტივებულმა სქემებმა ფართო გამოყენება პოვა 35, 110 კვ ძაბვებზე. მოკლედ შემოთველები ყენდება ჩამიწებულნეიტრალიან ქსელებში ერთ ფაზაზე, იზოლირებულნეიტრალიან ქსელებში – ორ ფაზაზე. მოკლედ შემოთველების ჩართვა ავტომატურად ხდება, ხოლო გამორთვა – ხელით.

თანამედროვე პირობებში მოკლედ შემრთველის გამოყენება შეზღუდულია იმ ქვესადგურებით, სადაც ისინი დაყენებულია. ამჟამად მათი წარმოება აღარ ხდება, რადგან ქვესადგურის გამართვებულ სქემებს აქვს ნაკლები საიმედოობა და ქვესადგურების ძვირად ღირებული მოწყობილობების დაზიანების დიდი ალბათობა, ვიდრე ძალურამომრთველებიან სქემებს.

მოკლედ შემრთველის მოწყობილობა და მოქმედების პრინციპი. 1.14 ნახ-ზე მოცემულია K3-110 ტიპის მოკლედ შემრთველისა და მისი ამპრავის კონსტრუქცია.

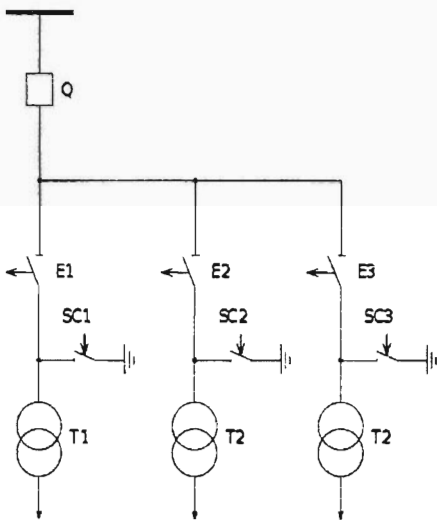


ნახ. 1.14. K3 - 110 ტიპის მოკლედ შემრთველის შემადგენელი ნაწილები (ა) და მისი ფოტო ამპრავის გარეშე (ბ). 1 - ამპრავი; 2 - საწვეარი; 3 - იზოლატორის სვეტი; 4 - უძრავი კონტაქტი; 5 - იზოლატორი; 6 - ღენის ტრანსფორმატორი; 7 - მოძრავი დანა

110–220 კვ ძაბვის ქსელებში მოკლედ შემრთველები სრულდება ერთოლუსიანი, ხოლო 35 კვ ძაბვის ქსელებში – ორპოლუსიანი.

K3–110 ტიპის მოკლედ შემრთველის კონსტრუქცია შედგება დეროვანი იზოლატორისაგან, რომელზეც დამაგრებულია უძრავი კონტაქტი. მოძრავი დანა მაიზოლირებული საწვევართ მიერთებულია კარადაში ჩაშენებულ ზამბარიან ამძრავთან. ამძრავი ემსახურება მოკლედ შემრთველის ჩამრთველი ზამბარების მომართვას, დანის დაჭერას გამორთულ მდგომარეობაში და ჩამრთველი დანის ხელით გამორთვას.

გამორთულ მდგომარეობაში მოკლედ შემრთველის ამძრავის ზამბარები მომართულია და მზადაა მოქმედებისათვის. მოკლედ შემრთველის ჩართვისას დაზიანებული ტრანსფორმატორის დაცვა ოპერატიულ დენს აწვდის ჩართვის ელექტრომაგნიტს, რომელიც საცემელი ბერკეტების სისტემებით საკეტელაზე იმოქმედებს და დანა ჩაირთვება. დრო, ელექტრომაგნიტის ჩართვაზე ბრძანების გაცემის მომენტიდან მოკლედ შემრთველის კონტაქტების სრულ ჩართვამდე დრო 0,35 წმ-ია.



ნახ. 1.15. სატრანსფორმატორო ქვესადგურის გამართივებული სქემა

მოკლედ ჩამრთველის მოქმედების პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: ტრანსფორმატორზე (T1) (ნახ. 1.15) ავარიის შემთხვევაში მასზე დაყენებული დაცვა ძაბვას მიაწოდებს შესაბამისი მოკლედ შემრთველის (SC1) ჩართვის კოჭას და ის ჩართავს თავის კონტაქტებს, რითაც მიწასთან შექმნის ხელოვნურ მოკლედ შერთვას. ამ მოკლედ შერთვაზე რეაგირებას მოახდენს მაგისტრალური საპაერო გადაცემის ხაზის დაცვა და სათავო ამომრთველის (Q) დახმარებით

გაითიშება მთელი ქვესადგური. დროის მცირე მონაკვეთის შემდეგ

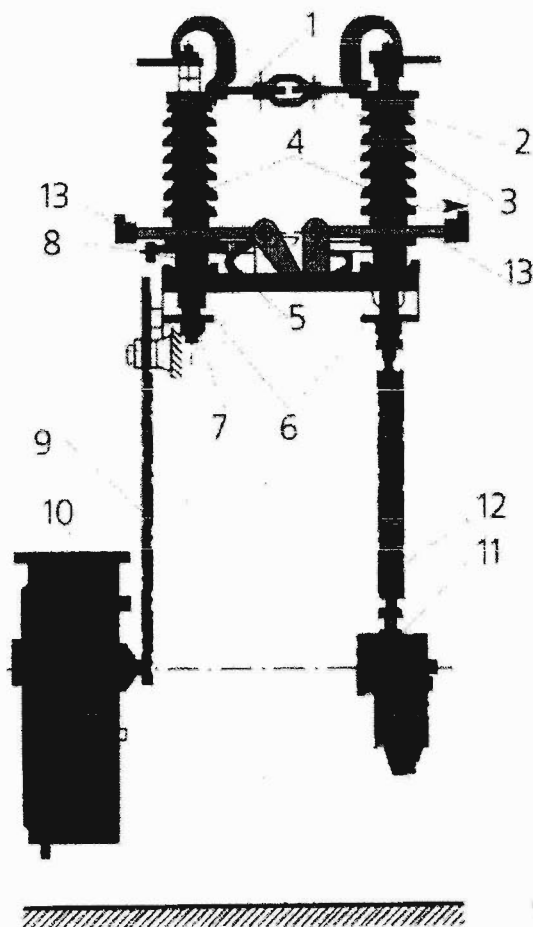
ხაზზე იმუშავებს ავტომატური განმეორებითი ჩართვა და ჩართავს სათავო ამომრთველს. ავტომატური განმეორებითი ჩართვის ამუშავებამდე ამუშავდება დაზიანებული ტრანსფორმატორის განმაცალკევებელი (E1) და ქსელიდან ამორთავს. ამგვარად, თითოეულ მიერთებაზე ცალკეული ამომრთველის გამოყენების გარეშე შესაძლებელია გამოირთოს დაზიანებული უბანი, მაგრამ ქვესადგურმა მუშაობა გააგრძელოს.

1.12. განმაცალკევებლები

განმაცალკევებელი უდენო მაღალი ძაბვის ელექტრული წრედის ცალკეული უბნების ავტომატურად გამოსართველი საკომუტაციო აპარატია. კონსტრუქციით მცირედ განსხვავდება გამთიშებისაგან. მათი საკონტაქტო სისტემა არ არის გათვლილი დატვირთვის ქვეშ ოპერაციებისათვის. განმაცალკევებლების ძირითადი დანიშნულებაა ელექტრული წრედის დაზიანებული უბნის ყველა მხრიდან ამომრთველებით ამორთვის შემდეგ სწრაფად განაცალკევოს ეს უბანი. განმაცალკევებლის დანების მართვა ამძრავით ხდება, რომელიც უზრუნველყოფს ავტომატურ, დისტანციურ და ადგილობრივ ამორთვას, აგრეთვე ხელით ჩართვას. ამორთვის პროცესი გრძელდება ამორთვის იმპულსის მიწოდებიდან 0.5–0.6 წმ განმავლობაში. 1.16 ნახ-ზე მოცემულია ОДЗ – 2-35 ტიპის განმაცალკევებლის ნაწილები და მისი ფოტო.

განმაცალკევებლები გამოიყენება ისეთ სატრანსფორმატორო ქვესადგურებში, რომელთაც მაღალ მხარეზე არ გააჩნია ძალური ამომრთველები. ასეთ ქვესადგურებში განმაცალკევებლებთან ერთად ჩვეულებრივ ყენდება მოკლედ შემრთველები, რომელთა დანიშნულებაა სწრაფად შექმნან ხელოვნური მძლავრი მოკლედ შერთვა, რომლებიც შემდეგ ამოირთვება სათავო ამომრთველებით. მოკლედ შემრთველების ამორთულ მდგომარეობაში ყოფნისას მისი ამძრავი მომართულია და მზად არის ჩართვისათვის. რელეური დაცვის მოწყობილობიდან იმპულსის მიწოდებისას ელექტრომაგნიტი გაათავისუფლებს ჩამრთველ ზამპარას და მოკლედ შემრთველი ჩაირთვება. განმაცალკევებელი ჩაირთვება იმ მომენტში, როცა წრედში

მოკლედ შერთვის დენის გავლა შეწყდება. განმაცალკეებლის სწორი ამუშავებისათვის ამძრავში გათვალისწინებულია ბლოკირება, რომელიც გამორთვის ნებას რთავს მოკლედ შემართველის წრედში დენის გაქრობის შემდეგ.



ნახ. 1.16. განმაცალკეებელი. 1 და 3 – დანები; 2 – საკონტაქტო მოწყობილობა; 4 – სვეტები; 5 – გამომრთველი ზამზარა; 6 – საკისრები; 7 – ჩარჩო; 8 – ბერკეტი; 9 – საწვეარი; 10 – განმაცალკეებლის ამძრავი; 11 – ჩამამიწებელი დანების ამძრავი; 12 – მილისებრი საწვეარი; 13 – ჩამამიწებელი დანები

განმაცალკეებლები მზადდება 35, 110 და 220 კვ ძაბვებზე. არის ორსვეტიანი აპარატი (ნახ. 1.15) დანების ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მობრუნებით. საიზოლაციო სვეტები დაყენებულია ცოკოლში ჩაშენებულ საკისრებზე. საიზოლაციო სვეტების ზედა ნაწილში დამაგრებულია მთავარი საკონტაქტო დანები. ერთ დანაზე დაყენებულია საკონტაქტო ლამელები (ფირფიტები). საკონტაქტო გამომყვანები შეერთებულია მთავარ საკონტაქტო დანებთან სპილენძის ლენტისაგან დამზადებული მოქნილი კავშირით. განმაცალკეებლის ჩართვისას დანის ბოლო შედის ლამელის კონტაქტში, რომელიც დამაგრებულია მოპირდაპირე დანის ბოლოზე.

განმაცალკეებლის ამორთვა ხდება სვეტებს შორის მოთავსებულ საწვეარზე დაყენებული და ზემოდან დამცავი გარსაცმით დამაგრებული ორი ზამბარის შეკუმშვისას დაგროვილი ენერგიის ხარჯზე. გამომრთველი ზამბარების მოპირდაპირე მხარეს სვეტებს შორის მოთავსებულ საწვეარზე დაყენებულია რეზინის ბუფერი, რომელიც მოქმედებს განმაცალკეებლის მოძრავი ნაწილების გაჩერების მომენტში. განმაცალკეებლის ჩართვისათვის ამძრავიდან დაწოლა ბერკეტების სისტემით გადაეცემა. მისი ჩართვა ხდება ხელით, მოსახსნელი სახელურით. სახელური მობრუნებული უნდა იქნეს საათის ისრის მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით 35–40 ბრუნით. განმაცალკეებლის ამორთვა ხდება დისტანციურად ან ავტომატურად.

ზოგიერთი კონსტრუქციის განმაცალკეებლებში გათვალისწინებულია ჩამიწების დანები. ასეთ კონსტრუქციებში მთავარი და ჩამიწების დანების არასწორად ჩართვის თავიდან აცილების მიზნით გათვალისწინებულია მექანიკური ბლოკირება.

1.13. გამთიშების, მოკლედ შემრთველებისა და განმაცალკეებლების დიაგნოსტიკა

დიაგნოსტიკის დროს ტარდება გარე დათვალიერება, სადაც ყურადღება უნდა მიექცეს კონტაქტური შეერთებისა და აპარატების იზოლაციის მდგომარეობას. კონტაქტური შეერთებები გამთიშებისა და განმაცალკეებლების ყველაზე საპასუხისმგებლო და სუსტი ნა-

წილია. გაჭუჭყიანების, დაუანგვისა და სუსტი მოჭერის დროს კონტაქტები შეიძლება არა მხოლოდ გადახურდეს, არამედ დაიწვას კიდეც. გახურების ნიშნების შემჩნევისას წარმოებს გახურების ტემპერატურის შემოწმება. თუ გახურების ტემპერატურა აჭარბებს დასაშვებს, მაშინ გამთიშები საჭიროა გარეშონტდეს.

გამთიშების, განმაცალკეებლებისა და მოკლედ შემრთველების იზოლატორების ზედაპირები უნდა იყოს სუფთა. გაჭუჭყიანებული ზედაპირები უამინდობის პირობებში იწვევს იზოლატორების გადაფარვას.

დათვალიერებისას ყურადღება უნდა მიექცეს, რომ იზოლატორებს არ ჰქონდეს გრძივი და რგოლური ბზარები, აგრეთვე დაზიანებები არმატურასა და ცემენტის ნაკერებში. ზედაპირული დეფექტის შემჩნევისას, რომლებიც ამცირებს იზოლატორის მექანიკურ და დიელექტრიკულ სიმტკიცეს, აპარატი უნდა გარემონტდეს.

მოკლედ შემრთველის ამუშავების შემდეგ ქვესადგურის დათვალიერებისას ყურადღება უნდა მიექცეს არა მარტო ტრანსფორმატორების მდგომარეობას, არამედ თვით მოკლედ შემრთველის საწვევარებისა და მაიზოლირებელი ჩასმების მთლიანობას, რომელთა დაზიანება მოკლედ შემრთველის თვითნებურად ჩართვის ძირითადი მიზეზი შეიძლება გახდეს.

განმაცალკეებლებისა და მოკლედ შემრთველების მუშაობაში მტყუნებანი ხშირად ხდება ამძრავის მექანიზმების უწყისიერობის, გაჭუჭყიანებისა და გახეხვის, მართვისა და ბლოკირების წრედებში დეფექტების გამო. ამიტომ, ამძრავების მომსახურებისას უნდა ჩატარდეს დაწვრილებითი დათვალიერება.

გარე დათვალიერების შემდეგ უნდა მოხდეს ორგანული მასალისაგან დამზადებული საწვევარების იზოლაციის წინააღობის გაზომვა 2500 ვ მეგაომმეტრით. იზოლაციის წინააღობები არ უნდა იყოს ნაკლები 1.5 ცხრილში მოყვანილ მნიშვნელობებზე.

უნდა გაიზომოს ერთ-ან მრავალელემენტიანი სვეტების თითოეული იზოლატორის წინააღობა. იგი უნდა იყოს არანაკლებ 300 მომი. შემდეგ უნდა ჩატარდეს იზოლატორის გამოცდა სამრეწველო სიხშირის აწეული ძაბვით. კერძოიკული იზოლატორების გამოცდის დრო 1 წუთია, ხოლო მყარი ორგანული მასალისაგან დამზადე-

ბული იზოლატორებისა – 5 წუთი. საყრდენ-დეროვანი იზოლატორების ელექტრული სიმტკიცე ძალიან მაღალია, ამიტომ მათი ელექტრული გამოცდა აუცილებელი არ არის, ხოლო მექანიკური სიმტკიცე 35–220 კგ ძაბვის გამოიშვებისა და განმაცალკევებლებისათვის მოწმდება ღუნვაზე. მრავალელემენტოვანი მანჭვადისებრი იზოლატორის თითოეულ ელემენტზე მოდებული უნდა იქნეს 50 კგ ძაბვა 1 წუთის განმავლობაში.

ცხრილი 1.5

ნომინალური ძაბვა, კვ	3-10	15-150	220 და მეტი
იზოლაციის წინაღობა, მომი	1000	3000	5000

კონტაქტების რეგულირების ხარისხი გამოიშვებისა და განმაცალკევებლებისათვის 110 კვ და ზემოთ ძაბვაზე, აგრეთვე გამოიშვებისათვის ნომინალური დენით 1000 ა და ზემოთ ნებისმიერ ძაბვაზე მოწმდება მუდმივი დენით წინაღობის გაზომვით. წინაღობების მნიშვნელობები უნდა იყოს 1.6 ცხრილში მოყვანილ მნიშვნელობებზე ნაკლები.

ცხრილი 1.6

ნომინალური დენი, ა	კონტაქტების წინაღობა, მკომი
600	175
1000	120
2000	50

დინამომეტრით უნდა შემოწმდეს გამოიშვებისა და განმაცალკევებლების მოძრავი დანის გამოწვევის ძალვა. დინამომეტრი უნდა მოედოთ საკონტაქტო წერტილში. გაზომვის შედეგად მიიღება ძალვა, რომლის დროსაც მოძრავი კონტაქტი უძრავიდან გამოდის. არასწორი შედეგის თავიდან ასაცილებლად, გამოიშვის კონსტრუქციისა და დაყენებიდან გამომდინარე, ძალა უნდა მოედოს მკაცრად ჰორიზონტალურად ან ვერტიკალურად. ძალვის მინიმალური მნიშვნელობები მოყვანილია 1.7 ცხრილში.

ნომინალური დენი, ამპერი	400-600	1000-2000	3000
გამოწვევის ძალვა, ნიუტონი	196	392	784

რეგულირების სისწორის შეფასებისათვის მოკლედ შემრთველებში ელექტრონული წამმზომით აწარმოებენ მოძრავი ნაწილების მოძრაობის დროის გაზომვას ჩართვისას, ხოლო განმაცალკევებლებში – ამორთვისას. გაზომვის მონაცემები უნდა შედარდეს საქარხნო მონაცემებს ან დასაშვებ ნორმებს.

გამთიშების, მოკლედ შემრთველებისა და განმაცალკევებლების ელექტრული ამძრავის საბოლოო შეფასებისათვის აწარმოებენ მრავალჯერად ჩართვასა და გამორთვას ოპერატიული დენის ნორმალური ძაბვისა და მისი 80, 90 და 110%-ის დროს.

1.14. განმმუხტველები

განმმუხტველები გამოიყენება ჭექა-ქუხილისა და ელექტრული წრედების დროს წარმოშობილი გადაძაბვების შეზღუდვის მიზნით, რომლებიც ზემოქმედებს ელექტროგადაცემის ხაზის იზოლაციაზე ან ელექტროსადგურის მოწყობილობაზე.

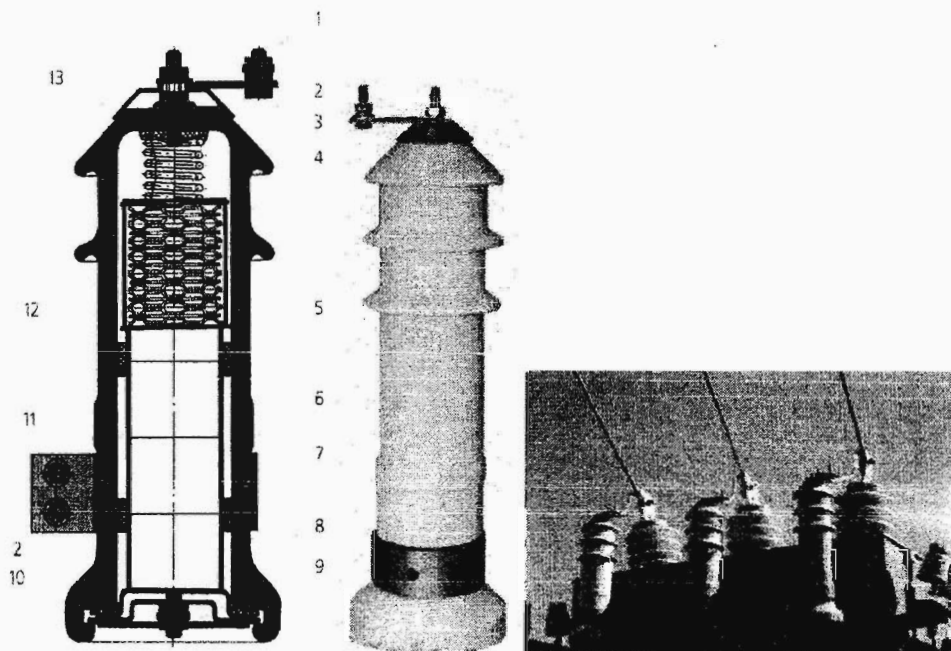
განმმუხტველები არის ორი სახის: ვენტილური და მილისებრი.

ვენტილური განმმუხტველები გამოიყენება ელექტროდანადგარების მოწყობილობების ელექტრული წრედების კომუტაციისა და ჭექა-ქუხილის დროს წარმოშობილი გადაძაბვების შეზღუდვის მიზნით.

განმმუხტველის დამცავი მოქმედება განპირობებულია იმით, რომ იზოლაციისათვის საშიში გადაძაბვის გამოვლენისთანავე ხდება განმმუხტველის სანაპერწკლო შუალედის გარღვევა, ხოლო განმმუხტველის გავლით გამავალი იმპულსური დენი მუშა წინაღობის არაწრფივობის გამო, არ ქმნის იზოლაციისათვის საშიშ ძაბვას.

დანიშნულების მიხედვით, ვენტილური განმმუხტველები იყოფა: ელექტრომოწყობილობის ატმოსფერული გადაძაბვებისაგან დამცავი; მანქანებისა და მოწყობილობების ატმოსფერული და ხანმოკლე

შიგა გადაძაბვებისაგან დამცავი და წვეის ელექტრომოწყობილობების გადაძაბვებისაგან დამცავი. 1.17,ა ნახ-ზე ჭრილში მოცემულია PBO-10 ტიპის ვენტილური განმმუხტველი, 1.17,ბ ნახ-ზე მისი ფოტო, ხოლო 1.17,გ ნახ-ზე სატრანსფორმატორო ქვესადგურზე დამონტაჟებული სახით.



ნახ.1.17. PBO -10 ტიპის ვენტილური განმმუხტველი. ჭრილში (ა), ფოტო (ბ) და დამონტაჟებულ მდგომარეობაში (გ). 1 - შემყვანი; 2 - რეზინის საფენი; 3 - ზამბარა; 4 - ბაკელიტის ცილინდრი; 5 - თექის საფენები; 6 - ვილიტის დისკოები; 7 - ფაიფურის საფარი; 8 - დიაფრაგმა; 9 - ჩამამიწებელი სარტყები; 10 - ლითონის სეგმენტი; 11 - სამაგრი ცალული; 12 - განმმუხტველის სანაპერწკლო შუალედი; 13 - ხუფი

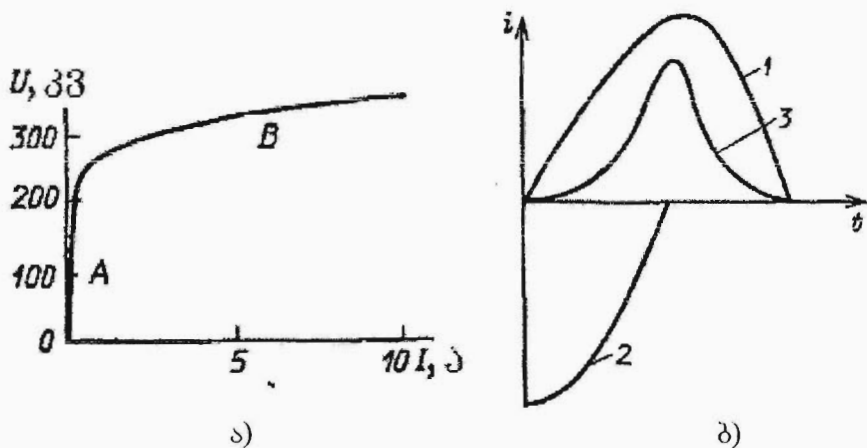
განმმუხტველი შედგება ორი ძირითადი კვანძისგან: სანაპერწკლო შუალედის ბლოკისა და ვილიტის დისკოების სვეტისაგან (მუშა წინაღობა), რომლებიც მოთავსებულია ოზონომედევი რეზინით შემჭიდროებულ ჰერმეტიკული ფაიფურის კორპუსში. მრავალჯერადი საპერო შუალედი შედგება რამდენიმე მიმდევრობით შეერ-

თებული ერთეული შუალედებისაგან, რომლებიც მოთავსებულია ქალაქ-ბაკელიტის ბუდეში. თითოეული საჰაერო შუალედი შედგება ორი ფიგურული საყელურისაგან, რომელთა შორის მოთავსებულია მიკანიტის რგოლები. საჰაერო შუალედების მთელი ბლოკი მოთავსებულია კორპუსის ზედა ნაწილში და დაჭყრილია სპირალური ზამბარით. მუშა წინაღობა შედგება ვილიტის დისკოების ნაკრებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან ჩართულია მიმდევრობით და აქვს შემდეგი ვენტილური თვისებები: მოდებული ძაბვის გაზრდით ვილიტის გამტარობა მკვეთრად იზრდება, ხოლო ძაბვის შემცირებით – მკვეთრად მცირდება. განმუხტევის შემყვანს აქვს სპეციალური ყური ჭანჭიკით მის ჩამოსაკიდებლად, ხოლო მყარად დასამაგრებლად გამოყენება ლითონის კონსტრუქციის ცალული. მაღალი ძაბვის ფაზის გამტარი ფირფიტის გავლით საჰაერო შუალედთან შეერთებულია ზემოდან, ხოლო ჩამამიწებელი გამტარი უშუალოდ ან მუშა წინაღობასთან ელექტრული კონტაქტის მქონე ამუშავების რეგისტრატორის გავლით – ქვემოდან.

ნორმალურ რეჟიმში საჰაერო შუალედები ქსელისაგან გამოყოფილია მუშა წინააღობით. გადაძაბვების აღძვრისას საჰაერო შუალედები გაირღვევა და ქსელი შეერთდება მიწასთან ვილიტის წინააღობის გავლით. საჰაერო შუალედის გარღვევის პირველ მომენტში ვილიტის დისკოებზე მოდებული იქნება მაქსიმალური გადაძაბვა და ამ დროს მათი გამტარობა უდიდესია. მიწასთან განმუხტვის შედეგად ქსელის ძაბვა და დისკოების გამტარობაც მცირდება.

ვილიტის რეზისტორის ტიპური ვოლტამპერული მახასიათებელი მოცემულია 1.18, ა ნახ-ზე. მცირე დენების დროს წინააღობა დიდია და დენის ზრდით ძაბვა წრფივად იზრდება (უბანი A). დიდი დენების დროს წინააღობა მკვეთრად მცირდება და ძაბვა თითქმის არ იზრდება (უბანი B).

1.18, ბ ნახ-ზე ნაჩვენებია დენის მრუდები მუშა რეზისტორში. მუშა რეზისტორის არაწრფივობის გამო, მცირდება ძაბვა. დენის ნულთან მისვლის სიჩქარის შემცირება დენის ნულოვანი მნიშვნელობის არეში ამცირებს რკალის სიმძლავრეს. ყველაფერი ეს ელექტროდებს შორის რკალის ქრობის პროცესს ამსუბუქებს.



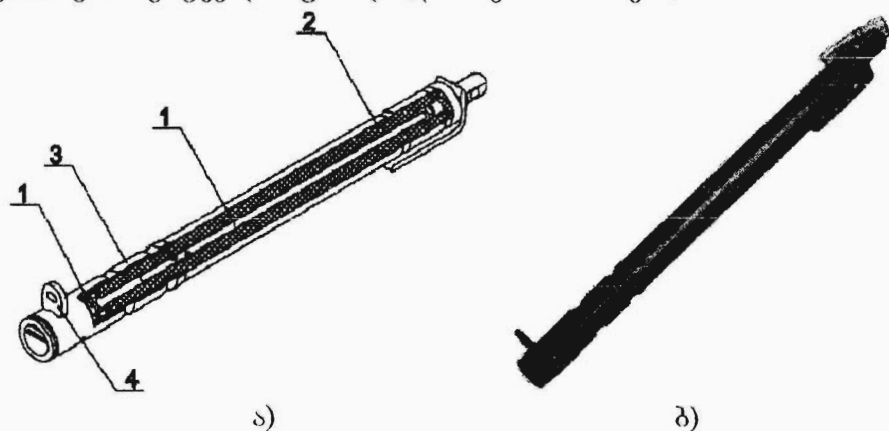
ნახ. 1.18. PBC-10 ტიპის ვენტილური განმმუხტველის ვოლტამპერული მახასიათებელი: 1 – 50 ჰც სიხშირის წყაროს ძაბვა; 2 – ინდუქციური წინაღობით განსაზღვრული დენის მრუდი; 3 – მუშა წინააღობით განსაზღვრული დენის მრუდი

მუშა რეჟისტორები მზადდება 0,1–0,15 მ დიამეტრისა და 20–60 მმ სისქის დისკოს სახით, რომლებიც ერთმანეთთან მყარად დაკავშირებულია თხევადი მინით. გამრღვევი ძაბვის შემცირების მიზნით დისკოების რიცხვი შეიძლება შემცირდეს. დენის გავლის დროს დისკოების ტემპერატურა იმატებს. დიდი ამპლიტუდისა და მცირე (ათეული მიკროწამი) ხანგრძლივობის იმპულსური დენების გავლის დროს რეჟისტორები ვერ ასწრებს გახურებას მაღალ ტემპერატურამდე. სამრეწველო სიხშირის მცირე დენების ხანგრძლივად გავლისას რეჟისტორების ტემპერატურამ შეიძლება დასაშვებ სიდიდეს გადააჭარბოს, დისკოები კარგავს თავის ვენტილურ თვისებებს და განმმუხტველი მწყობრიდან გამოდის. 100 მმ დიამეტრის დისკოს დენის იმპულსის დასაშვები ამპლიტუდა არის 10 კა 40 მკწმ ხანგრძლივობით. იმპულსური დენის გავლის შემდეგ განმმუხტველში იწყებს გავლას სამრეწველო სიხშირის თანმხლები დენი. ამ დენის ნულოვან მნიშვნელობასთან მიახლოებისას ვილიტის წინააღობა მკვეთრად იზრდება და განმმუხტველი მზადაა შემდგომი მუშაობისათვის.

1.15. მილისებრი განმმუხტველები

მილისებრი განმმუხტველები გამოიყენება მაღალი ძაბვის ხაზებისა და 3-დან 110 კვ-მდე ძაბვის ელექტროსადგურების და ქვესადგურების ელექტრომოწყობილობების იზოლაციის გადაძაბვებისაგან დაცვის მიზნით, აგრეთვე ელექტროგადაცემის ხაზების შესუსტებულ ადგილებსა და ქვესადგურების მისადგომებთან.

ელექტროგადაცემის ხაზების დენგამტარ ნაწილებთან მილისებრი განმმუხტველების ჩართვა ხდება გარე სანაპერწკლო შუალედით. მილისებრი განმმუხტველები, როგორც წესი, უზრუნველყოფს 7-8 წარმატებულ ამოქმედებას, რის შემდეგაც იგი უნდა შეიცვალოს. 1.19 ნახ-ზე მოცემულია PTB-10-0, 5/2, 5 Y1 ტიპის მილისებრი განმმუხტველის ჭრილი და საერთო სახე.



ნახ.1.19. მილისებრი განმმუხტველი ჭრილში (ა) და საერთო სახე (ბ).

1 - ლითონის ელექტროდები; 2 - ვინიპლასტის მილი; 3 - ლითონის დაბოლოება; 4 - მომჭერი

PTB-10-0, 5/2, 5 Y1 ტიპის განმმუხტველი კონსტრუქციულად ვინიპლასტის მილში (2) მოთავსებული ლითონის ორი ელექტროდის (1) მიერ შედგენილი დახურული სანაპერწკლოშუალედებიანი აპარატია. ერთი ელექტროდის ბოლო მომჭერით (4) შეერთებულია ღია დაბოლოებასთან. განმმუხტველების დამაგრება ცალუდების დახმარებით ხორციელდება.

ნორმალური მუშაობისას მიღისებრი განმმუხტველი გამოყოფილია ხაზისაგან საპაერო შუალედით. გადაძაბვების გაჩენის დროს გაირღვევა სანაპერწკლო შუალედები და იმპულსური დენი მიწაში გადავა. იმპულსური დენის გავლის შემდეგ განმმუხტველში შეედინება სამრეწველო სიხშირის თანმხლები დენი. არმაგენერიტებული მასალისაგან დამზადებული გარსაკრის ვიწრო არხში ელექტროდებს შორის არსებულ შუალედში რკალი აინთება. გარსაკრის შიგნით წნევა აიწევა. წარმოქმნილ აირებს შეუძლია გამოვიდეს რგოლურ ელექტროდში არსებული ხვრელით, როდესაც დენი მიაღწევს ნულოვან მნიშვნელობას. განმმუხტველიდან გამოშვებული აირების შიგა სანაპერწკლო შუალედის გავლისას მოხდება რკალის ჩაქრობა. ჩამამიწებელ ელექტროდს აქვს ბუფერული მოცულობა, სადაც გროვდება შეკუმშული აირის პოტენციური ენერგია. დენის ნულოვანი მნიშვნელობის დროს ბუფერული მოცულობიდან ხდება ჰაერის დაბერვა, რაც ხელს უწყობს რკალის ეფექტურ ჩაქრობას.

სამრეწველო სიხშირის ზღვრულად დასაშვები გამორთვის დენის მნიშვნელობა განისაზღვრება გარსაკრის მექანიკური სიმტკიცით და ფიბრობაკელიტის გარსაკრისათვის 10 კა შეადგენს. ხოლო ვინიპლასტის გარსაკრისათვის – 20 კა. 50 ჰც სიხშირის თანმხლები დენის მნიშვნელობა დამოკიდებულია განმმუხტველის განლაგების ადგილზე და, ენერგოსისტემის მუშაობის რეჟიმიდან გამომდინარე, ფართო დიაპაზონში იცვლება. ამიტომ, საჭიროა განმმუხტველის დაყენების ადგილზე განსაზღვრულ იყოს მოკლედ შერთვის დენების მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობა. განმმუხტველის მინიმალური დენი განისაზღვრება მილის ქრობის უნარით. რაც უფრო ნაკლებია გამოსაბოლქვი არხის დიამეტრი და რაც უფრო მეტია მისი სიგრძე, მით უფრო ნაკლებია გათიშვის დენის ქვედა ზღვარი. ამასთან, დიდი დენების დროს მილში აღიძვრება მაღალი წნევა, ამიტომ არასაკმარისი მექანიკური სიმტკიცის მილში შეიძლება მოხდეს განმმუხტველის დაშლა. დღეისათვის გამოშვებულია მაღალი სიმტკიცის ვინიპლასტის განმმუხტველები 20 კა-მდე გამორთვის დენით.

მიღისებრი განმმუხტველების მუშაობას თან ახლავს ძლიერი ხმოვანი ეფექტი აირების გამორტყორცნით. აირების გამოტყორცნის

ზონას აქვს კონუსის ფორმა 3,5 მ დიამეტრით და 2,2 მ სიმაღლით. ამიტომ განმმუხტველის განლაგებისას საჭიროა ამ ზონაში არ მოხდეს მაღალი პოტენციალის მქონე ელემენტები.

1.16. ვენტილური განმმუხტველების დიაგნოსტიკა

ვენტილური განმმუხტველების დათვალიერებისას ყურადღება უნდა მიექცეს ფაიფურის საფარის, საარმატურო ნაკერებისა და რეზინის შემამჭიდროებლის მთლიანობას. საფარი ყოველთვის უნდა იყოს სუფთა, რადგან ვენტილური განმმუხტველები არ არის გათვლილი გაჭუჭყიანებული ატმოსფეროს მქონე რაიონებში სამუშაოდ. საფარის ზედაპირზე ჭუჭყი ამახინჯებს ძაბვის განაწილებას განმმუხტველის გარშემო, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს განმმუხტველის გადაფარვა ნორმალური მუშა ძაბვის დროსაც კი.

თუ მიღტუჩა შეერთებისას ჭანჭიკების თავები და ქანები შეუღებავია, მაშინ მიღტუჩას სახურავების ზედაპირზე შეიძლება გამოჩნდეს ჟანგის ნალექები, რომელიც შექმნის დენის გატარების გზას, რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს განმმუხტველის ზედაპირის გადაფარვამდე. ასეთი განმმუხტველები უნდა გამოირთოს და მათი ზედაპირი გაიწმინდოს.

საშიშროებას ქმნის განმმუხტველის გარშემო მაღალი ბალახი, რომელმაც შეიძლება დაშენტოს მისი ქვედა ელემენტები. განმმუხტველის იზოლაციის გაჭუჭყიანების შემთხვევაში იგი უნდა გამოირთოს და გაიხეხოს, ხოლო ბალახი მოითიბოს. ბალახის მოსპობის ეფექტურ საშუალება განმმუხტველის დაყენების ზონაში ნიადაგის ქიმიური დამუშავებაა.

ექსპლუატაციის გამოცდილება აჩვენებს, რომ განმმუხტველების შიგნით შეიძლება იყოს დაზიანებები: მაშენტირებელი რეზისტორების წრედის გაწყვეტა, მიმდევრობით შეერთებული რეზისტორების დისკოების დანესტიანება და სხვა. ასეთი სახის დაზიანებები ვლინდება პროფილაქტიკური გამოცდებისას.

ამავდროულად, განმმუხტველის შიგნით დაზიანების პროცესის განვითარებისას შეიძლება აღიძრას განმმუხტველებისათვის არა-

დამახასიათებელი ხმაური, რომლებიც შეიძლება შემჩნეულ იქნეს მოსმენით.

განმმუხტველებზე ყველა სახის სამუშაო უნდა ჩატარდეს კიბე-პწკალიდან. მისადგმელი კიბის გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს ფაიფურის სახურავის გატეხა.

განმმუხტველის მიერთების ჩამიწება უნდა მოხდეს სტაციონარული ჩამამიწებლით, ხოლო მისი არქონის შემთხვევაში განმმუხტველის ახლოს დაყენებული გადასატანი ჩამამიწებლით.

ვენტილური განმმუხტველების იზოლაციის საერთო და ცალკეული ელემენტის წინააღობის გაზომვა უნდა მოხდეს 2500 ვ მეგაომმეტრით. PBI სერიის განმმუხტველის საერთო წინააღობა უნდა იყოს არანაკლებ 5000 მომი.

PBC სერიის განმმუხტველი აიწყოთ ცალკეული ელემენტებისაგან სვეტის სახით. ძაბვის შედარებით თანაბარი განაწილების მიზნით რეკომენდებულია განმმუხტველის აწყოთ ერთი ჯგუფის ელემენტებისაგან. ნაკლები წინააღობის ელემენტები უნდა განლაგდეს ძაბვის ქვეშ მყოფ სადენთან (საღტესთან), ხოლო დიდი წინააღობის ელემენტი – ფუნდამენტის ფილასთან ახლოს.

PBC სერიის განმმუხტველის ცალკეული ელემენტების წინააღობები ექვს ჯგუფად იყოფა. თითოეული ჯგუფის წინააღობა მეგაომებში მოცემულია 1.8 ცხრილში.

ცხრილი 1.8

ჯგუფის ნომერი	PBC -33	PBC -20	PBC - 15
0	480 - 615	240 - 315	160 - 215
1	615 - 810	315 - 415	215 - 285
2	810 - 1100	415 - 550	285 - 385
3	1100 - 1450	550 - 785	385 - 515
4	1450 - 1850	785 - 965	515 - 675
5	1850 - 2450	965 - 1265	675 - 885

PBM – 6, PBM – 10, PBM – 15, PBM – 20 ტიპის განმმუხტველები შედგება ერთი ძირითადი ელემენტისაგან და აქვს წინააღობის მნიშვნელობები მეგაომებში: PBM – 6 -100 – 250 მომი; PBM – 10 -170-550 მომი; PBM – 15 - 600 – 2000 მომი, PBM – 20 - 1000 - 10000 მომი. PBM

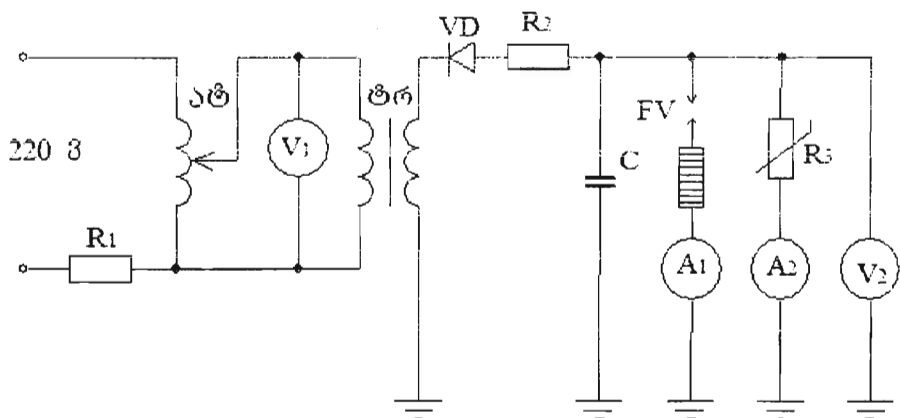
– 35 ტიპის განმმუხტველი შედგება ორი ძირითადი ელემენტისაგან 600–2000 მომი წინაღობით; PBMΓ – 110 ტიპის განმმუხტველი შედგება სამი PBMΓ 150 – ოთხი, PBMΓ – 220 – ექვსი, PBMΓ – 330 – რვა, PBMΓ – 400 – ათი, PBMΓ – 500 – თორმეტი ძირითადი ელემენტებისაგან 400–2500 მომი წინაღობით (ჯგუფების მიხედვით: პირველი – 400–700 მომი, მეორე – 700–1000 მომი, მესამე – 1000–1500 მომი, მეოთხე – 1500–2500 მომი).

კომბინირებული განმმუხტველები შედგება: PBMK – 330 II – 17 ელემენტისაგან (11 ძირითადი, 3 ვენტილური, 3 სანაპერწკლო); PBMK – 400 II – 21 ელემენტისაგან (13 ძირითადი, 4 ვენტილური, 4 სანაპერწკლო), PBM K– 500 – 27 ელემენტისაგან (17 ძირითადი, 5 ვენტილური, 5 სანაპერწკლო). ამ განმმუხტველების ვენტილური ელემენტების წინააღობებია (5–55) $\times 10^{-3}$ მომი, სანაპერწკლო ელემენტების – 300–1600 მომი, ძირითადი ელემენტების – 120–500 მომი (პირველი ჯგუფი – 120–250 მომი, მეორე ჯგუფი – 250–350 მომი, მესამე ჯგუფი – 350–500 მომი).

განმმუხტველების გამტარობის (გაჟონვის) დენის მნიშვნელობის გაზომვა წარმოებს 1.20 ნახ-ზე წარმოდგენილი სქემით.

ვენტილური განმმუხტველების გამტარობის დენები დამოკიდებულია კვების წყაროს ძაბვაზე, ამიტომ გამტარობის დენების გაზომვისას გამართული ძაბვის კონტროლი უნდა ვაწარმოოთ მაღალი ძაბვის მხრიდან კილოვოლტმეტრით ან გაზომვით გამტარობის დენები მოცემული ტიპის განმმუხტველებისათვის დაგრადუირებული ეტალონური ელემენტის დახმარებით. ამისათვის, გამტარობის დენების გაზომვის სქემაში გამოსაცდელი განმმუხტველის მაგიერ ჩადგამენ ეტალონურ ელემენტს (CH-2), მარეგულირებელი მოწყობილობის დახმარებით ზრდიან გამოსაცდელ ძაბვას იმ მნიშვნელობამდე, რომლის დროს გამტარობის დენი ტოლია მოცემული ტიპის განმმუხტველის გამტარობის დენის საშუალო ნორმირებული მნიშვნელობისა. შემდეგ სქემაში ეტალონური ელემენტის მაგიერ ჩადგამენ გამოსაცდელ განმმუხტველს და გაზომვენ მისი გამტარობის დენს იმავე საცდელ ძაბვაზე. თუ გამტარობის დენი შეესაბამება ნორმას, მაშინ განმმუხტველის ელემენტი აკმაყოფილებს მოთხოვ-

ნებს. ეტალონური ელემენტის დაგრადუირება თითოეული ტიპის განმმუხტველისათვის ცალ-ცალკე წარმოებს.



ნახ.1.20. განმმუხტველის გამტარობის დენის გაზომვის სქემა: R_1 – დამცავი რეზისტორი; ატ – ავტოტრანსფორმატორი; ტრ – გამოსაცდელი ტრანსფორმატორი; V_1 – ვოლტმეტრი; – გამმართველი; R_2 – დენშემზღუდოვანი რეზისტორი; R_3 – დამატებითი რეზისტორი არაწრფივი ვოლტამპერული მახასიათებლით; C – მასწორებელი კონდენსატორი; FV – გამოსაცდელი განმმუხტველი; A_1 და A_2 – მიკროამპერმეტრები; V_2 – კილოვოლტმეტრი V_1 ვოლტმეტრის დაგრადუირებისათვის; R_2 – დენშემზღუდოვანი რეზისტორის წინაღობა (კომი) აირჩევა პირობიდან $R_2 \geq U_{გამოსაცდ.} / 0,1$

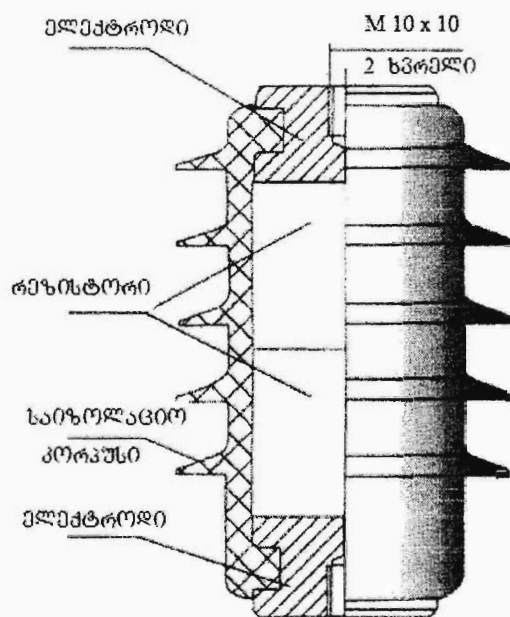
გამრღვევი ძაბვისა და გამტარობის დენის მნიშვნელობები მოცემულია განმმუხტველების საპასპორტო მონაცემებში.

1.17. გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველები

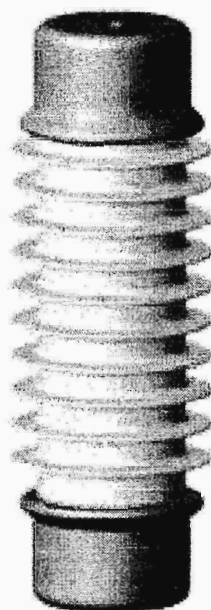
გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველები (ნახ. 1.21) მიეკუთვნება მაღალი ძაბვის აპარატებს და გამოიყენება ელექტრომოწყობილობების ყველა სახის გადაძაბვებისაგან დასაცავად, რომლებიც შეიძლება აღიძვრას სამრეწველო სიხშირის ცვლადი დენის საშუალო და მაღალი კლასის ძაბვების ელექტრულ ქსელებში. ეს აპარატები ხასიათდება კარგი საექსპლუატაციო თვისებებითა და

საიმედოობით. ვენტილური განმმუხტველებისაგან განსხვავებით, მათ არ გააჩნია სანაპერწკლო შუალედები.

ამ შემზღუდველების მოქმედების პრინციპი დამყარებულია თუთიის ჟანგის არაწრფივი ვოლტამპერული მახასიათებლის გამოყენებაზე. შემზღუდველზე ნომინალური ძაბვის მოდებისას მასში გამავალ დენს აქვს ტევადობითი ხასიათი და ძალიან მცირეა. გადაძაბვების აღდგომისას შემზღუდველში გამავალი დენი ზვავისებრად იზრდება და შეიძლება რამდენიმე ათას ამპერს მიაღწიოს. დენის იმპულსის გავლის შემდეგ, რომელიც განპირობებულია შემზღუდველზე ძაბვის გაზრდით, მისი იზოლაცია აღდგება და გამავალი დენი დაუბრუნდება თავის ნომინალურ ათეულობით მიკროამპერ მნიშვნელობას. 1.21 ნახ-ზე მოცემულია ОПН/TEL-35,110, ხოლო 1.22 ნახ-ზე – ОПН 27-220 ტიპის გადაძაბვის არაწრფივი შემზღუდველი ჭრილში და საერთო სახით.



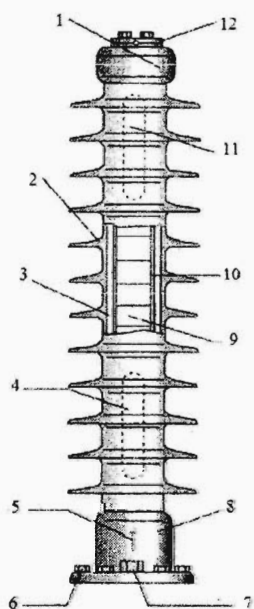
ა)



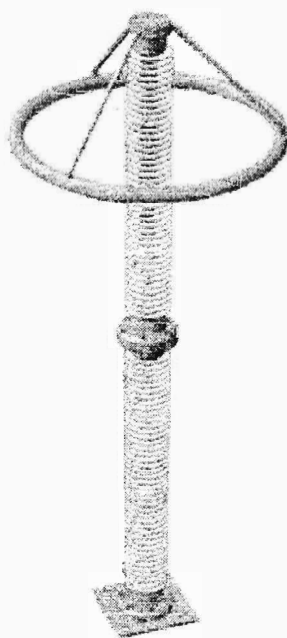
ბ)

ნახ. 1.21. ОПН/TEL-35,110 ტიპის გადაძაბვის არაწრფივი შემზღუდველი ჭრილში (ა) და საერთო სახე (ბ): 1 და 4 – ელექტროდი; 2 – რეზისტორი; 3 – საიზოლაციო კორპუსი

ОПН/TEL-35,110 ტიპის გადაძაბვის არაწრფივი შემზღუდველი გამოშვებულია როგორც შიგა, ასევე გარე დაყენებისათვის, ხოლო ОПН 27-220 – მხოლოდ გარე დაყენებისათვის. შემზღუდველებს აქვს ერთნაირი კონსტრუქცია და ერთმანეთისგან განსხვავდება მხოლოდ საიზოლაციო კორპუსის სიგრძით. ისინი საყრდენი ტიპის ვერტიკალური დაყენების აპარატებია. მტკიცე მინაეპოქსიდის ცილინდრი, რომლის შიგნით მოთავსებულია მიმდევრობით შეერთებული რეზისტორები, უზრუნველყოფს მოთხოვნილ მექანიკურ თვისებებს. ლითონის მილტუჩა და სილიკონის იზოლაცია ერთდროულად ქმნის როგორც გარე საიზოლაციო ზედაპირს, ასევე რეზისტორების სვეტის შიგა იზოლაციას, რომელიც განსაზღვრავს შემზღუდველის საიზოლაციო თვისებებს.



ა)



ბ)

ნახ. 122. ОПН 27-220 ტიპის გადაძაბვის არაწრფივი შემზღუდველი ტრილ-ში (ა) და საერთო სახე (ბ): 1 – ზედა მილტუჩა; 2 – გარე იზოლაცია; 3 – მინაეპოქსიდის ცილინდრი; 4 და 11 – დამცავი მოწყობილობა; 5 – გამონაბოლქვის მიმართულების მარკერი; 6 – სამაგრი ჭანჭიკი; 7 – ჩამოწევის ჭანჭიკი; 8 – ქვედა მილტუჩა; 9 – რეზისტორი; 10 – შიგა იზოლაცია; 12 – საკონტაქტო მომჭერი

გადაძაბვის არაწრფივი შემზღუდველები, რომლებმაც უნდა შეცვალოს ვენტილური განმმუხტველები, შეიძლება მათთან ერთად დაყენდეს ერთ ელექტროდანადგარზე. ამიტომ, გადაძაბვებისაგან დაცვის სისტემის რეკონსტრუქცია შეიძლება თანდათანობით მოხდეს.

გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველების უპირატესობებია:

- კონსტრუქციის სიმარტივე და მაღალი საიმედოობა;
- განმმუხტველებთან შედარებით, გადაძაბვების უფრო ღრმა შეზღუდვა;
- საიზოლაციო კორპუსის გარე გატუტყუიანებისადმი მდებრობა;
- შიგა გადაძაბვის შეზღუდვის უნარი;
- პოლიმერულკორპუსიანი შემზღუდველების დიდი ავეთქებაუსაფრთხოება;
- განმმუხტველებთან შედარებით, მცირე მასა და გაბარიტები;
- შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მუდმივი დენის ქსელებში.

შემზღუდველები აირჩევა მისი დაყენების ადგილზე, 1.9 ცხრილში მოცემული მუშა ძაბვების მიხედვით.

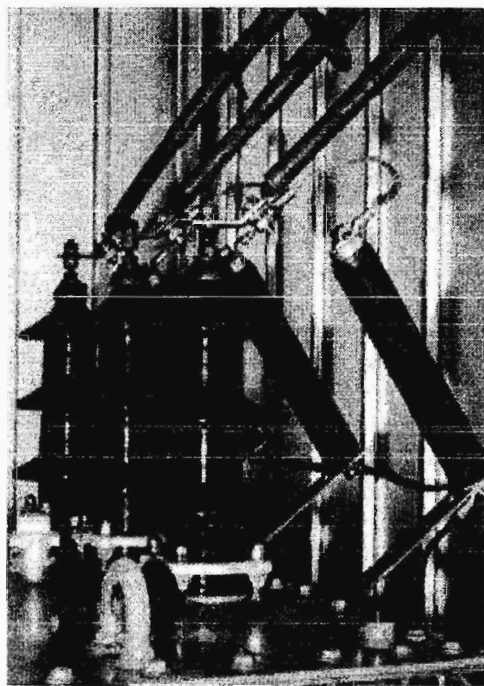
ცხრილი 1.9

ელექტრომო- წვობილობის ძაბვის კლასი, კვ	ელექტრომო- წვობილობის უდიდესი მუშა ძაბვა, კვ	ელექტრული ქსელის ნომინალური ძაბვა, კვ	ელქსელის უდიდესი ხანგრძლივად დასა- შვები ძაბვა, კვ
6	7,2	6,0	6,9
6	7,2	6,9	7,2
10	12	10,0	11,5
10	12	11,0	12,0
27	30	27,0	30,0
35	40,5	35,0	40,5

გადაძაბვების შემზღუდველი აირჩევა ელექტრომოწვობილობის უდიდესი მუშა ძაბვის მიხედვით. შემდეგ მსვლელობაში მიიღება მიწასთან ერთფაზა მოკლედ შერთვის დენი და მისი ხანგრძლივობა, გადაძაბვების სავარაუდო სახეები, შინაგანი გადაძაბვების

ჯერადობა, ქსელის სტრუქტურა და მისი ელემენტების მახასიათებლები.

ძალური ტრანსფორმატორების ჭექა-ქუხილის დროს წარმოშობილი გადაძაბვებისაგან დასაცავად შემზღუდველები დაყენებული უნდა იქნეს საკომუტაციო აპარატაშდე და ტრანსფორმატორის შემყვანიდან ქვესადგურის ჩამამიწებელ მოწყობილობასთან მიერთებული უმოკლესი გზით (ნახ.1.23).



ნახ.1.23. გადაძაბვების
შემზღუდველის
ტრანსფორმატორზე დაყენება

ტრანსფორმატორთან ერთად ერთ უჯრედში დაყენებისას რეკომენდებულია შემზღუდველი დაყენდეს მცველებამდე, რომ იმპულსური დენის გავლის დროს არ მოხდეს მცველების გადაწვა.

შემზღუდველი, როგორც წესი, დასაცავ მოწყობილობასთან მიერთებულია პარალელურად “ფაზა-მიწა” სქემით, ამასთან, შემზღუდველის მიერთება ჩამიწების სალტესთან ხისტად ხორციელდება ქანჩის საშუალებით. ხოლო ფაზურ სალტესთან – უმოკლესი გზით, არანაკლებ 6მმ² განივკვეთის ერთძარღვიანი სპილენძის ან არანაკლებ 16 მმ² განივკვეთის ალუმინის სადენით.

ექსპლუატაციის პროცესში შემზღუდველები არ ექვემდებარება რემონტს და მთელი მუშაობის პერიოდში არ მოითხოვს აწვეული ძაბვით პროფილაქტიკურ გამოცდებს. შემზღუდველის მუშაობის ნორმატიული ხანგრძლივობის ვადაა 25 წელი, ხოლო ექსპლუატაციის საგარანტიო ვადა 5 წელი.

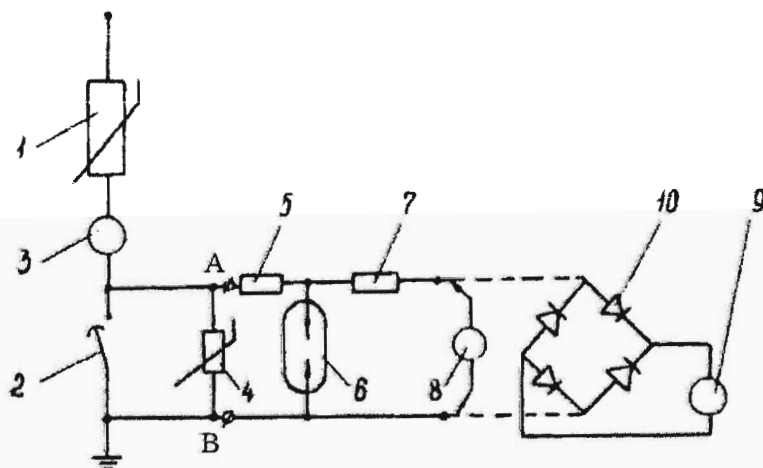
1.18. გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველების დიაგნოსტიკა

გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველების დიაგნოსტიკა მცირედ განსხვავდება განმმუხტელების დიაგნოსტიკისაგან.

პირველად ტარდება გარე დათვალიერება კენტილური განმმუხტელების მსგავსად. შემდეგ 2500 ვ მეგაომეტრით იზომება იზოლაციის წინაღობა და გამტარობის დენი. ელემენტის იზოლაციის წინაღობა უნდა იყოს არანაკლებ 7000 მომი.

სანაპერწკლო შუალედის არარსებობის გამო, ნორმალურ რეჟიმში რეზისტორში ყოველთვის გადის მცირე სიდიდის გამტარობის დენი, რაც იწვევს თუთიის ოქსიდის კერამიკის დაბველებას. ამიტომ, ექსპლუატაციისას სისტემატურად უნდა შემოწმდეს გამტარობის დენის მნიშვნელობები და არ დავუშვათ მისი გაზრდა იმ მნიშვნელობამდე, რომელიც გამოიწვევს რეზისტორების თბურ გარღვევას და მწყობრიდან გამოსვლას.

გამტარობის დენის მნიშვნელობას ზომავენ სამრეწველო სიხშირის ძაბვაზე, 1.24 ნახ-ზე მოყვანილი სქემით.



ნახ.1.24. გადაძაბვების შემზღუდველის გამტარობის დენის გაზომვის სქემა მუშა ძაბვის ქვეშ: 1 – გადაძაბვების შემზღუდველი; 2 – ჩამიწების დანა; 3 – ამუშავეების რეგისტრატორი; 4 – დამცავი არაწრფივი რეზისტორი; 5 და 7 – რეზისტორები $M\Omega$ -2, 15 კომი; 6 – განმმუხტეელი P-350; 8 – ცვლადი დენის მილიამპერმეტრი; 9 – მუდმივი დენის მილიამპერმეტრი; 10 – დიოდი 10 მა დენზე. AB- გასაზომი სქემის ჩასართავი მომჭერები

გამოსაცდელი ძაბვა ОПН-110 ტიპის შემზღუდველებისათვის 73 კვ შეადგენს, ხოლო ყველა დანარჩენი ტიპისათვის – 75–100 კვ. გამტარობის დენი არ უნდა აღემატებოდეს საპასპორტო მონაცემებს 20%-ზე მეტად, პრაქტიკულად – 1 მა.ს. უდიდესი დასაშვები გამტარობის დენის მნიშვნელობები შემზღუდველის ტიპების მიხედვით მოყვანილია 1.10 ცხრილში.

ცხრილი 1.10

შემზღუდველი ტიპი	ОПН- 110	ОПН- 150	ОПН -220	ОПН -330
დენი, მა	1,5	1,5	1,8	3,0

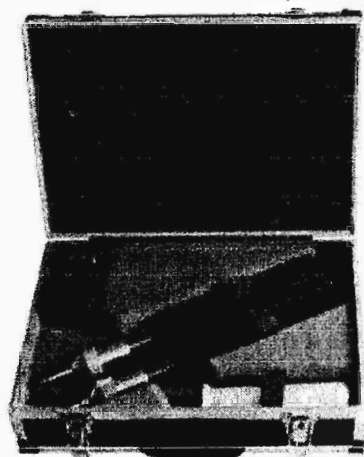
ОПН-500 და ОПНН-500 ტიპის შემზღუდველების გამტარობის დენის მნიშვნელობები 75 კვ ძაბვის დროს უნდა იყოს 0,5–0,8 მა, ხოლო 100 კვ ძაბვისას – 0,7–1,0 მა.

1.19. იზოლატორის მდგომარეობის კონტროლის ხელსაწყოები

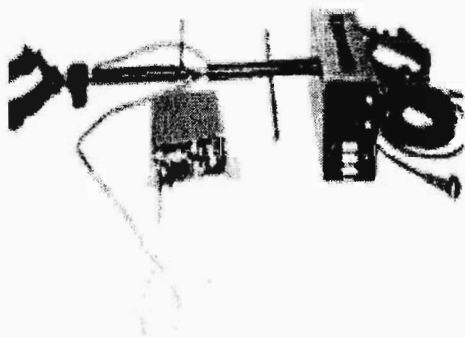
ფაიფურის საყრდენ-დეროვანი იზოლატორების მექანიკური მდგომარეობის, ელექტრულ აპარატებში, ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების მანაწილებელ მოწყობილობებში, კომპლექტურ მანაწილებელ მოწყობილობებში დენგამტარი ნაწილების იზოლაციისა და დამაგრებისათვის გამოყენებული ფაიფურის საყრდენ-დეროვანი და სარეზერვო იზოლატორების მექანიკური მდგომარეობის კონტროლისათვის, ძაბვის მოხსნით, ასევე ძაბვის მოუხსნელად, გამოიყენება მობილური ინდიკატორული კომპლექსი МИК-1 (ნახ.1.25). მისი გამოყენება შეიძლება ნებისმიერ ამინდში, გარდა ჭექა-ქუხილისა, 30⁰ ტემპერატურამდე.

იზოლატორების მექანიკური მდგომარეობის კონტროლის განხორციელებისათვის ინდიკატორს აქვს რეგისტრაციის ბლოკი, რომელიც უზრუნველყოფს ინფორმაციის გადაცემას პერსონალურ კომპიუტერზე. გადაცემული ინფორმაციის მიღება-დამუშავებისათვის დაყენებულია სპეციალიზებული პროგრამების პაკეტი. ბლოკზე დარეგისტრირებული ინფორმაცია საკონტროლო პუნქტს გადაეცემა, სადაც დიაგნოსტიკური მახასიათებლების მიღების მიზნით სპეციალური პროგრამით მუშავდება და მიღებული შედეგების

ანალიზით მსჯელობენ იზოლატორის მუშაობაზე. ბლოკს შეუძლია საკუთარ მასსოვრობაში შეინახოს არანაკლებ 1000 გაზომვის შედეგი.



ნახ.125. მობილური ინდიკატორული კომპლექსი МИК-1



ნახ.126. აკუსტიკურ-ემისიური კონტროლის ხელსაწყო ПАК-3М

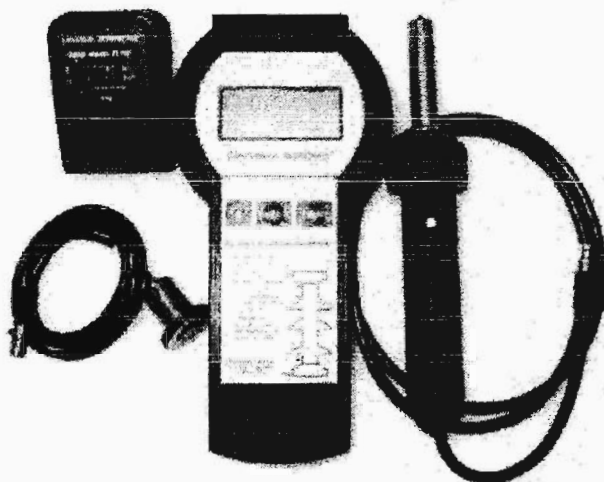
საყრდენ-დეროვანი იზოლატორების დიაგნოსტიკის საქმეში დიდ გამოყენებას პოულობს აგრეთვე აკუსტიკურ-ემისიური კონტროლის ხელსაწყო ПАК-3М (ნახ. 1.26). იგი კომპაქტური, გადასატანი, ინდიკატორული ტიპის, ორარხიანი ხელსაწყოა, რომელიც გამოთქმის პოლუსებთან ერთად ორი იზოლატორის კონტროლის საშუალებას იძლევა. ხელსაწყო იჭერს, აძლიერებს და გადაამუშავებს აკუსტიკურ-ემისიურ სიგნალებს და ციფრულ ტაბლოზე გამოიტანს ამ სიგნალების აქტიურობის მიმდინარე მნიშვნელობებს. კონტროლის ჩატარების შედეგად ხელსაწყო ასახავს იზოლატორების აკუსტიკურ-ემისიურ მახასიათებლებს და ავტომატურად იღებს გადაწყვეტილებას იზოლატორების შემდგომი ექსპლუატაციისათვის ვარგისიანობის შესახებ “ნორმა” ან “დეფექტი”.

აკუსტიკურ-ემისიური ჩეთოდი დაფუძნებულია განვითარებადი ბზარების მქონე მასალაში გენერირებული აკუსტიკური სიგნალების რეგისტრაციაზე. რეგისტრაციის შედეგად განისაზღვრება ბზარების პარამეტრები, შემდეგ მათი რაოდენობა და ნაკეთობაში

დეფექტების განვითარების ხარისხი. საშიში ბზარების განვითარება, რომელსაც მიეყვართ იზოლატორის ტეხამდე, შეიძლება აღმოვაჩინოთ კაიზერის ეფექტის დახმარებით, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ კარგი ხარისხის ნაკეთობაში ორმაგი მექანიკური დატვირთვისას მეორე ციკლში აკუსტიკურ-ემისიური აქტიურობა პრაქტიკულად ნულის ტოლია, ხოლო მზარდი ბზარის არსებობისას – დიდი.

საყრდენ-ღეროვანი იზოლატორების მდგომარეობის კონტროლი ტარდება შემდეგი თანამიმდევრობით: წინდაწინ აირჩევა საცდელი დატვირთვა, რომელიც ტოლი უნდა იყოს მოცემული ტიპის იზოლატორის მინიმალური 40% დამშლელი დატვირთვის ან კონკრეტული პირობებიდან გამომდინარე – ცოტათი უფრო მცირე. გამთიშის პოლუსების ორი იზოლატორის ზედა მიღტუნებზე ამაგრებენ მოსაჭიმ მოწყობილობას, ხოლო ფაიფურებზე – აკუსტიკურ-ემისიურ გადამწოდებს. აბრუნებენ მოსაჭიმი მოწყობილობის სავალ ხრახხს და იზოლატორებზე მოქმედ ძალვას ზრდიან დასაშვებ მნიშვნელობამდე. ეს მნიშვნელობა გრძელდება 60 წმ-ის განმავლობაში. შემდეგ დატვირთვას ამცირებენ არჩეულ საცდელ მნიშვნელობამდე. მიღწეულ მუდმივ საცდელ დატვირთვაზე ხელსაწყო ანალიზს უკეთებს ჯამურ აკუსტიკურ-ემისიურ აქტიურობას და გადაწყვეტილებას იღებს იზოლატორის ვარგისობის შესახებ.

მაღალი (110 კე) ძაბვის საყრდენ-ღეროვანი იზოლატორების მდგომარეობის კონტროლის თანამედროვე აკუსტიკური ხელსაწყო **МЕТАКОН – ЭКСПРЕСС – 110** (ნახ. 1.27). გამოიყენება 110 კე ძაბვის ფაიფურის საყრდენ-ღეროვანი იზოლატორების ოპერატიული დიაგნოსტიკისათვის. იგი საშუალებას იძლევა გამოკვლეულ იქნეს ფაიფურის იზოლატორების ნებისმიერი ტიპი, მარტივია ექსპლუატაციაში, იმართება ერთი დილაკით, რომელიც განლაგებულია სარტყამის სახელურზე, არ მოითხოვს სპეციალურ ცოდნას გამოცდის ჩატარებისათვის. ენერგოდამოუკიდებელი მახსოვრობისა და პერსონალურ კომპიუტერთან კავშირის ინტერფეისის არსებობა საშუალებას იძლევა გამოკვლევის აქტი მივიღოთ გამოცდის ჩატარებისთანავე.



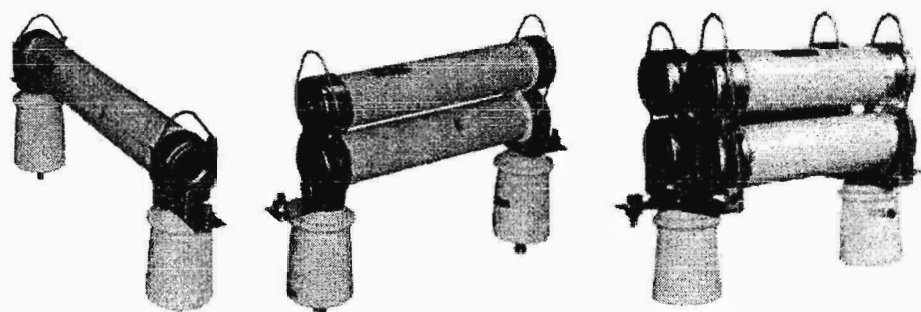
ნახ. 127. აკუსტიკური კონტროლის ხელსაწყო
МЕТАКОН – ЭКСПРЕСС – 110

სხვა ხელსაწყოებთან შედარებით მისი ძირითადი უპირატესობებია: ხელსაწყო ვარგისია 110 კე ძაბვაზე განკუთვნილი ფაიფურის ნებისმიერი ტიპის საყრდენ-დეროვანი იზოლატორის გამოკვლევისათვის; შესაძლებელია როგორც დამონტაჟებული, ასევე დაუმონტაჟებელი იზოლატორების კონტროლისათვის; ხელსაწყოში გამოყენებულია იზოლატორების გამოცდის დაუტვირთავი მეთოდი, რის გამოც გამოცდის პროცესში იზოლატორის სიმტკიცე არ მცირდება; ერთი იზოლატორის სრული გამოცდის დრო მოსამზადებელი ოპერაციების ჩათვლით 5 წთ არ აღემატება; გამოცდის შედეგები ინახება ხელსაწყოს მეხსიერებაში, შეიძლება გადაცემულ იქნეს კომპიუტერზე (რაც საშუალებას იძლევა თვალყურის დაკვირვებით თითოეული იზოლატორის მდგომარეობას რამდენიმე წლის განმავლობაში) და დაიბეჭდოს აქტის სახით.

1.20. მაღალვოლტიანი დნობადი მცველები

სასოფლო ელექტრულ დანადგარებში მაღალ ძაბვაზე გამოიყენება ПКТ, ПКН და ПВТ ტიპის მცველები.

PKT ტიპის მცველები კვარცის სილით (ნახ.1.28) მზადდება 6–35 კვ ძაბვაზე და 40–400 ა ნომინალურ დენზე. ფართო გაერცელება პოვა **PKT-10** ტიპის მცველებმა 10 კვ ძაბვაზე, რომლებიც ყენდება 10/0,38 კვ ძაბვის სასოფლო სატრანსფორმატორო ქვესადგურებზე მაღალი ძაბვის მხარეს.



ნახ.1.28. **PKT** ტიპის მცველები

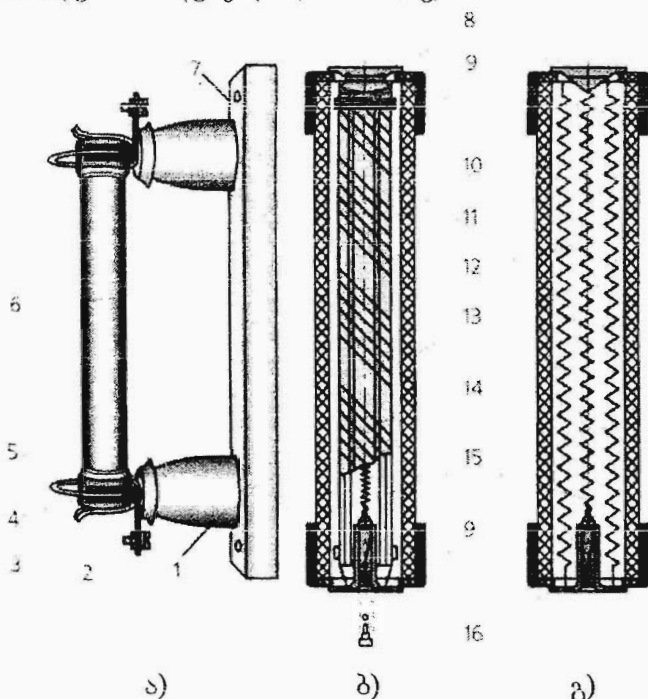
1.29, ა ნახ-ზე ნაჩვენებია **PKT** ტიპის მცველი დამონტაჟებულ მდგომარეობაში. ცოკოლზე (ლითონის ჩარჩო) დამაგრებულია ორი საყრდენი იზოლატორო. მცველის მასრა თითბერის ხუფებით ჩადგმულია საკონტაქტო მოწყობილობაში და ჩაჭერილია ჩამკეტი. ჩამკეტი გათვალისწინებულია იმისათვის, რომ მოკლედ შერთვის დროს გამავალი დიდი დენების გამო აღძრულმა ელექტროდინამიკურმა ძალებმა მასრა არ გამოაგდოს საკონტაქტო მოწყობილობიდან. მცველები მზადდება როგორც შიგა, ასევე გარე დაყენებისათვის. ასევე მზადდება სპეციალურად გაძლიერებული მცველები გამორთვის მომატებული ზღვრული სიმძლავრით.

მცველის მასრა (ნახ.1.29,ბ) შედგება კვარცის სილით ავსებული ფაიფურის მილისაგან, რომელიც დაარმატურებულია თითბერის ხუფებით და სახურავით.

დნობად სადგმელს ამზადებენ მოვერცხილი სპილენძის მავთულისაგან.

7,5 ა-მდე ნომინალური დენის დროს გამოიყენება წიბოვან კერამიკულ გულარზე დახვეული რამდენიმე პარალელური სადგმელი

(ნახ. 1.29, ბ), ხოლო უფრო დიდი დენების დროს გამოიყენება რამდენიმე სპირალური სადგმელი (ნახ.1.29, გ).



ნახ.1.29. PKT-10 ტიპის მცველი: ა - დამონტაჟებულ მდგომარეობაში; ბ - მასრა დნობადი სადგმელით კერამიკის ძირზე 7,5 ა-მდე ნომინალურ დენზე; გ - მასრა დნობადი სადგმელით სპირალის სახით 10-400 ა ნომინალურ დენზე: 1 - საყრდენი იზოლატორი; 2 - საკონტაქტო მომჭერი; 3 - საბჯენი; 4 - საკონტაქტო ტუჩები; 5 - ფიქსირების საკეტი; 6 - მასრა; 7 - ძირი; 8 - სახურავი; 9 - თითბერის გარსაკრები; 10 - ფაიფურის მილი; 11 - დნობადი სადგმელი; 12 - სპირალური დნობადი სადგმელი; 13 - კვარცის სილა; 14 - კერამიკის ფუძე; 15 - დამხმარე დნობადი სადგმელი; 16 - ამუშავების მაჩვენებელი

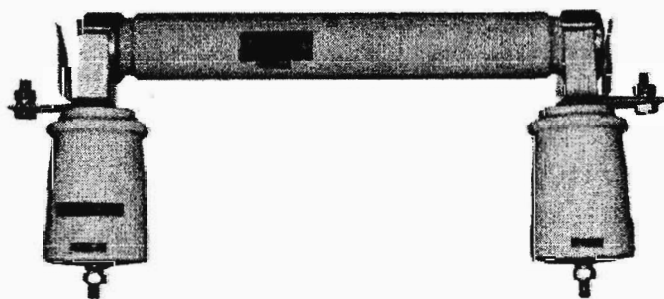
ასეთი კონსტრუქცია უზრუნველყოფს რკალის კარგად ქრობას, რადგანაც სადგმელებს აქვს მნიშვნელოვანი სიგრძე და მცირე კვეთი. სადგმელის დნობის ტემპერატურის შესამცირებლად გამოყენებულია მეტალურგიული ეფექტი.

გადაძაბვების შესამცირებლად, რომლებიც შეიძლება აღიძვრას რკალის სწრაფად ქრობის დროს კვარცის მარცვლებს შორის არ-

სებულ ვიწრო არხებში (ხერელებში), გამოყენებულია სხვადასხვა კვეთის სადგმელი. ეს უზრუნველყოფს რკალის ქრობის ხელოვნურ გაჭიანურებას.

მცველის მასრა პერმეტიზებულია. ფაიფურის მილის კვარცის სილით ავსების შემდეგ სახურავის ხერელს გულდასმით მიაჩილავენ. ამიტომ, PKT ტიპის მცველი უხმაუროდ მუშაობს. მცველის ამუშავება განისაზღვრება მაჩვენებლით 16, რომელიც ნორმალურ მდგომარეობაში დაჭიმულია მილის შიგნით სპეციალური ფოლადის სადგმელით. ამავე დროს შეკუმშულ მდგომარეობაში დაჭერილია ზამბარით. როცა მცველი ამუშავდება, მუშა სადგმელთან ერთად გადაიწვება ფოლადის სადგმელიც, რადგან მასში გაივლის მთლიანი დენი. შედეგად მაჩვენებელი 16 გათავისუფლდება ზამბარისაგან და მილიდან ამოვარდება.

PKH (ძველი სახელწოდება PKT) ტიპის მცველები (ნახ. 131) გამოიყენება ძაბვის საზომი ტრანსფორმატორების დაცვისათვის. ზემოთ განხილული PKT ტიპის მცველებისაგან განსხვავებით, აქვს კონსტანტანის დნობადი სადგმელი, რომელიც დახვეულია კერამიკის გულარზე. ასეთ სადგმელს უფრო მაღალი კუთრი წინაღობა აქვს. მაღალი კუთრი წინაღობა და სადგმელის მცირე კვეთი უზრუნველყოფს დენშემზღუდავ ეფექტს.

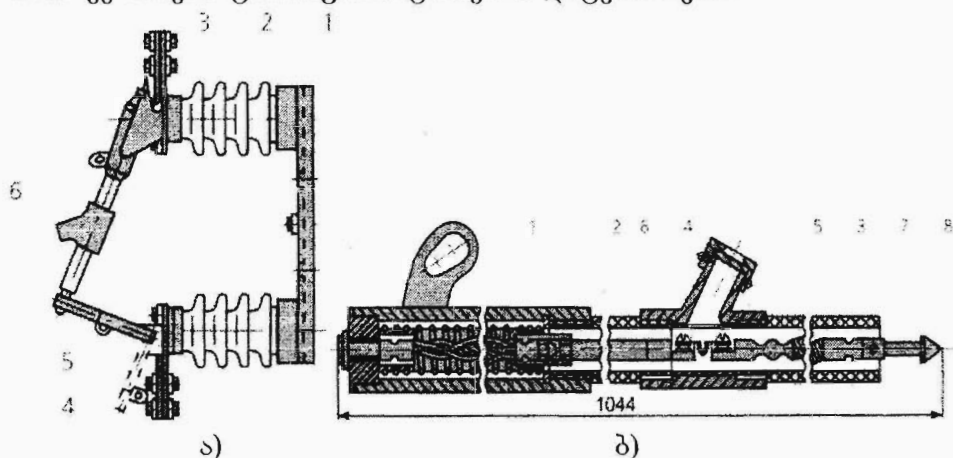


ნახ. 131. PKH ტიპის მცველი

PKH ტიპის მცველები შეიძლება დაყენებულ იქნეს დიდი მოკლედ შერთვის სიმძლავრეების (1000 მვა) მქონე ქსელებში. გაძლიერებული PKHY ტიპის მცველებისათვის გამოსართავი სიმძლავრის სიდიდე საერთოდ შეუზღუდავია. PKH ტიპის მცველებს PKT ტიპის

მცველებთან შედარებით, აქვს მცირე ზომები და არ არის აღჭურვილი ამუშავების მაჩვენებლით. დნობადი სადგმელის გადაწვის შესახებ შეიძლება ვიმსჯელოთ ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეულ წრედში ჩართული საზომი ხელსაწყოების ჩვენებების მიხედვით.

გამოსაბოლქვი **ПБТ** ტიპის (ძველი სახელწოდება – სასროლი **ПЧ** ტიპის) მცველები მზადდება 10–110 კვ ძაბვაზე (ნახ.1.32). ისინი გამოიყენება ღია მანაწილებელ მოწყობილობებში. სოფლის ელექტრულ ქსელებში ფართოდ გამოიყენება **ПБТ-35** ტიპის მცველები 35/10 კვ ძაბვის ტრანსფორმატორების დაცვისათვის.



ნახ.1.32. **ПБТ-35** ტიპის მცველის საერთო სახე (ა) და მისი მასრა (ბ):
 1 – ძირი; 2 – საყრდენი იზოლატორი; 3 – ზედა თავი; 4 – ქვედა თავი;
 5 – საკონტაქტო დანა; 6 – მასრა; 7 – კორპუსი; 8 და 9 – ვინილიტის
 მილები; 10 – ფოლადის მილისი; 11 – დნობადი სადგმელი; 12 – დენ-
 გამტარი ღერო; 13 – მოქნილი გამტარი; 14 – დაბოლოება

მცველის მასრის ძირითადი ელემენტი ვინიპლასტისაგან დამზადებული აირმაგენერირებელი მილია. მილის შიგნით მოთავსებულია მოქნილი სადენი, რომელიც ერთი ბოლოთი შეერთებულია მასრის ლითონის თავში მოთავსებულ დნობად მცველთან, ხოლო მეორე ბოლოთი – საკონტაქტო ბუნიკთან.

მცველის მასრა განლაგებულია ცოკოლზე დამაგრებულ ორ საყრდენ იზოლატორზე. მასრის თავი ზედა იზოლატორზე ჩაჭერი-

ლია სპეციალური დამჭერით. ქვედა იზოლატორზე საკონტაქტო დანა დამაგრებულია სპირალური ზამბარით, რომელიც ცდილობს მოაბრუნოს დანა ღერძის გარშემო და დააყენოს საწყის მდგომარეობაში. დანა გადაბმულია მასრის საკონტაქტო ბუნიკთან. ამ ტიპის მცველებში გამოიყენება თუთიის დნობადი, აგრეთვე სპილენძისა და ფოლადის ორმაგი სადგმელები. ფოლადის სადგმელი განლაგებულია სპილენძის სადგმელის პარალელურად და თავის თავზე იღებს ზამბარის ძალვას, რომელიც ცდილობს გამოაგდოს მასრიდან მოქნილი სადენი; მოკლედ შერთვისას ჯერ გადნება სპილენძის, შემდეგ ფოლადის სადგმელი.

დნობადი მცველის გადაწვის შემდეგ საკონტაქტო დანა გათავისუფლდება, ზამბარის მოქმედებით მობრუნდება, თავისკენ ეწევა მოქნილ სადენს, რომელიც შემდეგ მასრიდან ამოვარდება.

სადგმელის გადნობის შემდეგ წარმოშობილი რკალის მოქმედებით ვინიპლასტის მილის კედლები ინტენსიურად გამოჰყოფს აირებს. წნევა მილში აიწევს და აირის ნაკადი ქმნის მძლავრ გრძივ შებერვას, რომელიც რკალს აქრობს. მასრის ქვედა ნახევრებში გავარეარებული აირების გამოტყორცნას სროლის ხმა ახლავს.

დნობადი სადგმელი მოთავსებულია არა მილში, არამედ ცალი ბოლოთი დახშულ ლითონის ხუფში. ეს გამორიცხავს აირების წარმოქმნას მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში, როცა დნობადი სადგმელი შეიძლება გახურდეს მაღალ ტემპერატურამდე.

წარმოება უშვებს გამოსაბოლქვი ПБТ – 35 МУ 1 ტიპის მცველს.

ამ მცველის მასრას, ზემოთ განხილულისაგან განსხვავებით, აქვს ლითონის მილაკი (განტოტება), მასში დაყენებულია სპილენძის სარქველი, რომელიც ხურავს განტოტების განივ-შესაბერ ხერელს. მოკლედ შერთვის დიდი დენების დროს, როცა ინტენსიურად ვითარდება რკალი, წნევა მასრაში სწრაფად იზრდება და გამოაგდებს სარქველს, რის შედეგადაც განტოტების ხერელი გაიღება. მცირე დენების მიერ წარმოქმნილი რკალის ქრობისას ეს ხერელი ჩაკეტილი რჩება, რაც უზრუნველყოფს მასრაში წნევის აწევას.

УПС – 35 У1 ტიპის მართული მცველები დამუშავებულია ПБТ – 35 МУ 1 მცველების ბაზაზე და გამოიყენება 35/6 – 10 კვ ძაბვის ტრანსფორმატორების დაცვისათვის. მისი შექმნის ძირითადი მიზან-

ნია მცველების არსებითი ხარვეზის – მიმდევრობით დაყენებული აპარატების გაფანტული პარამეტრების შეთანხმების სიძნელის გამოსწორება.

მართული მცველის მასრის შიგნით მოქნილი სადენი დნობად სადგმელთან შეერთებულია არა ხისტად, არამედ საკონტაქტო სისტემის გავლით, რომელიც რელეური დაცვის ამოქმედებისას უზრუნველყოფს დნობადი სადგმელის წრედის გაწყვეტას ამძრავის მოქმედებით. როცა მოხდება მოკლედ შერთვა, რელეური დაცვა ამოქმედდება და ამძრავის მოქმედების შედეგად საკონტაქტო დანა მოქნილ კავშირთან ერთად ქვემოთ გადაადგილდება. ამ დროს მასრის შიგნით მოთავსებული საკონტაქტო სისტემა გაითიშება. რკალის ჩაქრობის დანარჩენი პროცესები იგივე რჩება. მოკლედ შერთვის დიდი დენების დროს მართული მცველის დნობადი სადგმელი გადაიწვება უფრო ადრე, ვიდრე რელეური დაცვა ამუშავდება.

1.21. მაღალი ძაბვის დნობადი მცველების დიაგნოსტიკა

მაღალი ძაბვის მცველების დიაგნოსტიკა იწყება საყრდენი იზოლატორების, კონტაქტებისა და მცველის მასრის მტვერისა და ჭუჭყისაგან გაწმენდით. შემდეგ ყურადღებით უნდა ვაწარმოოთ გარეგანი დათვალიერება და დაერწმუნდეთ იზოლატორისა და მაღალი ძაბვის მცველების მასრების ტორსებზე თითბრის ხუფების არმატურის მთლიანობაში. გაბზარული საყრდენი იზოლატორები და მასრები უნდა შეიცვალოს, ხოლო დარღვეული არმატურა უნდა აღსდგეს.

უნდა შემოწმდეს თითბრის ხუფების ან დანების საკონტაქტო ზედაპირების შეხების სიმჭიდროვე მზამბარავე კონტაქტებთან. თუ საჭიროა უფრო მჭიდრო შემოწვდომა, მაშინ საკონტაქტო მომჭერები და რკინის კავი უნდა მოიკეცოს. თუ საკონტაქტო მომჭერების სპილენძმა გახურებისაგან დრეკადობა დაკარგა, მაშინ კონტაქტები უნდა შეიცვალოს.

მცველების ამუშავების მაჩვენებელ ცილინდრულ გამონაშვერზე ხელის დაჭერით მასრის შიგნით და გარეთ მოწმდება მისი მოძრაობის სიმსუბუქე. მცველი, რომლის ამუშავების მაჩვენებელმა

რემონტის შემდეგ არ შეიძინა გადაადგილების სიმსუბუქე, უკეთესია შეიცვალოს, ხოლო თუ არა გვაქვს სარეზერვო მცველი, მაშინ ძველი მცველი დავტოვოთ მუშაობაში, რადგან მანქანების დეფექტი გაელენას ვერ მოახდენს მისი გამორთვის უნარზე.

გარდა ამისა, უნდა შემოწმდეს მცველის საღტყებთან შეერთების კონტაქტის ხარისხი. ცუდი კონტაქტი იწვევს მასრის საკონტაქტო ზედაპირის, საკონტაქტო მომჭერებისა და დნობადი სადგმელის ტემპერატურის დასაშვებზე მეტად აწევას, რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს მცველის ცრუ ამუშავებამდე.

რემონტის პროცესში საჭიროა შემოწმებულ იქნეს მცველის ნომინალური ძაბვისა და დენის შესაბამისობა დასაცავი დანადგარის ან ქსელის უბნის ძაბვასა და გადატვირთვის დასაშვებ დენთან.

ქსელის ძაბვასთან შედარებით ნაკლები ნომინალური ძაბვის მცველის გამოყენებისას შეიძლება მოხდეს მისი დაშლა, რადგანაც დნობად სადგმელს ექნება არასაკმარისი სიგრძე და რკალი არ ჩაქრება. მაქსიმალური დენის მიხედვით არასწორად შერჩეული მცველი შეიძლება გახდეს ცრუ გათიშვის ან დასაცავი დანადგარის მწყობრიდან გამოსვლის მიზეზი.

1.22. დეფექტების გამოვლენა მანაწილებელი მოწყობილობების საკონტაქტო შეერთებებსა და საპაერო ხაზებში

როგორც ცნობილია, დანიშნულების, კონსტრუქციის, მასალების შეერთების ხერხის, გამოყენების არისა და სხვა ფაქტორების მიხედვით განასხვავებენ ჭანჭიკებით, შედუღებით, მირჩილვით, დაწნეხვითა და დაგრეხით კონტაქტურ შეერთებებს.

შედუღებით კონტაქტური შეერთების დეფექტები. შედუღებით შესრულებული კონტაქტური შეერთების ექსპლუატაციისას დეფექტების აღმერის მიზეზი შეიძლება იყოს მოცემული პარამეტრებიდან გადახრა, შემოჭრები, ბუშტები, შეუდუღებლობა, ბზარები, გაუკეთებელი კრატერები, სადენების გადაწვა, შემაერთებელი სადენების არათანადერძულობა, დაბოლოებების არასწორი არჩევა, შეერთებებში დამცავი საფარის არარსებობა და სხვა.

თერმული შედუღების ტექნოლოგიამ ვერ უზრუნველყო დიდი კვეთის (240 მმ² და მეტი) სადენების შედუღებით შეერთებისას საიმედო მუშაობა. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ შესაერთებელი სადენების შედუღების პროცესში ხდება მათი არასაკმარისი გაცხელება და მათი ბოლოების არათანაბარი მიახლოება, რის გამოც ხდება გარე ნახევრების გადაწვა, შეუდუღებლობა, ჩამჯდარი ფუჭვილები და წილა. შედეგად მცირდება შედუღებით შეერთების მექანიკური სიმტკიცე, რასაც დაგვიანდნით ნაანგარიშებზე უფრო მცირე დატვირთვამდე და ანკერული საყრდენის მარყუქში სადენის გაწყვეტამდე ან გადაწვამდე.

ანკერული საყრდენების მარყუქებში შედუღების დეფექტებს, მათი ექსპლუატაციის მცირე ვადების დროს, მიეყვართ საჰაერო ხაზების გათიშვასთან. შედუღებით შეერთებებში ცალკეული გამტარების გაწყვეტის შედეგად იზრდება კონტაქტის გარდამავალი წინაღობა და მისი ტემპერატურა. დეფექტის განვითარების სიჩქარე ამ შემთხვევაში არსებითად დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე: დატვირთვის დენის სიდიდეზე, სადენის დაჭიმულობაზე, ქარისა და გიბრაციულ ზემოქმედებებზე და სხვა.

დაწნეხილი კონტაქტური შეერთების დეფექტები. დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ დაწნეხით შესრულებულ კონტაქტურ შეერთებებში დეფექტები გამოწვეულია დაბოლოებებისა და მასრების არასწორი შერჩევით, დაბოლოებებში ძარღვების არასრული შეყვანით, დაწნეხის არასაკმარისი ხარისხით და სხვა. დაწნეხით შეერთების შემოწმების ერთ-ერთი ხერხია შეერთების წინააღობის გაზომვა მუდმივი დენით. კონტაქტური შეერთების წინააღობის მინიმალური სიდიდის კრიტერიუმად მიღებულია მთლიანი სადენის ეკვივალენტური უბნის წინააღობა. დაწნეხილი შეერთება ითვლება ექსპლუატაციისათვის ვარგისად, თუ მისი წინააღობა არა უმეტეს 12-ჯერ აღემატება მთლიანი სადენის ეკვივალენტური უბნის წინააღობას.

მაერთებლის დაწნეხისას მისი წინააღობა მკვეთრად მცირდება, მაგრამ წნევის გაზრდით სტაბილური ხდება და უმნიშვნელოდ იცვლება. მაერთებლის წინააღობა ძალიან მგრძნობიარეა დასაწნეხი სადენების საკონტაქტო ზედაპირების მდგომარეობის მიმართ. საკონტაქტო ზედაპირებზე ალუმინის ოქსიდის არსებობა იწვევს მა-

ერთებლის კონტაქტური წინაღობის მკვეთრ ზრდას და მომატებულ სითბოს გამოყოფას.

დაწნეხილი შეერთების ძირითადი მახასიათებელია დაწნეხის ხარისხი და მექანიკური სიმტკიცე. მაერთებლის მექანიკური სიმტკიცის გაზრდით მისი კონტაქტური წინაღობა მცირდება. მაერთებლის მექანიკური სიმტკიცის მაქსიმუმს შეესაბამება კონტაქტური წინაღობის მინიმუმი.

ჭანჭიკებით კონტაქტური შეერთების დეფექტები. ჭანჭიკების დახმარებით შესრულებულ კონტაქტურ შეერთებებს ყველაზე ხშირად გააჩნია დეფექტები საყელურის გარეშე სპილენძისა და ალუმინის შეერთების, თეფშა ზამბარების არარსებობის, აგრესიულ ან ნესტიან გარემოში ალუმინის დაბოლოების უშუალოდ ელექტრომოწყობოლობის სპილენძის გამომყვანებთან მიერთების, ჭანჭიკების არასაკმარისად მოჭერის დროს და სხვა.

დიდი დენების (3000 ა და მეტი) დროს ალუმინის საღტეების ჭანჭიკებით კონტაქტურ შეერთებას აქვს ექსპლუატაციაში არასაკმარისი სტაბილურობა. თუ 1500 ა-მდე დენების დროს კონტაქტური შეერთებები 1-2 წელიწადში მოითხოვს ჭანჭიკების ერთხელ გადაჭერას, ანალოგიური შეერთებები 3000 ა და ზემოთ ყოველწლიურად საჭიროებს საკონტაქტო ზედაპირების გაწმენდასა და გადაჭერას. ასეთი ოპერაციის საჭიროება დაკავშირებულია იმასთან, რომ ალუმინისაგან დამზადებულ, დიდ დენებზე განკუთვნილ საღტესადენებში კონტაქტური შეერთების ადგილზე უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ოქსიდის აფსკის წარმოქმნის პროცესი. ოქსიდის წარმოქმნის პროცესს ხელს უწყობს ფოლადის ჭანჭიკისა და ალუმინის საღტის წრფივი გაფართოების სხვადასხვა ტემპერატურული კოეფიციენტი. საღტესადენში მოკლედ შერთვის ან ცვლადი დატვირთვის დენების გავლისას, განსაკუთრებით დიდი სიგრძის საღტესადენში, აღიძვრება ვიბრაცია და ხდება ალუმინის საღტის საკონტაქტო ზედაპირის დეფორმაცია. ამ შემთხვევაში საღტეების ორი საკონტაქტო ზედაპირის მომჭიმავი ძალვა სუსტდება და მათ შორის არსებული საპოხის ფენა ორთქლდება. ოქსიდის აფსკის წარმოქმნის შედეგად კონტაქტების შეხების ფართობი ანუ კონტაქტური წერტილების რიცხვი და სიდიდე, რომელშიც დენი გადის, მცირდება.

ამასთან, მათში იზრდება დენის სიმკვრივე, რომელმაც 1 სმ²-ზე შეიძლება მიაღწიოს 1000 ა-ს, რის გამოც ეს წერტილები ძლიერ ხურდება. ტემპერატურა აღწევს კონტაქტის მასალის დნობის ტემპერატურას და კონტაქტების ზედაპირებს შორის წარმოიქმნება თხევადი ლითონის წვეთი, რომელიც ტემპერატურის შემდგომი გაზრდით დუღდება და კონტაქტური შეერთების გარშემო სივრცე იონიზირდება, რამაც მანაწილებელ მოწყობილობაში შეიძლება გამოიწვიოს მრავალფაზა შერთვა. მაგნიტური ძალების მოქმედების შედეგად რკალი შეიძლება გადაადგილდეს მანაწილებელი მოწყობილობის სალტის გასწვრივ, რაც მიგვიყვანს უმძიმეს შედეგებამდე.

ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ დიდი დენების დროს არასაკმარისი საიმედოობით ხასიათდება ერთი ჭანჭიკით სალტების კონტაქტური შეერთება. ასეთი შეერთება დასაშვებია 1000 ა-მდე დენების დროს, მაგრამ ზიანდება 400–630 ა დენზეც. ერთჭანჭიკიანი კონტაქტური შეერთების საიმედოობის ამაღლება მოითხოვს რიგ ტექნიკურ ღონისძიებებს მათი ელექტრული წინაღობის სტაბილიზაციისათვის. ჭანჭიკებით კონტაქტურ შეერთებებში დეფექტების განვითარების პროცესი მიმდინარეობს ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში და დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე: დატვირთვის დენზე, მუშაობის რეჟიმზე (სტაბილური თუ ცვალებადი), ქიმიური რეაგენტების ზემოქმედებაზე, ქარზე, ჭანჭიკების მოჭერის ძალეზე და სხვა.

კონტაქტური შეერთების გარდამავალი წინაღობის თანდათანობითი გაზრდა ხდება დროის განსაზღვრულ მომენტამდე, რის შემდეგაც ხდება კონტაქტური ზედაპირების მკვეთრი გაუარესება ინტენსიური სითბოს გამოყოფით, რაც დამახასიათებელია კონტაქტური შეერთების ავარიული მდგომარეობით.

დაგრეხით შესრულებული კონტაქტური შეერთების მტყუნებანი ძირითადად განპირობებულია მონტაჟის დეფექტით. სადენების არასრულ დაგრეხას მიყვავართ მაერთებლიდან სადენის გაწევისა და მის გაწყვეტასთან. იზოლაციისაგან გაუსუფთავებელი სადენები ქმნის დიდ გარდამავალ წინაღობას, რის შედეგადაც მაერთებელში ხდება სადენის გადახურება და გადაწვა.

II თავი. მაღალი ძაბვის ამომრთველები და მათი დიაგნოსტიკა

2.1. მაღალი ძაბვის ამომრთველები, მათი დანიშნულება და კლასიფიკაცია

მაღალი ძაბვის ამომრთველი ნებისმიერი ქვესადგურის ძირითადი საკომუტაციო აპარატია, რომლის გამართულ მუშაობაზეც, უმრავლეს შემთხვევაში, დამოკიდებულია მომხმარებელთა უწყვეტი და საიმედო ელექტრომომარაგება. იგი გამოიყენება დენების ჩართვისა და გამორთვისათვის ელექტრული წრედების ყველა საექსპლუატაციო რეჟიმში: ნომინალური დატვირთვის, ძალური ტრანსფორმატორების უქმი სვლის, ხაზებისა და სალტების დამუხტვის დენების ჩართვა-გამორთვის, მოკლედ შერთვის დენების გამორთვისათვის, აგრეთვე ელექტრული დანადგარების სქემების ცვლილების დროს. ამ აპარატის დამახასიათებელი თავისებურებაა რკალჩამქრობი მოწყობილობის შემცველობა, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალი ძაბვის წრედების გათიშვისას აღძრული რკალის ჩაქრობას.

ჩაკეტილი ელექტრული წრედის გათიშვისას დაშორებულ კონტაქტებს შორის აღიძვრება ელექტრული რკალი. რკალი წარმოიშობა 0,5 ა დენისა და 15 ვ ძაბვის დროსაც კი. მისი ხანგრძლივობა დამოკიდებულია წრედის პარამეტრებსა და რკალური შუალედის დეიონიზაციის პირობებზე. რკალში ერთდროულად ხდება იონიზაციისა (მუხტის თავისუფალი გადამტანების – ელექტრონებისა და დადებითად დამუხტული იონების წარმოქმნა) და დეიონიზაციის (მუხტის თავისუფალი გადამტანების დეიონიზაციის) პროცესები. რკალი იწვის მანამ, სანამ დეიონიზაციის პროცესი არ გახდება უფრო ინტენსიური, ვიდრე იონიზაციისა. მაშასადამე, რკალის სწრაფად ჩაქრობისათვის საჭიროა დეიონიზაციის პროცესის გაძლიერება, რადგანაც რკალის არხში ტემპერატურა აღწევს 4000°C და ინტენსიურად მიმდინარეობს აირის გარემოს თერმული იონიზაცია.

დიდდენიანი ელექტრული წრედების გათიშვისათვის შექმნილია ამომრთველი აპარატები, შემდეგი სახის რკალჩამქრობი მოწყობილობებით:

- აირებით შებერვა, სადაც რკალის არხში გარედან შემოდის ჰაერი ან რკალჩამქრობი კამერაში მოთავსებული მინერალური ზეთიდან, ორგანული მინიდან ან ფიბრადან, რკალის ტემპერატურის მოქმედების შედეგად გამოიყოფა აირი. რკალის გავლით ჰაერის ან აირის გავლა იწვევს რკალის ჩაქრობას;
- მაგნიტური შებერვის შედეგად რკალის შეტაცება ვიწრო ხერელში. საიზოლაციო მასალისაგან დამზადებული ხერელის კედლებში ხდება მუხტების ნეიტრალიზაცია, რკალის გაცივება და ჩაქრობა;
- რკალის დანაწევრება მოკლე რკალებად. რკალის თითოეულ მოკლე უბანზე აღიძვრება ძაბვის ვარდნა, რის შედეგადაც რკალში გამოყოფილი ენერგია არასაკმარისია მისი წვისათვის.

მუშაობის თითოეული რეჟიმის თავისებურება განისაზღვრება იმ წრედის პარამეტრებით, რომელშიც დაყენებულია ამომრთველი. მუშაობის მძიმე რეჟიმად ითვლება მოკლედ შერთვის დენების გათიშვა, როცა ამომრთველი განიცდის მნიშვნელოვანი სიდიდის ელექტროდინამიკური ძალებისა და მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებას. შედარებით მცირე დამაგნიტებისა და ხაზების დამუხტვის დენების გათიშვასაც აქვს თავისი განსაკუთრებულობა, დაკავშირებული საშიში კომუტაციური გადაძაბვების აღძვრასთან, რაც ამომრთველის მუშაობის უმძიმესი რეჟიმია.

ეს ამომრთველები რთული კონსტრუქციაა, რომლებიც იმართება ელექტრომაგნიტური, ზამბარიანი, პნევმატიკური ან ჰიდრაულიკური ამძრავებით.

მაღალი ძაბვის ამომრთველი შედგება: საკონტაქტო სისტემისაგან რკალჩამქრობი მოწყობილობით, დენგამტარი ნაწილების, კორპუსის, საიზოლაციო კონსტრუქციისა და ამძრავი მექანიზმისაგან.

მაღალვოლტიანი ამომრთველებისადმი წაყენებული მოთხოვნები. ამომრთველი მაღალვოლტიანი სისტემის მეტად საპასუხის-

მგებლო აპარატია. ამომრთველის მტყუნების შემთხვევაში ვითარდება ავარია, რასაც მიუყვართ დარღვევებამდე და დიდ მატერიალურ დანაკარგებამდე, რაც დაკავშირებულია ელექტროენერგიისა და, აქედან გამომდინარე, მსხვილი სამრეწველო საწარმოების მუშაობის შეწყვეტასთან. ამასთან დაკავშირებით, ამომრთველისადმი წაყენებული მოთხოვნებია:

ა) მაღალი საიმედოობა. ავარიის დროს ამომრთველში გადის 300 კა-მდე დენი. ამიტომ მოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლის თავიდან აცილების მიზნით ავარიის ლიკვიდაცია უნდა მოხდეს მინიმალურ დროში. მაღალი საიმედოობის მიღწევა დაკავშირებულია დიდ სიძნელეებთან, რადგან ამომრთველში მიმდინარეობს რთული პროცესები, რომლებიც არ ექვემდებარება სრულ მათემატიკურ აღწერას.

საიმედოობისადმი მოთხოვნა ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია, რადგან ამომრთველის საიმედო მუშაობაზე დამოკიდებულია ენერგოსისტემის მუშაობა და, აქედან გამომდინარე, მომხმარებელთა ელექტრომომარაგების საიმედოობა. საიმედოობა რეგლამენტირებულია. რიცხობრივად იგი შეიძლება გამოისახოს შეუფერხებელი მუშაობის ან მტყუნებათა ინტენსიურობის აღბათობით. ამომრთველის მუშაობის ხანგრძლივობის ვადა არანაკლებ 20 წელია.

დიდი რაოდენობის სტატისტიკური მასალების ანალიზმა აჩვენა, რომ ამომრთველების მტყუნებათა 70% მოდის აპარატის მექანიზმების დამტვრევის, 10% – იზოლაციის დაზიანების, ხოლო 20 % – სხვა მიზეზებით.

ამომრთველებმა მექანიკური ცვეთამედგობით დენის გარეშე უნდა გაუძლოს 2000 ოპერაციას 35 კვ ძაბვამდე, ხოლო 110 კვ-ს ზემოთ – 1000 ოპერაციას.

მტყუნება-უწყისეობას, რომელიც საშუალებას არ აძლევს ამომრთველს შეასრულოს თავისი ძირითადი ფუნქცია, მიეკუთვნება ჩართვის ან გამორთვის ბრძანების შეუსრულებლობა, აპარატის იზოლაციის გადაფარვა, დენგამტარი ნაწილების დაზიანება და რკალის ჩაუქრობლობა.

ბ) სწრაფმოქმედება. სწრაფმოქმედებისადმი მოთხოვნა უნდა გავიგოთ, როგორც წრედის გათიშვა, მოკლედ შერთვის დროს, შესაძლო მინიმალურ დროში. გამორთვის დრო გამოითვლება გამორთვაზე ბრძანების გაცემიდან ყველა პოლუსზე რკალის ჩაქრობამდე. თანამედროვე ამომრთველების გათიშვის დრო 2 პერიოდს ანუ 0,04 წმ-ს შეადგენს.

გ) რევიზიებს შორის ვადების გაზრდა. ამომრთველის გამოყვანა მუშა მდგომარეობიდან რევიზიისა და რემონტისათვის დაკავშირებულია დიდ სიძნელეებთან, რადგან ან უნდა გადავიდეთ მანაწილებელი მოწყობილობის სხვა სქემაზე, ან უბრალოდ გამოვრთოთ მომხმარებელი. ამასთან დაკავშირებით, ამომრთველს უნდა შეეძლოს რევიზიისა და რემონტის გარეშე რაც შეიძლება მოკლედ შერთვის დენების ბევრჯერ გათიშვა. თანამედროვე ამომრთველებს შეუძლია რევიზიის გარეშე მოახდინოს მოკლედ შერთვის დენების ათამდე გათიშვა. ამომრთველის გამორთვას არ უნდა ახლდეს ალისა და გაეარვარებული გაზების გამოტყორცნა, რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს მანაწილებელი მოწყობილობის იზოლაციის გადაფარვამდე.

დ) ატმოსფერული ზემოქმედებისადმი მედეგობა. ამომრთველებს, რომლებიც გათვლილია ღია მანაწილებელ მოწყობილობებში სამუშაოდ, უნდა შეეძლოს გაუძღონ ატმოსფერულ ზემოქმედებებს: ტენიანობის აწევას, წვიმას, თოვლს, ლიპყინულს, გარე იზოლაციის გაჭუჭყიანებას, ქარს, მიწისძვრას.

სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით მაღალი ძაბვის ამომრთველები ხასიათდება შემდეგი პარამეტრებით:

- ნომინალური ძაბვა $U_{\text{ნომ}}$ (ქსელის ძაბვა, რომელზეც მუშაობს ამომრთველი);
- ნომინალური დენი $I_{\text{ნომ}}$ (ჩართულ ამომრთველში გამავალი დენი, რომლის დროსაც შეუძლია მუშაობა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში);
- ამორთვის ნომინალური დენი I_0 $U_{\text{ნომ}}$ – მოკლედ შერთვის უდიდესი დენის მოქმედი მნიშვნელობა, რომელიც შეუძლია ამორთვის ამომრთველმა მუშა ძაბვის უდიდესი მნიშვნელობის დროს.

ვნელობის დროს, ოპერაციის მოცემული ციკლის აღმდგენი ძაბვის მოცემული პირობების დროს;

- ამორთვის დენში აპერიოდული დენის ფარდობითი დასაშვები შემცველობა;
- თუ ამომრთველი დანიშნულია ავტომატური განმეორებითი ჩართვისათვის (აგჩ), მაშინ უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს შემდეგი ციკლები: ციკლი t_1 – ამორთვის ოპერაცია – $t_{\text{უდ}}$ – ჩართვის ოპერაცია – 180 წმ – მყისი ამორთვის ოპერაცია; ციკლი 2: ამორთვის ოპერაცია – 180 წმ – ჩართვის ოპერაცია – 180 წმ – მყისი ამორთვის ოპერაცია, სადაც $t_{\text{უდ}}$ ამომრთველისათვის გარანტირებული მინიმალური უდენო პაუზაა (დრო რკალის ჩაქრობიდან შემდგომი ჩართვისას დენის გავლამდე) აგჩ-ს დროს. ამ დროის მნიშვნელობა ჩვეულებრივი აგჩ-ს დროს შეადგენს 0,3–1,2 წმ, ხოლო სწრაფმოქმედი აგჩ-ს დროს – 0,3 წმ-ს. მდგრადობა გამჭოლი მოკლედ შერთვის დენების დროს, რომლებიც ხასიათდება თერმული მდგრადობის I_m დენებითა და ზღვრული გამჭოლი დენით;
- ჩართვის ნომინალური დენი – მოკლედ შერთვის დენი, რომელიც მოცემულ ციკლში, ნომინალური ძაბვის დროს, შესაბამისი ამძრავით, კონტაქტების შეუდუღებლად და სხვა დაზიანების გარეშე შეუძლია ჩართოს ამომრთველი;
- ამორთვის საკუთარი დრო – დროის შუალედი გამორთვაზე ბრძანების მიწოდების მომენტიდან რკალჩამქრობი კონტაქტების დაშორების დაწყების მომენტამდე.

დანიშნულების მიხედვით მაღალვოლტიანი ამომრთველები იყოფა:

- ქსელური ამომრთველები 6 კვ და მეტ ძაბვაზე. ისინი გამოიყენება ელექტრულ წრედებში (გარდა ელექტრული მანქანებისა და ელექტროთერმული დანადგარების წრედებისა) და მათი დანიშნულებაა ნორმალურ პირობებში დენის გატარება და კოშტაცია, აგრეთვე დენის გატარება მოცემული დროის განმავლობაში და კომუტაცია

ისეთ მოცემულ არანორმალურ რეჟიმში, როგორიცაა მოკლედ შერთვა;

- გენერატორული ამომრთველები 6-დან 20 კვ ძაბვამდე. ისინი გამოიყენება ელექტრული მანქანების (გენერატორების, სინქრონული კომპენსატორების, მძლავრი ელექტროძრავების) წრედებში და მათი დანიშნულებაა დენის გატარება და კომუტაცია როგორც ნორმალურ პირობებში, ასევე გაშვების რეჟიმში და მოკლედ შერთვის დროს;
- ამომრთველები 6-დან 220 კვ ძაბვაზე ელექტროთერმული დანადგარებისათვის, რომლებიც გამოყენებულია მსხვილი ელექტროთერმული დანადგარების (მაგ., ფოლადსადნობი, მადანთერმული და სხვა სახის) წრედებში. მათი დანიშნულებაა დენის გატარება და კომუტაცია როგორც ნორმალურ პირობებში, ასევე სხვადასხვა საექსპლუატაციო რეჟიმისა და მოკლედ შერთვის დროს;
- სპეციალური დანიშნულების ამომრთველები.

დაყენების სახეობის მიხედვით ამომრთველები იყოფა:

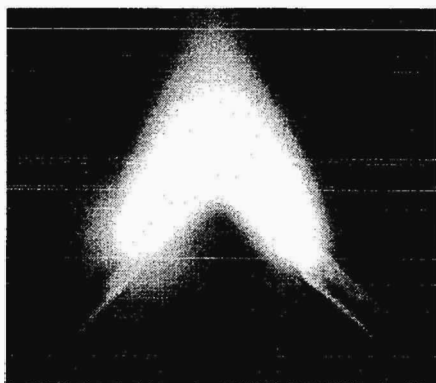
- საყრდენი, რომელთაც მიწაზე აქვს საყრდენი ტიპის ძირითადი იზოლაცია;
- საკიდი, რომელთაც მიწაზე აქვს საკიდი ტიპის ძირითადი იზოლაცია;
- კედლის, რომელიც დამაგრებულია დახურული მანაწილებელი მოწყობილობის კედელზე;
- გამოსაგორებელი, რომელთაც აქვს სამარჯვები მანაწილებელი მოწყობილობის უჯრედიდან გამოსაგორებლად;
- კომპლექტურ მანაწილებელ მოწყობილობებში ჩასაშენებელი.

განლაგებისა და კლიმატური შესრულების კატეგორიების მიხედვით:

- არსებობს შენობის შიგა და გარე გათბობისა და ვენტილაციის სხვადასხვა პირობით განლაგების ხუთი კატეგორია;

- გეოგრაფიული ადგილმდებარეობის მიხედვით ამომმრთველები მზადდება ექვსი კლიმატური შესრულებით (Y, XL, TB, TC, T, O).

მაღალვოლტიანი ამომრთველების მწარმოებლები. მაღალი ძაბვის ამომრთველების მსხვილი მწარმოებლების რიცხვი არცთუ ისე დიდია, რაც განპირობებულია 1980–2000 წლებში წარმოების შერწყმითა და შთანთქმით. გადაცემის ქსელებისა და მანაწილებელი მოწყობილობების მაღალვოლტიანი ამომრთველების ძირითადი მწარმოებლებია: ABB, Areva T&D, Siemens, Toshiba, Mitsubishi, Schneider Electric და Eaton. რუსეთში 110–220 კვ ქსელებისათვის ელექტრულ-გაზური ამომრთველების მსხვილი მწარმოებელია Энергомашкорпорация. აგრეთვე, აწარმოებენ 35 კვ ძაბვამდე მანაწილებელი ქსელებისათვის ვაკუუმურ ამომრთველებს.



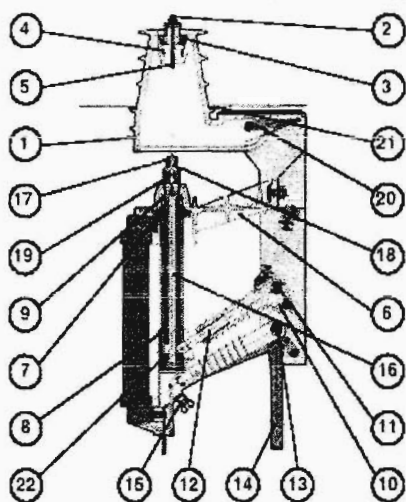
ნახ. 2.1. ელექტრული რკალი
ამომრთველი ამ შემთხვევაში უსარგებლოა.

რკალის ჩაქრობის გარემოს მიხედვით განასხვავებენ: საჰაერო, ზეთიან, ელექტროგაზურ, ვაკუუმურ და ელექტრომაგნიტურ ამომრთველებს.

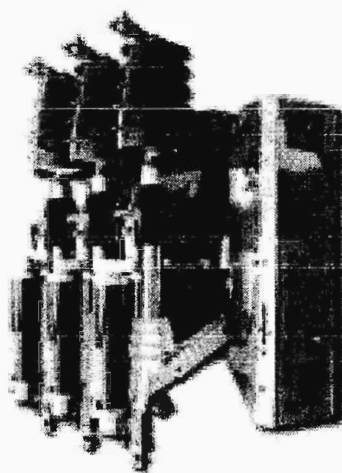
2.2. საჰაერო ამომრთველები

საჰაერო ამომრთველი არის ელექტრული აპარატი, რომელშიც კონტაქტების ჩართვა და ამორთვა, ასევე ელექტრული რკალის ჩაქრობა შეკუმშული ჰაერით ხდება. საჰაერო ამომრთველებში შე-

კუმშული ჰაერის წნევა მერყეობს 4-დან 60 ატმოსფერომდე. შეკუმშული ჰაერი ასრულებს ორ ფუნქციას – რკალის ქრობისა და ამომრთველის მექანიზმებით მართვის. დენგამტარი ნაწილებისა და რკალჩამქრობი მოწყობილობის იზოლაცია ხორციელდება ფაიფურის ან სხვა მყარი საიზოლაციო მასალისაგან. საჰაერო ამომრთველების კონსტრუქციული სქემები სხვადასხვაა და დამოკიდებულია მათ ნომინალურ ძაბვაზე, გამორთულ მდგომარეობაში კონტაქტებს შორის საიზოლაციო შუალედის შექმნისა და რკალჩამქრობ მოწყობილობაში შეკუმშული ჰაერის მიწოდების ხერხზე, ამომრთველის მართვის სისტემაზე, მაშენტირებელი რეზისტორებისა და ძაბვის გამყოფების არსებობაზე და სხვა.



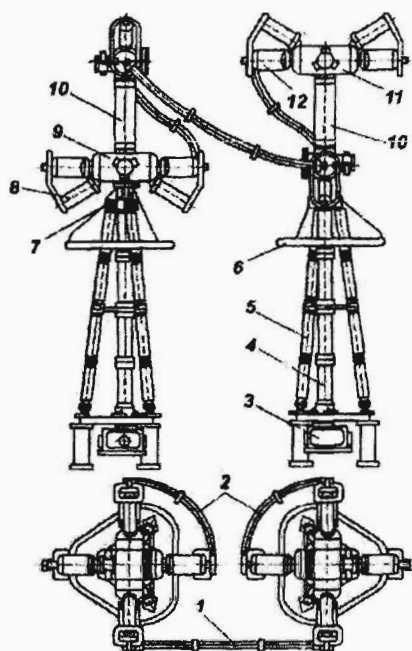
ა)



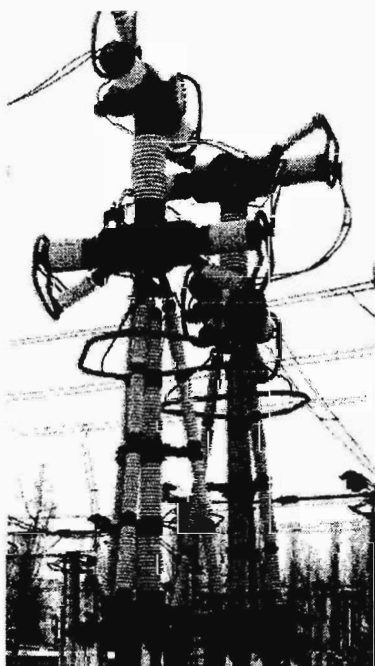
ბ)

ნახ.2.2. ISARC ტიპის დატვირთვის საჰაერო ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა და საერთო სახე: 1 – ზედა იზოლატორი რკალჩამქრობი კამერით; 2 – ზედა გამომყვანი; 3 – ზედა უძრავი კონტაქტი; 4 – საკონტაქტო ბუდე; 5 – რკალური კონტაქტის ღერო; 6 – ქვედა იზოლატორი; 7 – ქვედა გამომყვანი; 8 – უძრავი საკონტაქტო ცილინდრი; 9 – ქვედა მიმმართველი ბუდე; 10 – მთავარი ამძრავის ბერკეტი; 11 – მთავარი ამძრავის ლილვი; 12 – მბიძგავი; 13 – ჩამამიწებელი გამთიშის ამძრავის ლილვი; 14 – ჩამამიწებლის გამთიში; 15 – ჩამამიწებელი გამთიშის უძრავი კონტაქტი; 16 – მიმმართველი ცილინდრი; 17 – საქშენი; 18 – მოძრავი კონტაქტი; 19 – ღერო; 20 – მექანიკური საფარი; 21 – მომჭერი რგოლი; 22 – ამორტიზატორი

კონსტრუქციულად საჰაერო ამომრთველი შედგება სამი ძირითადი ელემენტისაგან: რეზერვუარი შეკუმშული ჰაერის მარაგით, რკალჩამქრობი მოწყობილობა და ელექტროპნევმატიკური ამძრავი. 2.2 ნახ-ზე წარმოდგენილია ISARC ტიპის დატვირთვის საჰაერო ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა და საერთო სახე. ამ ტიპის ამომრთველის დანიშნულებაა 50 ჰც სიხშირისა და 6,10 15, 20 კვ ძაბვისა და 630 ამპერამდე ნომინალური დენის იზოლირებული ან ჩამიწებულნეიტრალიანი წრედების კომუტაცია. 2.3 ნახ-ზე მოცემულია ВВБ-330Б ტიპის საჰაერო ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა და საერთო ხედი.



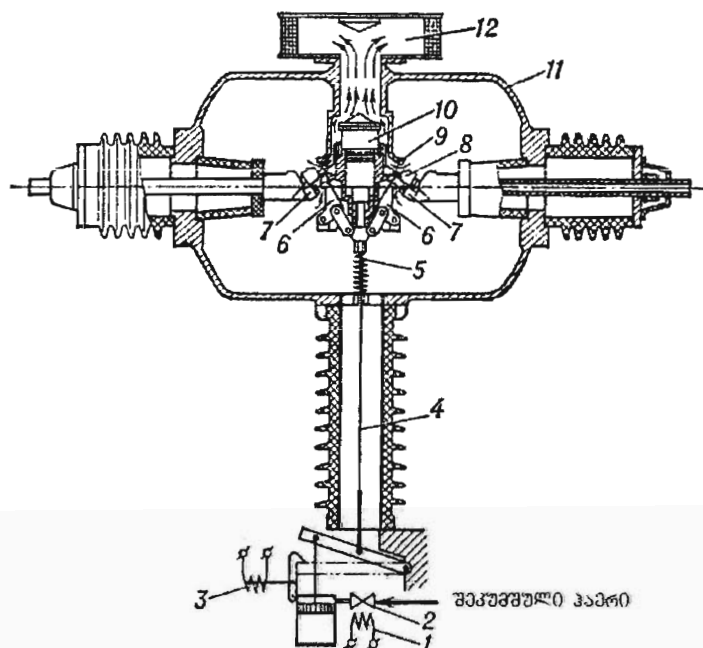
ა)



ბ)

ნახ.2.3. ВВБ-330Б ტიპის საჰაერო ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა (ა) და საერთო ხედი (ბ): 1 და 2 – საღტეხები; 3 – პოლუსის მართვის კარადა; 4 – იზოლატორების ცენტრალური კოლონა; 5 – საყრდენი იზოლატორები; 6 – ეკრანი; 7 – მილისი; 8 და 12 – მთავარი კონტაქტები; 10 – საშუალებო იზოლატორი; 9 და 11 – რკალჩამქრობი კამერები

35 კვ ზემოთ საჰაერო ამორთველებში რკალჩამქრობი მოწყობილობა და მისი კონტაქტები განლაგებულია უშუალოდ შეკუმშულჰაერიან რეზერვუარში, რომელიც გათიშულ კონტაქტებს შორის ქმნის საჭირო ელექტრულ სიმტკიცეს (ნახ.2.4). გათიშვის დროს მოძრავ 6 და უძრავ 7 კონტაქტებს შორის აღიძვრება ელექტრული რკალი. ერთდროულად გაიღება სარქველი 10 და შეკუმშული ჰაერი საქშენისა 9 და აირსარიანი არხის 12 გავლით გამოდის რეზერვუარიდან 11. რკალმიმღებ ელექტროდებზე 8 დაუბერავს შეკუმშული ჰაერის ნაკადი და რკალი ქრება. სარქველი 10 იხურება და შეკუმშული ჰაერი წყვეტს ატმოსფეროში გამოსვლას.



ნახ.2.4. დახურულგანმაცალკეებელიანი საჰაერო ამორთველის პრინციპული სქემა: 1 – ჩართვის ელექტრომაგნიტი; 2 – შეკუმშული ჰაერის მიწოდების სარქველი; 3 – ამორთვის ელექტრომაგნიტი; 4 – საიზოლაციო შტანგა; 5 – ზამბარა; 6 – მოძრავი კონტაქტები; 7 – უძრავი კონტაქტები; 8 – რკალმიმღები ელექტროდები; 9 – საქშენი; 10 – გამოშვების სარქველი; 11 – რეზერვუარი; 12 – აირსარიანი არხი

ერთ რეზერვუარში ჩვეულებრივ განლაგებულია 2 მიმდევრობითი წყვეტა, რომლებიც ერთობლიობაში ქმნის ე.წ. მოდულურ

რკალჩამქრობ ელემენტს (მოდულს). კონსტრუქციისა და შეკუმშული ჰაერის წნევის მიხედვით ერთი მოდულით შეიძლება გაითიშოს 110–250 კვ ძაბვის წრედი. დიდი ძაბვების ამომრთველები შედგება რამდენიმე მიმდევრობით შეერთებული და ერთდროულად მოქმედი მოდულებისაგან.

BBB სერიის ამომრთველების მოდულების რაოდენობა შეადგენს: 110 კვ ძაბვის დროს – ერთი; 220 კვ – ორი; 330 კვ – ოთხი; 500 კვ – ექვსი; 750 კვ – რვა, ხოლო მსხვილმოდულიან ამომრთველებში (BBBK, BHB) მოდულების რაოდენობა შესაბამისად ორჯერ მცირეა.

თითოეულ წყვეტაზე ძაბვების თანაბარი განაწილება მიიღწევა ამომრთველის ძირითადი კონტაქტების პარალელურად, აქტიური წინაღობის ან ტევადობის ჩართვით.

დიდ ნომინალურ დენზე განკუთვნილ ამომრთველებს აქვს მთავარი და რკალჩამქრობი კონტურები. ამომრთველის ჩართულ მდგომარეობაში ყოფნისას დენის ძირითადი ნაწილი გადის ღიად განლაგებულ მთავარ კონტაქტებში. ამომრთველის ამორთვისას პირველად გაითიშება მთავარი კონტაქტები, შემდეგ მთელი დენი გაივლის მეორე კამერაში მოთავსებულ რკალჩამქრობ კონტაქტებში. ამ კონტაქტების გათიშვის მომენტში რეზერვუარიდან პირველ კამერაში მიეწოდება შეკუმშული ჰაერი, იქმნება მძლავრი შებერვა, რომელიც აქრობს რკალს. შებერვა შეიძლება იყოს განივი და გრძივი. გათიშულ მდგომარეობაში კონტაქტებს შორის საჭირო საიზოლაციო შუალედი რკალჩამქრობ კამერაში იქმნება კონტაქტების საკმარისი დაშორებით ან ღიად განლაგებული სპეციალური განმაცალკეებლით. განმაცალკეებლის გამორთვის შემდეგ კამერაში შეწყდება შეკუმშული ჰაერის მიწოდება და რკალჩამქრობი კონტაქტები ჩაიკეტება.

ასეთი კონსტრუქციული სქემით შესრულებული ამომრთველები მზადდება შიგა დაყენებისათვის 15 და 20 კვ ძაბვასა და 20000 ა დენზე (სერია BBΓ), აგრეთვე 35 კვ ძაბვაზე (BBΘ – 35- 20/1600Y3).

ღია დაყენებისათვის განკუთვნილ ამომრთველებში რკალჩამქრობი კამერა განლაგებულია ფაიფურის იზოლატორის შიგნით, ამასთანავე 35 კვ ძაბვაზე საკმარისია გვერდულად ერთი გაწვეტა

ფაზაზე, ხოლო 110 კვ-ზე - ორი გაწვევით. განსხვავება ამ ორ კონსტრუქციას შორის მდგომარეობს იმაში, რომ 35 კვ ამომართველში საიზოლაციო შუალედი იქმნება რკალჩამქრობ კამერაში, ხოლო 110 კვ და ზემოთ ამომართველებში რკალის ჩაქრობის შემდეგ გაითიშება განმაცალკეებელი კონტაქტები და განმაცალკეებლის კამერა მთელი გათიშული მდგომარეობის განმავლობაში რჩება შეესებული შეკუმშული ჰაერით. ამ დროს რკალჩამქრობ კამერაში შეკუმშული ჰაერი არ მიეწოდება და კონტაქტები არ ჩაიკეტება. რაც უფრო მაღალია ნომინალური ძაბვა და გამოსართავი სიმძლავრე, მით უფრო მეტი წვევები უნდა გვექონდეს ფაზაზე რკალჩამქრობ კამერასა და განმაცალკეებელში (მაგ., 330 კვ - რვა; 500 კვ - ათი). რამდენიმე რკალჩამქრობი მოწყობილობის დახმარებით, ელექტრული რკალის ჩაქრობის მრავალჯერადი წვევების ხერხით, თითოეულ მათგანზე მიიღწევა ძაბვის ჯერადი შემცირება.

საძაერო ამომართველების ღირსებები: აფეთქება- და ხანძარ-უსაფრთხოება; სწრაფმოქმედება და სწრაფმოქმედი აგჩ-ს განხორციელების შესაძლებლობა; მაღალი გამორთვის უნარი; ხაზის ტევადური დენების საიმედო გამორთვა; რკალჩამქრობი კონტაქტების მცირე ცვეთა; რკალჩამქრობ კამერებთან ადვილად შეღწევის შესაძლებლობა; მსხვილი კვანძებისაგან გარე და შიგა დაყენებისათვის ვარგისი სერიების შექმნის შესაძლებლობა.

საძაერო ამომართველების ნაკლოვანებები: საკომპრესორო დანადგარის საჭიროება; მთელი რიგი დეტალებისა და კვანძების რთული კონსტრუქცია; შედარებით მაღალი ღირებულება; ჩაშენებული დენის ტრანსფორმატორის დაყენების სიძნელე.

2.3. საძაერო ამომართველების დიაგნოსტიკა

საძაერო ამომართველების დიაგნოსტიკის დროს, პირველ რიგში, უნდა ჩატარდეს გარე დათვალიერება. გარე დათვალიერებისას მოწმდება საძაერო ამომართველის ყველა ფაზის მდგომარეობა სასიგნალო ნათურებისა და მანომეტრების ჩვენებების მიხედვით. ყურადღება უნდა მიექცეს საძაერო ამომართველის საერთო მდგომარეობას, ჰაერის გაჟონვას (მოსმენით), რკალჩამქრობი კამე-

რებისა და განმაცალკეებელი იზოლატორების, მაშუნტირებელი რეზისტორებისა და ძაბვის ტევადური გამყოფების, საყრდენი სვეტებისა და მაიზოლირებელი საჭიმების სიმთელეს, აგრეთვე იზოლატორების ზედაპირების სისუფთავეს. უნდა შემოწმდეს საღებავებისა და აპარატების მომჭერების კონტაქტური შეერთების გახურების ხარისხი.

მანაწილებელ კარადებში დაყენებული მანომეტრების მიხედვით მოწმდება ჰაერის წნევა ამომრთველების რეზერვუარებში და მისი მიწოდება ვენტილაციაზე. 2 მპა წნევაზე გათვლილი ამომრთველის წნევა აგზ-თი მუშაობის დროს უნდა იყოს 1,9–2,15 მპა, ხოლო აგზ-ს გარეშე 1,6–2,1 მპა ფარგლებში. ამომრთველი მოქმედებაში არ უნდა მოდიოდეს ჰაერის წნევის ნაჩვენები მნიშვნელობების ქვემოთ დაწვეისას. ამ მიზნით მართვის სქემაში გათვალისწინებულია ბლოკირება, რომელიც ხელს უშლის ოპერაციის ჩატარებას. 1,6 მპა-ს ქვემოთ წნევის დროს ერთი მანომეტრი გათიშავს ჩართვა-გამორთვის წრედს, ხოლო მეორე 1,9 მპა-ს ქვემოთ წნევის დროს აგზ-ს წრედს გამორთვაზე გადართავს.

დიდი პნიშვნელობა აქვს ამომრთველის იზოლატორების შიგა ღრუს მშრალი ჰაერით უწყვეტ ვენტილაციას, რაც გამორიცხავს იზოლატორების შიგნით წყლის ორთქლის კონდენსაციას. ჰაერის ვენტილაციაზე უწყვეტი მიწოდება ხდება გაქარვის მაჩვენებლით (ეს არის მინის მილი, რომელშიც მოთავსებულია ალუმინის ბურთულა). ბურთულა ჰაერის ჭავლის მოქმედებით ქმნის ჰაერის მოძრაობის ხილვადობას. იგი უნდა იმყოფებოდეს მაჩვენებელზე დატანილ გაკაწრულ ხაზებს შორის. ჰაერის ხარჯის რეგულირება ხდება რედუქტორული სარქველის ზედა ნაწილში მოთავსებული ხრახნით.

ამომრთველის ჩართვა, რომელიც დიდი ხნის განმავლობაში იყო ვენტილაციის გარეშე, უნდა მოხდეს მისი იზოლაციის გაშრობის შემდეგ გაძლიერებული შებერვის გზით (შებერვის მაჩვენებლის ბურთულა უნდა იყოს ზედა მდგომარეობაში) 12–24 სთ-ის განმავლობაში.

გარე დათვალიერებისას ვიზუალურად მოწმდება რეზინის შემჭიდროების მთლიანობა რკალჩამქრობი კამერების, განმაცალკეებ-

ლებისა და მათი საყრდენი სვეტების იზოლატორების შეერთებებში, რადგან გამოყენებულ რეზინის შემჭიდროებას არ გააჩნია საკმარისი პლასტიკურობა და დროთა განმავლობაში იზრდება ნარჩენი დეფორმაცია. დაზიანების მქონე ამომრთველებთან ოპერაცია არ დაიშვება.

ექსპლუატაციის პროცესში საპაერო ამომრთველების მომსახურება მოიცავს შემდეგ ღონისძიებებს: თვეში 1-2-ჯერ ამომრთველების რეზერვუარებიდან უნდა მოცილდეს დაგროვილი კონდენსატი. ამავე პერიოდულობით უნდა შეეუბნოთ მუშა წნევის შეკუმშული ჰაერით. შებერვის პერიოდულობის დაუცველობას გარემო ტემპერატურის უცარი ცვლილებისას მივყავართ ამომრთველის რეზერვუარებში ნესტის კონდენსაციასა და ჰაერმანაწილებელ ქსელში ყინულის წარმოშობასთან.

საპაერო ამომრთველების დიაგნოსტიკა მოიცავს აგრეთვე დაზიანებული კონტაქტური წყვეტების, ჩართვისა და ამორთვის დროითი მახასიათებლების განსაზღვრასა და კონტაქტების გარდამავალი წინაღობის გაზომვას.

2.4. ზეთის ამომრთველები

ზეთის ამომრთველებში კონტაქტებს შორის წარმოშობილი რკალი იწვის სატრანსფორმატორო ზეთში. რკალის ენერგიის ზემოქმედებით ზეთი იშლება და წარმოშობილი აირები და ორთქლი მისი ჩაქრობისათვის გამოიყენება. დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის ხერხის მიხედვით განასხვავებენ ორი სახის ზეთიან ამომრთველს: ავზიანი და მცირეზეთიანი. ორივე სახის ამომრთველში რკალის შუალედის დეიონიზაციის მეთოდები ერთნაირია. განსხვავება მხოლოდ ზეთის რაოდენობის და კონტაქტური სისტემის ჩამიწებული კორპუსისაგან იზოლაციაშია. ავზიან ამომრთველებში დენგამტარი ნაწილები ერთმანეთისა და მიწისაგან იზოლირებულია ზეთის საშუალებით, რომელიც მოთავსებულია მიწასთან შეერთებულ ფოლადის ავზში. მცირეზეთიან ამომრთველებში დენგამტარი ნაწილების იზოლაცია ერთმანეთისა და მიწისაგან მყარი დიელექტრიკებისა და ზეთის საშუალებით ხდება.

ზეთის ამომრთველები ხასიათდება ნომინალური დენითა და ძაბვით. გარდა ამისა, საჭიროა ვიცოდეთ გამორთვის დენის სიდიდე და ამ დენის გამორთვის შემთხვევაში ძაბვის აღდგენის სიჩქარე. ეს სიდიდეები მოცემულია ამომრთველებზე დამაგრებულ საქარხნო ფირნიშებზე.

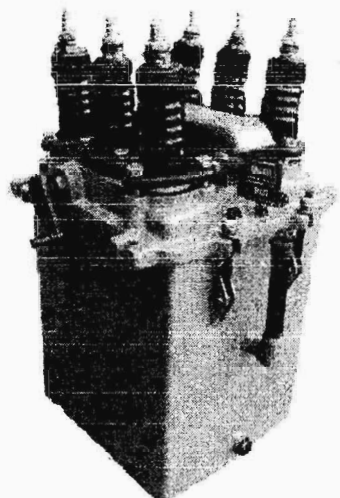
თანამედროვე პირობებში ზეთის ამომრთველები აღარ იწარმოება. მიუხედავად იმისა, რომ მიმდინარეობს ტექნიკური გაახლება, გაივლის კიდევ რამდენიმე წელი, სანამ მოხდება უკანასკნელი ზეთის ამომრთველის დემონტაჟი, ამიტომ მათი დიაგნოსტიკის საკითხების შესწავლა ჯერ კიდევ აქტუალურია.

2.5. ზეთის ავზიანი ამომრთველები

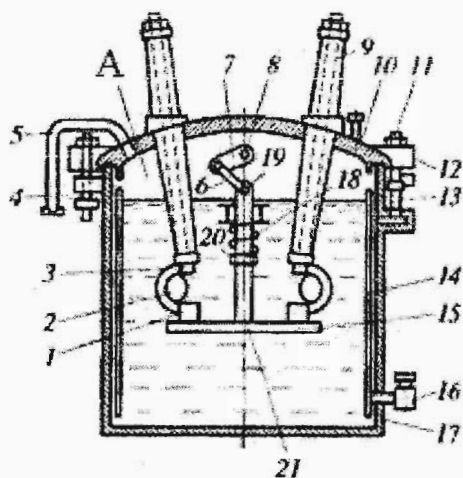
ავზიანი ამომრთველები 6-15 კვ ძაბვამდე გამოიყენება შიგა დაყენებისათვის, ხოლო 35 კვ და ზემოთ ძაბვაზე – გარე დაყენებისათვის. ამჟამად მათი წარმოება აღარ ხდება, მაგრამ დღეისათვის ექსპლუატაციაში კიდევ რჩება მათი დიდი რაოდენობა. ავზიან ამომრთველებში ზეთი გამოიყენება რკალის ჩასაქრობად და დენგამტარი ნაწილების იზოლაციისათვის. 10 კვ ძაბვამდე (ზოგიერთი ტიპის ამომრთველებში 35 კვ-მდე) ამომრთველს აქვს ერთი ავზი, რომელშიც მოთავსებულია სამივე ფაზის კონტაქტები. 2.5,ა ნახ-ზე წარმოდგენილია BM3-6-200-1,25 ტიპის ერთავზიანი ზეთის ამომრთველი, ხოლო 2.5,ბ ნახ-ზე – მისი კონსტრუქციული სქემა.

ზეთის ავზიანი ამომრთველი შესრულებულია ფოლადის ავზისაგან 17, რომელშიც ჩასხმულია სატრანსფორმატორო ზეთი. ავზის ქვედა ნაწილში, რომელიც შიგნით იზოლირებულია სპეციალური ფანერით 14, მოთავსებულია ზეთის გამოსაშვები ონკანი 16. ზეთის დონე კონტროლდება ზეთის მაჩვენებელი მილის 13 საშუალებით. ავზთან მილტუჩებით 12 და ჭანჭიკებით 11 დამაგრებულია თუჯის სახურავი 10. გამავალი იზოლატორები 9 ჩაშვებული და დამაგრებულია ავზის შიგნით. ამ იზოლატორებში გატარებულია დენგამტარი ღეროები, რომელთა ბოლოებზე დამაგრებულია უძრავი კონტაქტები 3. ავზის სახურავის ქვეშ შექმნილია ბუფერული საპაე-

რო ზონა A, საიდანაც ჰაერი გაზსარინი მილის 5 საშუალებით გარეთ გამოიდევნება.



ა)



ბ)

ნახ.2.5. BM3-6-200-1,25 ტიპის ზეთის ერთფაზიანი ამომრთველი (ა) და მისი კონსტრუქციული სქემა (ბ): 1 – მოძრავი კონტაქტი; 2 – გაზის ბუშტულა; 3 – უძრავი კონტაქტი; 4 – ჭანჭიკი; 5 – გაზსარინი მილი; 6, 7 და 19 – მრუდხარა-ბარბაცა მექანიზმის საწვეარი; 8 – ლილვი; 9 – გამავალი იზოლატორი; 10 – სახურავი; 11 – ჭანჭიკი; 12 – მილტუჩა; 13 – ზეთის მარცხენა მილი; 14 – ფანერი; 15 – ტრავერსი; 16 – ზეთის გამოსაშვები ონკანი; 17 – ფოლადის აგზი; 18 – გამომრთველი ზამბარა; 20 – მიმმართველი; 21 – შტანგა; A – ბუფერული სივრცე

ზეთის ამომრთველის ჩართვა-გამორთვა ხდება ამძრავით, რომელიც ზემოქმედებს ამომრთველის ლილვზე 8. ჩართვისას ლილვი მრუდხარა-ბარბაცა მექანიზმის საწვევების 6, 7, 19 დახმარებით მობრუნდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით და მიმმართველი 20 აწევს საკონტაქტო ტრავერსს 15, რომლებზეც დამაგრებულია ამომრთველის სამი ფაზის მოძრავი კონტაქტები. მოძრავი კონტაქტები ჩაიკეტება გამავალი იზოლატორების დენგამტარი ნაწილების ბოლოებზე დამაგრებულ უძრავ კონტაქტებთან. ამ დროს გამომრთველი ზამბარა 15 შეიკუმშება. ჩართულ მდგომარეობაში ამომრთველი დაჭერილია ამძრავის მექანიკური საკეტით.

გამორთვისას ამძრავი გადაწევს საკეტს. გამომრთველი ზამბარის 18 მოქმედებით შტანგა 21 გადაადგილდება ქვემოთ და კონტაქტები 3 და 1 ერთმანეთს დაშორდება. მათ შორის აღიძვრება რკალი, ხოლო მათ გარშემო – აირის ბუშტულები 2, რომლებიც შედგება ზეთის დაშლის პროდუქტებისაგან (70% წყალბადი, 20% ეთილენი). ბუშტულის წნევა 0,2–0,4 მპა-ს შეადგენს. წყალბადს დიდი თბოგამტარობა და მაღალი ელექტრული სიმტკიცე აქვს, რაც რკალის ჩასაქრობად გამოიყენება. წარმოქმნილი აირები გაივლის ზეთის ფენას და გადადის ბუფერულ A სივრცეში.

აირებმა ზეთის ფენაში გავლისას უნდა მოასწოროს გაცივება, სხვაგვარად შესაძლებელია მათი სწრაფი გამოხეთქა; ბუფერულ სივრცეში წყალბადისა და ჟანგბადის შეერთებისას წარმოიქმნება მგრგვინავი ნარევი.

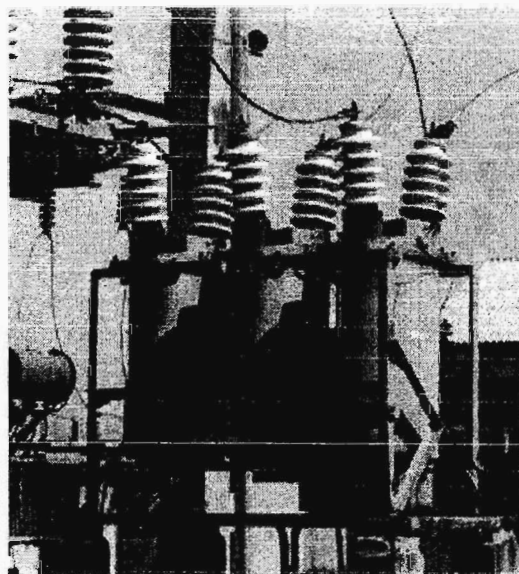
ზეთის ძალიან დიდი რაოდენობის დროს შეიძლება მოხდეს მისი გადმოღვრა ავზიდან მილის 5 გავლით. ამიტომ, საჭიროა ზეთის დონისა და ხარისხის მუდმივი კონტროლი, ასევე გამავალი იზოლატორების ზედაპირის სისუფთავე, რომლებზედაც შეიძლება გამორთვის დროს მოხდეს წარმოქმნილი ნახშირისა და ლითონის გაღლობილი ნაწილაკების დაგროვება.

გამორთვისას რკალი რამდენჯერმე აღდგება და ქრება. ამიტომ, ავზიანი ამომრთველების გამორთვის დრო ძალიან დიდია (0,15–0,2 წმ). ეს ამ ტიპის ამომრთველების მუშაობის ერთ-ერთი უარყოფითი მხარეა, რის გამოც მას ძირითადად იყენებენ 6 კვ ძაბვამდე. ზეთის დიდი მოცულობის გამო იგი აფეთქებასაშიშია.

2.6 ნახ-ზე წარმოდგენილია 35 კვ ძაბვიანი ზეთის ამომრთველის საერთო სახე, სადაც თითოეული ფაზისათვის განკუთვნილია თითო ავზი, ხოლო 2.7 ნახ-ზე – მისი კონსტრუქციული სქემა.

ამომრთველის ავზი 1 შესრულებულია ფურცლოვანი ფოლადისაგან და ცილინდრული ფორმა აქვს. ავზის კორპუსთან გარედან მიდუღებულია თათები ამომრთველის სახურავთან 10 დამაგრებისათვის. ავზის ზედა ნაწილში არის ფერსო, რომლის ქვემოთაც მიდუღებულია ნიპელი მასზე მიმაგრებული ზეთის მაჩვენებლით 19. ავზის კედლების იზოლაცია 2 და ფაზათშორისი გადაღობვები დამზადებულია ელექტრომუყაოსაგან. ავზს აქვს მოწყობილობა

ამომრთველის აფეთქების თავიდან აცილების მიზნით. იგი შედგება თხელკედლიანი მილების ნაჭრებისაგან, რომლებიც ჩამოცმულია სარჭებზე 17 და ავსს ამაგრებს ამომრთველის სახურავთან.

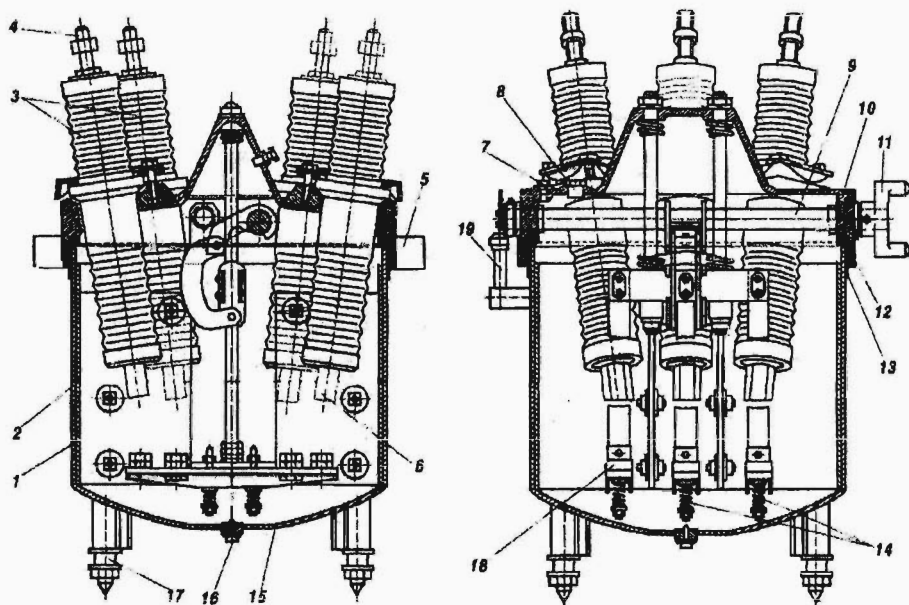


ნახ.2.6. 35 კვ ძაბვიანი ზეთის ამომრთველის საერთო სახე

სახურავს 10 აქვს ოთხი კორძი 5 ამომრთველის დამჭერ კონსტრუქციაზე დასამაგრებლად. სახურავზე დაყენებულია ექვსი გამავალი იზოლატორი 3, რომელთა შიგნით გატარებულია დენგამტარი ღეროები 4 და აირსარიანი. სახურავის ქვეშ განლაგებულია ამომრთველის ამძრავი მექანიზმი. სახურავის კორძებში ჩახრახნილია ფოლადის სარჭები 17.

ამომრთველის კონტაქტები ტორსულია. მოძრავი კონტაქტები 18 შედგება სპილენძის სალტეებისაგან. სალტის ქვეშ გადებულია II-სებრი ფორმის ფოლადის ცოკოლი და დამაგრებულია საიზოლაციო მასალისაგან დამზადებულ შტანგაზე. სალტისა და ცოკოლის შუა ნაწილში არის ორი ნახვრეტი, რომლებშიც შედის შტანგის დაბოლოებებში ჩახრახნილი სარჭები. თითოეულ სარჭზე (ერთი მეორეზე) ჩამოცმულია ორი ზამბარა. მოძრავ კონტაქტებს სარჭებთან არა აქვს ხისტი შეერთება და შეუძლია გადაადგილდეს

მათზე და ზამბარა შეკუმშოს. ეს ზამბარები უზრუნველყოფს მოძრავ და უძრავ კონტაქტებს შორის საჭირო კონტაქტურ დაწნევას.



ნახ.2.7. 10 კვ ძაბვიანი ზეთის ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა.

- 1 – ავზი; 2 – ავზის იზოლაცია; 3 – ფაიფურის იზოლატორები;
- 4 – დენგამტარი ღერო; 5 – კორძი; 6 – უძრავი კონტაქტი; 7 – ხრახნი;
- 8 – ზეთის ჩასასხმელი ხერელის საცობი; 9 – ამომრთველის ლილვი;
- 10 – სახურავი; 11 – ამომრთველის ამძრავთან შესაერთებელი ჩანგალი;
- 12 – შემამჭიდროებელი საფენი; 13 – ფერსო; 14 – ზამბარა; 15 – ავზის ფსკერი;
- 16 – ზეთის გამოსაშვები ხერელის საცობი; 17 – სარჭი;
- 18 – მოძრავი კონტაქტები; 19 – ზეთის დონის მაჩვენებელი

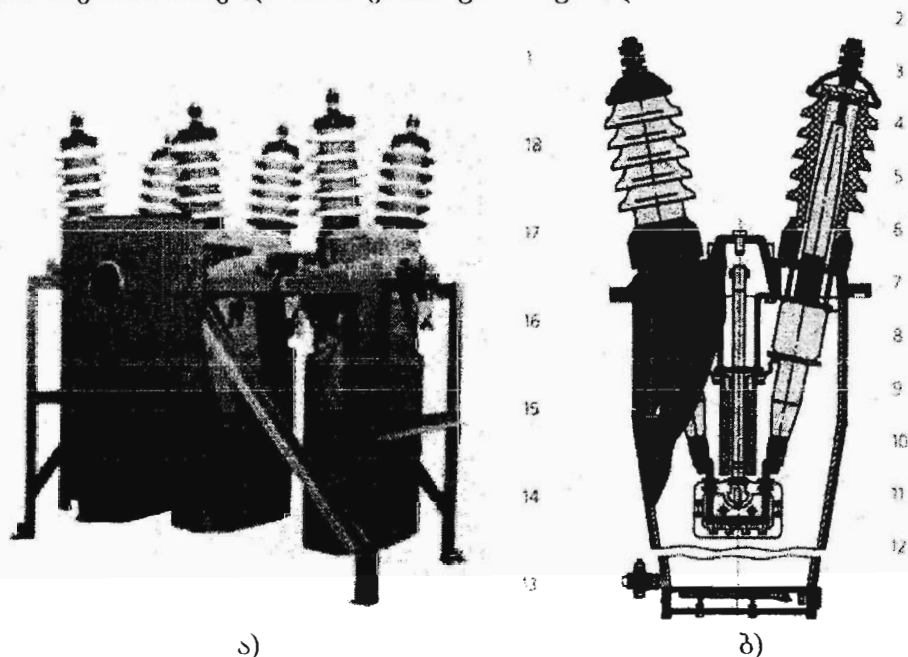
ამომრთველის ამძრავი მექანიზმი ლილვის ბრუნვით მოძრაობას გარდაქმნის მოძრავი კონტაქტების სწორხაზოვან მოძრაობად.

ამ ამომრთველებში რკალის ქრობის პროცესი ხდება შემდეგნაირად: ელექტრული რკალი, რომელსაც აქვს მაღალი ტემპერატურა მის გარშემო არსებულ ზეთს აირად გარდაქმნის. აღიძვრება ორი მიმდევრობით ჩართული რკალი. თითოეული ამ რკალის გარშემო იქმნება აირის ბუშტულა, რომელშიც წნევა აღწევს 10–12 ატმ

და აირს განდევნის ავზის სახურავსა და ზეთის ზედაპირს შორის არსებულ საჰაერო ბალიშში. საჰაერო ბალიშში იკავებს ავზის მოცულობის 20–30%-ს და იცავს ამომრთველს აფეთქებისაგან, დიდი დენებით გამოწვეული ზეთის დონის აწევის დროს.

რკალის ჩაქრობისას დიდი მნიშვნელობა აქვს კონტაქტების დაშორების სიჩქარეს. სიჩქარის გაზრდით მცირდება რკალის წვის ხანგრძლივობა.

2.8 ნახ-ზე წარმოდგენილია 35 კვ ძაბვიანი ზეთის ამომრთველის საერთო სახე და მისი ერთი ფაზის ტრილი.



ნახ.2.8. 35 კვ ძაბვიანი ზეთის ამომრთველის საერთო სახე (ა) და მისი ერთი ფაზის ტრილი (ბ): 1 – ფოლადის სახურავი; 2 – საკონტაქტო გამომყვანი; 3 – სახურავი; 4 – ყინვაგამძლე მასტიკა; 5 – ბაკელიტის მილისი; 6 – შემყვანის ფაიფურის საფარი; 7 – დენის ტრანსფორმატორი; TB-35; 8 – მიმმართველი მილისი; 9 – უძრავი კონტაქტი; 10 – ამომრთველის რკალჩამქრობი კამერა; 11 – საიზოლაციო ელექტრომუყაო; 12 – ზეთის გამათბობელი; 13 – ზეთის გამოსაშვები ონკანი; 14 – პოლუსის ავზი; 15 – შემყვანის დენგამტარი ღერო; 16 – შტანგა; 17 – მოსაჭიმი ხარჭი; 18 – ამძრავი მექანიზმი

6-10 კვ დანადგარებში გამოიყენება БМБ-10, БМЭ-6, БМЭ-10, БС-10 ტიპის ამომრთველები. ამჟამად მათ ცვლიან მცირეზეითიანი და ვლევგაზური ამომრთველებით. ავზიანი ამომრთველები ხასიათდება კონსტრუქციის სიმარტივით, რამაც განაპირობა მათი ფართო გამოყენება. მარტივი ამომრთველებისაგან განსხვავებით, მათ რკალჩაქრობი კამერები აქვს.

ზეთის ავზიანი ამომრთველების ძირითადი უპირატესობებია: კონსტრუქციის სიმარტივე; მაღალი გამორთვის უნარი; გარე დაყენებისათვის ვარგისობა; ჩაშენებული დენის ტრანსფორმატორების დაყენების შესაძლებლობა.

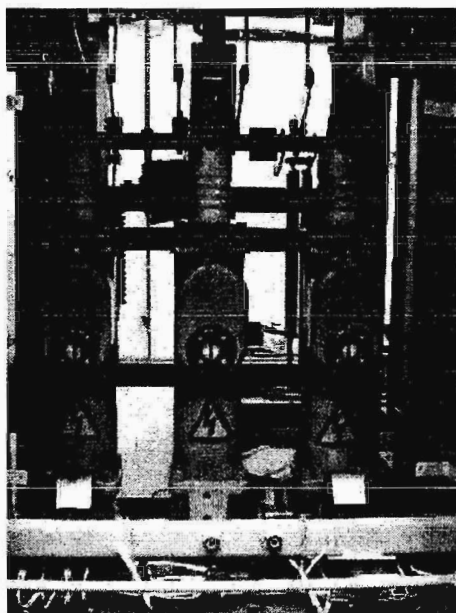
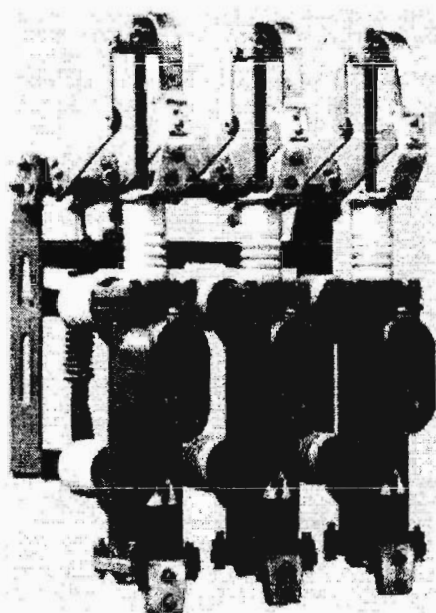
ზეთის ავზიანი ამომრთველის უარყოფითი მხარეებია: აფეთქება- და ხანძარსაშიშროება; ავზსა და შემყვანებში ზეთის დონისა და მდგომარეობის პერიოდული კონტროლის საჭიროება; ზეთის დიდი მოცულობა (მაგ., У-220 ტიპის ამომრთველში სამივე პოლუსზე საჭიროა 27000 კგ ზეთი), რაც მის შესაცვლელად განაპირობებს დროის დიდ დანახარჯებს; ზეთის დიდი მარაგის საჭიროება; შიგა დაყენებისათვის გამოუყენებლობა; სწრაფმოქმედი აგჩ-სათვის უვარგისია; ლითონის დიდი დანახარჯები, დიდი მასა, მოუხერხებელია გადასატანად, მონტაჟისა და გაწყობისათვის.

2.6. მცირეზეითიანი ამომრთველები

მცირეზეითიანმა (ქოთნიანმა) ამომრთველებმა ფართო გავრცელება პოვა 6, 10, 20, 35, 110 კვ ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების დახურულ 6, 10 და 35 კვ კომპლექტურ და 35, 110 და 220 კვ ღია მანაწილებელ მოწყობილობებში. ერთ-ერთი სახის (БПМ-10 ტიპის) მცირეზეითიანი ამომრთველი მოცემულია 2.9 ნახ-ზე.

მცირეზეითიან ამომრთველებში ზეთი ძირითადად გამოიყენება როგორც რკალჩაქრობი გარემო და ნაწილობრივ გათიშულ კონტაქტებს შორის იზოლაციისათვის. დენგამტარი ნაწილების ერთმანეთისა და ჩამიწებული კონსტრუქციებისაგან იზოლაცია ხორციელდება ფაიფურის ან სხვა სახის მყარი იზოლირებული მასალისაგან. შიგა დაყენების ამომრთველის კონტაქტები მოთავსებულია ფოლადის ავზაკში (ქოთანში) და ამის გამო უწოდებენ

“ქოთნიანს”. 35 კვ და ზემოთ ძაბვებზე განკუთვნილ ზეთის ამომრთველებს ფაიფურის კორპუსი აქვს.

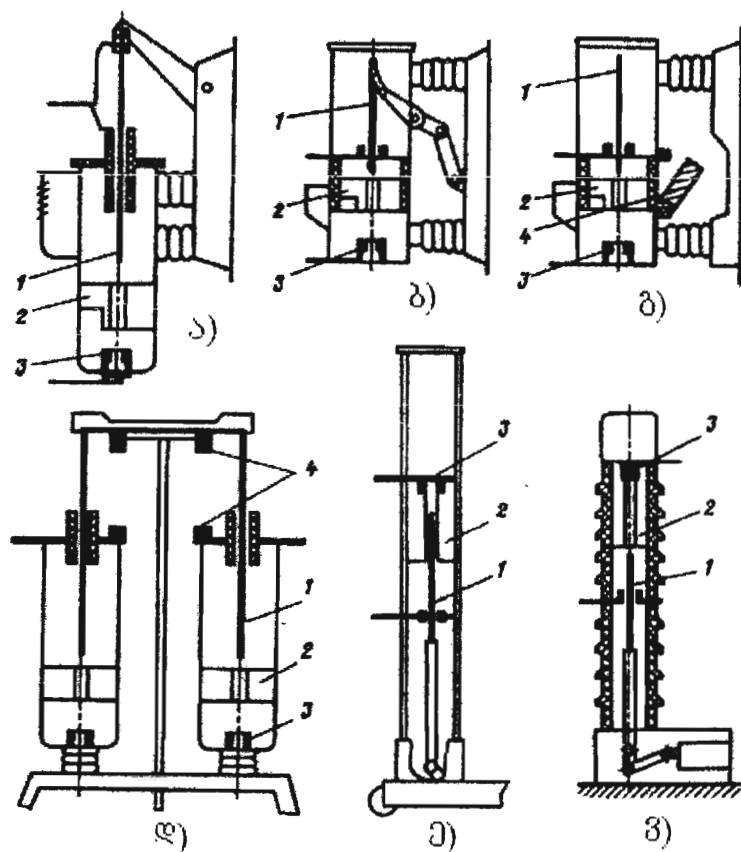


ნახ. 2.9. მცირეზეთიანი ამომრთველები

ამომრთველის მოქმედების პრინციპი დამყარებულია კონტაქტების გათიშვისას წარმოქმნილი რკალის აირზეთიანი ნარევის ნაკადით ჩაქრობაზე. რკალის წვის დროს, მაღალი ტემპერატურის მოქმედებით, ინტენსიურად იშლება სატრანსფორმატორო ზეთი და წარმოიქმნება აირზეთიანი ნარევის ნაკადი. ეს ნაკადი რკალის წვის ზონაში განთავსებულ სპეციალურ რკალჩამქრობ მოწყობილობაში იღებს განსაზღვრულ მიმართულებას და რკალს აქრობს.

ყველაზე უფრო დიდი გამოყენება აქვს 6–10 კვ ძაბვის კიდული ტიპის ВМП სერიის ამომრთველებს (ნახ.2.10, ა, ბ, გ). ამ ამომრთველებში კორპუსი დამაგრებულია ფაიფურის იზოლატორებზე, სამივე პოლუსისათვის საერთო ჩარჩოზე. თითოეულ პოლუსზე გათვალისწინებულია კონტაქტების ერთი წყვეტა და რკალჩამქრობი კამერა.

დიდი ნომინალური დენების დროს კონტაქტების ერთი წყვილი (მუშა და რკალმჭრობი) საკმარისი არ არის, ამიტომ მუშა კონტაქტები გათვალისწინებულია ამომრთველის გარეთ (ნახ.2.10, გ, დ), ხოლო რკალჩამჭრობი კონტაქტები - ლითონის ავზაკის შიგნით. დიდი გასათიში დენების დროს თითოეულ პოლუსს გააჩნია ორი რკალჩამჭრობი წყვეტა. ამ სქემით სრულდება МГГ და МГ სერიის ამომრთველები 20 კვ ძაბვამდე ჩათვლით. მასიური გარე მუშა კონტაქტები 4 საშუალებას იძლევა ამომრთველები დიდ ნომინალურ დენებზე (12000 ა-მდე) დამზადდეს.



ნახ. 2.10. მცირეზეითიანი ВМГ სერიის ამომრთველების კონსტრუქციული სქემები: 1 - მოძრავი კონტაქტი; 2 - რკალჩამჭრობი კამერა; 3 - უძრავი კონტაქტი; 4 - მუშა კონტაქტები

2.10 ნახ-ზე მოცემულია მცირეხეტიანი ამომრთველების კონსტრუქციული სქემები.

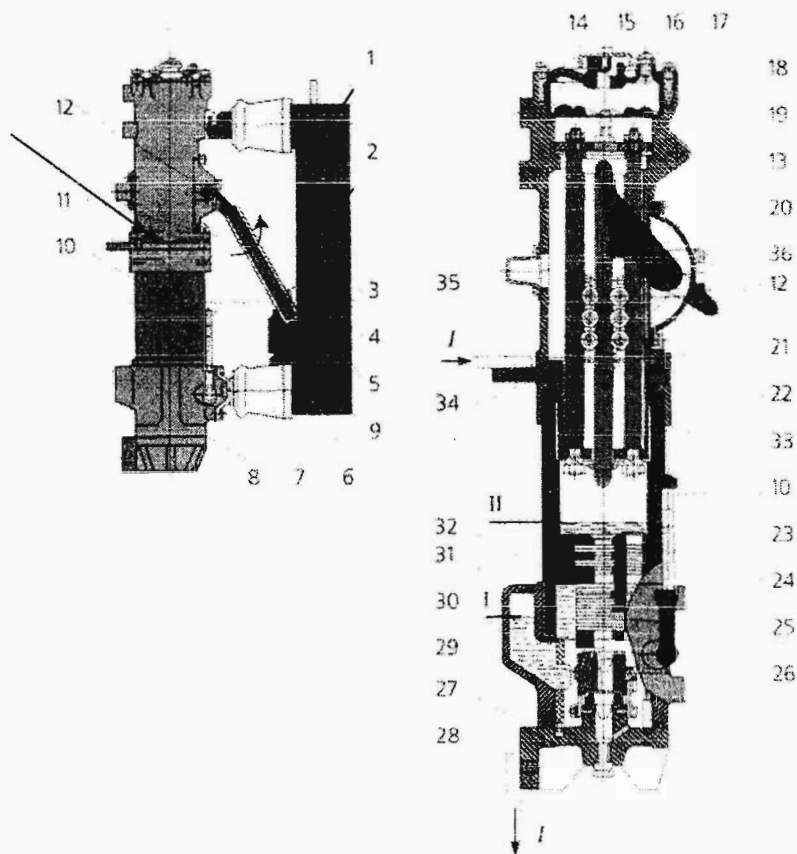
გამოსაწვეი შესრულების კომპლექტური მანაწილებელი მოწყობილობებისათვის სპეციალურად დამუშავებულია და მზადდება BK სერიის მცირეხეტიანი სვეტიანი ამომრთველი (ნახ.2.10,ე). 35 კვ და ზემოთ სვეტიანი ამომრთველების კორპუსი მზადდება ფაიფურისაგან და ავსებულია ზეთით (ნახ.2.10,ვ). 35 და 110 კვ ამომრთველებში გათვალისწინებულია ერთი გაწვევტა ფაზაზე, უფრო დიდ ძაბვებზე – ორი და მეტი გაწვევტა.

БМП სერიის ამომრთველები ფართოდ გამოიყენება 6–10 კვ ძაბვის დახურულ კომპლექტურ მანაწილებელ მოწყობილობებში. ისინი გათვლილია 630–3150 ა ნომინალურ და 20 და 31,5 კა გამართვის დენზე. ზეთის რაოდენობა 630–1600 ა დენზე განკუთვნილ ამომრთველებში 5,5 კგ-ია, ხოლო 3150 ა დენზე – 8 კგ. მთელი სერიის პოლუსების შიგა მოწყობილობა ერთნაირია. ამიტომ, ამ სერიის ამომრთველებს დაწვრილებით განვიხილავთ.

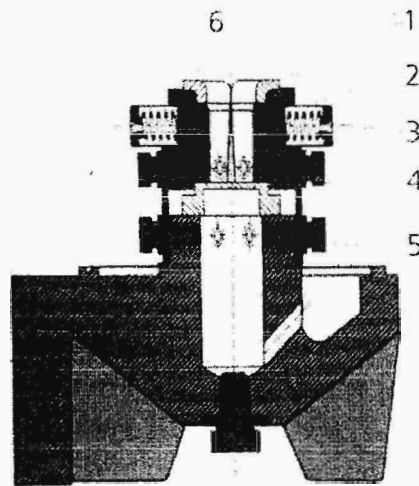
2.11 ნახ-ზე მოცემულია БМП-10 ტიპის მცირეხეტიანი ამომრთველის მოწყობილობის სქემა; 2.12 ნახ-ზე – როზეტული კონტაქტის მოწყობილობის სქემა, ხოლო 2.13 ნახ-ზე – რკალმქრობ კაშერაში რკალის ჩაქრობის პროცესის სქემა.

ამომრთველის პოლუსები დამონტაჟებულია შედუღებულ ჩარჩოზე. ჩარჩოს შიგნით განლაგებულია ამძრავის საერთო ლილვი ბერკეტებით, გამომრთველი ზამბარები, ზამბარიანი და ზეთიანი დემფერები. ჩარჩოზე დაყენებულია საყრდენი იზოლატორები, რომლებზეც დაყენებულია პოლუსები, ხოლო პოლუსებს შორის – საიზოლაციო ტიხრები.

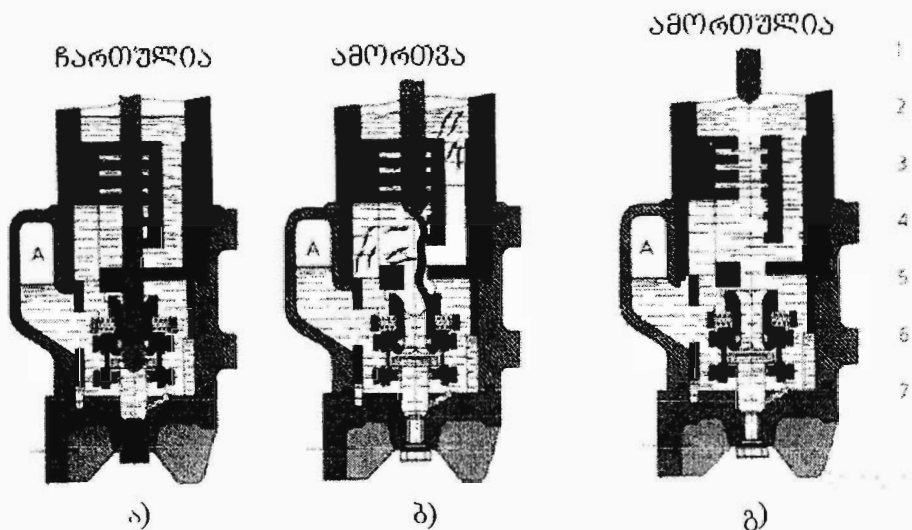
პოლუსები შესრულებულია იზოლირებული ცილინდრის სახით, რომლის ბოლოებზეც დაარმატურებულია ლითონის მილტუნები. ზედა მილტუნაზე დამაგრებულია კორპუსი მოძრავი მექანიზმით, დემგამტარი ღეროთი, გორგოლაჭებიანი დენის ამრთმევი მოწყობილობითა და ზეთგამყოფით, ქვედა მილტუნაზე – სახურავი როზეტული კონტაქტითა და ზეთის დონის მაჩვენებლით.



ნახ.2.11. **BMF – 10** ტიპის მცირეზეითიანი ამომრთველის მოწყობილობის სქემა: ა) გარე ხედი; ბ) ამომრთველის ფაზის ჭრილი; 1 – ფოლადის ჩარჩო; 2 – გამომრთველი ზამბარა; 3 – ორმხარა ბერკეტი; 4 – ამომრთველის ლილევი; 5 – ზამბარიანი დემფერი; 6 – ჩამიწების ტანჯიკი; 7- საყრდენი იზოლატორი; 8 – ფაზის ავზაკი; 9 – ზეითიანი დემფერი; 10 – ზეთის მაჩვენებელი; 11 – იზოლირებული საწვეარი; 12 – ბერკეტი; 13 – გამმართველი მექანიზმი; 14 – ზეთგამომყოფი; 15 – აირის გამოსასვლელი არხი; 16 – სახურავი; 17 – ზეთის ჩასასხმელი ნახვრეტის საცობი; 18 – ზეთგამომყოფის ნახვრეტი; 19 – კორპუსი; 20 – ბერკეტი; 21 – საკონტაქტო ღერო; 22 – მინაეპოქსიდის ცილინდრი; 23 – კამერის ცენტრალური არხი; 24 – გვერდითი გამოსაბოლქვი არხი; 25 – რკალჩამქრობი კამერა; 26 – ფაზის ქვედა სახურავი; 27 – ზეთის გამოსაშვები საცობი; 28 – გამომყვანი სალტე; 29 – უძრავი კონტაქტი; 30 – ქვედა მილტუჩი; 31 – ბუფერული სივრცე; 32 – ზეთის ჯიბე; 33 – მოძრავი კონტაქტი; 34 – ზედა გამომყვანი; 35 – გამომყვანი სალტე; 36 – დენის ამრთმევი გორგოლატები



ნახ. 2.12. როზეტული კონტაქტების მოწყობილობის სქემა: 1 – სპილენძის სეგმენტი; 2 – დასაჭერი ზამბარა; 3 – საყრდენი რგოლი; 4 – მოქნილი კავშირი; 5 – კონტაქტსაჭერი; 6 – მეტალოკერამიკის საძირი



ნახ.2.13. რკალჩამქრობ კამერაში რკალის ჩაქრობის პროცესის სქემა: 1 – მოძრავი კონტაქტი; 2 – ზეთის ჯიბე; 3 – გამოსაბოლქვე არხი; 4 – მინაეპოქსიდის ცილინდრი; 5 – როზეტული კონტაქტი; 6 – ქვედა მილტუჩი; 7 – ფაზის სახურავი; A – საპაერო ბუფერი

ამომრთველის დენგამტარი წრედი შედგება ზედა საკონტაქტო გამომყვანის, მიმმართველი ღეროების, დენის ამრთმევი გორგოლაჭების, დენგამტარი ღეროს (სანთელის), როზეტული კონტაქტისა და ქვედა საკონტაქტო გამომყვანისაგან.

მოძრავი კონტაქტიდან (სანთლიდან) მიმმართველ ღეროებზე დენის გადასვლა ხდება მოძრავი კონუსური გორგოლაჭების გაფლით. ისინი აწყობილია წყვილად და სამბარებით მიჭერილია სანთლებსა და მიმმართველ ღეროებთან. საკონტაქტო წნევა არ რეგულირდება. გარდამავალი წინაღობის შემცირების მიზნით, მიმმართველი ღეროების, გორგოლაჭების, როზეტული კონტაქტების ფირფიტების (ლამელების) ზედაპირები მოვერცხლილია. კონტაქტების ელექტრული რკალის მოქმედების მიმართ მდგრადობისა და მუშაობის ხანგრძლივობის ვადის გაზრდის მიზნით, სანთლის მოსახსნელი დაბოლოება და როზეტული კონტაქტების ფირფიტების ბოლოები მოპირკეთებულია რკალმედევი მეტალოკერამიკით.

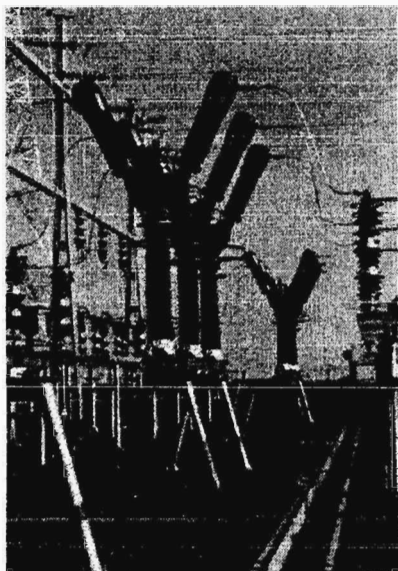
როზეტული კონტაქტების ფირფიტები მოქნილი კავშირით შეერთებულია ქვედა სახურავთან, რომელიც ერთდროულად გამოყენებულია საკონტაქტო გამომყვანად. ფირფიტების დაჭერა დენგამტარ ღეროზე სამბარებით ხდება.

ზეთის დემფერის დანიშნულებაა ამომრთველის გამორთვისას დარტყმის შერბილება, ხოლო სამბარიანი დემფერისა – დარტყმის შერბილება ჩართვისას. გარდა ამისა, დემფერის სამბარა ზრდის ძალვას ამომრთველის გამორთვისას და ამაღლებს კონტაქტების გათიშვის სიჩქარეს. იზოლირებული ცილინდრის შიგნით როზეტული კონტაქტების თავზე დაყენებულია რკალჩამქრობი კამერა.

ელექტრული რკალის ჩაქრობისას რკალჩამქრობი კამერიდან გამოვარდნილი სატრანსფორმატორო ზეთი ზემოთ მიისწრაფვის. ზეთის ნაწილი მიაღწევს ზეთგამყოფამდე, მიეხეთქება მას და ჩამოედინება ქვემოთ, აირები ხვრელის გავლით გადის ზეთგამყოფამდე და, შემდეგ სახურავში არსებული არხის გავლით გარეთ, გამოიფრქვევა. სახურავი დამზადებულია საიზოლაციო მასალისაგან, რომელსაც აქვს ხრახინიანი საცობით დახურული ზეთის ჩასახსმელი ნახვრეტი. პოლუსის ქვედა მიღტუნაზე არის ზეთის მაჩვენებელი, რომლის დანიშნულებაა პოლუსში ზეთის დონის კონ-

ტროლი. მინის მილზე ორი ნიშნულია, რომელთა შორის უნდა იყოს ზეთის დონე.

ზეთიანი ამომრთველის მიმდინარე რემონტი უნდა ჩატარდეს წელიწადში ერთხელ, ხოლო კაპიტალური – 6 წელიწადში ერთხელ.



ნახ.2.14. 110 კვ ძაბვის მცირე-ზეთიანი ამომრთველები

ნიშნები. ზეთსებული სვეტები ჰერმეტიკულია. მათში ზეთის ზემოთა სივრცე შევსებულია აზოტით, რომელიც იმყოფება მუდმივი წნევის (0,5–1 მპა) ქვეშ. წნევა იქმნება ამომრთველის მუშაობაში შეყვანის წინ და ნარჩუნდება მორიგ რემონტამდე.

2.7. ზეთის ამომრთველების დიაგნოსტიკა

ზეთის ამომრთველების დიაგნოსტიკა იწყება გარე დათვალიერებით, რომლითაც მოწმდება თითოეული ამომრთველის მდგომარეობა, სასიგნალო მოწყობილობის ჩვენების მიხედვით, და ამ ჩვენების შესაბამისობა ოპერატიულ სქემაზე გამოსახულ მდგომარეობასთან. მოწმდება აგრეთვე შემყვანების ფაიფურის სახურავის ზედაპირების, იზოლატორებისა და საწვევების მდგომა-

35 კვ და ზემოთ ძაბვაზე მცირე-ზეთიანი ამომრთველების კონსტრუქციის დახვეწა, ნომინალური დენებისა და გამორთვისუნარიანობის გაზრდის მიზნით, გრძელდება. მრეწველობის მიერ ამჟამად გამოშვებულია მცირე-ზეთიანი ამომრთველები 110–220 კვ ძაბვაზე (ნახ. 2.14). მათი კონსტრუქციის განმასხვავებელი თავისებურებაა მცირე-ზეთიანი ფაიფურის სვეტები, რომელთაგან თითოეული შედგება საყრდენი და საკამერო იზოლატორებისაგან. საკამერო იზოლატორებში განლაგებულია რკალჩამქრობი მოწყობილობები და მართვის მექა-

რეობა, დამცავი სარქველების მემბრანების მოღიანობა და აირ-სარინიდან ზეთის გამოსვლის არარსებობა, ზეთის გაჟონვის კვალი შედუღების ნაკერებში, გასართებში, ონკანებში. სმენით განსაზღვრავენ ამომრთველში ტკაცანისა და ხმაურის არარსებობას, თერმომოაფსკის ფერის მიხედვით კი - კონტაქტური შეერთების ტემპერატურას. ყურადღება უნდა მიექცეს ზეთის დონეს ავზში.

ამძრავების მუშაობაში მტყუნებების თავიდან აცილების მიზნით, საჭიროა მათი მუშაობის პერიოდული შემოწმება. გამორთვისას, მტყუნების დროს, საჭიროა ამომრთველი დაუფონებლივ გარემონტდეს.

მათ გამართულ მუშაობას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს. საჭიროა პერიოდულად შემოწმდეს ამომრთველების დენგამტარი ნაწილების კორპუსთან იზოლაციის სიდიდე. რკალჩამქრობ კამერაში შიდა გადაფარვა ხშირად გამოწვეულია ზეთის უხარისხობით - მისი საიზოლაციო თვისებების დაკარგვით. ამიტომ, როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, 6-10 კვ ზეთიანი ამომრთველების პროფილაქტიკური შეკეთებისას საჭირო ხდება ზეთის შეცვლა ახალი მინერალური ზეთით, თუ პროფილაქტიკიდან პროფილაქტიკამდე მოხდა ზეთიანი ამომრთველის 5-5 ავარიული გამორთვა, ზეთის საიზოლაციო თვისებების საგრძნობლად შემცირების გამო, საჭირო ხდება მისი შეცვლა. 110-220კვ მომუშავე ზეთიანი ამომრთველების, ზეთის გამრღვევი ძაბვის დასადგენად, სინჯი აღებული უნდა იქნეს პროფილაქტიკური შეკეთების დროს. შედეგების ანალიზის შემდეგ საჭიროა მიღებულ იქნეს სათანადო გადაწყვეტილება ზეთის გაშრობის ან შეცვლის შესახებ.

პროფილაქტიკური შეკეთებისას უნდა შემოწმდეს რკალჩამქრობის ყველა დეტალი. მოძრავი ნაწილების იზოლაციას აკონტროლებენ მისი წინაღობის მეგაომმეტრით გაზომვით. იზოლაცია ითვლება დამაკმაყოფილებლად, თუ 3-10 კვ ამომრთველებისათვის 100 მომ შეადგენს; 15-150 კვ ძაბვისათვის - 5000 მომ. ზეთიანი ამომრთველის ელექტრომაგნიტების ჩართვა უნდა ხდებოდეს ნომინალური ძაბვის 80-110% დროს, ხოლო გამორთვა 65-125% დროს.

რკალჩამქრობი მოწყობილობების იზოლაციის მდგომარეობა მოწმდება შემყვანების დიელექტრიკული კარგეების - $t_{\text{გ}}$ მიხედვით,

ეს სიდიდე ძირითადად განსაზღვრავს მყარი იზოლაციის ტენიანობას და ზეთის დეფექტიანობას, რაც საბოლოოდ განსაზღვრავს აქტიურ და ტევადური დენების ფარდობას. საჭიროების შემთხვევაში, რკალჩამქრობის შიგა იზოლაციის გაშრობას ახდენენ დემონტაჟის გარეშე $90-100^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის ჰაერის დაბერვით $30-40$ სთ განმავლობაში. გაშრობა შესაძლებელია აგრეთვე რკალჩამქრობის შიგა სივრცეში 1000 ვტ ნათურის ანთებით $8-10$ სთ განმავლობაში, რის შედეგადაც იგი შეივსება მშრალი ტრანსფორმატორის ზეთით. საჭიროა ამომრთველის კონტაქტების გარდამავალი წინაღობის გაზომვა.

ამ წინაღობის სიდიდე ყველა სახის ამომრთველებისათვის ნორმალურ მდგომარეობაში უნდა იყოს $100-350$ კომ-ის ფარგლებში. თუ ეს სიდიდე გადაზრდილია, საჭიროა სათანადო ღონისძიების ჩატარება მის შესამცირებლად.

ამომრთველების ამძრავი მექანიზმების კინეტიკური სქემის დათვალიერებისას, საჭიროა დაერწმუნდეთ შეუძლია თუ არა ამომრთველის ამძრავს მოკლე ჩართვისას გამორთოს წრედი იმ შემთხვევაშიც, თუ ჩამრთველი მექანიზმი აგრძელებს მოქმედებას ჩართვის მიმართულებით. საჭიროა პერიოდულად შემოწმდეს ჩამრთველი მექანიზმის მოქმედება სამი სხვადასხვა სიდიდის ძაბვის დროს: 1.15 ; 1 ; 0.8 $U_{\text{ნომ}}$. ყველა ამ სიდიდის დროს ჩამრთველი სამჯერ უნდა ჩაირთოს და გამოირთოს. საჭიროა პერიოდულად შემოწმდეს სახსრული შეერთებების, ამძრავი ზამბარების, მექანიკურად შეერთებული კონსტრუქციული ნაწილაკების მდგომარეობა, საჭიროა შეიზეთოს კვანძები.

საჭიროა შემოწმდეს ბლოკირების წრედები და მექანიზმები, რომლებიც არ გვაძლევს ჩართული ზეთიანი ამომრთველის მუშა მდგომარეობაში ჩაყენებისა და მუშა მდგომარეობაში ჩართული ამომრთველების საკონტროლო მდგომარეობაში ჩაყენების შესაძლებლობას. საჭიროა შემოწმდეს დაცვის სისტემის ეფექტიანი მოქმედება ზეთიანი ამომრთველების საკონტროლო მდგომარეობაში ყოფნისას. შემოწმდეს ხმოვანი სიგნალიზაციის წრედების წესრიგში ყოფნა და ავარიულად გამორთვის მიზეზების ვიზუალურად მაჩვენებელი წრედებისა და აპარატურის ქმედობა.

დათვალიერებისას აღმოჩენილი უწესრიგობის აღმოფხვრის შემდეგ საჭიროა ზეთიანი ამომრთველების მუშაობის შემოწმება. ღია მანაწილებელი მოწყობილობების შემთხვევაში შემოწმება ხდება დატვირთვის გარეშე, მათი დისტანციური ჩართვა-გამორთვით, ხოლო დახურული მანაწილებელი მოწყობილობების შემთხვევაში – ამომრთველების ჩართვა-გამორთვით, მათი საკონტროლო მდგომარეობაში ყოფნისას.

2.1 ცხრილში მოცემულია ზეთიანი ამომრთველების აპარატურის გარე იზოლაციის საგამოცდო ძაბვები.

ცხრილი 2.1

**ზეთიანი ამომრთველების აპარატურის გარე იზოლაციის
საგამოცდო ძაბვები**

მუშა ძაბვა კვ	საგამოცდო ძაბვა, კვ იზოლაციისას			
	ნორმალური კერამიკული	ნორმალური კერამიკული ნივთიერებების	შემსუბუქებული კერამიკის	შემსუბუქებული კერამიკული ნივთიერებების
3	24	21.6	13	11.7
6	32	28.8	21	18.9
10	42	37.8	32	28.8
15	55	49.5	48	43.2
20	65	58.5	—	—
35	95	85.5	—	—

2.8. ზეთიანი ამომრთველების გაწყობა და გამოცდა

მთლიანად აკრეფილი და რევიზირებული ზეთიანი ამომრთველი გაწყობის წინ მოწმდება მემონტაჟე პერსონალის მიერ, კონტაქტების ერთდროულად ჩართვა-ამორთვაზე. მათ მიერვე იზომება მოძრავი ნაწილის სვლის სიდიდე, კონტაქტების მოჭერილობა და სვლის სიდიდე ჩართვის დროს. ამომრთველის ზეთით ავსებამდე იზომება ორგანული მასალისგან დამზადებული მოძრავი და მიმართველი ნაწილების იზოლაციის, ავზის იზოლაციის, დამჭერი

სარტყებისა და რკალჩამქრობი მოწყობილობის იზოლაციის წინა-
 დობები $R_{\text{იზ}}$ ამისათვის, ამორთულ ამომრთველზე ჩართავენ მეგაომ-
 მეტრს, ერთი მხრივ, ტრავერსით, ხოლო, მეორე მხრივ, ავზზე. ზე-
 თის ჩამოსხმის შემდეგ, ზომავენ მოძრავი ნაწილის იზოლაციის
 წინააღობას, ამომრთველის ჩართულ მდგომარეობაში ყოფნისას.
 გაზომვა წარმოებს 2500 ვ მეგაომმეტრით. იზოლაციის წინააღობა
 უნდა იყოს: 10კე-მდე მუშა ძაბვის დროს არანაკლებ 1000 მომი;
 15–150კე – არანაკლებ 3000 მომი, 220 კე და ზემოთ – არანაკლებ
 5000 მომი. ცალკე მოწმდება ავზის იზოლაციის წინააღობა.
 ამისათვის, მის ზედაპირზე ზედა და ქვედა ნაწილებში მოედება
 დროებითი ელექტროდები და მასთან შეერთდება მეგაომმეტრის
 გამტარები.

თუ გაზომვის შედეგები დასაშვებზე ნაკლებია, საჭიროა გაი-
 ზომოს $R_{\text{იზ}}$ წინააღობა, ამორთულ ამომრთველზე გამოყვანების და-
 მოკლებით. ამ შემთხვევაში მოძრავი ნაწილების იზოლაციის წინა-
 აღობა განისაზღვრება ამომრთველის ჩართულ ($R_{\text{იზ.ჩ}}$) და ამორთულ
 ($R_{\text{იზ.ა}}$) მდგომარეობაში მიღებული გაზომვის შედეგების მიხედვით:

$$R_{\text{იზ}} = R_{\text{იზ.ჩ}} \times R_{\text{იზ.ა}} / (R_{\text{იზ.ა}} - R_{\text{იზ.ჩ}}).$$

თუ იზოლაციის წინააღობა ნაკლებია ნორმით დადგენილზე,
 მაშინ ავზის იზოლაცია გაშრობას ექვემდებარება. ამძრავის მეო-
 რეული წრედის იზოლაციის წინააღობა იზომება 1000 ვ მეგაომ-
 მეტრით და უნდა იყოს არანაკლებ 1000 მომი.

ზეთიანი ამომრთველების შემყვანები გამოიცდება ამომრთველ-
 ზე დაყენებამდე. დაყენების შემდეგ წარმოებს იზოლაციის დიე-
 ლექტრიკული დანაკარგების კუთხის $\text{tg}\delta$ გაზომვა მთლიანად აკრე-
 ფილ ამომრთველზე 2.15 ნახ-ზე მოცემული ავტომატური საზომი
 ხელსაწყოთი ან $\text{tg}\delta$ საზომი სხვა ხელსაწყოებით.

თუ $\text{tg}\delta$ მნიშვნელობა აღემატება დასაშვებს, მაშინ გაზომვას
 აწარმოებენ ავზის იზოლაციის გამორიცხვით, რისთვისაც ჩამო-
 უშვებენ ავზს, გადმოასხამენ ზეთს, დაამოკლებენ რკალსაქრობ კა-
 მერებს და თუ შემყვანების იზოლაციის $\text{tg}\delta$ შემცირდება 4%-ზე
 მეტად, მაშინ ამომრთველის შიგა იზოლაცია ექვემდებარება გაშ-
 რობას. ზეთის განმეორებითი ჩასხმის შემთხვევაში წარმოებს იზო-

ლაციის წინაღობის შემოწმება 2500 გ მეგაომმეტრით და $t_{გ}$ გაზომვა ჩართული და ამორთული ამომრთველების დროს. იზოლაციის წინაღობა და დიელექტრიკული დანაკარგები ორივე შემთხვევაში ერთნაირი უნდა იყოს. გამოსაცდელი ძაბვა მიეწოდება თითოეული ფაზის ორივე შემყვანს.



ნახ. 2.15. DTL ტიპის კუთრი ელექტრული წინაღობისა და დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ავტომატური საზომი ხელსაწყო

აწეული ძაბვით ზეთიანი ამომრთველის იზოლაციის გამოცდა წარმოებს სამრეწველო სიხშირეზე 1 წუთის განმავლობაში 2.2 ცხრილში მოცემული ძაბვებით.

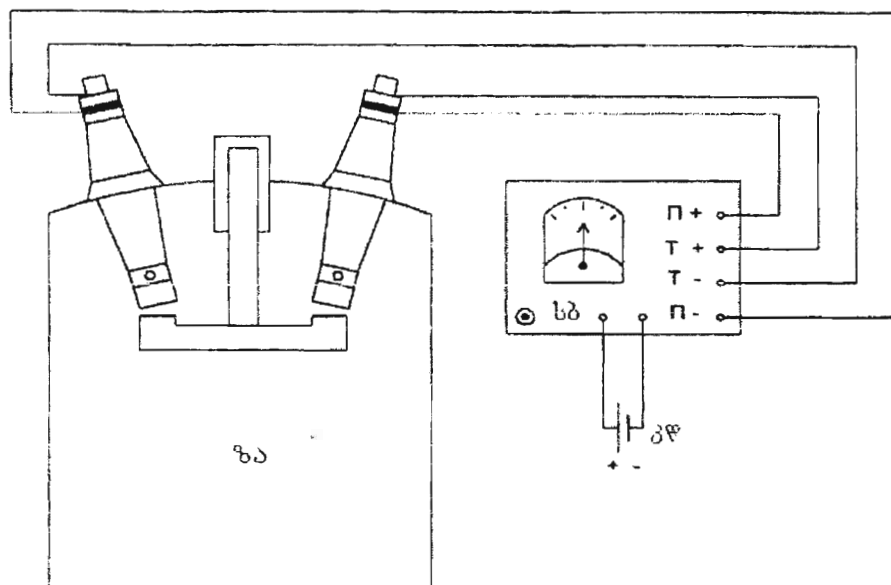
ცხრილი 2.2

ზეთიანი ამომრთველის საგამოცდო ძაბვები

ამომრთველის ნომინალური ძაბვა, კვ	3	6	10	15	20	24	27	35
გამოსაცდელი ძაბვა ნომინალური იზოლაციისთვის, კვ	22	29	38	49	58	63	72	85

მეორეული წრედებისა და ამპრავი გრაგნილების იზოლაცია გამოიცდება 1000ვ ძაბვაზე 1 წუთის განმავლობაში.

საკონტაქტო სისტემის რეგულირების მნიშვნელოვანი მახასიათებელი სიდიდე მისი წინაღობაა მუდმივი დენის მიმართ. მისი გაზომვა ხდება ცალკეული ფაზების მიხედვით ამომრთველი მუშა კონტაქტების თითოეული წვეთისათვის 2.16 ნახ-ზე მოცემული სქემის მიხედვით, $\Phi - 415$ ტიპის მიკრომმეტრით, $P - 239$ მუდმივი დენის ორმაგი ბოგირით ან ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით. წინაღობის სიდიდეები უნდა შეესაბამებოდეს 2.3 ცხრილის მონაცემებს.



ნახ. 2.16. ამომრთველის კონტაქტური სისტემის წინაღობის მუდმივი დენით გაზომვის სქემა: ზა - ზეთიანი ამომრთველი; სბ - საზომი ბოგირი; კვ - კვების წყარო

ზეთიანი ამომრთველებისა და მისი ამძრავის სწორი რეგულირების ძირითადი შესამოწმებელი სიდიდე ჩართვა-გამორთვის სიჩქარეა. აღნიშნული შემოწმება წარმოებს ზეთით მთლიანად გავსებულ ზეთიან ამომრთველზე არანაკლებ $+10^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე; ჩართვისა და გამორთვის ელექტრომაგნიტის გრაგნილის ბოლოებზე ოპერატორული დენის ნომინალურ ძაბვაზე, აგრეთვე ჩართვის ელექტრომაგნიტის მომჭერებსა $0.8 U_{\text{ნომ}}$ და ამორთვის ელექტრომაგნიტებზე $0.65 U_{\text{ნომ}}$ ძაბვაზე.

ზეთიანი ამომრთველის ფაზების წინაღობები

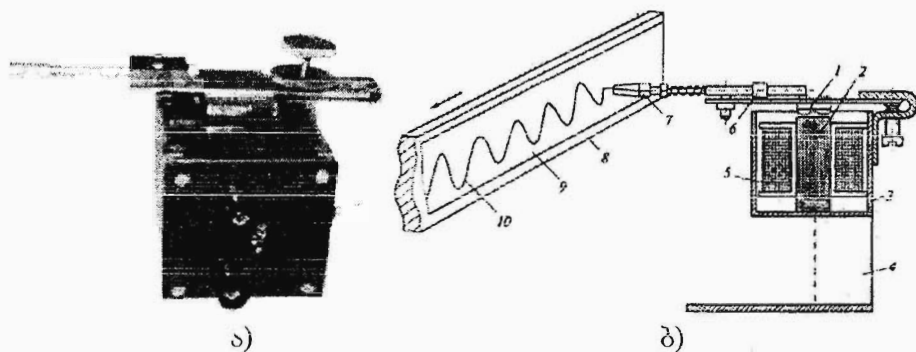
ამომრთველის ტიპი	ნომინალური ძაბვა, კვ	ნომინალური დენი, ა	ამომრთველის ფაზის წინაღობა, მკომი
БМП-10; БМП-10К	10	600	55
		1000	40
		1500	30
		5000	15; 300*
ВЭМ-6; ВЭМ-10	6-10	2000	45
		3200	45
М-10	10	5000	10; 300*
МГГ-10	6-10	2000	30
		3000	20
სხვა ტიპები	3-10	200	350
		600	150
		1000	100
		2000	75
МГ-20	20	6000	15; 300*
МГГ-20	20	2000	30; 250*
		3000	20; 250*
ВМ-35жВБ-35жВМД-35	35	600	550
С-35	35	630	310;9
		3200	55;14**
ВМТ-110;МКП-110	110	1000	130
ВМ-125	110	600	500
ВМТ-220	220	1000	130
МКП-220	220	600	1200; 260**
У-220-10	220	600	1400;600**
МКП-500	500	1500	2350;350**,500***

შენიშვნა. * – რკალჩამქრობი კონტაქტები;

** – ერთი კამერა;

*** – მოძრავი კონტაქტები.

ამომრთველის სიჩქარის მახასიათებლები უნდა შეესაბამებოდეს 2.4 ცხრილში მოცემულ სიდიდეებს.



ნახ.2.17. ვიბროგრაფი B3-1 (ა) და ვიბროგრაფის გადაღება (ბ): 1 - სადგარი; 2 - კორპუსი; 3 - გრაგნილი; 4 - გულარა; 5 - ღუზა; 6 - ფოლადის ზამბარა; 7 - საწერი მოწყობილობა; 8 - ხის თამასა; 9 - ქაღალდის ლენტა; 10 - ვიბროგრაფი

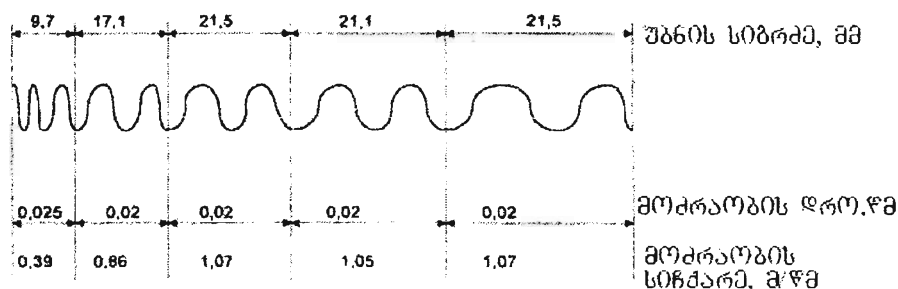
ჩართვა-გამორთვის სიჩქარის გაზომვა ვიბროგრაფით წარმოებს (ნახ.2.17,ა). შედეგება ბრტყელი ზამბარისაგან (ვიბრატორი), ელექტრომაგნიტისა და ჩამწერი მოწყობილობებისაგან. ხელსაწყოს ჩვენება ფიქსირდება ქაღალდის ლენტაზე ვიბროგრაფის სახით (ნახ. 2.17,ბ). ქსელში ირთვება 12 ვ ძაბვისა და 50 ჰც სიხშირის დროს.

ცხრილი 2.4

ზეთიანი ამომრთველის სიჩქარის მახასიათებლები

ამომრთველის ტიპი	ამძრავის ტიპი	კონტაქტების მოძრაობის სიჩქარე		
		რკაღ-ჩამკრობი	საშუალო	მაქსიმალური
МКП-500	МПЭ-504	2.4/1.6	3.7/2.8	3.7/4.0
МКП-200;У-220-10	МПЭ-44	2.7/1.5	4.4/2.8	4.4/3.6
ВМТ-110; ВМТ-220	ППР	8.2/5.0	-	9/8.5
ВМК-110; 110 В	ПП-35	7.5/5.0	-	7.8/5.3
С-35	ПЭ-31	2.4/1.2	-	3.0/1.8
ВМ-35; ВМП-35	ПС-10	-/1.0	-	1.7/2.0
МГ-20	ПС-31	2.0/1.8	-	2.1/2.0
МГ-10	ПС-31	2.5/1.8	-	2.5/2.0
МГГ-10	ПЭ-2	1.4/2.1	-	1.7/3.0
ВМГ-133	ПС-10	2.8/2.0	-	2.8/3.0
ВМП-10	ПЭ-11	3.5/3.0	-	4.5/4.2

ვიბროგრამა (ნახ.2.18) გაშიფერას ექვემდებარება. ამისათვის, ვიბროგრამა დაიყოფა რამდენიმე უბნად, რომელთა სიგრძე თითოეულ შემთხვევაში დამოკიდებულია ვიბროგრამის სიგრძეზე.



ნახ. 2.18. ამომრთველის ვიბროგრამა და მისი დამუშავება

ვიბროგრამის უბნებად დაყოფის შემდეგ თითოეულის სიგრძე ზუსტად იზომება მილიმეტრებიანი სახაზავით ან მილიმეტრული ქაღალდის ზოლით, ხოლო ტრავერსის მოძრაობის დრო – რხევათა პერიოდების რიცხვით უბანზე. საშუალო სიჩქარე მოცემულ უბანზე (ნახ. 2.18) განისაზღვრება ფორმულით:

$$V_{\text{საშ}} = L_{\text{უბ}} / t, \text{ მ/წმ},$$

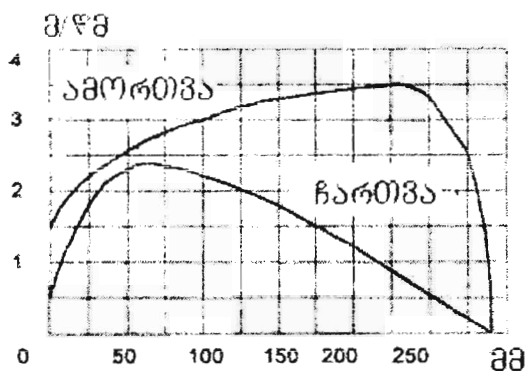
სადაც $L_{\text{უბ}}$ უბნის სიგრძეა; t – უბანზე რავერსის მოძრაობის დრო (წმ). რადგან ვიბროგრამის ვიბრაციის რხევათა სიხშირე ტოლია 100 ჰც, ამიტომ ერთი პერიოდის შესაბამისი დრო 0,01 წმ ტოლი იქნება, ხოლო n რაოდენობის სინუსოიდის შესაბამისი დრო – $n \times 0,01$ წმ.

ტრავერსის სკლის რომელიმე წერტილში სიჩქარის განსაზღვრისათვის გამოითვლება საშუალო სიჩქარე ამ წერტილის მიმდებარე ორი პერიოდის ინტერვალში:

$$V_{\text{საშ}} = (V_{1\text{საშ}} + V_{2\text{საშ}}) / 2.$$

ამგვარად, მიღებულ სიჩქარეთა საშუალო მნიშვნელობების მიხედვით აიკება ამომრთველის ტრავერსის მოძრაობის სიჩქარის განვლილ გზაზე დამოკიდებულება (ნახ.2.19):

$$V_{\text{საშ}} = f(L).$$



ნახ.2.19. ამომრთველის ტრავერსის მოძრაობის სიჩქარის განვლილ გზაზე დამოკიდებულების გრაფიკი

ყველა მრუდისათვის რეკომენდებულია შეეუთავსოთ კოორდინატთა სათავეს მდგომარეობა “ჩართულია.” ამომრთველის რეგულირება ითვლება დამაკმაყოფილებლად, თუ სიჩქარის მიღებული მნიშვნელობები საქარხნო მონაცემებისგან არ განსხვავდება $\pm 15\%$ -ით, წინააღმდეგ შემთხვევაში რეგულირება ხდება თავიდან და იზომება ტრავერსის მოძრაობის სიჩქარე.

დროის ათვლისათვის გამოიყენება ელექტრონული წამზომი, მილიწამზომი ან ოსცილოგრაფი. რადგან ელექტრულ წამზომს აქვს დიდი ცდომილება (0.05წმ), ამიტომ სწრაფმოქმედი ამომრთველის შემოწმებისათვის ძირითადად გამოიყენება მილიწამზომი ან ოსცილოგრაფი. ამ დროს იზომება ჩართვის საკუთარი დრო “ამორთვაზე” ძაბვის იმპულსის მიწოდებიდან კონტაქტების გათიშვის დაწყებამდე.

მოთხოვნილი ნორმებიდან გამომდინარე, სამონტაჟო პერსონალის მიერ მოწმდება მექანიზმის თავისუფალი მოშვება, ამძრავის ჩართული მდგომარეობის დროს.

მოწმდება აგრეთვე დამუშავების მინიმალური ძაბვა, რომელიც გამორთვისას უნდა იყოს ამძრავის გრაგნილის ძაბვის არანაკლებ 35% და არა უმეტეს 65%.

ჩართვის კონტაქტორებმა უნდა უზრუნველყოს ამომრთველის საიმედო ჩართვა ნომინალური ძაბვის 80%-ის ძაბვის დროს.

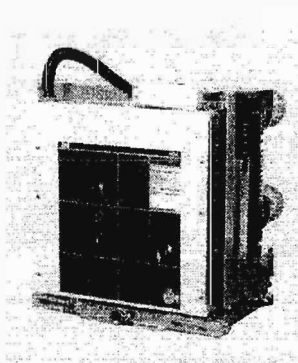
მხედველობაში მიიღება, რომ ამპრავის ამუშავების პროცესში იცვლება გრაგნილის ინდუქტიურობა და, შესაბამისად, R და L-ის თანაფარდობა, შემოწმებისათვის რეკომენდებულია სქემა რეოსტატით. ამომრთველის დამამთავრებელი გამოცდისას ახდენენ მრავალჯერად ჩართვა-გამორთვას ნომინალური ძაბვის 110, 100, 90, 80%-ის დროს. ძაბვის თითოეულ მნიშვნელობაზე გასინჯვა 3-5ჯერ ხდება.

2.9. ელეგაზური ამომრთველები

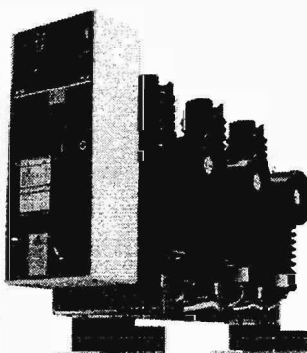
ელეგაზური ამომრთველები თანამედროვე მაღალვოლტიანი ამომრთველების ერთ-ერთი სახეა. ელეგაზი არის ინერტული გაზი, რომლის სიმკვრივე 5-ჯერ აღემატება ჰაერის სიმკვრივეს. ელექტრული სიმტკიცე 2-3 ჯერ მაღალია ჰაერის სიმტკიცეზე; 0,2 მპა წნევის დროს ელგაზის ელექტრული სიმტკიცე შეესაბამება ზეთის სიმტკიცეს. ელეგაზურ ამომრთველებში რკალის ჩაქრობა ხორციელდება დიდი სიჩქარით მოძრავი მაღალი რკალჩამქრობი თვისებების მქონე ელეგაზის (ექვსფთორიანი გოგირდის SF6) გაცივების ხარჯზე, რომელიც გამოიყენება, როგორც მაიონებელი გარემო.

დამუშავებულია ელეგაზური ამომრთველების კონსტრუქციები 6, 10, 35, 110, 220, 330, 500 და 750 კვ ძაბვებზე.

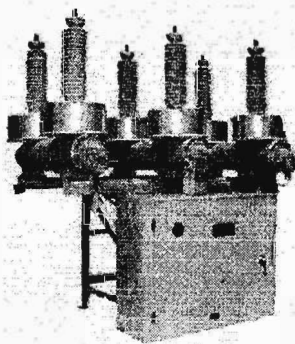
2.20 ნახ-ზე წარმოდგენილია ABB ფირმის ზოგიერთი სახის ელეგაზური ამომრთველი.



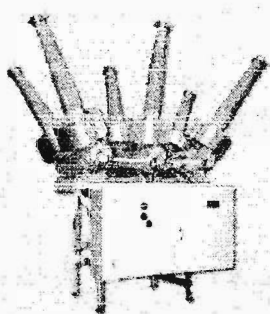
ა)



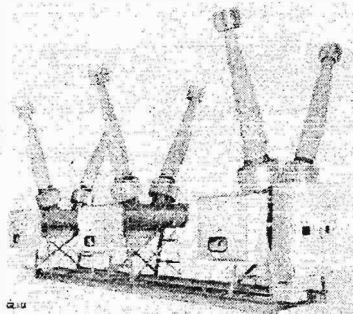
ბ)



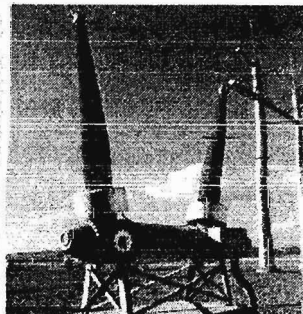
გ)



დ)



ე)



ვ)

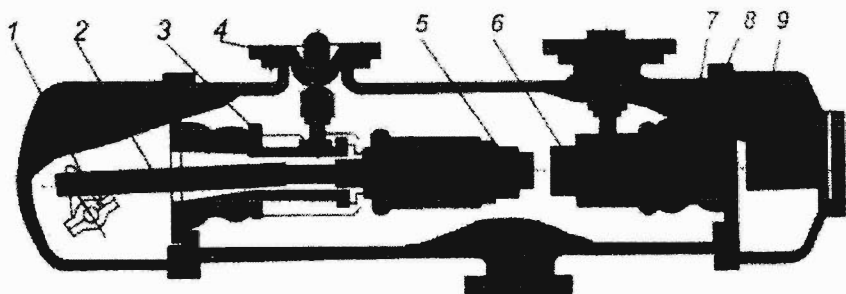
ნახ.2.20. ABB ფირმის ელეგაზური ამომრთველები: ა - 6 კვ; ბ - 10 კვ;
გ - 35 კვ; დ - 110-220 კვ; ე - 330 კვ; ვ - 500 კვ

ელეგაზურ ამომრთველებში გამოიყენება რკალის ჩაქრობის ორი პრინციპი. ერთი პრინციპი მდგომარეობს ელეგაზის მაღალი წნევის არიდან დაბალი წნევის არეში გადადინების ეფექტის გამოყენებაში, რის შედეგადაც გამორთვის დროს კონტაქტებს შორის აღძრული რკალი ცივდება. ამ დროს ელეგაზის თხევად მდგომარეობაში გადასვლის თავიდან ასაცილებლად, რომლის დროსაც უარესდება რკალჩამქრობი თვისება, მაღალი წნევის ავზი საჭიროა გავათბოთ არანაკლებ $+10^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურამდე, რისთვისაც გამოიყენება სპეციალური სისტემა.

მეორე პრინციპი არის ავტოკომპრესორული, სადაც გამოიყენება თვით რკალჩამქრობ კამერაში კომპრესორული მოწყობილობის მიერ შექმნილი წნევის ვარდნა. ამისათვის, ამომრთველი ივსება 0,6 მპა წნევის ელეგაზით. ამ დროს უზრუნველყოფილია მისი მოქმედების საიმედოობა - 40°C ტემპერატურამდე. კომპრესორული მოწყობილობა კონსტრუქციულად დაკავშირებულია აპარატის მოძრავ კონტაქტთან და ქმნის წნევის ვარდნას 0,6-0,8 მპა საზღვრებში, რაც უზრუნველყოფს ელექტრული გაზის გამოსვლის კრიტიკული სიჩქარის მიღებასა და რკალის ეფექტურ ჩაქრობას ნომინალური, მოკლედ შერთვის, ტევადური და ინდუქციური დენების გამორთვის დროს. აგრეთვე უზრუნველყოფს კომუტაციური გადაძაბვების დაბალ დონეს. ეს საშუალებას იძლევა შემცირებულ იქნეს ამომრთველის ამძრავის სიმძლავრე, რკალჩამქრობი კონტაქტების ცვე-

თა, ამადლდეს ამომრთველის მექანიკური და ელექტრული რესურსები.

2.21 ნახ-ზე წარმოდგენილია 110 კვ ძაბვის ელევგაზური ამომრთველის პოლუსის კონსტრუქციული სქემა გამორთული მდგომარეობის დროს.



ნახ.2.21. 110 კვ ძაბვის ელევგაზური ამომრთველის პოლუსის კონსტრუქციული სქემა გამორთული მდგომარეობის დროს. 1 – ლილევი; 2 – საიზოლაციო საწვეარი; 3 – ეერანი; 4 – დისკოსებრი იზოლატორი; 5 და 6 – მოძრავი და უძრავი კონტაქტები; 7 – საყრდენი იზოლატორი; 8 – გარსაცმი; 9 – შთამნთქმელი ფილტრი

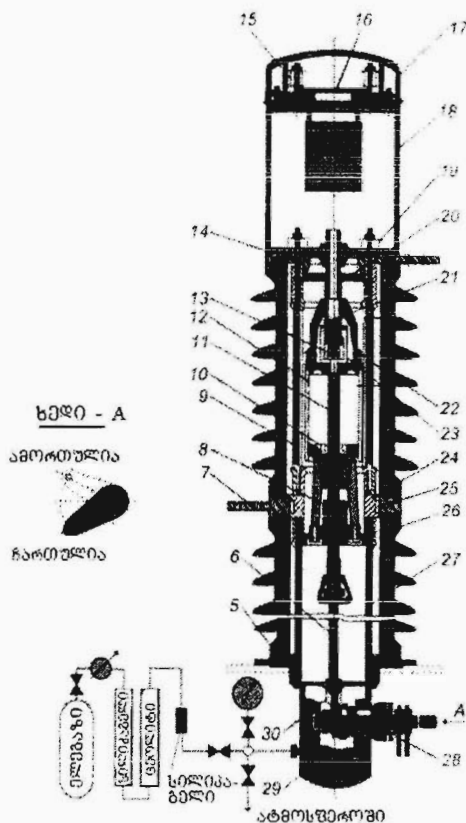
ამომრთველი პერმეტული ალუმინის კორპუსია 8, რომელშიც ჩამონტაჟებულია რკალჩამქრობი მოწყობილობა (110 კვ ძაბვის ამომრთველში ერთი წყვეტით). ყველა ტიპისა და პრინციპის ამომრთველში ელევგაზი ერთდროულად ასრულებს იზოლაციისა და რკალჩამქრობის ფუნქციას. რკალჩამქრობი მოწყობილობა დამაგრებულია რეზერვუარის იზოლატორებზე 7. ამომრთველის გამომყვანები გადის იზოლატორებში და პერმეტიზებულია. კონტაქტები როზეტული შესრულებისაა ზამბარიანი ღამელებით. რკალჩამქრობი მოწყობილობის მოძრავი ნაწილი 5 გადაადგილდება ამძრავის ჩანგალთან 3, ბერეკტსა 11 და ლილეთან 1 შეერთებული საიზოლაციო საწვეარის 2 საშუალებით. რკალჩამქრობი მოწყობილობის მოძრავი ნაწილის საფუძველი ცილინდრია, რომლის ბოლოზე დამაგრებულია მთავარი მოძრავი დეგუში და ღრუ ჭოკი (რომელიც დამაგრებულია საიზოლაციო საწვეარზე 2 ღამელის მოძრავი კონტაქტით).

რკალჩამქრობი მოწყობილობის უძრავ ნაწილს, გარდა ცილინდრის დგუშისა, აქვს რკალჩამქრობი და ლამელის დენგამტარი კონტაქტები. ეს კონტაქტები გარდამავალი კორპუსის გავლით დაკავშირებულია ერთ-ერთი დენის ტრანსფორმატორის გამოსავალი ლამელის კონტაქტთან. დენის გადასვლა უძრავი დგუშიდან მოძრავ ცილინდრზე ხორციელდება დგუშში მოსრიადლე კონტაქტებით. დენის გზა ჩართული ამომრთველის დროს გადის რკალჩამქრობი მოწყობილობის უძრავი კონტაქტიდან 6 მოძრავი კონტაქტისაკენ 5. რეზერვუარის ფსკერზე მოთავსებულია შთანთქმელი ფილტრი 9, რომელიც ემსახურება ნარჩენი ტენისა და ელევახის დაშლის პროდუქტების შთანთქმას.

2.22 ნახ-ზე წარმოდგენილია მთლიანად B3-27,5 ტიპის ელევახური ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა.

6 და 10 კვ ძაბვებზე განკუთვნილ ამომრთველებში, გარდა რკალის ელევახურ გარემოში ბრუნვის პრინციპისა, გამოყენებულია ავტოკომპრესიის პრინციპი, რაც კომპლექსში ქმნის რკალის საიმედო ჩაქრობის პირობებს. 35 და 110 კვ ძაბვის ამომრთველებს პოლუსზე აქვს თითო კამერა, ხოლო 220 კვ-ზე – ორი კამერა. გარდა ამისა, დამუშავებულია ამომრთველის კონსტრუქციები ორი და სამი მიმართულებით. ასეთი აპარატი ცვლის ორ ან სამ ამომრთველს, რაც ქვესადგურში მათი დაყენებისას მნიშვნელოვან ეკონომიას იძლევა.

გამორთვის დროს ამძრავი გადაადგილებს მოძრავ სისტემას ქვემოთ. ამ დროს ელევახი შეიკუმშება უძრავ დგუშსა და საქშენს შორის არსებულ მოცულობაში. როგორც კი კონტაქტები იწყებს გათიშვას, მოძრავ და უძრავ კონტაქტებს შორის აღიძვრება რკალი და, იმავდროულად, მილისებრი კონტაქტებიდან იწყება შეებერვა. მოძრავი სისტემის შემდგომი სვლისას მილისებრი კონტაქტები გამოდის საქშენიდან და იქმნება ელევახის ძლიერი ნაკადი, რომელიც რკალს აქრობს. რკალის ჩაქრობისას ელევახის დაშლის შედეგად წარმოიშობა მცირე რაოდენობის დაშლის პროდუქტები, რომლებიც სპეციალური ფილტრებით შთაინთქმება.



ნახ. 2.22. БЗ-27,5 ტიპის ელექტრული ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა:

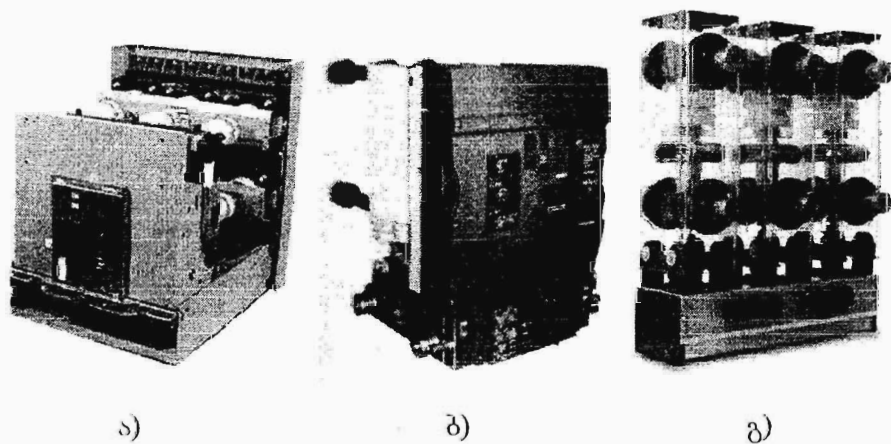
1 – ელექტრის ბალონი; 2 – რელე; 3 და 4 – ფილტრები; 5 – კორპუსი; 6 – იზოლირებული საწვავარი; 7 – ქვედა საკონტაქტო გამომყვანი; 8 და 23 – მოძრავი კონტაქტების როზეტები; 9 და 27 – ეპოქსიდის ცილინდრები; 10 – დგუში; 11 – მოძრავი საკონტაქტო ღერო; 12 – ტიქა; 13 – რკალჩამქრობი კონტაქტი; 14 – ზედა საკონტაქტო გამომყვანი; 15 – ზამბარა; 16 – სარკველი; 17 – ხუფი; 18 – თავი; 19 – ზამბარა; 20 – ამომრთველის უძრავი კონტაქტი; 21 – საქშენი; 22 – ტიქა; 24 – კორპუსი; 25 – საკონტაქტო გორგოლატები; 26 – ფაიფურის საფარი; 28 – ამომრთველის ლილვი; 29 – ქერმეტული ქვეში; 30 – სახელური

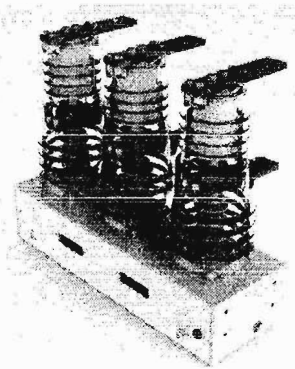
2.10. ვაკუუმური ამომრთველები

უკანასკნელ წლებში შეინიშნება ვაკუუმური კომპუტატორების ინტენსიური გამოყენება 6–35 კე ძაბვის არეში ვაკუუმური კონ-

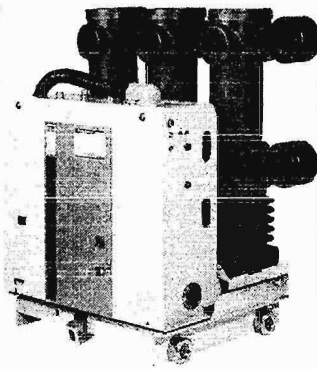
ტაქტორების, დატვირთვის ამომრთველების, კომპლექტური მანა-
წილებელი მოწყობილობების ვაკუუმური ამომრთველების შექმნის
საქმეში. ეს განპირობებულია მისი უდავო უპირატესობებით სხვა
ტიპის ამომრთველებთან შედარებით: მაღალი სწრაფმოქმედება,
სრული აფეთქება- და ხანძარუსაფრთხოება, ეკოლოგიური სისუფ-
თავე, ტემპერატურის ფართო დიაპაზონი ($-70^{\circ} - +200^{\circ}\text{C}$), მაღალი
საიმედოობა, მინიმალური საექსპლუატაციო დანახარჯები, მინიმა-
ლური გაბარიტული ზომები და წონა, დარტყმითი და ვიბრაციული
დატვირთვებისადმი მაღალი მდგრადობა, მაღალი ცვეთამედევობა,
დიდი საკომუტაციო რესურსი, მცირე ენერგომომხმარება ოპერა-
ტიული ძაბვის საღტეებიდან, მეორეული წრედების მკვებავი ოპე-
რაციული ძაბვის ფართო დიაპაზონში გამოყენების შესაძლებლობა,
ექსპლუატაციის მთელი ხნის განმავლობაში არ საჭიროებს მომ-
სახურებას.

რკალის ჩაქრობის პრინციპი მაღალ ძაბვებზე ვაკუუმის გამ-
ოყენებით დიდი ხანია ცნობილია, მაგრამ მისი პრაქტიკული რეა-
ლიზაცია შესაძლებელია ტექნიკური შესაძლებლობების გამოფ-
ლენის შემდეგ, როცა შეიქმნა დიდი ზომების ვაკუუმსუფთა სადენი
და საიზოლაციო მასალები, ამ მასალების ვაკუუმსუფთა წყობები
და მაღალი ვაკუუმი $1,3(10^{-2}-10^{-5})$ პა. ვაკუუმური ამომრთველის მთა-
ვარი ნაწილი რკალჩამქრობი კამერაა. 2.23 ნახ-ზე ნაჩვენებია
სხვადასხვა ფორმის მიერ წარმოებული ვაკუუმური ამომრთველების
საერთო სახე.

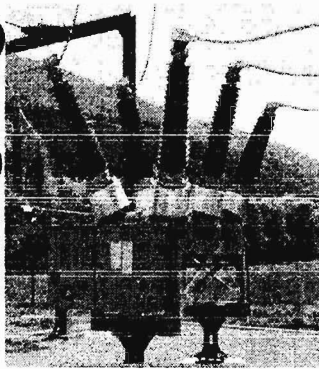




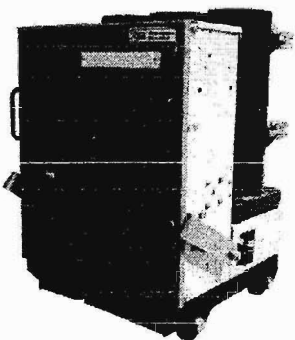
დ)



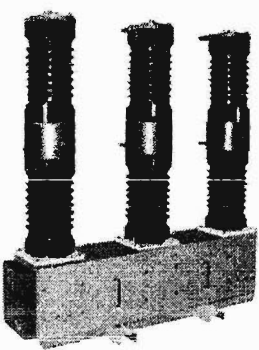
ე)



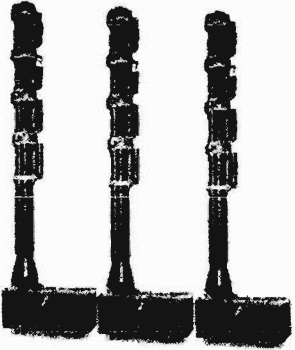
ვ)



ზ)



თ)



ი)

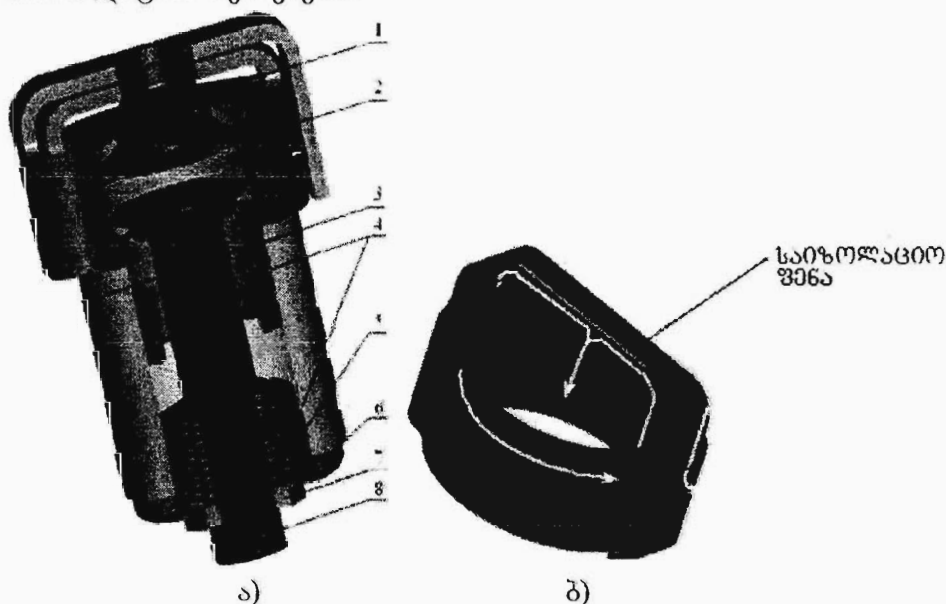
ნახ.2.23. სხვადასხვა ფორმის მიერ წარმოებული ვაკუუმური ამომრთველების საერთო სახე. ა – ABB-4,16 კვ; ბ – Schneider Electric - 6 კვ; გ – Таврида Электрик - 10 კვ; დ – Астер Электро - 10 კვ; ე – Hyundai heavy industries - 10 კვ; ვ – Siemens - 110 კვ; ზ – Crompton Greaves -10 კვ; თ – Элвест – 35 კვ; ი – Элвест – 110 კვ

2.24,ა ნახ-ზე ნაჩვენებია Schneider Electric-ის ფორმის Evolis სერიის 10 კვ ვაკუუმური ამომრთველის რკალჩამქრობი კამერის ჭრილი.

კამერა შემდეგნაირად მუშაობს: უძრავი 1 და მოძრავი 8 კონტაქტები ჩართულია გარე დენურ მომჭერებთან. კონტაქტების გათიშვისას ვაკუუმურ კამერაში მიიღება ელექტრული რკალი, რომელიც კონტაქტების ლითონის ორთქლით შექმნის გამტარ გარემოს. რკალის ჩაქრობა ხდება ვაკუუმურ რკალჩამქრობ კამერაში, რომელიც შედგება კერამიკული ცილინდრის 3 შიგნით დაყენებული

საკომუტაციო კამერისაგან 4. უძრავი კონტაქტი 1 საყრდენი იზოლატორის მეშვეობით მყარად მიერთებულია ამომრთველის კორპუსთან, ხოლო მოძრავი კონტაქტი 8 – ამომრთველის ამძრავთან. ვაკუუმურ კამერაში მოძრავი კონტაქტის სვლა ლითონის სილფონით 5 და 8 მმ შეადგენს.

კონტაქტების დაშორების შემდეგ ელექტრული რკალი ქრება დენის პირველივე ნულოვანი მნიშვნელობის დროს. კომუტირებული დენის ელექტრული რკალის მიერ შექმნილი ლითონის ორთქლი რკალის ჩაქრობიდან რამდენიმე მიკროწამის განმავლობაში კონდენსირდება კონტაქტების ზედაპირზე და კარგავს დენგამტარ თვისებას. მცირე რაოდენობით კი კონდენსირდება საკომუტაციო კამერის 4 ზედაპირზე, რომელიც იცავს კერამიკულ ცილინდრს 3 გამტარი ლითონის ფენით დამტვერიანებისაგან და უნარჩუნებს საიზოლაციო თვისებებს.



ნახ.2.24. ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერის საერთო სახე (ა) და კამერაში მაგნიტური ველის შექმნის პრინციპი (ბ). 1 – უძრავი კონტაქტი; 2 – გარე ხვია; 3 – კერამიკული ცილინდრი; 4 – საკომუტაციო კამერა (ეკრანი); 5 – ლითონის სილფონი; 6 – მილტუჩა; 7 – მოძრავი კონტაქტის მიმმართველი; 8 – უძრავი კონტაქტი

10 კა გამორთვის დენებისათვის ელექტრული რკალი თანაბრად ნაწილდება კონტაქტების ზედაპირებზე. უფრო დიდი დენების შემთხვევაში ელექტრული რკალი ვაკუუმურ კამერაში თავმოყრილია ერთ წერტილში. კონტაქტების თერმული გადატვირთვის თავიდან აცილების მიზნით 40 კა-მდე მოკლედ შერთვის დენების დროს ამომრთველში გამოყენებულია კამერა აქსიალური მაგნიტური ველით (AMF სისტემა). ამ სისტემის იდეა იმაში მდგომარეობს, რომ ამომრთველის უძრავი კონტაქტის სისტემაში იყოს ერთი ხვია (ნახ.2.24,ბ), რომელიც შექმნის აქსიალურ მაგნიტურ ველს. მაგნიტურ ველში არსებული დენის ნებისმიერი სიდიდის შემთხვევაში რკალი კონტაქტების ზედაპირზე თანაბარგანაწილებული იქნება.

კამერების მოძრავი კონტაქტები იმართება საერთო ამძრავით, იზოლირებული საწვევების დახმარებით და გამორთვისას გადაადგილდება 8 მმ-ზე, რაც საშუალებას იძლევა მიღწეულ იქნეს გამორთვის მაღალი სიჩქარე.

დადებით თვისებებთან ერთად ვაკუუმურ ამომრთველებს აქვს ნაკლოვანებებიც. ვაკუუმური ამომრთველების საკონტაქტო სისტემა მოთავსებულია ღრმა ვაკუუმში, რომლის ელექტრული სიმტკიცე ატმოსფერული წნევის დროს ბევრად აღემატება ჰაერის სიმტკიცეს. რკალის ჩაქრობა ხდება დენის პირველივე ნულოვან მნიშვნელობაზე გავლის დროს, რკალის არიდან გარემომცველ გარემოში დამუხტული ნაწილაკების დიფუზიის შედეგად. რკალი აინთება ლითონის კონტაქტების ორთქლის იონიზაციის შედეგად. სხვაგვარად არ იქნება, რადგან ვაკუუმში თავისუფალი მუხტები არ არსებობს. კონტაქტების გათიშვისას კონტაქტების ზედაპირების კვეთი მცირდება და ტემპერატურა იზრდება და, შესაბამისად, ხდება ლითონის გადნობა და აორთქლება. დამპროექტებლები ცდილობენ ამომრთველის საკონტაქტო სისტემაში გამოიყენონ ძნელად დნობადი მასალები, მაგრამ ჯერჯერობით ოპტიმალური მასალა არ მოიძებნა.

2.11. ელგეაზური და ვაკუუმური ამომრთველების დიაგნოსტიკა

ელგეაზური ამომრთველების დიაგნოსტიკის დროს, პირველ რიგში, მოწმდება მათი საერთო მდგომარეობა: გარე ზედაპირების

სისუფთავე, ელექტრული განმუხტვების, ტკაცანისა და ვიბრაციის ხმების არარსებობა. მოწმდება ვენტილაციის მუშაობა, ჰაერის ტემპერატურა მანაწილებელი მოწყობილობის შენობაში, რომელიც არ უნდა იყოს 5°C -ზე ნაკლები. მოწმდება ამომრთველების პნევმატიკური ამძრავების რეზერვუარებში შეკუმშული ჰაერის წნევა, უნდა იყოს 1,6–2,1 მპა ფარგლებში. ყურადღება უნდა მიექცეს რეზერვუარების ჩამამიწებელი სადენების მდგომარეობას.

ელეგაზური ამომრთველების შემოწმებისას ყურადღება უნდა მიექცეს ამომრთველების რეზერვუარებში ელეგაზის წნევას, რათა თავიდან ავიცილოთ მისი გაჟონვა და, შესაბამისად, საიზოლაციო შუალედებში ელექტრული სიმტკიცის შემცირება. წნევის შემოწმება ხდება მანომეტრის ჩვენებით და სიმკვრივის საზომით. როცა გარემოს ტემპერატურა იცვლება დიდ ფარგლებში, მაშინ წნევის გაზომვა მიუღებელია და სიგნალიზაციის სპეციალური მოწყობილობები აფრთხილებს პერსონალს ელეგაზის უეცარი გაჟონვის შესახებ.

ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში პრქტიკულად შეუძლებელია მიღწეულ იქნეს რეზერვუარების აბსოლუტური ჰერმეტიზაცია, ამიტომ გარდაუვალია ელეგაზის გაჟონვა, რომელიც წლის განმავლობაში არ უნდა აღემატებოდეს მთელი მასის 3%. წნევის ნომინალური მნიშვნელობიდან გადახრისას საჭიროა მიღებულ იქნეს ზომები რეზერვუარების ელეგაზით შესავსებად. ელეგაზის დაწეული წნევის დროს ამომრთველებზე ოპერაციები დაუშვებელია. პერსონალს უნდა ახსოვდეს, რომ ელეგაზი ჰაერზე 5-ჯერ მძიმეა და გაჟონვისას გროვდება იატაკსა და დაწეულ ადგილებში (სარდაფებში, ტრანშეებში, საკაბელო არხებში). ასეთ ადგილებში მყოფმა პერსონალმა შეიძლება იგრძნოს ჟანგბადის უკმარისობა და ხუთვა. შენობაში სუფთა ელეგაზის კონცენტრაციის უსაფრთხო დონედ ითვლება 0,1%, ხოლო ხანმოკლე დროის განმავლობაში – 1%-მდე. ელეგაზის დიდი კონცენტრაციის მქონე გარემოში ადამიანმა შეიძლება უეცრად დაკარგოს გრძნობა, ამის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა სუფთა ჰაერის მიწოდება. ამიტომ მანაწილებელი მოწყობილობების ისეთ შენობებში, სადაც შემჩნეულია ელეგაზის გაჟონვა, სამუშაოების წარმოება უნდა მოხდეს ჩართული ვენ-

ტილაციის დროს, ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გამოყენებით, რადგან ამომრთველის რეზერვუარის გაწვის შემთხვევაში ატმოსფეროში ელექტრული რკალით ელეგაზის დაშლის პროდუქტები გამოიფრქვევა. დაშლის პროდუქტები შეიცავს აქტიურ მაღალტოქსიკურ ფთორიდებსა და გოგირდის შენაერთებს. აირად და მყარ მდგომარეობაში ეს ქიმიური შენაერთები ადამიანისათვის ძლიერ საშიშია.

ვაკუუმური ამომრთველების შემთხვევაში მოწმდება იზოლაციის ზედაპირების სისუფთავე, ანახლეჩების, ბზარების, განმუხტვისა და გვირგვინების ნაკვალევის არარსებობა.

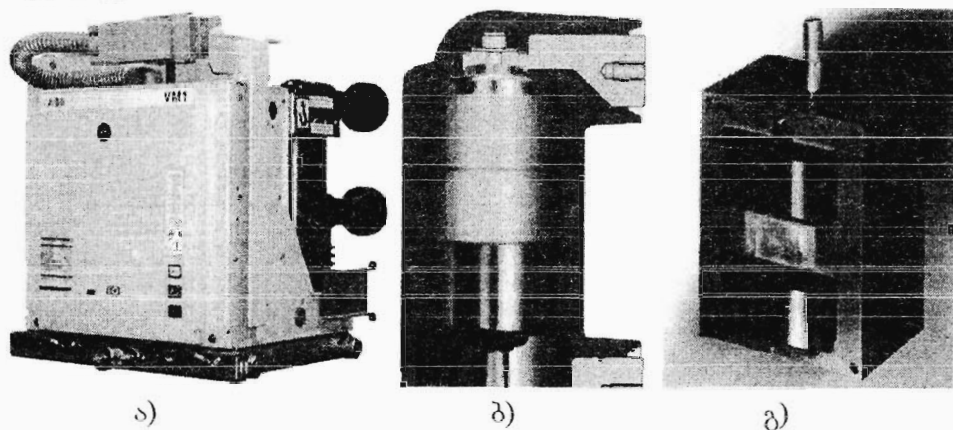
ვაკუუმური ამომრთველების საკომუტაციო რესურსი შეადგენს 20-დან 50 ათასამდე ციკლს “ჩართვა-გამორთვა” ნომინალური დენის დროს. საექსპლუატაციო მახასიათებლების, როგორიცაა: მთავარი და რკალჩამქრობი კონტაქტების სვლა, ჩართვისა და გამორთვის დროს საკონტაქტო ღეროების მოძრაობის სიჩქარე (სიჩქარის მახასიათებლები), ამომრთველის დენგამტარის სრული წინაღობა, იზოლაციის წინაღობა, ჩართვისა და გამორთვის დროის განსაზღვრა და მათი შედარება საქარხნო მონაცემებთან, შემოწმება არ მოითხოვება. ამის გამო, ვაკუუმური ამომრთველები არ მოითხოვს კაპიტალურ, მიმდინარე, საშუალო და რეგარეშე რემონტებს, აგრეთვე მთელი მუშაობის განმავლობაში (25 წელი და მეტი) არ საჭიროებს ტექნიკური მდგომარეობის შემოწმების ჩატარებას, რადგან ქარხანა-დამამზადებლის მიერ დიდი მექანიკური რესურსია ჩადებული.

2.12. თანამედროვე ვაკუუმური ამომრთველები, რომლებიც ტექნიკურ მომსახურებას არ მოითხოვს

პირველ ვაკუუმურ ამომრთველს, რომელშიც გამოყენებულია ჩამოსასხმელი ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერების კომბინაცია, წარმოადგენს VM1 ტიპის ამომრთველი (ნახ.2.25,ა). იგი არ საჭიროებს ტექმომსახურებას, რადგან აქვს მაგნიტური ამძრავი და ელექტრონული მმართველი მოწყობილობა, ხოლო დამხმარე გადამრთველი მოწყობილობის მაგიერ – გადამწოდები. მათი ფუნ-

ქციები იმდენად საიმედოა, რომ არსებობის შესახებ შეიძლება დავივიწყოთ.

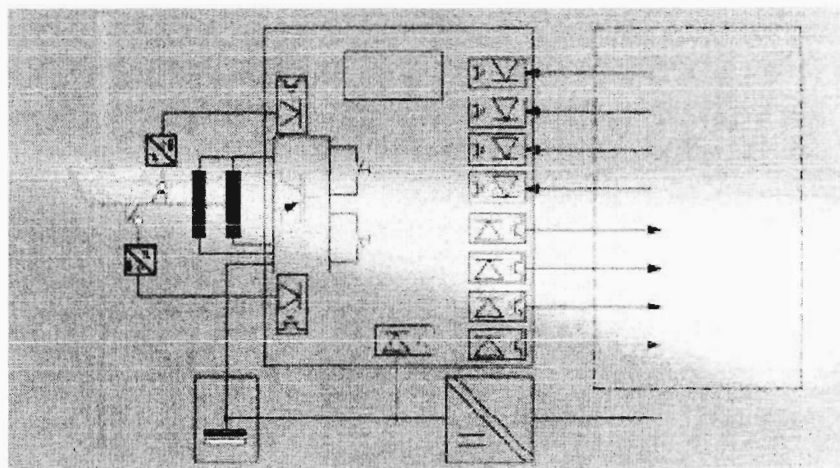
ამომრთველში პირველად არის გამოყენებული ახალი კონსტრუქციის პოლუსები. ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერები (ნახ. 2.25, ბ) პოლუსური ნაწილის კომპლექტთან ერთად ქმნის ინტეგრირებულ ბლოკს. ეს მიღწეულ იქნა ჩამოსხმის სპეციალურად დამუშავებული ტექნოლოგიის გამოყენებით, რომლის დროსაც ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერა უშუალოდ არის მოთავსებული ეპოქსიდის ფისში და ქმნის ამომრთველის პოლუსურ ნაწილს, რის გამოც თავიდანვე გამორიცხულია ჩამრთველ ელემენტზე გარე ზეგავლენა.



ნახ.2.25. VM1 ტიპის ამომრთველის საერთო სახე (ა), რკალჩამქრობი კამერა (ბ) და მაგნიტური ამბრავი (გ)

უკანასკნელ წლებში მაღალი ძაბვის ამომრთველებში ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერების წარმატებით გამოყენებამ გახაპირება მათი გაერთიანება მაგნიტური ამბრავის (ნახ. 2.25, გ) ტექნოლოგიასთან. ერთი ტექნოლოგიის მოთხოვნები ოპტიმალურად მორგებულია მეორის შესაძლებლობასთან. ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერისათვის მაგნიტის ტექნოლოგია იძლევა შესაბამის მახასიათებლებს: “აწევა დრო” და “შეღება დრო”. ამბრავის ყველა ფუნქცია ინტეგრირებულია ამომრთველის მაგნიტურ ამბრავში. ამბრავი მაგნიტური სისტემაა ორი მყარი მდგომარეობით, რომ

მელშიც ღუზის გადართვა შესაბამის კიდურა მდგომარეობებში გამოწვეულია ორი ელექტრულად აღძრული კოჭის მაგნიტური ეფექტით. ღუზა დაჭერილია კიდურა მდგომარეობებში ორი მუდმივი მაგნიტით. გადართვა ხდება ერთი რომელიმე კოჭის აგზნების დროს იმ მომენტში, როცა მიზიდვის ძალა გადააჭარბებს მუდმივი მაგნიტების დამჭერ ძალას.



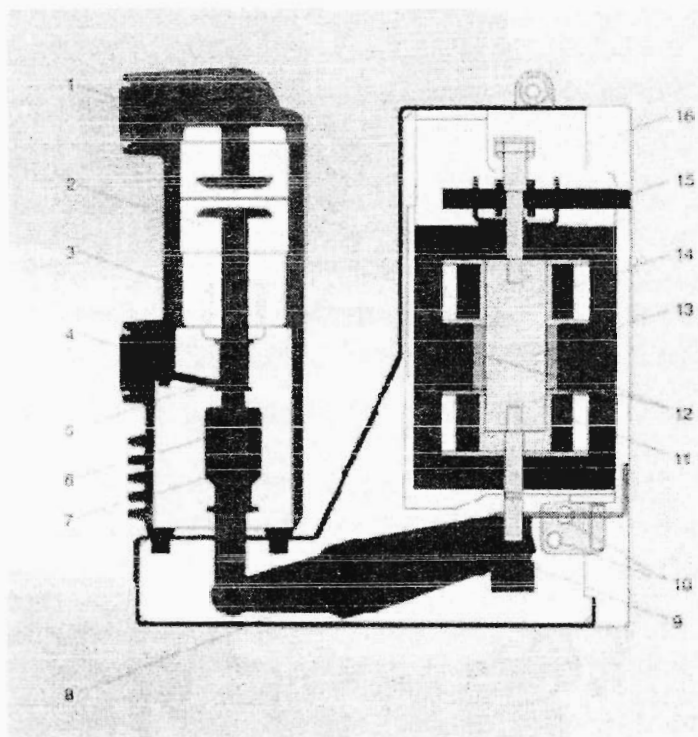
ნახ.2.26. ამომრთველის მართვის სისტემა

ამძრავის მაგნიტური კონტურის მახასიათებლები დაპროექტებულია იმგვარად, რომ ღუზას შეუძლია სახელურიან ლილვთან ერთად იმოქმედოს რკალჩამქრობი კამერის მოძრავ კონტაქტზე. ამომრთველი ძალის შექმნისა და გადატანის ასეთი ხერხი გამორიცხავს ცვეთას, რის გამოც შეიძლება ვაწარმოოთ დიდი რაოდენობის გადართვები და შეიძლება ითქვას, რომ ტექნიკური მომსახურება საჭირო არ არის.

ამომრთველის მოთხოვნილი სიმძლავრე ჩართულ ან გამორთულ მდგომარეობაში 4 ვტ-ზე ნაკლებია. განმეორებითი ჩართვის ციკლის შემდეგ დამხმარე კვებიდან დენის მოხმარება რამდენიმე წამის განმავლობაში 2 ა-ზე ნაკლებია. დაგროვილი ენერგია წარმოდგენილია არა მხოლოდ კოჭაში, არამედ ახორციელებს ელექტრონიკის კვებასაც (ნახ.2.26). ენერგიის რაოდენობა საკმარისია

დამხმარე კვების შეწყვეტის შემთხვევაში, 200 წმ განმავლობაში მათანაბრებელი კონტურის კვებისათვის.

2.27 ნახ-ზე წარმოდგენილია VM1 ტიპის ვაკუუმური ამომრთველის მოწყობილობა.



ნახ.2.27. VM1 ტიპის ვაკუუმური ამომრთველი მოწყობილობა: 1 – ზედა საკონტაქტო მომჭერი; 2 – ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერა; 3 – მილისი ეპოქსიდის ფისით; 4 – ქვედა საკონტაქტო მომჭერი; 5 – მოქნილი შეერთება; 6 – საკონტაქტო ზამბარა; 7 – საიზოლაციო მათრებელი საწვეარი; 8 – ლილვი საწვევით; 9 – აწევის მომართვა; 10 – ამომრთველის მდგომარეობის დეტექტირების გადამწოდი; 11 – ჩამრთველი კოჭი; 12 – მუდმივი მაგნიტი; 13 – მაგნიტის ღუზა; 14 – ამომრთველი კოჭა; 15 – სავარიო ხელით გამორთვის მექანიზმი; 16 – მაგნიტური ამძრავის ლითონის გარსაცმი

დეტალების დაწვრილებითი არჩევა და საიმედო კონსტრუქცია მაქსიმალური საიმედოობის გარანტიას იძლევა, ელექტრომაგნიტური თავსებადობის პირობების გათვალისწინებით.

სისტემის შემადგენელი ნაწილი გარე მხრიდან კომპლექტური იზოლაციაა. იგი აღჭურვილია შინაგანი, საკუთარი კონტროლის მართვის ელექტრონული სისტემით. ამომრთველის მართვის სისტემის კონცეფცია, დამხმარე გადართვების გარეშე, საშუალებას იძლევა შექანიკური, საბოლოო მდგომარეობის დეტექტირებისათვის გამოყენებულ იქნეს ინდუქციური უკონტაქტო გადამწოდები, რომლებიც რეაგირებს მიახლოებაზე. ამ გადამწოდებმა პრაქტიკული შემოწმება გაიარეს და ჩართულია ავტომატური მონიტორინგის სისტემაში.

ყველა საჭირო შემავალი და გამავალი სიგნალები დამოკიდებული არ არიან დამხმარე ძაბვის სახეობაზე. სადენების მიერთება სრულდება წამოსაცმელი ტექნოლოგიით. მართვის ელექტრონული ბლოკი გადამწოდებთან ერთად ასრულებს ამომრთველის ყველა ფუნქციისა და თავისი საკუთარი ფუნქციური საიმედობის მონიტორინგს.

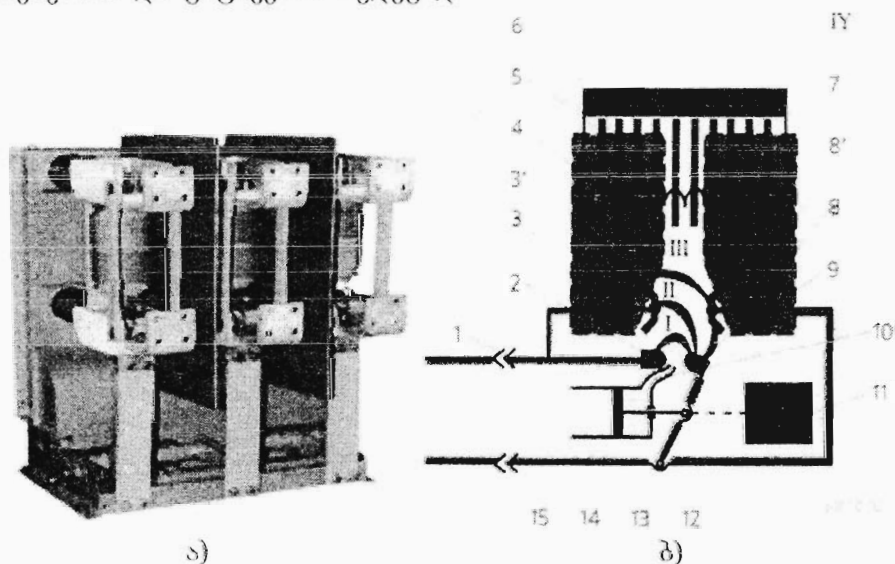
2.13. ელექტრომაგნიტური ამომრთველები

ელექტრომაგნიტური ამომრთველები რკალის ჩაქრობისათვის არ მოითხოვს არც ზეთს და არც შეკუმშულ ჰაერს, რაც განაპირობებს მათ უპირატესობას სხვა ტიპის ამომრთველებთან შედარებით. ზეთის არარსებობა ამარტივებს მათ ექსპლუატაციას და ხდის მას მთლიანად აფეთქება- და ხანძარუსაფრთხოდ. ამ ტიპის ამომრთველების ძირითადი უარყოფითი თვისებაა ის, რომ მათი გამოყენება შეიძლება მხოლოდ 6-15 კვ ძაბვაზე. ამჟამად მათი გამოშვება არ ხდება.

2.28,ა ნახ-ზე მოცემულია ელექტრომაგნიტური ამომრთველის სახე, ხოლო 2.28,ბ ნახ-ზე – მისი პრინციპული სქემა. ისინი ძირითადად გამოიყენება შახტებსა და ისეთ ადგილებში, სადაც მეთანის საშიშროებაა.

ვიწროხვრელიანი კამერის მქონე ელექტრომაგნიტურ ამომრთველებში რკალი ქრება ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებით (მაგნიტური დაბერვით), საიზოლაციო კამერის კედლებს შორის ვიწრო ხვრელში მისი გაწევისა და ინტენსიური გაცივების შედეგ

გად. მაგნიტური ველი იქმნება დენის გამორთვის პროცესში რკალ-
ჩამქრობ კოჭებში გავლის დროს. ამ დროს ხდება ინტენსიური თბო-
მასაგაცვლა რკალს, გარე აირსა და რკალჩამქრობი კამერის კედ-
ლებს შორის, რის გამოც იქმნება ხელსაყრელი პირობები რკალის
ჩამქრობისათვის. ამომრთველის ჩართული მდგომარეობის დროს მაგ-
ნიტური შებერვის კოჭები 3 და 8 დაშუნტებულია. კონტაქტების გა-
თიშვისას წარმოქმნილი რკალი დენგამტარი კონტურის ელექტრო-
დინამიკური ძალებისა და თბური ნაკადების შედეგად გადაადგილ-
დება ზემოთ და ჩართავს კოჭებს, შეიქმნება განივი მაგნიტური ვე-
ლი, რომელიც მოახდენს რკალის შემდგომ გაწელვას და რკალი
ქრება გაწელვისა და სხვადასხვა კონფიგურაციის საიზოლაციო
ფირფიტებთან, ლითონის (დეიონურ) მესერთან (რომელშიც რკალი
იხლიჩება რამდენიმე მიმდევრობით შეერთებულ მოკლე რკალებად)
შეხებისა და გაცივების შედეგად.



ნახ.2.28. ელექტრომაგნიტური ამომრთველის საერთო სახე (ა) და მისი
პრინციპული სქემა (ბ): 1 და 15 – გასართი კონტაქტები; 2 – უძრავი
კონტაქტი; 3 და 8 – მაგნიტური შებერვის კოჭები; 3' და 8' – მაგნიტური
პოლუსები; 4 და 7 – რქები; 5 – განივი ტიხარი; 6 – დეიონური მესერი;
9 – მოძრავი კონტაქტი; 10 – დაბერვის მილი; 11 – ამძრავი; 12 – ღერძი;
13 – ცილინდრი; 14 – ღვუში; I, II, III და IV – რკალის მდგომარეობა
ჩამქრობის დროს

2.14. ამომრთველების ღირსებები და ნაკლოვანებები

ელექტრული ქსელებისა და დაწესებულებების წინაშე, რომელთაც ბალანსზე მაღალვოლტიანი 6-10 კვ ამომრთველები აქვს, ადრე თუ გვიან დგება მათი შეძენის ამოცანა და ისმება კითხვა: როგორი ტიპის ამომრთველი ავირჩიოთ? კითხვაზე პასუხის გაცემა დამოკიდებულია ექსპლუატაციის კონკრეტულ პირობებსა და ორგანიზაციის ფინანსურ შესაძლებლობაზე, მაგრამ ქვემოთ მოცემული სხვადასხვა ტიპის ამომრთველების ღირსებები და ნაკლოვანებები დიდ დახმარებას გაგიწევთ ამომრთველების არჩევის საქმეში.

დავიწყოთ ყველაზე ძველი, 6-10 კვ ძაბვის მცირეზეითიანი ამომრთველებით. მათი ძირითადი ღირსებებია: შედარებით დაბალი ფასი, სხვადასხვა კვანძის უნივერსალურობა. ასეთი ამომრთველები გამოირჩევა კონსტრუქციის სიმარტივით, ხშირად მათ არეკონტაქტებს რეკონსტრუქციის დროს, როცა დაგეგმილი არ არის უჯრედის შეცვლა. ზოგიერთი მოდელი შეიძლება დაყენებულ იქნეს როგორც ღია, ასევე დახურულ მანაწილებელ მოწყობილობებში. უნიფიცირებული კვანძების გამოყენებით შესაძლებელია სხვადასხვა ძაბვაზე ამომრთველების სერიის შექმნა.

მცირეზეითიანი ამომრთველების უარყოფითი მხარეებია: აფეთქება- და ხანძარსაშიშროება (აეზიან ამომრთველებთან შედარებით მნიშვნელოვნად ნაკლები); სწრაფად მოქმედი აგზ-ს განხორციელების შეუძლებლობა; რკალჩამქრობი კამერის პერიოდული კონტროლი, მასში ზეთის დამატება და ხშირი ცვლა; ჩაშენებული დენის ტრანსფორმატორების დაყენების სიძნელე; შედარებით მცირე გამორთვის უნარი. უარყოფითი მხარეების ფონზე მათი ღირსებები შეიძლება არასაკმარისი აღმოჩნდეს.

ვაკუუმური ამომრთველები აბსოლუტურად ხანძარ- და აფეთქებაუსაფრთხოა, ნებისმიერი ტემპერატურის დროს ინარჩუნებს შრომისუნარიანობას, აქვს ნომინალურ დენებზე ჩართვა- გამორთვის დიდი რესურსი, აგრესიულ გარემოში ექსპლუატაციის შესაძლებლობა, კომუტაციის მაღალი სიჩქარე და განმეორებითი ჩართვისათვის მზადყოფნა. ეს არის ამომრთველების ყველაზე სუფ-

თა ტიპი, არ აჭუჭყიანებს მანაწილებელ მოწყობილობებსა და გარემოს, მუშაობს უხმაუროდ, აქვს ექსპლუატაციის მცირე ხარჯები: იზოლაციის გაწმენდა, ამძრავის მიმდინარე რემონტი. რკალჩამქრობი კამერების იშვიათი შეცვლა დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს. მცირე გაბარისტები და მათი ნებისმიერად განლაგების შესაძლებლობა საშუალებას იძლევა შევამციროთ მანაწილებელი მოწყობილობის ზომები.

მაგრამ ასეთი ამომრთველებით მცირე ინდუქციური დენების გათიშვისას იქმნება კომუტაციური გადაძაბვების წარმოქმნის ალბათობა. ერთ რომელიმე რკალჩამქრობ კამერაში ვაკუუმის დაკარგვის შემთხვევაში ხდება კონტაქტების შედუღება, რის გამოც საჭიროა გამორთვის შემდეგ ყველა ფაზაზე ძაბვის არარსებობის კონტროლი. რკალჩამქრობი მოწყობილობების რესურსი მოკლედ შერთვის დენების გასათიშად მცირეა.

ელეგანური ამომრთველები ვაკუუმური ამომრთველების მსგავსად მთლიანად ხანძარ- და აფეთქებაუსაფრთხოა და ხშირად ურთიერთშეცვლადია. აქვს მაღალი გამორთვის უნარი; რკალჩამქრობი მოწყობილობის ხანგრძლივი მუშაობის ვადა; შეიძლება დაყენებულ იქნეს როგორც ღია, ასევე დახურულ მანაწილებელ მოწყობილობებში.

ამ ამომრთველების ექსპლუატაციის სირთულეა ელეგანური, რომელიც ძვირია და, გარდა ამისა, მომსახურებისას გაწმენდის, შევსებისა და გადატუმბვისათვის მოითხოვს სპეციალურ მოწყობილობას.

ელექტრომაგნიტური ამომრთველები ყველაზე ნაკლებად გავრცელებული ამომრთველებია და პრაქტიკულად უკვე აღარ იწარმოება. იგიც ხანძარ- და აფეთქებაუსაფრთხოა, გამოირჩევა მაღალი გამორთვის უნარით, რკალჩამქრობ მოწყობილობას აქვს მცირე ცვეთა. ხშირი კომუტაციის პირობებში მისი გამოყენება კარგი არჩევანია.

მაგრამ აქვს რთული რკალჩამქრობი კამერა. მცირედ გამოიყენება ღია მანაწილებელ მოწყობილობებში და შეზღუდულია ნომინალური ძაბვა, როგორც წესი, გამოიყენება 6-10 კვ დროს.

2.15. ამომრთველების მექანიკური ნაწილების დიაგნოსტიკა

სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, ამომრთველების მტყუნებათა და უწყისიერობათა 80% მოდის მექანიკურ დეფექტებზე. ამ მტყუნებათა განსაზღვრული ნაწილი გამოწვეულია ამომრთველის იმ მექანიზმების დეფექტებით, რომელთა ფუნქციაა ამძრავის ენერგია გარდაქმნას კონტაქტების წინსვლით მოძრაობის ენერგიად. ასეთი მექანიზმები არსებობს ნებისმიერ ამომრთველში. ამიტომ, ქვემოთ მოყვანილი აპარატურა და მეთოდები ერთნაირად გამოყენებადია ყველა სახის ამომრთველებისათვის. მაგრამ ყველაზე უფრო აქტუალურია მათი გამოყენება ზეთიან ამომრთველებში შემდეგი მიზეზების გამო:

- ზეთიანი ამომრთველების მექანიზმები ყველაზე უფრო რთულია;
- ზეთიანი ამომრთველები უფრო მრავალრიცხოვანია, მიუხედავად იმისა, რომ მიმდინარეობს ტექნიკური გადაიარაღება. გაივლის კიდევ მრავალი წელი, სანამ მოხდება უკანასკნელი ზეთიანი ამომრთველის დემონტაჟი;
- ექსპლუატაციაში მყოფი ზეთიანი ამომრთველის უმრავლესობამ ამოწურა მუშაობის რესურსი.

ცნობილია, რომ ამომრთველების ხანგრძლივი ექსპლუატაციის შედეგად იზრდება მათი მგრძნობიარობა ცვეთის ფაქტორების მიმართ, რასაც მიეყვართ დეფექტების განვითარების სიჩქარის ზრდასთან. ამიტომ, მრავალი წლის მანძილზე გამოყენებული, მკაფიოდ რეგლამენტირებული ტექნიკური და სარემონტო მომსახურების სისტემა ვერ უზრუნველყოფს ასეთი დანადგარის საიმედო მუშაობას. გაცვეთილმა ამომრთველმა მორიგი რემონტის შემდეგ შეიძლება უბრალოდ “ვერ მიაღწიოს” გეგმით გათვალისწინებულ შემდგომ რემონტამდე. საზღვარგარეთ უკვე საკმაოდ დიდი ხანია წარმატებით მიმდინარეობს მუშა ძაბვის ქვეშ ამომრთველების ტექნიკური მდგომარეობის უწყვეტი კონტროლი (მონიტორინგი). ეს საშუალებას იძლევა დროულად მივიღოთ ინფორმაცია აღძრული უწყისიერობის შესახებ და, საჭიროების შემთხვევაში, გეგმიური რემონტიდან გადავიდეთ არაგეგმიურზე. ყურადსაღებია, რომ ასეთი სის-

ტემები მოითხოვს დიდ დანახარჯებს და გამართლებულია მხოლოდ საპასუხისმგებლო ობიექტებისათვის, მაგალითად, სისტემაში შემავალი ქვესადგურების ამომრთველებისათვის.

მხედველობაში იღებენ რა ზემომოყვანილ გარემოებებს, საწარმოების სულ უფრო დიდი რიცხვმა დაიწყო ამომრთველების ტექნიკური მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის მიღების ხერხების გამოყენება და განვითარება პერიოდული გამოკვლევების ჩატარების გზით. ამ გამოკვლევების თავისებურება გამოკვლევებს შორის მცირე ინტერვალი და კომპლექსური ხასიათია. კომპლექსურობა საჭირო ინფორმაციის მისაღებად კონტროლის მეთოდებისა და საშუალებების სხვადასხვაგვარობაში გამოიხატება. გამოკვლევების ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით უპირატესობა ენიჭება კონტროლის იმ მეთოდებსა და საშუალებებს, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს:

1. მივიღოთ ინფორმაცია ამომრთველის ექსპლუატაციიდან გამოყვანის გარეშე. მაგალითად, კონტაქტების გარდამავალი წინააღობის შემოწმების თბოვიზორულ მეთოდს; ზეთშევისებული შემყვანების დიელექტრიკული მახასიათებლების კონტროლს მაღალი ძაბვის ქვეშ და სხვა;

2. მიღებულ იქნეს ინფორმაცია ამომრთველის დაშლის, ზეთის ჩამოსხმის, მაშუნტირებელი რეზისტორების გამორთვისა და სხვათა გარეშე. მაგალითად, შეიძლება მოვიყვანოთ ამომრთველის დაუშლელად დინამიკაში დროითი მახასიათებლების, სვლისა და სიჩქარის კონტროლი ხელსაწყოთა დახმარებით;

3. კონტროლში მოვაქციოთ ამომრთველის რამდენიმე კვანძი ან გავაკონტროლოთ კვანძის რამდენიმე მახასიათებელი;

4. გავაცნობიეროთ დაზიანება განვითარების ადრეულ სტადიაზე;

5. მივიღოთ განზოგადებული შეფასება ტექნიკური მდგომარეობის შესახებ, მაგალითად, ნარჩენი საკომუტაციო ან მექანიკური რესურსი.

გარკვეული დროის განმავლობაში სრულყოფილ მეთოდად მიაჩნდათ ვიბრაციული კონტროლის მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია გაშვების მომენტში ამომრთველში აღძრული ვიბრაციის რე-

გისტრაციასა და ანალიზზე. ასეთი აზრის გავრცელებას ხელი შეუწყო ვიბრაციული მეთოდის წარმატებებმა მბრუნავი მანქანების – ელექტროძრავების, გენერატორების, ვენტილატორების და სხვათა დიაგნოსტიკის საქმეში. წარმატებები, პირველ რიგში, განპირობებული იყო იმით, რომ, სხვადასხვა უწყისობის შემთხვევაში, დიდი მოცულობით ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევების საფუძველზე კონკრეტული ტიპის მანქანებისათვის რეგისტრირებულ ვიბრაციებში მოძებნილ იქნა მკაფიო დიაგნოსტიკური ნიშნები.

ამომრთველების ვიბროდიაგნოსტიკის შემთხვევებში ასეთი მოცულობის სამუშაოები არ ჩატარებულა, თუ მხედველობაში მივიღებთ ამომრთველების ტიპების და მათი უწყისეობების მრავალსახეობას. შექმნილ იქნა მხოლოდ ხელსაწყოები ვიბრაციის რეგისტრაციისა და კრიტერიუმების განსაზღვრისათვის; შედგენილ იქნა მათემატიკური აპარატი, რომელიც გარკვეული აღბათობით ზოგადად ახასიათებდა ამომრთველის მექანიკურ მდგომარეობას (რესურსს). ასეთი მიდგომის ხარვეზი კრიტერიუმების უტყუარობის შემოწმების სიძნელე და ამომრთველის ცალკეული კვანძებისა და ელემენტების დეფექტების მიმართ დაბალი მგრძნობიარობაა.

ქვემოთ განხილული მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს: ამომრთველის გაშვებისას ხდება მექანიზმის ერთი რომელიმე ელემენტის (მოძრავი კონტაქტის, ტრავერსის, ამძრავის ლილვისა და სხვათა) გადაადგილების პროცესის რეგისტრაცია გრაფიკის სახით. მიღებული გრაფიკი მთლიანად უნდა შედარდეს წესიერულ მდგომარეობაში მყოფი ამომრთველის ანალოგიური ელემენტის გრაფიკთან.

ამ მეთოდსა და ვიბროდიაგნოსტიკურ მეთოდს შორის პრინციპული განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ ვიბროდიაგნოსტიკური მეთოდის გამოყენებისას ინფორმაცია მიიღება ირიბი გზით, მექანიკური პროცესების თანმხლები ვიბრაციების მიხედვით. მოცემულ შემთხვევაში ინფორმაცია მიიღება უშუალოდ მექანიკური პროცესიდან. ცხადია, რომ მეორე შემთხვევაში სასარგებლო ინფორმაციის მოცულობა უფრო დიდია, ხოლო გარე ფაქტორებით გამოწვეული დამახინჯებები (ვიბროდიაგნოსტიკის დროს ამომრთველის ფუნდა-

მენტის მასალამ – ფოლადმა ან ბეტონმა შეიძლება შეცვალოს ვიბრაციის სპექტრი) მცირეა, ხოლო ინტერპრეტაციის შედეგები – მარტივი და უტყუარი.

მეთოდის ძირითადი დებულებები:

1. ამომრთველის მექანიზმი წარმოდგენილი უნდა იქნეს ცალკეული რგოლებისაგან (ამძრავი, ბერკეტები, საწევარი, ტრავერსები და სხვა), რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია ხისტი კავშირით მიმდევრობით ან პარალელურად. ასე რომ, ფაქტიურად, მოძრავი კონტაქტის მოძრაობის რეგისტრაციის გრაფიკი განისაზღვრება ყველა შემადგენელი მექანიზმის ურთიერთქმედებით და ერთი ელემენტის ურთიერთქმედების პარამეტრის ცვლილება (დეფექტი) (მაგალითად, ფოლხვის გაზრდა, ზამბარის მოშვება, სრიალის ხახუნის გაზრდა) მაშინვე ტოვებს კვალს ჯამურ გრაფიკზე. გამონაკლისია ტიპის ამომრთველის მექანიზმები, რადგან მათში გამოყენებული მოქნილი კავშირები – პოლისპასტები და პროცესის მარეგისტრირებელი გრაფიკი არ ექვემდებარება ანალიზს.
2. რგოლების ნაწილს (მაგ., დემფერებს, რკალჩამქრობი მოწყობილობის უძრავ კონტაქტებს და სხვა) არ გააჩნია ხისტი კავშირი დანარჩენ მექანიზმებთან, მაგრამ უკურაქციის ხარჯზე ამ რგოლების ურთიერთქმედება აისახება პროცესის გრაფიკზე.
3. მექანიზმის კინემატიკურ წრედში გადაადგილების გადამწოდის დაყენების ადგილს მკაცრი მოთხოვნები არ წაყენება. წრფივი გადაადგილების გადამწოდი პროცესის შესახებ ინფორმაციას იღებს კინემატიკური წრედის გამოსასვლელზე, ხოლო კუთხური გადაადგილების გადამწოდი – მის შესასვლელზე. შემდეგ ის გადაიქცევა გადამცემ ფუნქციად მის გამოსასვლელზე. ამასთან, მექანიზმში ხისტი კავშირების გამო, ამ შემთხვევას არ მიეყვართ გრაფიკების პრინციპულ განსხვავებამდე.
4. ამომრთველის მექანიზმის რეგულირებისა და მისი მუშაობის შეფასებისას კოორდინატებად ჩვეულებრივ იყენებენ ტრავერსის ან მოძრავი კონტაქტის სვლას. ამავე კოორდინატით შეიძლება წარმოვიდგინოთ ამომრთველის მექანიზმის მთელი მუშაობა და მისი ნაწილების ურთიერთქმედება. უფრო მეტიც, ერთი და იგი-

ვე ტიპისა და სხვადასხვა ეგზემპლარის ამომრთველების გრაფიკების გასწვრივ გაშლას მიეყვართ ერთსა და იმავე მასშტაბთან, რაც აადვილებს მათ შედარებას ეტალონთან – გამართული ამომრთველის გრაფიკთან. ამიტომ, ანალიზის დროს სველის კოორდინატის გამოყენება უფრო მოსახერხებელია. ამასთან, ზოგიერთი დეფექტი უფრო ნათლად ჩანს დროში გაშლილ გრაფიკზე. ეს განსაკუთრებით სასარგებლოა ჩართვისა და გამორთვის დროების ხელშეშლების გამოვლენისა და მექანიზმის რგოლების მუშაობის სინქრონიზმის დარღვევის ანალიზის დროს. ამ შემთხვევაში საჭიროა გავანალიზოთ ორივე გრაფიკი.

5. მხედველობაშია მისაღები, რომ მექანიკური ნაწილების ურთიერთქმედება ძლიერ გავლენას ახდენს მათი მოძრაობის სიჩქარეზე. სიჩქარის მახასიათებელი უნდა გაანალიზდეს, როგორც სველის ან დროის ფუნქცია. ამ დროს “სველისა” ან “დროის” კოორდინატით განისაზღვრება ურთიერთქმედების დაწყების მომენტი, ხოლო “სიჩქარის” კოორდინატით – მისი სიდიდე.
6. სხვადასხვა რგოლის ურთიერთქმედება შეზღუდულია პროცესის ცალკეული უბნებით (მაგ., გამომრთველი ზამბარა ენერგიას გადასცემს პროცესის დასაწყისში; დემპფერი მოქმედებაში შედის პროცესის ბოლოს და ა.შ.). ამიტომ, ვიცით რა ამომრთველის კონსტრუქცია, მთელი გრაფიკი უნდა დავეყოთ უბნებად, სადაც თვალნათლივ გამოჩნდება კონკრეტული რგოლის გავლენა, რაც საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ შემჩნეული დეფექტების ლოკალიზება და იდენტიფიცირება.
7. ოპერაციებში “გამორთვა” და “ჩართვა” იცვლება ურთიერთმოქმედი რგოლების შედგენილობა, მათი ურთიერთქმედების რიგი და სხვა. რგოლების დეფექტები ამ ოპერაციებში სხვადასხვაგვარად მჟღავნდება, რაც განაპირობებს ჩართვისა და გამორთვის პროცესების გრაფიკების რეგისტრაციისა და ანალიზის საჭიროებას.
8. ანალიზისათვის რთულია რამდენიმე რგოლის გავლენის დროში ზედდების შემთხვევა, რადგანაც გაურკვეველია რომელი რგოლია მათ შორის დეფექტიანი. აქ შესაძლებელია სხვადა-

სხვა მიდგომა. თუ რგოლებს აქვს სხვადასხვა მახასიათებელი, მაშინ მათი ურთიერთშენიშნული მოქმედება შესაძლებელია მხოლოდ სვლის შეზღუდულ უბანზე. თუ რგოლები იდენტურია და კინემატიკურ წრედში ჩართულია პარალელურად, როგორც, მაგალითად, ამომრთველის სამი პოლუსი, ამ შემთხვევაში მათი სწორი ფუნქციონირების ძირითადი პირობაა მუშაობის სინქრონულობა. რომელიმე პოლუსის მუშაობის არასინქრონულობა მაშინვე მქდაენდება მეორე პოლუსზე მიღებულ გრაფიკზე. თუ გადავიღებთ სამივე პოლუსის გრაფიკებს და ერთმანეთზე დავადებთ, მაშინ უფრო დარწმუნებით განვსაზღვრავთ დეფექტურ რგოლს.

პროცესის რეგისტრაციის აპარატურა. მექანიკური პროცესების რეგისტრაცია მოსახერხებელია ჩატარდეს ხელსაწყოებით: ПКВ / М5Н, ПКВ / М6Н, ПКВ / М7, ПКВ / У3. ვაკუუმური ამომრთველებისათვის ექსპლუატაციის პროცესში მოითხოვება მხოლოდ დროითი მახასიათებლების კონტროლი. სიჩქარის მახასიათებლები შეფასდება მოძრაობის კონტაქტის მიერ განსაზღვრული უბნის გავლის დროის მიხედვით. ეს დრო მოიცავს ამომრთველის კომპლექტში არსებული სპეციალური საკონტაქტო გადამწოდით. გადამწოდი შეიძლება ჩართოს სამი პოლუსიდან ერთ-ერთზე.

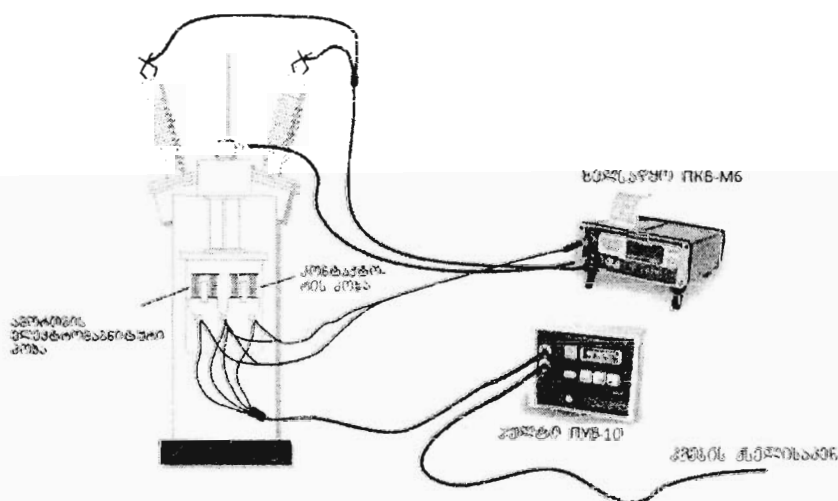
ხელსაწყოთა კომპლექტში შედის პრეციზიული ციფრული გადამწოდები გადაადგილების მაღალი დაშვებით: წრფივი გადაადგილების – ДП -12, 0-1000 მმ დიაპაზონზე და 0,5 მმ დაშვებით; ДП -31, 0-40 მმ დიაპაზონზე და 0,05 მმ დაშვებით; კუთხური გადაადგილების – ДП -21, 0-360° დიაპაზონზე და 0,09° დაშვებით. ხელსაწყო საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ სამი სახის გრაფიკი: $V = f(t)$, $S = f(t)$, $V = f(s)$, სადაც V მოძრაობის სიჩქარეა, S – სვლა, t – დრო. დრო ფიქსირდება ყოველი 100 მკწმ-ის შემდეგ, ხოლო სიჩქარე გამოითვლება არა უმეტეს 4% ცდომილებით.

გადამწოდები გათვლილია იმ ადგილებში დასამაგრებლად, სადაც დასაწყისში გათვალისწინებულია სიჩქარის მახასიათებლების გადღება. ამგვარად, წრფივი გადაადგილების გადამწოდი მაგრდება შტანგის დამჭერზე, ხოლო კუთხური გადაადგილების გადამწოდი –

ამძრავის ლილვის შევრილზე კუთხური გადაადგილების გადამწოდის გამოყენებისას ამძრავის ლილვის კუთხური მოძრაობის მნიშვნელობა ხელსაწყოს პროცესორის მიერ გადაანგარიშდება ამომრთველის კინემატიკურ სქემაში მოძრავი კონტაქტის წრფივი გადაადგილების მნიშვნელობად, რომელიც სეხსიერებაში შედის ინახება.

მექანიკური პროცესის ასეთი დაწვრილებითი აღწერა ზოგად წარმოდგენას გვაძლევს ამომრთველის ეარგისობაზე. ამ დროს დარეგისტრირებული პროცესის სრული გრაფიკი კი შეიცავს ინფორმაციას ამომრთველი მექანიზმების ცალკეული კვანძებისა და ელემენტების მდგომარეობის შესახებ. გრაფიკული ინფორმაციის ფასი კიდევ უფრო იზრდება აღამიანის ტვინის შესანიშნავი უნარის გამო, რომელსაც შეუძლია სწრაფად დაამუშაოს და გამოიცნოს ამომრთველის მდგომარეობის ხარისხობრივი შეფასება, იხელმძღვანელოს გრაფიკის ფორმის სტანდარტულიდან მცირე გადახრის დროსაც, რაც მოითხოვება დეფექტის გაჩენის შემთხვევისათვის.

ხელსაწყო PKB/M6H საშუალებით გაზომილი და გამოთვლილი მახასიათებლები ჩაშენებული თერმოპრინტერით იბეჭდება ცხრილური და გრაფიკული სახით.



ნახ.2.29. PKB/M6H ხელსაწყო და PKB/10 პულტის მაღალვოლტიან ამომრთველთან მიერთების სურათი

2.29 ნახ-ზე ნაჩვენებია PKB/M6H ხელსაწყოთა და ПУВ/10 პულტის მაღალვოლტიან ზეთის ამომრთველთან მიერთების ხერხი (ხელსაწყოთა ინსტრუქციით), რომელთა მიხედვითაც გადაიდება ქვემოთ მოცემული მახასიათებლები.

გრაფიკი საშუალებას იძლევა ხარისხობრივად შევაფასოთ ამომრთველის მდგომარეობა და მოვახდინოთ მისი რამდენიმე კვანძის დიაგნოსტიკა. ღილაკზე „ბეჭდება“ თითის ორჯერ დაჭერით შეიძლება მივიღოთ კიდევ ორი გრაფიკი: სიჩქარისა და სვლის დროზე დამოკიდებულების. გრაფიკებზე ასევე აისახება კონტაქტების ჩართვა-ამორთვის პროცესი სამივე პოლუსის ზრიალით.

გრაფიკების ანალიზის მაგალითები. მეთოდის ილუსტრაცია მოვახდინოთ МКП-110 М ტიპის ზეთის ამომრთველის A, B, C პოლუსების კონტაქტებზე გადაღებული ჩართვა-ამორთვის სიჩქარის მახასიათებლების გრაფიკებზე, რომლებიც მოცემულია ქვემოთ.

მაგალითი 1. 2.30 ნახ-ზე მოყვანილია გამართული ამომრთველის გამორთვის პროცესის გრაფიკი. ამ გრაფიკზე შეიძლება გამოვეყოთ ხუთი უბანი, რომლებიც აღნიშნულია ისრებით და ასოებით: მოძრაობის დაწყებიდან b წერტილამდე – უბანი ab ; უბნები bc ; cd ; de და ef . თუ გრაფიკს გავშლით დროში, მაშინ გრაფიკზე გამოჩნდება კიდევ ერთი უბანი: იმპულსის ბრძანების გაცემის მომენტიდან მოძრაობის დაწყებამდე – უბანი Oa (ეს უბანი კარგად ჩანს 2.30 ნახ-ზე).

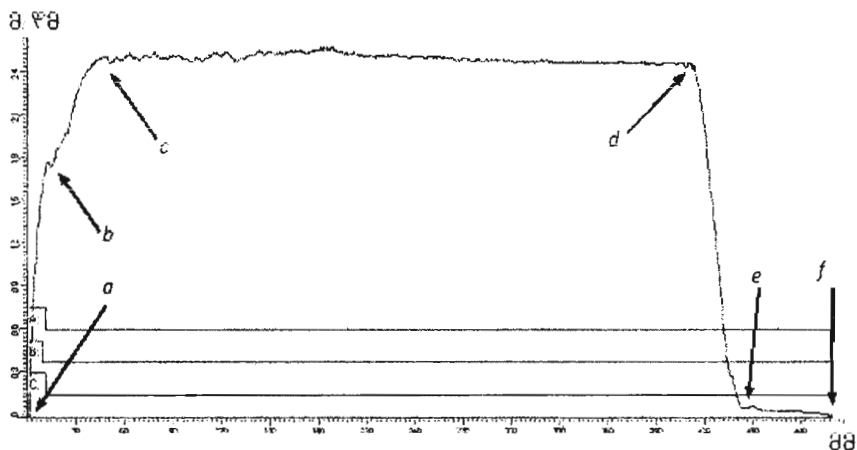
გავაანალიზოთ თითოეულ უბანზე მიმდინარე პროცესები:

უბანი Oa – ამძრავის მიერ ბრძანების „გამორთვა“ დამუშავება და გაშვება. ეს უბანი უნდა გაანალიზდეს დროში გაშლილ გრაფიკზე. a წერტილის ამძრავის მიერ ბრძანების დამუშავება მთავრდება.

უბანი ab . შტანგის გაქანება ტრავერსთან ერთად, კონტაქტების რკალჩამქრობი მოწყობილობებისა და გამომრთველი ზამბარების მოქმედებით. კონტაქტების გათიშვა b წერტილში.

უბანი bc . კონტაქტების ზამბარებმა შეწყვიტეს მუშაობა და შტანგის შემდგომი გაქანება ტრავერსთან ერთად ხდება რკალჩამქრობი მოწყობილობის გამომრთველი ზამბარების მოქმედებით.

უბანი *cd*. მოქმედება შეწყვეტეს ზამბარებმა. შტანგის ტრავერსთან ერთად მოძრაობა ხდება ინერციისა და სიმძიმის ძალის მოქმედების ხარჯზე.



ნახ.2.30. გამართული ამომრთველის გამორთვის გრაფიკი

უბანი *de*. მოქმედებაში შედის ზეთიანი ბუფერი, რომელშიც ქრება შტანგისა და ტრავერსის სიჩქარე.

უბანი *ef*. გრძელდება ზეთიანი ბუფერის მოქმედება. შტანგა ტრავერსთან ერთად სიმძიმის ძალის მოქმედებით მოძრაობს ნელა და *f* წერტილში ჩერდება.

მოყვანილი სიჩქარის გრაფიკის მიხედვით შეიძლება შევაფასოთ კონტაქტების, რკალჩამქრობი მოწყობილობისა და გამომრთველი ზამბარების, ზეთიანი ბუფერისა და მიმმართველი მოწყობილობის მუშაობა. გარდა ამისა, შტანგის სვლა ტრავერსთან ერთად *a* წერტილიდან გაჩერებამდე (86 მმ მოყვანილი გრაფიკზე) შეესაბამება ზეთიანი ბუფერის მუშაობას. შტანგის დამაგრების ღერძის ცენტრისა და ზეთიანი ბუფერის ჭოკის შეხების წერტილისათვის მხარეთა თანაფარდობა დაახლოებით 2:1 და ამ უბანზე ზეთიანი ჭოკის სვლა შტანგის ტრავერსთან ერთად დაახლოებით სვლის ნახევარის ტოლია (43 მმ).

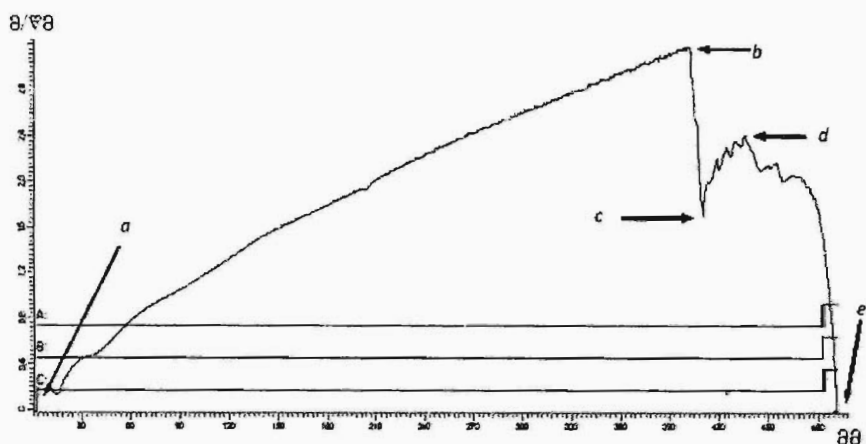
მაგალითი 2. 2.31 ნახ-ზე მოცემულია გამართული ამომრთველის ჩართვის პროცესის გრაფიკი. აქაც შეიძლება გამოვეყნოთ აგრეთვე ხუთი უბანი. ამ უბნებზე მიმდინარე პროცესები შემდეგია:

უბანი *Oa* – ამძრავის ამუშავების დაწყება. ეს უბანი უნდა გაანალიზდეს დროში გაშლილ გრაფიკზე.

უბანი *ab*. შტანგის გაქანება ტრავერსთან ერთად ელექტრომაგნიტური ამძრავის მოქმედების ხარჯზე.

უბანი *bc*. წერტილში ხდება მოძრავი კონტაქტების შეხება რკალჩამქრობი მოწყობილობის ქვედა კონტაქტებთან. სიჩქარე მკვეთრად ეცემა მოძრავი ნაწილების მასის გაზრდის გამო.

უბანი *cd*. გრძელდება ელექტრომაგნიტური ძრავის ტრავერსის გაქანება, მაგრამ ტრავერსი უკვე მოძრაობს შტანგასა და რკალჩამქრობი მოწყობილობების მოძრავ კონტაქტებთან ერთად.

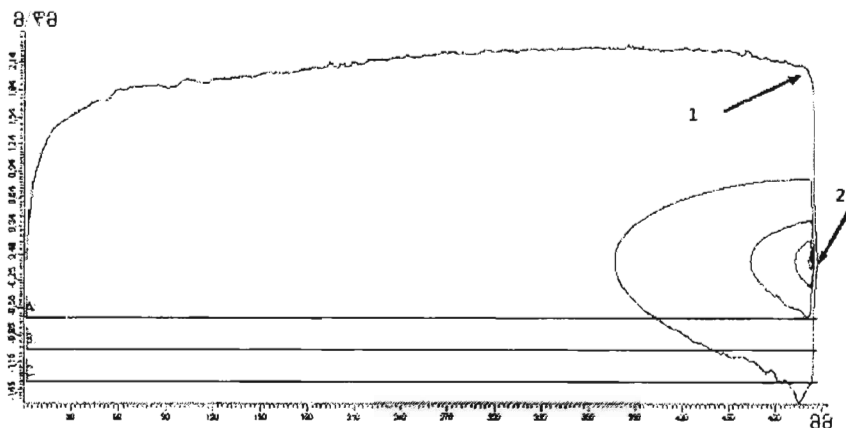


ნახ. 2.31. გამართული ამომრთველის ჩართვის გრაფიკი

უბანი *de*. ამ უბანზე მუშაობას წყვეტს ელექტრომაგნიტური ამძრავი. ამომრთველი რკალჩამქრობი მოწყობილობისა და მოძრავი კონტაქტების დროს *e* წერტილში შტანგა ტრავერსთან ერთად ჩერდება.

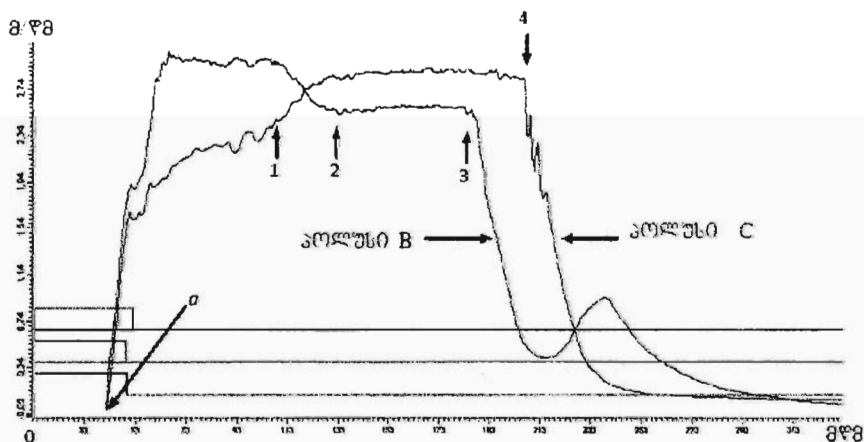
მაგალითი 3. 2.32 ნახ-ზე მოცემულია ზეთიანი ბუფერის დაზიანებული ამომრთველის გათიშვის პროცესის გრაფიკი.

როგორც გრაფიკიდან ჩანს, ზეთიანი ბუფერის დაზიანებულ ამომრთველში ხდება მხრეულის მკვეთრი დარტყმა ბუფერზე და შტანგა ტრავერსთან ერთად გაჩერებამდე ასრულებს მრავალჯერად უკუმძრობას, რის გამოც წარმოიშობა სპირალი 1-2.



ნახ.2.32. ზეთიანი ბუფერის დაზიანების მქონე ამომრთველის გათიშვის გრაფიკი

მაგალითი 4. 2.33 ნახ-ზე წარმოდგენილია ამომრთველის ორი პოლუსის გამორთვის პროცესის გრაფიკების (დროში გაშლილი) შედგება.



ნახ. 2.33. ამომრთველის ორი პოლუსის გამორთვის პროცესის გრაფიკების პროცესის (დროში გაშლილი) შედგება

მოყვანილი გრაფიკები მოწმობს იმაზე, რომ საერთო ამძრავის მქონე ამომრთველის ორი პოლუსის შტანგები ტრავერსებთან ერთად მოძრაობს ერთმანეთისაგან ძლიერ განსხვავებული სიჩქარით. ეს კი შესაძლებელია პოლუსებს შორის დიდი ფოლხვის ("ლუფ-ტის") დროს.

მოძრაობის დაწყების შემდეგ C პოლუსის, რკალჩამქრობი მოწყობილობის ან ამომრთველი ზამბარების ცუდი მდგომარეობის გამო, შტანგა ტრავერსთან ერთად მოძრაობს ნაკლები სიჩქარით, ვიდრე B პოლუსისა. ამ დროს პოლუსებს შორის აირჩევა ფოლხვა. წერტილის 1 შესაბამის დროში პოლუსებს შორის ხდება მოძრავი მასების ურთიერთქმედება. ერთი შტანგა ტრავერსთან ერთად იღებს ამაჩქარებელ იმპულსს, ხოლო მეორე – მამუხრუჭებელს. ამ მომენტიდან ხდება ტრავერსების მოძრაობის სიჩქარის ცვლილება. წერტილის 2 შესაბამის დროში შტანგების მოძრაობის სიჩქარეები სტაბილური ხდება, მაგრამ ერთმანეთისაგან მაინც განსხვავდება. ფოლხვა აირჩევა სხვა მიმართულებით. წერტილის 3 შესაბამის დროში B პოლუსის შტანგა ტრავერსთან ერთად დამუხრუჭებას იწყებს ზეთიანი ბუფერით, ხოლო C პოლუსის შტანგა განაგრძობს მოძრაობას მნიშვნელოვანი სიჩქარით. წერტილის 4 შესაბამის დროში ხდება მოძრავი მასების ურთიერთქმედება. C პოლუსის შტანგა ტრავერსთან ერთად იღებს მამუხრუჭებელ იმპულსს, ხოლო B პოლუსისა – ამაჩქარებელს. C პოლუსის დამუხრუჭების უბანზე ინტენსიური ზემოქმედების შედეგად B პოლუსის დამუხრუჭების უბანზე გაჩნდა სიჩქარის ნახტომები.

ამავე ნახაზზე კარგად ჩანს oa უბანი – ბრძანების დაწყების მომენტიდან მოძრაობის დაწყებამდე. დროის ამ ინტერვალში ამძრავის მიერ ხდება "გამორთვის" ბრძანების დამუშავება. a წერტილში ბრძანების დამუშავება მთავრდება. დროის ამ ინტერვალის ხანგრძლივობით შეიძლება განისაზღვროს "დამნაშავე" ამომრთველის გამორთვის დროის დაყოვნებაში. თუ დროის ეს ინტერვალი აჭარბებს განსაზღვრულ სიდიდეს (გამართულ მდგომარეობაში მყოფი ამომრთველის გრაფიკთან შედარებით), მაშინ გამორთვას ამძრავი აყოვნებს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ამძრავი ნორმალურად

მუშაობს და გამორთვის პროცესის გაჭიანურების მიზეზის დასადგენად გაანალიზებული უნდა იქნეს ამომრთველის სინქარული მახასიათებლები.

2.16. ამომრთველების დიაგნოსტიკის ხელსაწყოები და სისტემები

ამომრთველების მდგომარეობის დიაგნოსტიკის სისტემები დამუშავებულია სხვადასხვა ტიპისა და მარკის მაღალეოლტიანი ამომრთველების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასებისა და ნარჩენი რესურსის განსაზღვრისათვის.

მაღალეოლტიანი ამომრთველების კონტროლის ხელსაწყო **ПКВ/М7 USB**. ეს ხელსაწყო (ნახ.2.34) გამოიყენება ზეთის, ელევზური, ვაკუუმური და ელექტრომაგნიტური ამომრთველების დაუშლელად კონტროლისათვის, რომელთაც 4 წვევტის წერტილი აქვს; ასევე მოკლედ შემრთველებისა და განმამხოლოებლების კონტროლისათვის.

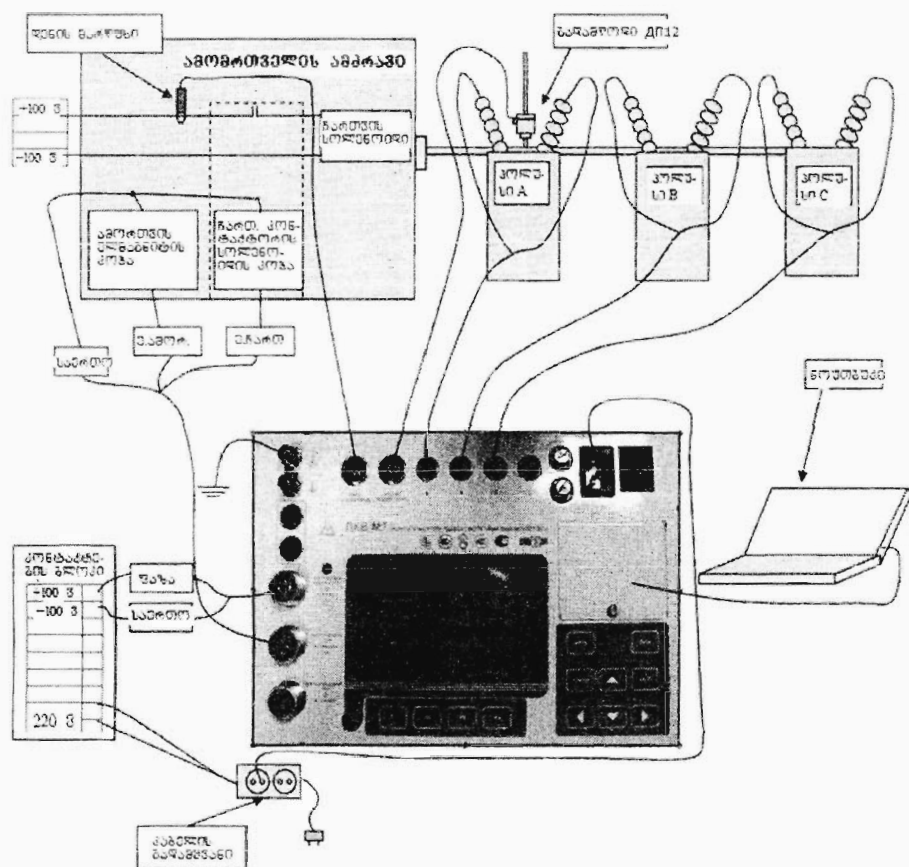


ნახ.2.34. მაღალეოლტიანი ამომრთველების კონტროლის ხელსაწყო **ПКВ/М7 USB**

ხელსაწყო აღტურვილია უნივერსალური ანალოგური შესასვლელით, რეალურ დროში ძაბვისა და წინაღობის რეგისტრაციისა-

თვის. მასთან შეიძლება ჩაირთოს ელვგაზური ამომრთველის სამ-
ტატო რეზისტორული გადამწოდი, რომელიც ხელსაწყოს კომპლექ-
ტაციაში სახაზო და კუთხური გადაადგილების გადამწოდებთან ერ-
თად არის და იძლევა სინქარის მახასიათებლების გადაღების სა-
შუალებას ყველა ტიპის ამომრთველისათვის, საქარხნო მოთხოვ-
ნების თანახმად.

2.35 ნახ-ზე მოცემულია PKB/M7-ის ზეთის ამომრთველზე ტიპური ჩართვის სქემა.

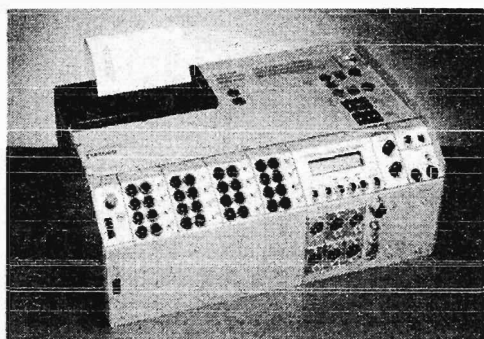


ნახ.2.35. PKB/M7-ის ზეთის ამომრთველზე ტიპური ჩართვის სქემა

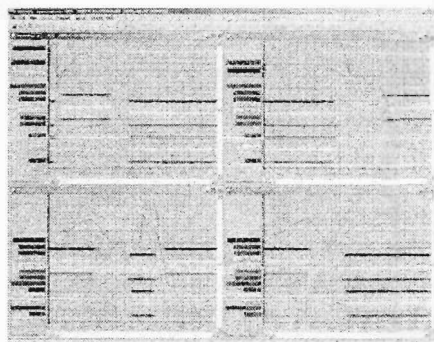
ხელსაწყოს ფუნქციები არსებითად გაფართოებულია სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის საფუძველზე. საკომუტაციო

აპარატის ყველა მახასიათებელი იზომება დინამიკაში მისი ჩართვისა და გამორთვის დროს.

ამომრთველის დროითი ციკლის საზომი სისტემა TM 1600 (ნახ.2.36,ა) ზომავს ამომრთველის დროით ციკლს (800 კვ-მდე). დროის არხები იწერს მთავარი და სხვა დამხმარე კონტაქტების ჩართვისა და გამორთვის დროს. არხები დამოუკიდებელია და ამომრთველის კამერაში მიმდევრობით შეერთებული კონტაქტების დროითი მახასიათებლები შეიძლება გაიზომოს მათი განრთვის გარეშე. ხელსაწყო შეიძლება აღჭურვილ იქნეს ხანგრძლივი კონტროლის ფუნქციით.



ა)



ბ)

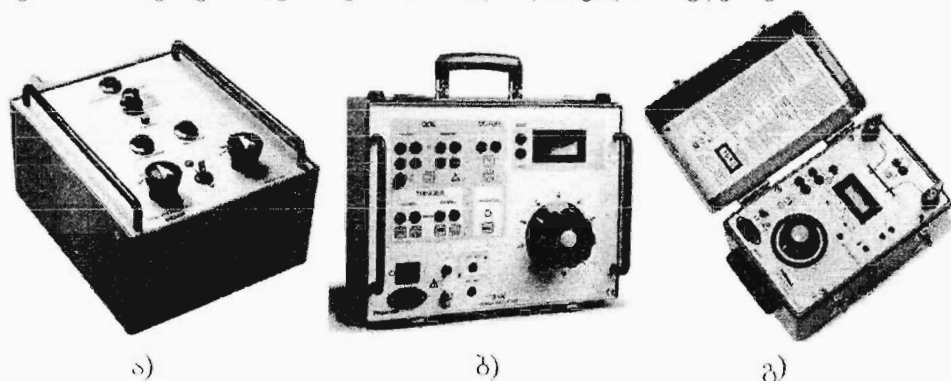
ნახ.2.36. ამომრთველის დროითი ციკლის საზომი სისტემა TM 1600 (ა) და პროგრამული უზრუნველყოფა CABA WIN

TM 1600 ბლოკში ჩადგმული MA 61 მოდულით შეიძლება გადაღებულ იქნეს კონტაქტების სელა, სინქარე, დენი, ძაბვა და სხვა. აგრეთვე შესაძლებელია კონტაქტების დინამიკური წინაღობისა და ვიბრაციის გაზომვა და ანალიზი.

სისტემაში ჩამონტაჟებული პრინტერი რაძდებიზე წამის შემდეგ ცხრილების ან გრაფიკების (ნახ.2.36,ბ) სახით ბეჭდავს შედეგებს. გრაფიკების დეტალური ანალიზისათვის შესაძლებელია მრუდის რომელიმე უბნის გადიდება. აქვს კომპიუტერთან კავშირის საშუალებები. პროგრამული უზრუნველყოფა CABA საშუალებას იძლევა ამომრთველების ტესტირება მოვახდინოთ სწრაფად და ხაიმედოდ.

ტესტირება კონტროლდება საერთო ტესტ-გეგმებით, რომლებიც ავტომატურად აირჩევა თითოეული ტიპის ამომრთველისათვის. ამომრთველის ყოველი ამუშავების შემდეგ კომპიუტერის ეკრანზე გამოჩნდება შედეგები ცხრილების ან გრაფიკების სახით, სადაც აღნიშნული იქნება ამუშავების დრო, სიჩქარე, განვლილი მანძილი. ტესტირების შედეგი გრაფიკების ზედღებით შეიძლება დაუყოვნებლივ შედარდეს წინა ტესტირების შედეგებსა და ეტალონურ გაზომვებს. შედეგები შეიძლება შენახულ იქნეს კომპიუტერის დისკზე ისე, რომ სხვადასხვა დროს მიღებული შედეგები შევადაროთ ერთმანეთს. ამგვარად, შეიძლება თვალყური ვადევნოთ ამომრთველის მდგომარეობის თანდათანობით ცვლილებას.

ამომრთველის ვაკუუმური კამერის ტესტერი **VIDAR** (ნახ.2.37,ა) გამოიყენება ამომრთველების ვაკუუმური კამერის მდგომარეობის შემოწმებისათვის. ამ ხელსაწყოს მუშაობის საფუძველი გამრღვევ ძაბვასა და ვაკუუმის ხარისხს შორის დამოკიდებულებაა. ხელსაწყო ძალიან მარტივი გამოსაყენებელია – მწვანე ნათურა გვიჩვენებს, რომ კამერა წესრიგშია, ხოლო წითელი – უწესიერია.



ნახ.2.37. ვაკუუმური კამერის ტესტერი **VIDAR** (ა), კვების წყარო **B10E** (ბ) და მიკრომმეტრი **MOM200A** (გ)

კვების წყარო (ნახ.2.37,ბ) უზრუნველყოფს რეგულირებად მუდმივ ძაბვას 24-დან 250 ვ-მდე (საფეხურებით: 24, 48, 110, 250 ვ) ამომრთველის კოტების შესამოწმებლად. აქვს ცალკე გამოსასვლელი მუდმივი დენის ელექტროძრავების კვებისათვის 24–250 ვ

ფარგლებში (საფეხურებით: 30, 40, 70, 90, 185, 200, 250 ე) და ცვლადი ძაბვის გამოსასვლელი 24–250 ე დიაპაზონში.

მიკრომმეტრი MOM200A (ნახ.2.37,გ) გამოიყენება ამომრთველების, განმაცალკეებლების, მცველების დანებიანი კონტაქტებით, საღტე და სახაზო შეერთებების და სხვა კონტაქტების წინააღობის გასაზომად. ხელსაწყოს მუშაობა დაფუძნებულია მიკროპროცესორულ გაზომვებსა და შედეგების შენახვაზე.

შიგა პროგრამა საშუალებას იძლევა შევასრულოთ ცალკეული ტესტი ან ტესტების სერია და შედეგები შევინახოთ. დენის ტრანსფორმატორების სწრაფი და მოხერხებული განმანიტებისათვის გამოყენებულია ცვლადი დენის გამოსასვლელი, რომელსაც აქვს წინააღობის გაზომვის ორი დიაპაზონი: 0–1999 მკომი; 0–19,99 მკომი.

III თავი. მოკლე ცნობები ტრანსფორმატორების შისახეპ

3.1. ტრანსფორმატორის მოკლე ისტორია და ძალური ტრანსფორმატორების ძირითადი ელემენტები და მუშაობის პრინციპი

მოვლენა, რომელიც საფუძვლად დაედო ელექტრული ტრანსფორმატორის მოქმედებას, აღმოჩენილ იქნა 1831 წელს ინგლისელი ფიზიკოს მაიკლ ფარადეის მიერ, ელექტრობის დარგში კვლევების ჩატარებისას. ამ კანონის აღმოჩენიდან 45 წლის შემდეგ პავლე იაბლოჩკოვის მიერ დაპატენტებულ იქნა პირველი ტრანსფორმატორი გახსნილი გულარით, ხოლო 1884 წელს ინგლისელი ძმების ჯონ და ედუარდ ჰოპკინსონების მიერ შეიქმნა ჩაკეტილგულარიანი ტრანსფორმატორი, რომელიც თანამედროვე ტრანსფორმატორების თითქმის ყველა ძირითად ელემენტს შეიცავდა.

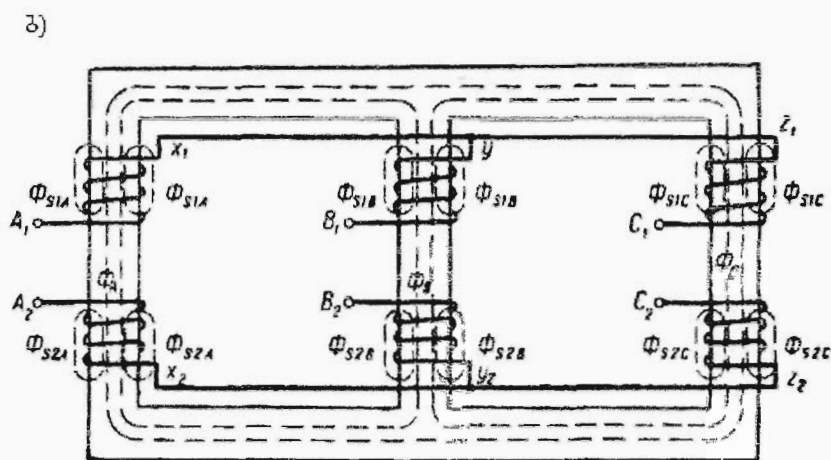
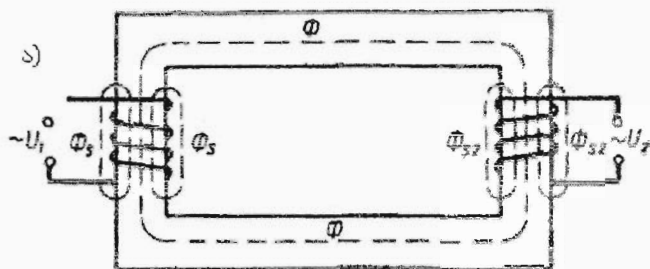
თანამედროვე ძალური ტრანსფორმატორი არის რთული მოწყობილობა, შედგება სხვადასხვა სახის კონსტრუქციული ელემენტების დიდი რაოდენობისაგან, რომლებიც ამა თუ იმ სახით გაველენას ახდენს მის მუშაობაზე.

ძალური ტრანსფორმატორის დანიშნულებაა ელექტროენერგიის გარდაქმნა ელექტრულ ქსელებსა და დანადგარებში, ასევე ელექტროენერგიის მიღება და გამოყენება. არსებობს ერთფაზა, ორფაზა, სამფაზა ძალური ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები.

3.1 ნახ-ზე მოცემულია ერთფაზა (ა) და სამფაზა (ბ) ტრანსფორმატორების მაგნიტური ნაკადების შეკერის გზები.

თანამედროვე ტრანსფორმატორები მცირედ განსხვავდება XIX საუკუნის დასაწყისის ტრანსფორმატორებისაგან. ისინი მათ მსგავსად შედგება იზოლირებული ფირფიტებისა და სპილენძის გამტარებისაგან დამზადებული გრაგნილებისაგან. თანამედროვე ტრანსფორმატორები თავის წინამორბედებს სიმძლავრის მიხედვით 500-ჯერ აღემატება. სიმძლავრე აღწევს 1 მლნ კვტ-ზე მეტს, ხოლო ძაბვის მიხედვით 15-ჯერ აღემატება და შეუძლია იმუშაოს 1150 კვ

ძაბვის დროს. ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა მერყეობს 25-დან 50 წლამდე; მასა ერთეულოვან სიმძლავრეზე გაანგარიშებით შემცირდა დაახლოებით 10-ჯერ, ხოლო მარგი ქმედების კოეფიციენტმა 99% გადააჭარბა.



ნახ.3.1. ერთჯახა (ა) და სამჯახა (ბ) ტრანსფორმატორების
მაგნიტური ნაკადების შეკერის გზები

მოკლედ განვიხილოთ ძალური ტრანსფორმაციონის მუშაობის პრინციპი. ტრანსფორმაციონის გამტარისაგან **დახვეულ გრაფიკს**, რომელიც მიერთებულია კვების წყაროსთან და **ქმნის** მაგნიტურ ველს, პირველადი ეწოდება, ხოლო გრაფიკს, რომელშიც ამ ველის მოქმედებით აღიძვრება ელექტრომაგნიტური ძალა (ეძდ) და მიერთებულია ელექტროენერგიის მომხმარებელთან – მეორეულად.

ტრანსფორმატორის მუშაობა ორ ბაზისურ პრინციპზეა დაფუძნებული:

1. დროში ცვალებადი ელექტრული დენი ქმნის დროში ცვალებად მაგნიტურ ველს (ელექტრომაგნეტიზმი);

2. მაგნიტური ნაკადის ცვლილება გრაგნილში იწვევს ელექტრომამოძრავებელი ძალის (ემძ) აღძვრას (ელექტრომაგნიტური ინდუქცია).

თუ პირველად გრაგნილს ჩაერთავთ ცვლადი დენის წრედში (ნახ.3.1.ა), მაშინ მასში გაივლის ცვლადი დენი და მაგნიტგამტარში ანუ გულარში შექმნის ცვლად მაგნიტურ ნაკადს. გულარის გავლით შეკრული მაგნიტური ნაკადი განჭოლავს მეორეული გრაგნილის ხეივებს და დააინდუქციებს მასში ემ ძალას. თუ მეორეული გრაგნილის ბოლოებზე მივაერთებთ ელექტროენერგიის რაიმე მიმღებს, მაშინ ინდუქციებული ემ ძალის მოქმედებით მეორეულ გრაგნილში მიმღების გავლით დენი გაივლის. ეს დენი, თავის მხრივ, ქმნის მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც პირველად გრაგნილში გამავალი დენის მიერ შექმნილი მაგნიტური ნაკადის საწინააღმდეგოა.

ტრანსფორმატორის ეფექტური მუშაობისათვის საჭიროა, რომ პირველად და მეორეულ გრაგნილებს შორის იყოს იდეალური ინდუქციური კავშირი და თითოეულ მათგანს ჰქონდეს მაღალი თვითინდუქცია. ეს ნიშნავს, რომ მაგნიტური ველის ყველა ძალწირი, რომელიც გარემოცულია პირველადი გრაგნილით, ასევე გარემოცული უნდა იყოს მეორეული გრაგნილითაც. ასე რომ, მოცემული დენის ცვლილების სიჩქარის დროს თითოეული გრაგნილის მიერ შექმნილი მაგნიტური ნაკადი დიდი უნდა იყოს. ორივე ეს პირობა შეიძლება შესრულდეს, თუ ორივე გრაგნილს დავახვევთ რკინის გულარზე ისე, როგორც ეს გააკეთა ფარადეიმ თავის პირველ ექსპერიმენტში. რკინა დაახლოებით 10 000-ჯერ ზრდის მაგნიტური ველის ძალწირების რაოდენობას. ასეთი მასალების შესახებ ამბობენ, რომ მათ აქვთ მაღალი მაგნიტური შეღწევადობა. გარდა ამისა, რკინის გულარი ახდენს მაგნიტური ინდუქციის ძალწირების ლოკალიზებას, რის შედეგადაც ტრანსფორმატორის გრაგნილები სივრცეში შეიძლება ერთმანეთისაგან გაყოფილი იყოს და ამავე დროს ინდუქციურად დაკავშირებული.

რკინის გულარი ყველა თანამედროვე ძალური ტრანსფორმატორის განუყოფელი ნაწილია, ხოლო სპილენძი და ალუმინი, დაბალი ელექტრული წინააღობის გამო, იყო და რჩება გრაფნილების დასამზადებელ მასალად.

იდეალური ტრანსფორმატორის პარამეტრები მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული გულარის თვისებებზე, სახელდობრ, ამ დარგში იქნა მიღწეული ყველაზე დიდი პროგრესი. გულარის დასამზადებელი მასალის მნიშვნელოვანი თვისებაა მაგნიტური შეღწევადობა, მაგნიტური გაჟღენთა, ელექტრული წინააღობა და დანაკარგები ჰისტერეზისზე. მაგნიტური შეღწევადობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც მაგნიტურ ველში მოთავსებულ მასალაში წარმოქმნილი მაგნიტური ძაღწირები. მაგნიტური გაჟღენთა მაგნიტური მასალის მდგომარეობაა, რომლის დროსაც მისი დამაგნიტება ზღვრულ მნიშვნელობას აღწევს. ეს ორი თვისება განსაზღვრავს გულარის ძალურ მახასიათებლებს.

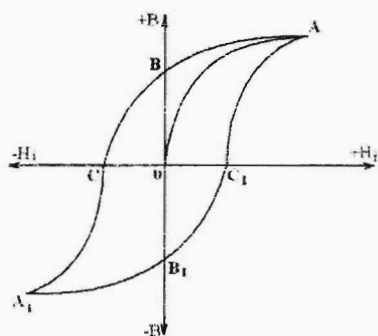
ტრანსფორმატორში ადგილი აქვს ენერგიის დანაკარგებს, რომელთა სიდიდე დამოკიდებულია მის კონსტრუქციის ხარისხსა და „სატრანსფორმატორო რკინის“ მასალაზე (ელექტროტექნიკურ ფოლადზე). დანაკარგები ფოლადში ძირითადად გამოწვეულია გულარის გახურებით, ჰისტერეზისითა და გრიგალური დენებით. ისეთ ტრანსფორმატორში, სადაც „რკინა“ მონოლითურია, დანაკარგები მნიშვნელოვნად მეტია, ვიდრე იმ ტრანსფორმატორში, სადაც გულარი შედგება მრავალი სექციისაგან, რადგან ამ შემთხვევაში მცირდება გრიგალური დენები. პრაქტიკაში მონოლითური გულარები არ გამოიყენება. ტრანსფორმატორის მაგნიტგამტარში დანაკარგების შემცირებისათვის სატრანსფორმატორო ფირფიტები მზადდება სპეციალური ხარისხის სატრანსფორმატორო ფოლადისაგან, რომელსაც სილიციუმში აქვს დამატებული. სილიციუმში ამადლებს რკინის კუთრ წინააღობას ელექტრული დენის მიმართ. ერთმანეთისაგან იზოლაციის მიზნით, ფირფიტები ლაქითაა დაფარული.

გულარის მასალის ელექტრული წინააღობა მნიშვნელოვანია იმდენად, რამდენადაც ის საშუალებას იძლევა შემცირდეს გრიგალური დენებით გამოწვეული დანაკარგები.

ჰისტერეზისი მაგნიტურ მასალებში ამცირებს ტრანსფორმატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტს. „დამაგნიტებელი“ ატომების ჯგუფებს შორის ურთიერთქმედების შედეგად მასალა აგრძელებს დამაგნიტებულ მდგომარეობაში ყოფნას. ამიტომ, როცა გარე მაგნიტური ველის დაძაბულობა ღრვებით მცირდება, მასალა მყისვე რეაგირებს. ამ შეყოვნებას ტრანსფორმატორში ცვლადი დენის ყოველ ციკლში მიყვართ ენერგიის დანაკარგებთან.

ტრანსფორმატორების გულარების სრულყოფის მთელი ისტორიის მანძილზე ჩატარებული საინჟინრო კვლევების ძირითადი მიზანი მაგნიტური შეღწევადობის, გაჟღენთის წერტილისა და ელექტრული წინააღობის ამაღლება და ჰისტერეზისზე დანაკარგების შემცირება იყო. ამ გამოკვლევებში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მრუდი, რომელიც გრაფიკულად აღწერს დამოკიდებულებას დასამაგნიტებელი მასალის ისეთ თვისებებს შორის, როგორიცაა მაგნიტური შეღწევადობა, მაგნიტური გაჟღენთა და ჰისტერეზისი. ეს მრუდი გამოსახულია მაგნიტური ველის ინდუქციასა და დაძაბულობას შორის დამოკიდებულების გრაფიკზე. ცვლადი დენის თითოეული ციკლის დამახასიათებელ მრუდს აქვს S-ებრი ფორმა შევიწროებული ბოლოებით (ნახ.3.2). მისი დახრის კუთხე შეესაბამება მაგნიტური შეღწევადობის სიდიდეს; ის ზედა წერტილი (A), რომელშიც მრუდი სწორდება შეესაბამება გაჟღენთის წერტილს, ხოლო $ABCA_1B_1C_1A$ მრუდით შემოსაზღვრული ფართობი – ჰისტერეზისს.

მკვლევარებს მუდამ აინტერესებდათ, როგორ მიეკუთვნება ეს თვისებები მასალის ფიზიკურ თვისებებს. თითოეული თვისება დამოკიდებულია ელემენტარულ მაგნიტებს – ატომებს შორის ურთიერთქმედების ხასიათზე. ეს ურთიერთქმედება განისაზღვრება რკინის კრისტალური სტრუქტურისა და სხვა ელემენტების – მინაერთების ატომების არსებობით. ამ რთული ურთიერთქმედების შესახებ მეცნიერებას მაგნიტური დომენების თეორია ეწოდება. ეს თეორია მეცნიერებს ეხმარება ტრანსფორმატორებისათვის მოძიებულ იქნეს უფრო სრულყოფილი მასალები.



ნახ.3.2. პისტერეზის მარყუვი

ფოლადისაგან დამზადებული თხელი ფირფიტები, რომლისგანაც შედგებოდა პირველი ტრანსფორმატორების გულარები, ხასიათდებოდა პისტერეზისზე მნიშვნელოვანი დანაკარგებით. შემდგომში დანაკარგებმა თანდათან იწყეს შემცირება ფოლადის ხარისხის დაწვრილებითი შერჩევის ხარჯზე და 1900 წლისათვის შესაძლებელი გახდა დანაკარგების ორჯერ შემცირება. შემდეგ დადგა მასალის დაძველებასთან

დაკავშირებული პრობლემა. ექსპლუატაციის ვადის ზრდასთან ერთად იზრდება დანაკარგები პისტერეზისზე.

1900 წლიდან გულარის მასალის მუშა მახასიათებლები მეცნიერული კვლევების შედეგად მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა.

ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის ელემენტები, რომლებშიც გადის ელექტრული დენი (გრაგნილები, გამომყვანები და სხვა) და რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებულია განსაზღვრული სქემით, ქმნის ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის ჩამოყალიბებული ნაწილები-საგან იზოლირებულ ელექტრულ წრედს. საიზოლაციო დეტალები შესრულებულია სხვადასხვა სახის მყარი საიზოლაციო მასალები-საგან: მუყაოს, ქაღალდის, ხის, გეტინაქსისა და სხვა. ზეთის ტრანსფორმატორებში ჩასხმულია სატრანსფორმატორო ზეთი.

მაგნიტგამტარი მასზე ჩამოცმულ გრაგნილებთან ერთად ტრანსფორმატორის აქტიური ნაწილია, ხოლო დანარჩენი ელემენტები – პასიური ნაწილი. გრაგნილების სხვადასხვა ნაწილის შეერთება ერთმანეთთან და გადამრთველებთან ხდება გამომყვანების საშუალებით.

ძალური ტრანსფორმატორის აქტიური ნაწილი მოთავსებულია ავზში, რომელიც ავსებულია ზეთით. ავზის კედელზე დამაგრებულია ზეთის მაცივებელი რადიატორები.

ტრანსფორმატორების გრაგნილების ქსელზე მისაერთებლად გამოყენებულია შემყვანები, რომლებიც შედგება დენგამტარი ნაწილებისაგან (ღეროები ან მილები), ფაიფურის საფარისა და საყ-

რდენი მილტუჩასაგან. შემყვანები მაგრდება ავზის სახურავზე ან კედელზე. ამ დროს მისი ქვედა ნაწილი მოთავსებულია ავზის შიგნით – ზეთში, ხოლო ზედა ნაწილი ავზის გარეთ ჰაერში. ზეთით ავსებულ შემყვანებს აქვს საკუთარი ზეთის ავტონომიური მოცულობა.

გრაგნილები იზოლირებულია როგორც ერთმანეთისაგან, ისე გულარისაგან. უფრო მაღალი ძაბვის გრაგნილს ეწოდება მაღალი ძაბვის (მძ) გრაგნილი, ხოლო უფრო დაბალი ძაბვის გრაგნილს – დაბალი ძაბვის (დძ) გრაგნილი.

ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის ხვიათა რიცხვის შეფარდებას მეორეული გრაგნილის ხვიათა რიცხვთან ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ეწოდება. ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი გამოისახება ფორმულით:

$$K = W_1/W_2,$$

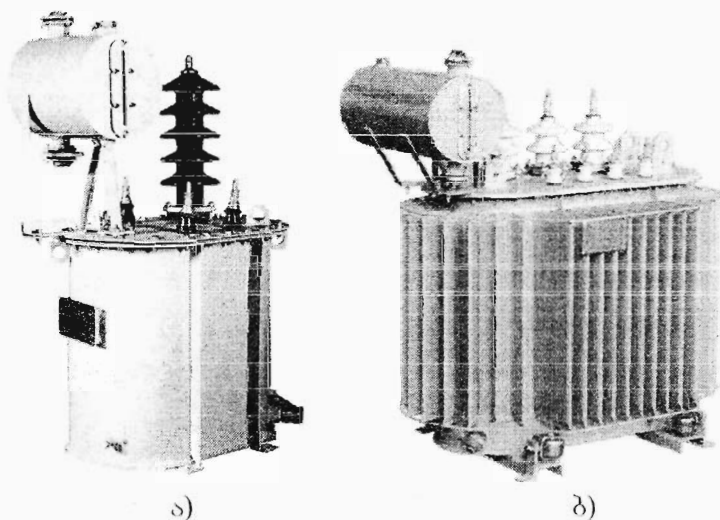
სადაც W_1 პირველადი გრაგნილის ხვიათა რიცხვია, ხოლო W_2 – მეორეული გრაგნილის.

ჩვეულებრივ, პირველადი და მეორეული გრაგნილების ძაბვები სხვადასხვაა. თუ პირველადი ძაბვა ნაკლებია მეორეულზე, მაშინ ტრანსფორმატორს ეწოდება ამამაღლებელი და $K < 1$, თუ მეტია – დამადაბლებელი და $K > 1$. ჩვეულებრივ, ნებისმიერი ტრანსფორმატორი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც ამამაღლებელ, ისე დამადაბლებელ ტრანსფორმატორად. ამამაღლებელი ტრანსფორმატორები გამოიყენება შორ მანძილზე ელექტროენერგიის გადასაცემად, ხოლო დამადაბლებელი – მომხმარებლებს შორის ელექტროენერგიის გასანაწილებლად.

ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციისას იქმნება მისი კოეფიციენტის ცვლილების (ანუ ძაბვის რეგულირების) საჭიროება. ძაბვის რეგულირება ერთი სახის ტრანსფორმატორებში ხდება ქსელიდან გამორთვის შემდეგ, ხოლო სხვა სახის ტრანსფორმატორებში – დატვირთვის ქვეშ.

ერთგაზა ტრანსფორმატორები გამოიყენება საყოფაცხოვრებო ხელსაწყო-დანადგარებში, დენისა და ძაბვის საზომ ტრანსფორმატორებად; ინდუქციური, მაღანთერმული, ფეროსადნობი და სხვა – ელექტროდუმლების კვებისათვის. ძალური ტრანსფორმატორები

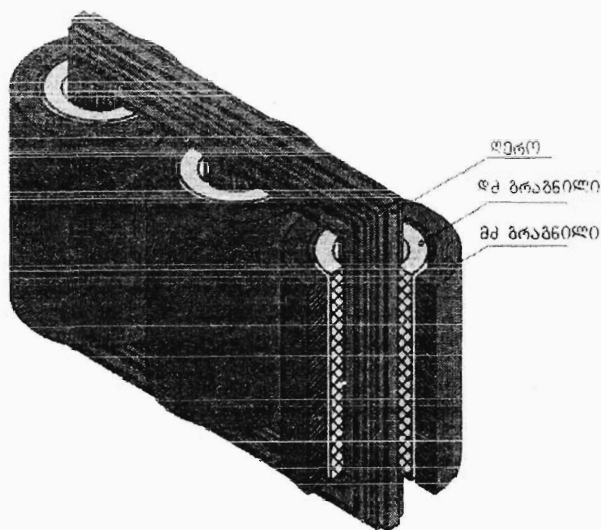
ბუნებრივი ზეთის გაცივებით (ნახ.1.3,ა) გამოიყენება რკინიგზებზე ავტობლოკირებისა და სიგნალიზაციის აპარატურის კვებისათვის. ასეთ ტრანსფორმატორებში გათვალისწინებულია ძაბვის რეგულირება. ერთფაზა ტრანსფორმატორები გამოშვებულია 6, 10, 27 და 35 კვ ძაბვებზე 0,63–10 კვა სიმძლავრით. ზემძლავრი ერთფაზა ტრანსფორმატორებს 750 კვ მაღალ ძაბვამდე აგებენ მსხვილი თბო- და ჰიდროელექტროსადგურებისა და დამადაბლებელი ქვესადგურებისათვის. ამასთან, ელექტროენერგიის გადაცემისათვის არ გამოიყენებენ ერთფაზა ცვლად დენს. ამ მიზნისათვის ფართო გამოყენება პოვა სამფაზა დენმა. ამიტომ, ტრანსფორმატორთა უმეტესობა სამფაზაა.



ნახ.3.3. ერთფაზა (ა) და სამფაზა (ბ) ტრანსფორმატორების გარე ხედი

სამფაზა დენის ტრანსფორმირება შესაძლებელია სამი ერთფაზა ტრანსფორმატორის გამოყენებით. რომელთა პირველადი და მეორეული გრაგნილები სამფაზა სისტემაში შეერთებულია ვარსკელავისებრად (ნახ.3.1,ბ) ან სამკუთხედად. სწორედ ამგვარად შეშაობს მსხვილ ელექტროსადგურებში დაყენებული მძლავრი ერთფაზა ტრანსფორმატორები. ისინი პირველადი გრაგნილებით ჩართულია გენერატორის შესაბამის ფაზებთან; მათი მეორეული გრაგნილები შეერთებულია ვარსკელავისებრად და ჩართულია საბაჟრო გადაცემის ხაზის შესაბამის ფაზებთან. უმრავლეს შემთხვევაში

სამფაზა ტრანსფორმატორი წარმოდგენილია ერთ მთლიანობაში (ნახ.3.3,ბ). ასეთი ტრანსფორმატორის მაგნიტგამტარი შედგება სამი ღეროსაგან, რომლებიც ზემოდან და ქვემოდან ჩაკეტილია უღლე-ბით (ნახ.3.4).

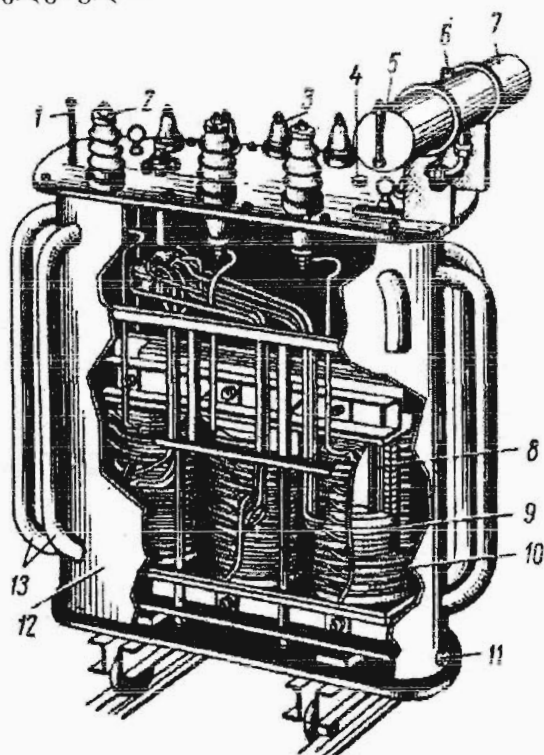


ნახ.3.4. სამფაზა ტრანსფორმატორის გრაგნილების მაგნიტგამტარზე განლაგების სქემა

თითოეულ ღეროზე ჩამოცმულია ერთი პირველადი და ერთი მეორეული გრაგნილი. პირველადი გრაგნილები შეერთებულია ვარსკვლავისებრად ან სამკუთხედად, ასევეა შეერთებული მეორეული გრაგნილები. ღერო გრაგნილებით ერთფაზა ტრანსფორმატორია. ამიტომ, ყველაფერი ის, რაც ზემოთ ითქვა ერთფაზა ტრანსფორმატორზე, მთლიანად ვრცელდება სამფაზა ტრანსფორმატორის თითოეულ ფაზაზე. 3.4 ნახ-ზე ნაჩვენებია სამფაზა ტრანსფორმატორის გრაგნილების მაგნიტგამტარზე განლაგების სქემა, ხოლო 3.5 ნახ-ზე - სამფაზა ტრანსფორმატორის მოწყობილობა.

სამფაზა ტრანსფორმატორის თითოეული ღეროს პირველად გრაგნილში გამავალი დენის მიერ აღიძვრება მაგნიტური ნაკადი. თითოეული პირველადი გრაგნილი მიეკუთვნება სამფაზა სისტემის ერთ რომელიმე ფაზას, ამიტომ გრაგნილებში გამავალი დენი, ისევე, როგორც მოდებული ძაბვები, სამფაზაა და, აქედან გამომ-

დინარე, მაგნიტური ნაკადებიც სამფაზაა, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ წანაცვლებულია 120° -ით.



ნახ.3.5. სამფაზა ტრანსფორმატორის მოწყობილობა: 1 – თერმომეტრი; 2 – მაღალი ძაბვის გრაგნილის შემყვანი; 3 – დაბალი ძაბვის გრაგნილის შემყვანი; 4 – ავზში ზეთის ჩასასხმელის საცობი; 5 – ზეთის მაჩვენებელი; 6 – საფართოებელში ზეთის ჩასასხმელის საცობი; 7 – საფართოებელი; 8 – მაგნიტგამტარი; 9 – დაბალი ძაბვის გრაგნილი; 10 – მაღალი ძაბვის გრაგნილი; 11 – ზეთის გამოსაშვები საცობი; 12 – ზეთის ავზი; 13 – ზეთის გასაცივებელი რადიატორები

ზემოთ აღნიშნული მიეკუთვნება სამფაზა ორგრაგნილა ტრანსფორმატორებს, რომელთაც თითოეულ ღეროზე ორი გრაგნილი აქვს – პირველადი და მეორეული. ასეთ ტრანსფორმატორს შეუძლია გარდაქმნას ერთი სიდიდის ძაბვა მეორე სიდიდის ძაბვად. მაგრამ, ბევრ შემთხვევაში, ეს საკმარისი არ არის. ხშირად საჭირო ხდება გვექონდეს ორი მეორეული ძაბვა, მაგალითად, 110/35/10 კვ.

3.2. ტრანსფორმატორის ნომინალური მონაცემები და ტექნიკური მახასიათებლები

ძალური ტრანსფორმატორები ერთმანეთისაგან განსხვავდება ნომინალური სიმძლავრით, ძაბვის კლასით, მუშაობის პირობებითა და რეჟიმებით, კონსტრუქციული შესრულებით.

ტრანსფორმატორის ძირითადი მონაცემები და მახასიათებლები ნაჩვენებია საქარხნო ფირფიტაზე. ფირფიტა დამაგრებულია ტრანსფორმატორის ავზზე. მასზე ნაჩვენებია შემდეგი პარამეტრები: ტრანსფორმატორის ტიპის აღნიშვნა; ფაზათა რიცხვი; სიხშირე, კვ; დაყენების სახე (შიგა თუ გარე); ნომინალური სიმძლავრე, კვა; სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორისათვის თითოეული გრაგნილის სიმძლავრე; გრაგნილების შეერთების სქემა და ჯგუფი; ძაბვა ნომინალურ საფეხურსა და გრაგნილების გამშტოებებზე, კვ; ნომინალური დენი, ა; მოკლედ შეერთვის ძაბვა პროცენტებში; გაცივების ხერხი; მთლიანი ტრანსფორმატორის, ზეთისა და აქტიური ნაწილის მასა, ტონა.

ნომინალური სიმძლავრისა და ძაბვის კლასის მიხედვით, ძალური ტრანსფორმატორები პირობითად იყოფა 3.1 ცხრილში მოყვანილ ჯგუფებად (გაბარიტებად).

ცხრილი 3.1

ძალური ტრანსფორმატორების სიმძლავრეთა დიაპაზონები და კლასები

გაბარიტის ნომერი	სიმძლავრის დიაპაზონი, კვა	ძაბვის კლასი, კვ
I	100 – მდე	35-მდე
II	100 – 1000	35-მდე
III	1000 – 6300	35-მდე
IV	6300-ზე მეტი	35-მდე
V	40000-ზე მეტი	35 – 110
VI	40000 – 80000	330-მდე
VII	80000 – 200000	330-მდე
VIII	200000-ზე მეტი	330-მდე და ზემოთ

წარმოების მიერ გამოშვებულია ტრანსფორმატორები ცივ და ტროპიკულკლიმატიან რაიონებში სამუშაოდ, გარე და შიგა დაყენების, საერთო და სპეციალური დანიშნულების.

გაცივების მიხედვით, ტრანსფორმატორები არის მშრალი, ზეთიანი და არაწვადი თხევადი დიელექტრიკით.

საერთო დანიშნულების ტრანსფორმატორების ასოით აღნიშვნებში გვხვდება შემდეგი აღნიშვნები: A – ავტოტრანსფორმატორი; O ან T – ერთფაზა ან სამფაზა; P – დაბალი ძაბვის გახლეჩილი გრაგნილით; M – გაცივების სახე: ჰაერის ბუნებრივი გაცივებით ან ზეთის ბუნებრივი ცირკულაციით; ДД – ჰაერის ან ზეთის იძულებითი ცირკულაცია; Л – წყლისა და ზეთის იძულებითი ცირკულაცია; HDД და HL – ზეთის მიმართული დინება ДД და Л სისტემებში; T გაცივების სახის აღნიშვნის შემდეგ – სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი; H – დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულატორით; C – საკუთარი მოხმარების.

ნომინალური სიმძლავრე და ძაბვის კლასი ნაჩვენებია ასოითი აღნიშვნის შემდეგ წილადის სახით, რომლის მრიცხველში ნაჩვენებია ნომინალური სიმძლავრე კილოვოლტამპერებში, ხოლო მნიშვნელში – ძაბვის კლასი კილოვოლტებში.

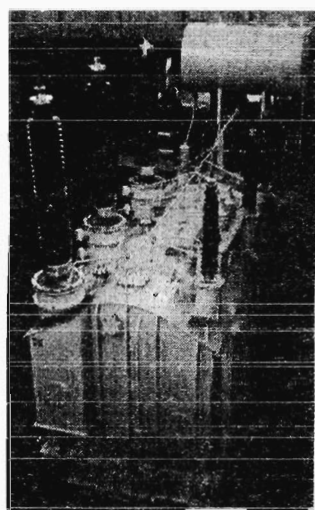
პირობითი აღნიშვნების მაგალითები: TM 1000/1074Y1 – სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი ზეთის ბუნებრივი გაცივებით. ნომინალური სიმძლავრე 1000 კვა, ძაბვის კლასი 10 კვ, 1974 წლის კონსტრუქცია, გარე დაყენების; ТРДНС 25000/3574T1 – სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი დაბალი ძაბვის გახლეჩილი გრაგნილით, ჰაერის იძულებითი ცირკულაციით გაცივებით, ძაბვის დატვირთვის ქვეშ რეგულირებით, ელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარებისათვის, ნომინალური სიმძლავრით 25 მვა, ძაბვის კლასი 35 კვ, 1974 წლის კონსტრუქცია, ტროპიკული შესრულებით, გარე დაყენების.

3.3. ავტოტრანსფორმატორები

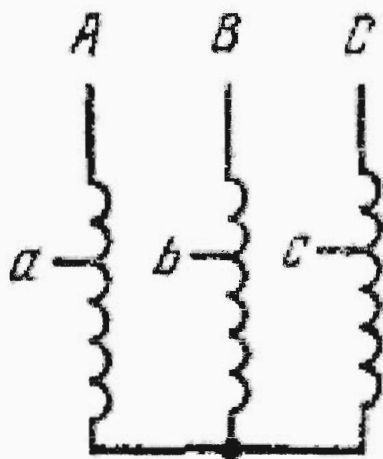
ავტოტრანსფორმატორები ქვესადგურების ძალური დანადგარებია, რომელთა დანიშნულებაა ქსელში ძაბვის დონის ცვლილება.

ავტოტრანსფორმატორი ტრანსფორმატორის სახეა, რომელშიც პირველადი და მეორეული გრაგნილები პირდაპირ არის შე-

ერთებული და ერთმანეთთან აქვს არა მარტო ელექტრომაგნიტური, არამედ ელექტრული კავშირიც და ელექტრული ენერგიის გადაცემა პირველადი წრედიდან მეორეულზე ხდება როგორც მაგნიტური ველით, ასევე ელექტრული გზითაც. ავტოტრანსფორმატორის გრაგნილს აქვს რამდენიმე გამომყვანი (მინიმუმ 3), რომელთა მეშვეობით მიიღება სხვადასხვა სიდიდის ძაბვები. ავტოტრანსფორმატორის უპირატესობა მაღალი მქ კოეფიციენტი, რადგან სიმძლავრის მხოლოდ ნაწილი ექვემდებარება გარდაქმნას – ეს არსებითად მნიშვნელოვანია, როცა შეშავალი და გამომავალი ძაბვები ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდება. მათი უარყოფითი მხარეა პირველად და მეორეულ წრედებს შორის ელექტრული იზოლაციის არარსებობა. სამრეწველო ქსელებში, სადაც ჩამოწებული ნულოვანი სადენის არსებობა აუცილებელია, ამ ფაქტორს მნიშვნელობა არა აქვს, მაგრამ მნიშვნელოვანია, რომ ნაკლებია ფოლადის ხარჯი გულარისათვის, სპილენძის ხარჯი გრაგნილებისათვის, მცირე წონა და გაბარიტები, დაბალი ღირებულება. განსაკუთრებით ეფექტურია ავტოტრანსფორმატორის გამოყენება იმ შემთხვევაში, როცა მეორეული ძაბვა დიდად არ განსხვავდება პირველადისაგან.



ა)



ბ)

ნახ.36. ავტოტრანსფორმატორის საერთო ხედი (ა) და პრინციპული სქემა (ბ)

ექსპლუატაციაში ფართო გამოყენება პოვა ავტოტრანსფორმატორებმა 220 კვ და ზემოთ ძაბვაზე (ნახ.3.6,ა). ისინი ძირითადად, როგორც წესი, სამგრაგნილიანი მზადდება, რომელთაც გარდა ელექტრულად შეერთებული გრაგნილისა, აქვს მაგნიტურად შეერთებული გრაგნილიც. ჩვეულებრივ, ეს გრაგნილი დაბალი ძაბვისაა, რომელთანაც შეიძლება მიერთებულ იქნეს გენერატორი (ელექტროსადგურებში), სინქრონული კომპენსატორი (ქვესადგურებში) ან შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ადგილობრივი მომხმარებლების კვებისათვის 35 კვ ძაბვამდე. 3.6,ბ ნახ-ზე მოცემულია სამფაზა ავტოტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა. ქსელიდან კვება მიეწოდება A, B, C შემყვანებზე, ხოლო დაბალი ძაბვა მოიხსნება a, b, c გამომყვანებიდან. სამფაზა ავტოტრანსფორმატორებში გამოიყენება მხოლოდ გრაგნილების ეარსკვლავისებრი შეერთება.

3.4. ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების სქემები და ჯგუფები

გრაგნილების შეერთების სქემები. სამფაზა ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს გრაგნილების შეერთების სქემებისა და ჯგუფების ცნებებს.

არსებობს სამფაზა ტრანსფორმატორის თითოეული მხარის ფაზური გრაგნილების შეერთების სამი ძირითადი ხერხი:

1. ეარსკვლავისებრი შეერთება (პირობითი აღნიშვნა Y), რომლის დროსაც ყველა ფაზის გრაგნილის თითო ბოლო ერთ წერტილშია შეერთებული. ამ წერტილს ნეიტრალური წერტილი ეწოდება.

2. სამკუთხა ანუ დელტა შეერთება (პირობითი აღნიშვნა Δ , D ან Π), რომლის დროსაც ფაზის გრაგნილები მიმდევრობით არის შეერთებული და რგოლს (ან სამკუთხედს) ქმნის.

3. ზიგზაგისებრი შეერთება (პირობითი აღნიშვნა Z).

ტრანსფორმატორის პირველადი, მეორეული და მესამეული მხარეების გრაგნილები შეიძლება შეერთებულ იქნეს ზემომოყვანილი ნებისმიერი ხერხით.

ვარსკვლავისებრი შეერთება ბუნებრივად აირჩევა ყველაზე მაღალი ძაბვების შემთხვევაში, როცა ნეიტრალური წერტილი გამოიყენება ელექტრომომარაგებისათვის. ნებისმიერ შემთხვევაში გადაძაბვებისა და პირდაპირი ჩამიწების თავიდან აცილების მიზნით გათვალისწინებულია ნეიტრალური გამავალი იზოლატორი. უკანასკნელ შემთხვევაში ეკონომიის მიზნით ნეიტრალის იზოლაციის დონე შეიძლება იყოს უფრო დაბალი, ვიდრე გრაგნილის ფაზური ბოლო.

ვარსკვლავად შეერთებულ გრაგნილს ის უპირატესობა აქვს, რომ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის რეგულირების გადართვა შეიძლება გათვალისწინებული იყოს ნეიტრალურ ბოლოზე, სადაც ასევე შეიძლება განლაგდეს ხვიათა რიცხვის გადამრთველი.

ვარსკვლავისებრი შეერთება გამოიყენება ტრანსფორმატორის ერთ მხარეზე, მეორე მხარე შეერთებული უნდა იყოს სამკუთხედად, განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, თუ ვარსკვლავისებრი შეერთების ნეიტრალი დაგეგმილია ელექტრომომარაგებისათვის. გრაგნილის სამკუთხა შეერთება უზრუნველყოფს ამპერხეობის ბალანსს ნეიტრალსა და ვარსკვლავისებრი შეერთების თითოეულ ფაზაში გამავალი ნულოვანი თანამიმდევრობის დენისათვის, რაც ნულოვანი თანამიმდევრობისათვის იძლევა სრული წინააღობის მისაღებ სიდიდეს.

გრაგნილების სამკუთხა შეერთების გარეშე ნულოვანი თანამიმდევრობის დენს მივყავართ გულარში ნულოვანი თანამიმდევრობის დენების ველამდე. თუ გულარს აქვს სამი დერო, მაშინ მოცემული ველი უდლიდან უდლამდე მიაღწევს ავხის კედლების განჭოლვით, რაც იწვევს სითბოს გამოყოფას. ჯაფშნიანი ან ხუთდეროიანი გულარის შემთხვევაში, მოცემული ველი შეაღწევს გვერდით დეროებს შორის და ნულოვანი თანამიმდევრობის სრული წინააღობა საგრძნობლად მოიმატებს, რის შედეგადაც მიწასთან გარღვევის შემთხვევაში წარმოქმნილი დენი ისეთი სუსტი იქნება, რომ დამცავი რელე ვერ ამუშავდება.

სამკუთხა შეერთების დროს თითოეულ ფაზურ გრაგნილში გამავალი დენი $\sqrt{3}$ -ჯერ ნაკლებია ფაზაში გამავალ დენზე, მაშინ როცა ვარსკვლავისებრი შეერთებისას თითოეულ ფაზურ გრაგნილში გამავალი ხაზური დენი ტოლია ქსელის ხაზში გამავალი

დენისა. მეორე მხრივ, სამკუთხა შეერთებისას ვარსკვლავისებრი შეერთებისას არსებული ძაბვის სიდიდის შესანარჩუნებლად მოითხოვება ხვიათა სამმაგი რაოდენობა. გრაგნილების სამკუთხა შეერთების გამოყენება მომგებიანია მაღალი ძაბვის ტრანსფორმატორებში, როცა დენის ძალა დიდია, ხოლო ძაბვა შედარებით დაბალი; ასე, მაგალითად, ამამაღლებელი ტრანსფორმატორის დაბალი ძაბვის გრაგნილებში.

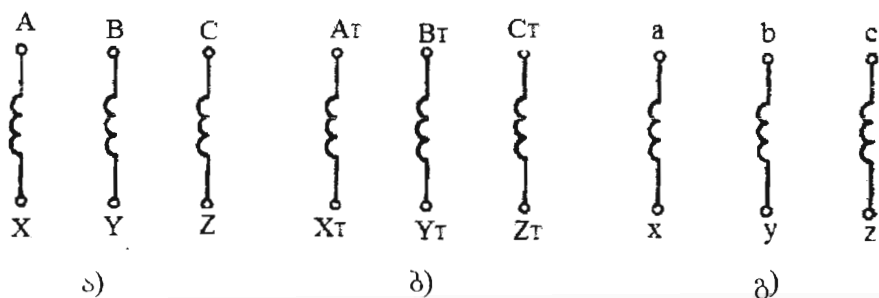
გრაგნილების სამკუთხა შეერთება იძლევა დენის მესამე რიგის ჰარმონიკების სამკუთხედის შიგნით ცირკულირების საშუალებას. დენის მესამე რიგის ჰარმონიკები საჭიროა გულარში მაგნიტური ინდუქციის ნაკადისა და აღძრული ძაბვის სინუსოიდური ფორმის დამახინჯების თავიდან აცილების მიზნით. მესამე რიგის სინუსოიდურ დენებს სამივე ფაზაში აქვს ერთნაირი ხანგრძლივობა. ამ დენებს არ შეუძლია ცირკულირება ვარსკვლავისებრად შეერთებულ გრაგნილებში მანამ, სანამ გრაგნილების ნეიტრალი შეკრული არ იქნება.

დამამაგნიტებელი დენის შედგენილობაში დენის მესამე რიგის ჰარმონიკების ნაკლებობამ შეიძლება მიგვიყვანოს აღძრული ძაბვის ფორმის მნიშვნელოვან დამახინჯებამდე იმ შემთხვევებში, თუ გულარს აქვს 5 დერო ან შესრულებულია ჯავშნიან ვარიანტში. სამკუთხედად შეერთებული ტრანსფორმატორის გრაგნილი ასწორებს მოცემულ დარღვევას, რადგანაც ასეთი გრაგნილი უზრუნველყოფს ჰარმონიული დენების მიღებას.

მანაწილებელი ტრანსფორმატორების მაღალი ძაბვის მხარეზე გრაგნილების სამკუთხა შეერთებისას ნომინალური სიმძლავრის მისაღწევად საჭირო დენი შეიძლება აღმოჩნდეს ძალიან მცირე სიდიდის, ხოლო გრაგნილისათვის საჭირო სადენის კვეთი მეტად მოუხერხებელი. ასეთ შემთხვევაში მაღალი ძაბვის გრაგნილი შეერთებული უნდა იქნეს ვარსკვლავისებრად, ხოლო მეორეული გრაგნილი – ზიგზაგისებრად. ნულოვანი თანამიმდევრობის დენები, რომლებიც ცირკულირებს ზიგზაგისებრი შეერთების ორ განშტოებაში, ერთმანეთს აბალანსებს, დაბალი მხარის ნულოვანი თანამიმდევრობის სრული წინაღობა ძირითადად განისაზღვრება

გრაგნილის ორ განშტოებას შორის არსებული მაგნიტური ველის ფანტვის ნაკადით და ძალიან მცირე სიდიდეა.

სტანდარტებით დადგენილია გრაგნილების, მათი ერთმანეთთან შეერთების სქემებისა და ასოითი აღნიშვნების პირობითი გრაფიკული გამოსახულებანი. მაღალი ძაბვის ფაზური გრაგნილების საწყისები აღინიშნება დიდი ლათინური ასოებით: A, B, C; ხოლო ბოლოები – X, Y, Z ასოებით. ფაზების თანამიმდევრობა A, B, C მიღებულია აითვადოს მარცხნიდან მარჯვნივ, თუ ტრანსფორმატორის შევსედავთ მაღალი ძაბვის გამომყვანების მხრიდან. დაბალი ძაბვის გრაგნილების საწყისები აღინიშნება პატარა ლათინური ასოებით – a, b, c; ხოლო მათი ბოლოები – x, y, z-ით. სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორებისათვის საშუალო ძაბვის გრაგნილის საწყისები აღინიშნება ასოებით A_T , B_T , C_T , ბოლოები – X_T , Y_T , Z_T ასოებით. 3.7 ნახ-ზე მოცემულია გრაგნილების პირობითი გრაფიკული და ასოითი აღნიშვნები.



ნახ.3.7. გრაგნილების პირობითი გრაფიკული და ასოითი აღნიშვნები:

ა – მაღალი; ბ – საშუალო; გ – დაბალი ძაბვის

გრაგნილების შეერთების ჯგუფები. ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების ჯგუფები განისაზღვრება მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ერთსახელა ხაზურ (მაგალითად, E_{AB} და E_{ab} ან E_{BA} და E_{ba}) ემ ძალებს შორის არსებული ფაზათა ძვრით.

გრაგნილების შეერთების სქემებიდან და მათი საწყისებისა და ბოლოების შეერთების რიგიდან გამომდინარე (გრაგნილების დახვევის მიმართულება ერთნაირია), მიიღება გრაგნილების შეერთების სხვადასხვა ჯგუფი.

ჯგუფების (შესაბამისად, ძვრის კუთხის) აღნიშვნისათვის ტრადიციულად გამოიყენება საათის ციფერბლატის მაგალითი. რადგან ძვრის კუთხე იცვლება 0° -დან 360° -მდე და ძვრის ჯერადობა 30° შეადგენს, ამიტომ შეერთების ჯგუფების აღნიშვნისათვის გამოიყენება რიცხვთა რიგი 1-დან 12-მდე, რომელშიც თითოეული ერთეული შეესაბამება 30° -იან ძვრის კუთხეს. ამიტომ, შესაძლებელია მიღებულ იქნეს სამფაზა ტრანსფორმატორების გრაგნილების შეერთების შემდეგი ჯგუფები: 0; 1; 2; 3; . . . 11. ამ ჯგუფებს შეესაბამება ტრანსფორმატორის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ერთსახელა ხაზური ემ ძალების ვექტორებს შორის არსებული ძვრის კუთხეები: 0° ; 30° ; 60° ; 90° ; . . . ; 330° .

ლუწი ჯგუფები (2, 4, 6, 8, 10, 12 ანუ 0) მიიღება იმ შემთხვევაში, თუ მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილები შეერთებულია ერთნაირად – ვარსკვლავისებრად ან სამკუთხედად.

კენტი ჯგუფები (1, 3, 5, 7, 9, 11) მიიღება იმ შემთხვევაში, თუ ერთი ძაბვის გრაგნილები შეერთებულია ვარსკვლავისებრად, ხოლო მეორე – სამკუთხედად.

მაღალი ძაბვის გრაგნილის ხაზური ემ ძალის ვექტორს შეუთავსებენ საათის წუთების ისარს და უძრავად დააყენებენ 12 (0)-ზე. დაბალი ძაბვის გრაგნილის ხაზური ძაბვის ვექტორს შეუთავსებენ საათის ისარს და დააყენებენ საათის ციფერბლატის იმ ციფრზე, რომელიც განსაზღვრავს შეერთების ჯგუფს. ამასთან, ისრებს შორის კუთხე ტოლია ერთსახელა ხაზურ ემ ძალებს შორის არსებული ძვრის კუთხის.

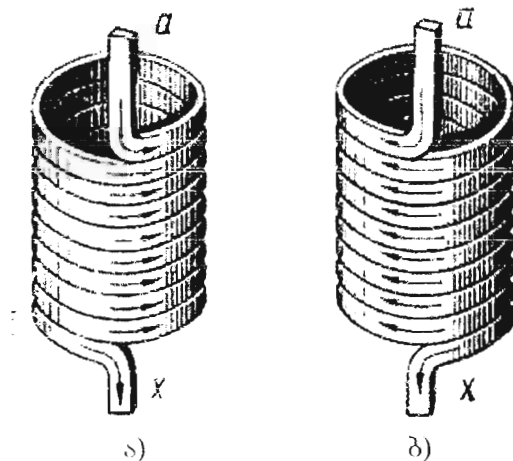
სახელმწიფო სტანდარტი ითვალისწინებს სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორების დამზადებას, რომელთა გრაგნილების შეერთების სქემები და ჯგუფებია: Y/Y_H-0 ; $Y/\Delta-11$; $Y_H/\Delta-11$; Y/Z_H-11 ; Δ/Y_H-11 ; $\Delta/\Delta-0$. პირველი აღნიშვნა შეესაბამება მაღალი ძაბვის, ხოლო მეორე – დაბალი ძაბვის გრაგნილს.

ერთფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი მზადდება 1/1-0 შეერთების სქემითა და ჯგუფით.

3.5. ექსტორული დიაგრამების პრაქტიკული სისტემა

შეერთების სქემებისა და ჯგუფების პრაქტიკული მნიშვნელობა ძალიან დიდია. ორა ან სამი ტრანსფორმატორის პარალელური მუშაობის ერთ-ერთი ძირითადი პირობაა, რომ ისინი მიეკუთვნება გრაგნილების შეერთების ერთსა და იმავე ჯგუფს.

გრაგნილების შეერთების ჯგუფების თეორიაში გამოყენებული ექსტორული აღნიშვნის პრაქტიკული სისტემა მოითხოვს გრაგნილების დახვევის მიმართულების ცოდნას. არსებობს გრაგნილების დახვევის ორი მიმართულება – მარცხენა და მარჯვენა. განსხვავებისათვის საჭიროა შეთანხმება, რა ითვლება გრაგნილების საწყისად. გრაგნილების ტიპებისათვის, მაგალითად, ცილინდრული და ხრახნულისათვის ითვლება, რომ გრაგნილის საწყისი მდებარეობს იქ, სადაც მგრაგნილე პირველ ზეიას აწყობს.



ნახ.3.8. მარცხენა (ა) და მარჯვენა (ბ) დახვევის დაბალი ძაბვის გრაგნილები

თუ ზებისმიერი ტიპის კოჭას (გრაგნილს) დაეხედავთ ზემოდან, საწყისი მხრიდან და ამ დროს გამტარების დახვევის მიმართულება ხაათის ისრის მოძრაობის მიმართულების საწინააღმდეგოა, მაშინ ითვლება, რომ კოჭა მარცხენა დახვევისაა (ნახ.3.8,ა). თუ გამტარების დახვევის მიმართულება ხაათის ისრის მოძრაობის მიმართულების თანხედენილია, მაშინ კოჭა მარჯვენა დახვევისაა.

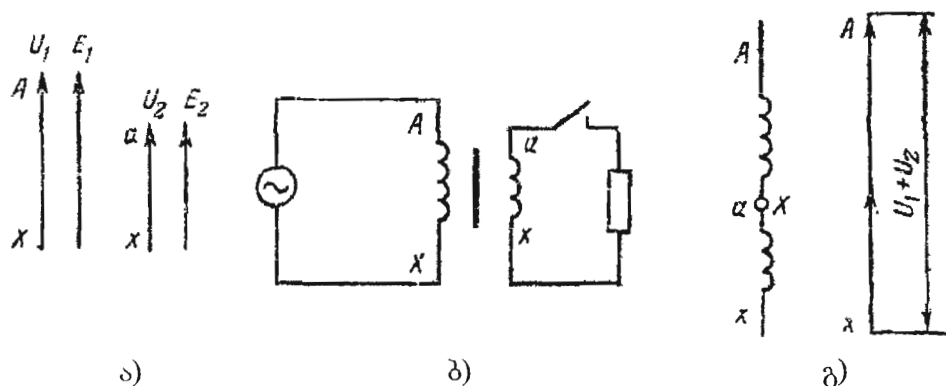
თუ ნებისმიერი ტიპის კოჭაზე, დახვევის მიმართულების 'შეუცვლელად, კვებას მივიყვანთ არა საწყისზე, არამედ ბოლოზე, მაშინ ჩონჩხის ღეროს დამაგნიტება მოხდება უკუმიმართულებით, ვიდრე მაშინ, როცა კვება მიეწოდება კოჭის საწყისს. აქედან გამომდინარე, საწყისის და ბოლოს მარკირების შეცვლა დახვევის მიმართულების საპირისპიროდ შეცვლის იდენტურია. თუ კოჭას ჩამოვაცემეთ ღეროზე ისე, რომ კოჭის საწყისი A აღმოჩნდება ქვემოთ, ხოლო ბოლო X – ზემოთ და ახლა კვებას მივიყვანთ კოჭის ზედა გამოიყვანთან ანუ ჩავთვლით, რომ X არის საწყისი A, მაშინ ღეროს დამაგნიტების მიმართულება უცვლელი დარჩება. ამგვარად, კოჭის გადაბრუნება და იმავედროულად მისი ბოლოების მარკირების შეცვლა არ ცვლის კოჭის დახვევის მიმართულებას.

ვექტორული აღნიშვნების პრაქტიკული სისტემა გამომდინარეობს იქიდან, რომ ცნობილი უნდა იყოს ორივე გრაგნილის დახვევის მიმართულება ერთნაირია თუ სხვადასხვა. აღნიშვნების თეორიული სისტემებისაგან განსხვავებით, პრაქტიკულ სისტემებში ითვლება, რომ პირველადი U_1 და მეორეული U_2 ძაბვებისა და აღძრული E_1 და E_2 ემ ძალების ვექტორებს აქვს ერთნაირი მიმართულება (ნახ.3.9,ა). თუ ჩავთვლით, რომ ორივე გრაგნილს აქვს დახვევის ერთი და იგივე მიმართულება და ვექტორების დადებით მიმართულებას შეესაბამება გრანილების შემოვლის მიმართულება დაწყებული X და, შესაბამისად, x ბოლოებიდან A და a საწყისებისაკენ (ნახ.3.9,ბ).

ამ შემოვლისას ყველა გენერირებული ძაბვისა და ძაბვის გარდნის შეჯამებამ უნდა მოგვცეს X და A წერტილებს შორის ძაბვის ერთი და იგივე მნიშვნელობა (ნახ.3.9,გ). ასეთივე მტკიცება შეიძლება გაკეთდეს მეორეული კონტურისთვისაც.

ერთფაზა ტრანსფორმატორებისათვის ვექტორული აღნიშვნების პრაქტიკულ სისტემას მიყვავართ დასკვნამდე, რომელიც შეიძლება პრაქტიკაში ადვილად შემოწმდეს. თუ გრაგნილების ძაბვებია U_1 და U_2 და, ამასთან, ორივე გრაგნილი ერთნაირად არის დახვეული, მაშინ ვექტორები U_1 და U_2 უნდა იყოს პარალელური და ერთნაირად მიმართული (ნახ.3.9,ა). ორივე გრაგნილის წრედში შე-

მოვლა უნდა ვაწარმოოთ X და, შესაბამისად, x ბოლოებიდან (ნახ.3.9,ბ) ამ შემთხვევაში მიღებულია, რომ ვექტორული დიაგრამა აკებულია დროის იმ მომენტისათვის, როცა A და a წერტილებს აქვს უფრო მაღალი პოტენციალი, ვიდრე X და x წერტილებს. ცხადია, თუ გრაგნილები სხვადასხვაგვარად იქნება დახვეული, მაშინ ასეთი შეერთება მოგვცემს U_1 და U_2 ძაბვების სხვაობას.



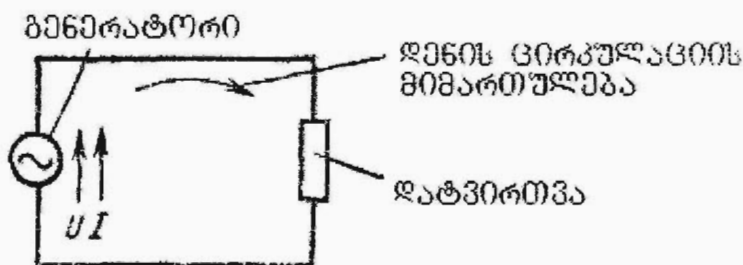
ნახ.3.9. ვექტორული აღნიშვნების პრაქტიკული სისტემა: ა – მაღალი და დაბალი ძაბვების ვექტორები; ბ – ერთფაზა ტრანსფორმატორის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების სქემები; გ – ერთნაირად დახვეული გრაგნილების ძაბვების შეკრება

გარდა ამისა, სამფაზა სისტემებისათვის საჭიროა ერთი და იგივე ფაზის კუთვნილი ვექტორების პარალელური გამოსახვა.

ამგვარად, ვექტორული აღნიშვნების პრაქტიკული სისტემა მოითხოვს არა მხოლოდ დროითი (ამპლიტუდა და ფაზა), არამედ სივრცითი სიდიდეების დაზუსტებას და ძაბვისა და დენის ვექტორების აღნიშვნებს შორის კავშირს. ძაბვის ვექტორისათვის საჭიროა დავადგინოთ, რომელ მახასიათებელ წერტილს აქვს გრაგნილის საწყისსა თუ ბოლოს, დროის პირობითად მოცემულ მომენტში, უფრო მაღალი პოტენციალი და, შესაბამისად, ავირჩიოთ ძაბვის ვექტორის მიმართულება. ელემენტარულ კონტურში საჭიროა დავადგინოთ დენის ცირკულაციის მიმართულება გენერატორისა და დატვირთვის რაღაც პირობითი ურთიერთგანლაგების დროს (ნახ.3.10).

ვექტორული აღნიშვნების პრაქტიკულ სისტემებში პირველადი და მეორეული დენები აღინიშნება პარალელური და ერთნაირად მი-

მართული ვექტორებით, თუ ორივე გრაგნილს აქვს დახვევის ერთი და იგივე მიმართულება და მხედველობაში არ მიიღება დამამაგნიტებელი დენები. დენების ეს მიმართულება ლენცის კანონს შეესაბამება.



ნახ.3.10. კონტურის კანონიკური ფორმა

ტრანსფორმატორებისათვის, როგორც ყველა ინდუქციურად დაკავშირებული წრედისათვის, საჭიროა კიდევ ერთი სივრცითი ნიშანი – მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების დახვევის მიმართულებები.

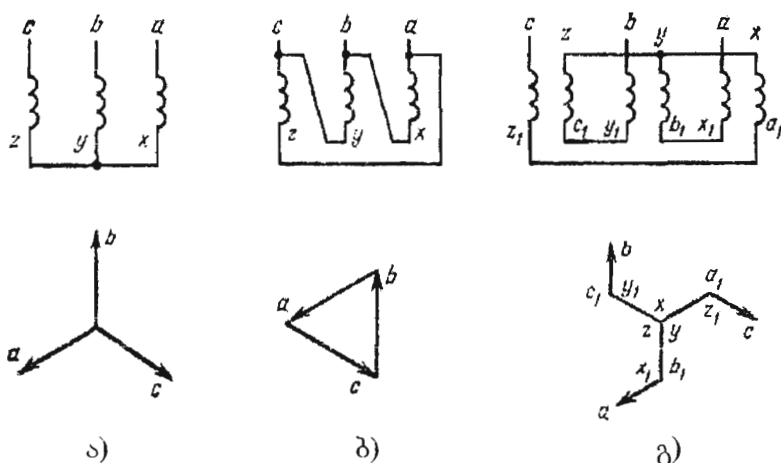
გრაგნილების სქემებისა და ვექტორული დიაგრამების გრაფიკული შესრულების გამარტივების მიზნით მიზანშეწონილია შემოვიტანოთ დამატებით შემდეგი პირობები:

ა. ყველა გრაგნილი აღინიშნება მარტივი რკალებით კოჭის ტიპის, ხვიათა რიცხვის, ფენათა რაოდენობისა და სხვათა მიუხედავად. ყველა მომჭერის აღნიშვნა მოცემულია 3.11 ნახ-ზე. ზიგზაგური სქემისათვის შტოებს შორის არსებული შეერთებების მეტი თვალსაჩინოებისათვის შემოტანილია ცალკეული შტოების საშუალოდ მომჭერების აღნიშვნები: $a_1-x_1, b_1-y_1, c_1-z_1$ (ნახ.3.11,გ).

ბ. ერთნაირად დახვეული გრაგნილები აღინიშნება ერთ მხარეს მიმართული რკალების სისტემით (ნახ.3.12);

გ. სხვადასხვა მიმართულებით დახვეული კოჭების რკალები აღინიშნება სხვადასხვა მხარეს მიმართული რკალების სისტემით. ამ შემთხვევაში შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ მაღალი ძაბვის გრაგნილს აქვს მარჯვენა დახვევა, თუ მას დაეკ-

ვირდებით ზემოდან, A მომჭერიდან. დაბალი ძაბვის გრაგნილს აქვს მარცხენა დახვევა, თუ მას დავაკვირდებით a მომჭერიდან. მოხერხებულობისათვის გრაგნილების საწყისებს განაღებებენ ზემოთ და სხვადასხვასახელიანი გრაგნილების მისაღებად ერთ გრაგნილს დაახვევენ მარჯვენა, ხოლო მეორეს – მარცხენა მიმართულებით. ზიგზაგურ სქემაში უფრო მოსახერხებელია ორივე გრაგნილი დახვეულ იქნეს ერთნაირი მიმართულებით, მაგრამ შიგა შტოებისათვის მათი ქვედა მომჭერები გამოყენებული უნდა იქნეს, როგორც საწყისები (ნახ.3.11,გ).



ნახ.3.11. დაბალი ძაბვის გრაგნილების ძირითადი სქემები და ექვტორული დიაგრამები: ა – ვარსკვლავისებრი შეერთება; ბ – სამკუთხა შეერთება; გ – ზიგზაგური შეერთება

ყველა სქემაში რეკომენდებულია, რომ ფაზათა თანამიმდევრობა დაიხაზოს ისე, რასაც ადგილი აქვს მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილებისათვის, თუ მათ დავაკვირდებით მათი განშტოების მხრიდან. ამის გათვალისწინებით, მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ფაზათა თანამიმდევრობა უნდა იყოს ისეთი, როგორც ეს ნაჩვენებია 3.11,გ ნახ-ზე. ეს პირობა მნიშვნელოვნად აადვილებს მონტაჟის დროს სქემის აწყობის სისწორეს.

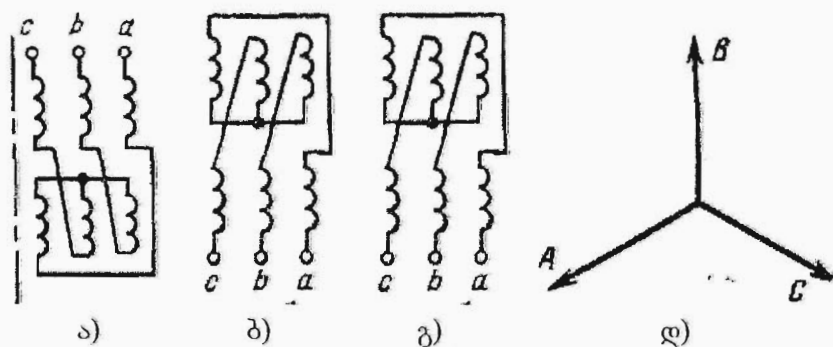
ეს პირობა მნიშვნელოვანია, რადგან შეერთების სქემების შესრულებისას შეცდომების დიდი ალბათობაა. თეორიულ სქემებში

მაღალი და დაბალი ძაბვის გრადნილების ფაზათა თანამიმდევრობა ერთნაირად იყო მიღებული, მაშინ, როცა დაბალი ძაბვის მხარეს ფაზათა თანამიმდევრობა სულ სხვაა, თუ დაბალი ძაბვის გრადნილს შეეხედავთ მისი განშტოების მხრიდან.

ამიტომ, ფაზათა თანამიმდევრობა დაბალი ძაბვის მხარეს სრულდება ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 3.11 ნახ-ზე, რათა სქემა რაც შეიძლება ახლოს იყოს სამონტაჟო შესრულებასთან.

ზიგზაგური შეერთების სქემა (ნახ.3.11,გ) შესრულებულია სამონტაჟო სქემის შესაბამისად, როცა ზიგზაგის ax_1 და xa_1 ორივე შტოს და ა.შ. აქვს დახვევის ერთნაირი მიმართულება და განლაგებულია ღეროს მთელ სიგრძეზე. ეს სქემა ყველაზე მეტად წაავსებს ზიგზაგური შეერთების ფაქტიური შესრულების სქემას.

ყველაზე ხშირად გამოყენებულ ზიგზაგურ სქემებში ცალკეული შტოები განლაგებულია ერთმანეთის ქვეშ ღეროს მთელ სიმაღლეზე (ნახ.3.12), რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს დაბნეულობამდე და გრადნილის ზიგზაგის სქემა პრაქტიკულად სწორად ვერ შევასრულოთ. ზიგზაგის შტოების განლაგება ორი კოჭის სახით ღეროს ნახევარ სიმაღლეზე არ გამოიყენება, რადგან ამ დროს მნიშვნელოვნად იზრდება ფანტვის ნაკადი და დამატებითი დანაკარგები.



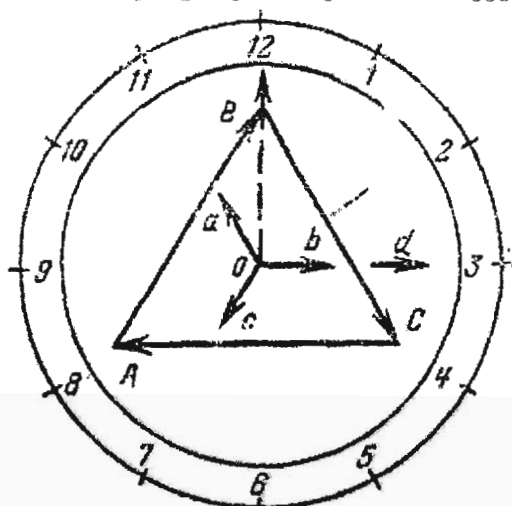
ნახ.3.12. დაბალი ძაბვის ზიგზაგური შეერთების სქემის ვარიანტები

3.6. საათური აღნიშვნა

გრაგნილების შეერთების სქემებიდან გამომდინარე დაბალი და მაღალი ძაბვის ვექტორების სისტემა შეიძლება წანაცვლებული იყოს ერთმანეთის მიმართ.

3.13 ნახ-ზე მოცემულია სამკუთხედის ვარსკვლავზე შეერთების ვექტორული დიაგრამა. მაღალი ძაბვის გრაგნილების სამკუთხა სქემის შეაბამისი ფაზური ძაბვის OB ვექტორი გავლენებულია სისტემის „სიმძიმის ცენტრიდან“, შეთავსებულია საათის წუთების ისართან და დაყენებულია.

დაბალი ძაბვის ob ვექტორი მაღალი ძაბვის ერთსახელა OB ვექტორისაგან წანაცვლებულია რაღაც კუთხით. იმავე კუთხით არის წანაცვლებული სხვა ფაზების შესაბამისი ვექტორებიც.



ნახ.3.13. ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების სქემების საათური აღნიშვნა

შეერთების სქემებისათვის (ვარსკვლავი, სამკუთხედი და ზიგ-ზაგი) ვექტორული აღნიშვნების ერთი სისტემის (a, b, c) მობრუნების კუთხე მეორე სისტემის (A, B, C) მიმართ ყოველთვის 30° -ის ჯერადია. იმავედროულად, საათის ისარი d , რომელიც გავლენებულია ვექტორული სისტემის „სიმძიმის ცენტრიდან“ დაბალი ძაბვის ერთსახელა ვექტორის (მოცემულ შემთხვევაში ob ვექტორის) წვეროს

გავლით, გეიგენებს შეერთების ჯგუფის საათურ აღნიშვნას. 3.14 ნახ-ის თანახმად, შეერთების ჯგუფი შეიძლება ჩაითვალოს 3 სთ-ის ტოლად. ე.ი. ამ შემთხვევაში გვაქვს შეერთების ჯგუფი $\Delta/Y-3$. როგორც საათის ციფერბლატიდან ჩანს, OB და ob ძაბვის ვექტორებს შორის კუთხე 90° -ია. დანარჩენი ვექტორების წვეროებიც A და a, C და c ერთმანეთის მიმართ წანაცვლებულია 90° -ით იმავე მხარეს, როგორც B და b ფაზების ვექტორების წვეროები.

3.13 ნახ-ზე მაღალი ძაბვის გრაგნილისათვის არჩეულია სამკუთხა შეერთება. ერთი სისტემის ვექტორების მეორის მიმართ წანაცვლების საჩვენებლად აღებულია მაღალი ძაბვის სამკუთხედად შეერთებული სქემის არა ხაზური ძაბვის AB ვექტორი, არამედ ამ შეერთების შესაბამისი ფაზური ძაბვის OB ვექტორი.

ტრანსფორმატორის გრაგნილები შეიძლება დახვეული იყოს ერთნაირად ან სხვადასხვაგვარად. ამიტომ, ერთფაზა ტრანსფორმატორებს შეიძლება ჰქონდეს შეერთების ორი ჯგუფი. პირველ შემთხვევაში ერთი მიმართულებით დახვეული გრაგნილებისათვის ითვლება, რომ გრაგნილების შეერთების ჯგუფია 0 და აღინიშნება $1/1 - 0$ -ით, ხოლო სხვადასხვა დახვევის შემთხვევაში შეერთების ჯგუფია 6 და აღინიშნება $1/1 - 6$ -ით. საათური აღნიშვნა (0 და 6) ამ შემთხვევაშიც განისაზღვრება სამფაზა სქემის ანალოგიურად.

საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემებში გამოყენებული ტრანსფორმატორების უდიდესი ნაწილი წარმოებულია ყოფილ საბჭოთა რესპუბლიკებში. ისინი ძირითადად გამოშვებულია ორ ჯგუფად: Y/Y_H-0 და $Y/\Delta-11$, მაგრამ გრაგნილების ბოლოების სისტემის ფაზებთან მიერთების მიხედვით გვხვდება 1, 5, და 7 შეერთების ჯგუფებიც.

სამფაზა ტრანსფორმატორების გრაგნილების სხვადასხვა შეერთების ჯგუფების მაგალითები მოყვანილია 3.14 ნახ-ზე, სადაც წერტილებით აღნიშნულია ერთსახელა მომჭერები. ერთსახელა მომჭერები ისეთი მომჭერებია, რომლებშიც დენების ერთნაირი მიმართულების დროს თვითინდუქციისა და ურთიერთინდუქციის ნაკადები ერთმანეთს ემთხვევა.

გრანულიზის შეერთების ჯგუფები		ტანკების ფორმირება		პირობ. კონტინ
მე	მე	მე	მე	
				$U/U_N = 0$
				$U/U_N = 11$
				$U/U_N = 11$
				$U/U_N = 11$
				$U/U_N = 11$
				$U/U_N = 0$

ნახ.3.14. სამუშაო ტრანსფორმატორის გრანულიზების შეერთების ჯგუფები და მათი ექვტორული დიაგრამები. 1, 4, 5 შემთხვევებში გრანულიზების დახვევა ერთნაირია, ხოლო 2, 3, 6 შემთხვევებში – სხვადასხვა. ისრებით ნაჩვენებია გრანულიზების ემ ძალების მიმართულება

3.7. ტრანსფორმატორის მუშაობის რეჟიმები და მარგი ქმედების კოეფიციენტი

ტრანსფორმატორის მუშაობის სამი რეჟიმი არსებობს: უქმი სვლის, დატვირთვისა და მოკლედ შერთვის რეჟიმები.

1. უქმი სვლის რეჟიმს ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როცა ტრანსფორმატორის მეორეული წრედი გათიშულია, რის შედეგადაც მეორეულ გრაგნილში დენი არ გადის. უქმი სვლის ცდის საფუძველზე შეიძლება განისაზღვროს ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციისა და მარგი ქმედების კოეფიციენტები, ასევე დანაკარგები ფოლადში;

2. დატვირთვის რეჟიმს ადგილი აქვს მაშინ, როცა ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილზე მიერთებულია დატვირთვა. მოცემული რეჟიმი ტრანსფორმატორისათვის ძირითადი მუშა რეჟიმია;

3. მოკლედ შერთვის რეჟიმი მიიღება იმ შემთხვევაში, როცა მეორეული გრაგნილის ბოლოები მოკლედ არის ჩაკეტილი. ამ რეჟიმის დახმარებით განისაზღვრება სასარგებლო სიმძლავრის მიერ ტრანსფორმატორის წრედში არსებული გამტარის გახურებით გამოწვეული დანაკარგები.

ტრანსფორმატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{P_0 + P_1 \cdot n^2}{P_2 \cdot n}},$$

სადაც P_0 ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დანაკარგებია ნომინალური ძაბვის დროს, კვტ; P_1 – დატვირთვის დანაკარგები ნომინალური დენის დროს, კვტ; P_2 – დატვირთვაზე გადაცემული აქტიური სიმძლავრე, კვტ; n – დატვირთვის ფარდობითი კოეფიციენტი (ნომინალური დენის დროს $n=1$).

3.8. ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობა

ტრანსფორმატორების პარალელურად ჩართვა მათი ისეთი შეერთებაა, რომლის დროსაც მაღალი და დაბალი ძაბვის ერთსახელა მომჭერები ჩართულია ქსელის ერთსახელა სადენებთან (საღტეებთან). ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობა მოხერხებული და ეკონომიურია. შეიძლება დავაყენოთ ერთი დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორი, რომლის სიმძლავრე საკმარისი იქნება ნებისმიერი შესაძლო დატვირთვისათვის. მაშინ ეს ტრანსფორმატორი ჩართული უნდა გვექონდეს მთელი დროის განმავლობაში, მიუხედავად იმისა, რომ მთელი სიმძლავრით იმუშავებს მხოლოდ დროის უმნიშვნელო ნაწილში.

ცნობილია, რომ, როგორც არ უნდა იყოს ტრანსფორმატორი დატვირთული, მასში ყოველთვის არსებობს მუდმივი, უქმი სვლის დანაკარგები. უქმი სვლის დანაკარგები სიმძლავრის უსარგებლო დანაკარგებია მაგნიტგამტარში. მომხმარებელი შეიძლება შეეგუოს ამ დანაკარგებს ტრანსფორმატორის სრული დატვირთვის დროს. მაგრამ ნაწილობრივი დატვირთვისას, როცა ტრანსფორმატორი გასცემს მისი სიმძლავრის მხოლოდ ნაწილს, მაშინ უქმი სვლის დანაკარგები მის ექსპლუატაციას ხდის არაეკონომიურს. ამიტომ, უმრავლეს შემთხვევაში, ერთი დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორს ცვლიან ორი ან რამდენიმე ნაკლები სიმძლავრის ტრანსფორმატორით. ტრანსფორმატორებს რთავენ პარალელურად. პარალელურად მუშაობისას მათი მაღალი ძაბვის გრაგნილები მიერთებულია საერთო მკვებაჲ ქსელთან, ხოლო დაბალი ძაბვის გრაგნილები – ელექტროენერგიის მიმღებ ელექტრომომარაგების საერთო ქსელთან, მაგრამ დროის ყოველ მომენტში ძაბვის ქვეშ იმყოფება ტრანსფორმატორების მინიმალურად საჭირო რაოდენობა. თუ დატვირთვა იზრდება, მაშინ დამატებით ჩართავენ ახალ ტრანსფორმატორებს, როცა დატვირთვა მცირდება, მაშინ ტრანსფორმატორების ნაწილს გამორთავენ. ამგვარად, მომუშავე ტრანსფორმატორების რიცხვი ყოველთვის შეესაბამება დატვირთვას.

რადგან ერთი ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დანაკარგები ყოველთვის ნაკლებია, ვიდრე ყველა ტრანსფორმატორის ჯამური

უქმი სვლის დანაკარგები, ამიტომ მათი პარალელურად მუშაობის უპირატესობა ცხადია. უმეტეს შემთხვევაში, ფოლადში დანაკარგების ეკონომია მოკლე დროში გამოისყიდის ტრანსფორმატორების შესაძენად დახარჯულ თანხებს და თავიდან იქნება აცილებული ერთი ტრანსფორმატორის გადატვირთვა და სხვა ტრანსფორმატორის დაუტვირთაობა.

იმისათვის, რომ თავიდან იქნეს აცილებული შეცდომები პარალელური ჩართვისას თითოეული ტრანსფორმატორისათვის, სიმძლავრისა და მაღალი მხარის ძაბვის მიხედვით, სტანდარტებით დადგენილია მოკლედ შერთვის ძაბვის განსაზღვრული მნიშვნელობა. მაგალითად, 10 კვ ძაბვისა და 400 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორებისათვის მოკლედ შერთვის ძაბვა $U_k = 4,5\%$; იგივე სიმძლავრისა და 35 კვ ძაბვის დროს $U_k = 6,5\%$; 2500 კვა სიმძლავრისა და 10 კვ ძაბვის დროს $U_k = 5,5\%$; ხოლო 35 კვ ძაბვის დროს $U_k = 6,5\%$.

პრაქტიკულად სტანდარტით დაშვებულია, პარალელურად ჩართოს ტრანსფორმატორები, რომელთა მოკლედ შერთვის ძაბვები ერთმანეთისაგან განსხვავდება არა უმეტეს $\pm 10\%$.

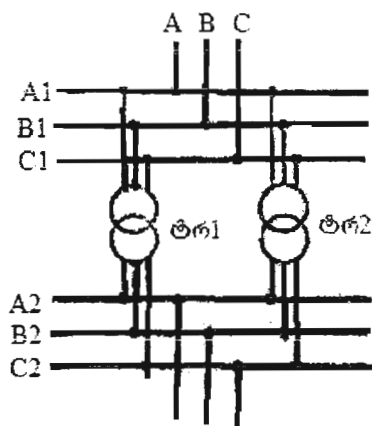
ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობის მესამე პირობა იმაში მდგომარეობს, რომ პარალელურად მომუშავე ყველა ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფი იყოს ერთი და იგივე ანუ, მაღალი ძაბვის ტოლობის შემთხვევაში, საჭიროა მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ხაზური ძაბვების ვექტორებს შორის კუთხეები ერთნაირი იყოს.

პარალელური მუშაობისას ტრანსფორმატორების უკეთ გამოყენების მიზნით, საჭიროა დატვირთვები მათ შორის განაწილებულ იქნეს სიმძლავრეთა პირდაპირპროპორციულად. ეს მიიღწევა გრაგნილების ერთნაირი შეერთების ჯგუფებით, ნომინალური პირველადი და მეორეული ძაბვებისა და მოკლედ შერთვის ძაბვების ტოლობით.

პირველი პირობის დარღვევა იწვევს ტრანსფორმატორის გრაგნილებს შორის დიდ მათანაბრებელ დენებს, რომლებსაც მიეყავართ მათ ზედმეტ გადახურებამდე. ნომინალური პირველადი და მეორეული ძაბვების ტოლობას მიეყავართ ტრანსფორმაციის კოეფი-

ციენტების ტოლობამდე, რომლებიც, დიდი სიდიდის მათანაბრებელი დენების თავიდან აცილების მიზნით, ერთმანეთისაგან არ უნდა განსხვავდებოდეს მათი საშუალო მნიშვნელობის $\pm 5\%$ -ზე მეტად.

3.15 ნახ-ზე მოცემულია სამფაზა ტრანსფორმატორების პარალელურად მუშაობის სქემა.



ნახ.3.15. სამფაზა ტრანსფორმატორების პარალელურად მუშაობის სქემა

ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობისას მათ მოკლედ შერთვის ძაბვების საშუალო მნიშვნელობებს შორის განსხვავება დასაშვებია $\pm 10\%$, რადგანაც ამ სიდიდეებს შორის განსხვავება იწვევს იმ ტრანსფორმატორის გადატვირთვას, რომლის მოკლედ შერთვის ძაბვის მნიშვნელობა ნაკლებია. გარდა ამისა, რეკომენდებულია პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორის სიმძლავრეებს შორის შეფარდება 3:1-ს არ აღემატებოდეს.

პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორების S_1 და S_2 დატვირთვების განაწილება გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$S_1/S_2 = (S_{1\text{ნომ}}/S_{2\text{ნომ}})X(U_{k2}/U_{k1}),$$

სადაც $S_{1\text{ნომ}}$ და $S_{2\text{ნომ}}$ პარალელურად ჩართული ტრანსფორმატორების ნომინალური სიმძლავრეებია, ხოლო U_{k1} და U_{k2} – მათი მოკლედ შერთვის ძაბვები, გამოსახული პროცენტებში.

სხვადასხვა მოკლედ შერთვის ძაბვის მქონე პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორებს შორის დატვირთვის რამდენადმე გადანაწილება ხდება მათი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების ცვლილებით, პირველადი გრაგნილის განშტოებების გადართვის გზით. გადართვები ისე უნდა ვაწარმოთ, რომ დაუტვირთავი ტრანსფორმატორების მეორეული ძაბვა უქმი სვლის დროს მეტი იყოს, ვიდრე გადატვირთვით მომუშავე ტრანსფორმატორებისა. გამონაკლისია სხვადასხვა ტრანსფორმაციის კოეფიციენტისა და მოკლედ შერთვის ძაბვების მქონე ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობა იმ პირობით, რომ არც ერთი ტრანსფორმატორი არ იყოს გადატვირთული დასაშვები ნორმის ზემოთ.

სამუშაო ტრანსფორმატორების პარალელური ჩართვისას საჭიროა მათი ერთსახელა მომჭერები ჩართული იყოს ქსელის ერთსა და იმავე სადენთან. ტრანსფორმატორების ჩართვის წინ ხდება ფაზირება.

3.9. თანამედროვე ძალური ტრანსფორმატორები

ტრანსფორმატორებს, რომლებიც ელექტრულ ქსელებსა და სისტემებში ელექტროენერგიის გადაცემის ელემენტებია, წაყენება მაღალი მოთხოვნები საიმედოობის, საკმარისი დატვირთვისა და გადატვირთვის უნარის ნაწილსა და მუშაობის ხანგრძლივობაში. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ტრანსფორმატორის წარმოების, ექსპლუატაციისა და რემონტის გაიაფება მასალებისა და შრომითი დანახარჯების შემცირების ხარჯზე.

თანამედროვე ტრანსფორმატორების მშენებლობა უწყვეტად იხვეწება. გამოიყენება უფრო მაღალი ხარისხის მასალები, რაც საშუალებას იძლევა შემცირდეს ტრანსფორმატორისა და მისი ცალკეული ნაწილების მასა სიმძლავრისა და საიმედოობის შემცირების გარეშე. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ სატრანსფორმატორო ფოლადი. დღეისათვის ცივად ნაგლინი ფოლადისაგან დამზადებული მაგნიტგამტარი შეიძლება აღვაგზნოთ უფრო ძლიერად, ვიდრე ადრე გამოყენებული ცხლად ნაგლინი ფოლადისაგან დამზადებული. ამიტომ, ერთი და იგივე სიმძლავრის ტრან-

სფორმატორის მასა ცივად ნაგლინი მაგნიტგამტარის შემთხვევაში უფრო მცირეა, ვიდრე ცხლად ნაგლინისას.

ფოლადის ფირფიტების მხურვალმედვეგი იზოლაციით დაფარვა უფრო ნაკლებ მოცულობას იკავებს, ვიდრე ლაქის ფენა, რაც ასევე დადებით ეფექტს იწვევს.

თანამედროვე პირობებში გრაგნილები მზადდება ალუმინისაგან, რომელიც სპილენძზე უფრო იაფია და ნაკლებ დეფიციტური.

უფრო ხშირად გამოიყენება ტრანსფორმატორის ავზი, რაც ზეთის მასას ამცირებს.

ნაკადური მეთოდით ტრანსფორმატორების წარმოება მნიშვნელოვნად ამცირებს შრომით დანახარჯებს.

იაფი ექსპლუატაცია და საიმედოობა – არის ძირითადი მოთხოვნები, რომელიც წაყენება საქალაქო და სასოფლო მანაწილებელ ქსელებში მომუშავე I და II გაბარიტების ტრანსფორმატორებს. ისინი დადგმულია ერთ ან ორტრანსფორმატორიან ქვესადგურებში და ტერიტორიულად ძალიან გაბნეულია. მასზე მომსახურე პერსონალი არ ჰყავთ, დაკვირვება ხორციელდება პერიოდულად. როგორც წესი, ასეთ ქვესადგურებში სარეზერვო ტრანსფორმატორები არ არის. ამიტომ, თითოეულის გამორთვა იწვევს ელექტრომომარაგების შეწყვეტას მნიშვნელოვან ტერიტორიაზე.

სხვადასხვა ატმოსფერულმა მოვლენამ გავლენა არ უნდა მოახდინოს ტრანსფორმატორის მუშაობაზე. ძაბვების რხევებმა, ასევე არასიმეტრიული მუშაობის რეჟიმებმა, რომლებიც ძირითადად განპირობებულია ერთფაზა მომხმარებლებით, არ უნდა დაარღვიოს ტრანსფორმატორის ელექტროდინამიკური მდგრადობა.

დიდი მნიშვნელობა აქვს ტრანსფორმატორების მომსახურების მოხერხებულობას. ტრანსფორმატორები ძირითადად დაყენებულია საყრდენებზე. მიწიდან კარგად უნდა ჩანდეს: ჰაერსაშრობში – სორბენტის ფერი და ზეთის მაჩვენებელში – თერმომეტრის ჩვენება. სეზონში ტრანსფორმატორს ქსელიდან გამორთავენ ერთხელ მაინც და გადამრთველით ახდენენ დაბალი ძაბვის კორექტირებას. ქსელში მუშაობის რეჟიმის ცვლილების დროს ასეთი ოპერაცია რიგგარეშე სრულდება.

ასეთი სამუშაოების შემდეგ, როგორც წესი, უნდა მოხდეს ტრანსფორმატორის დაწვრილებითი დათვალიერება, ზეობის გაკონვის გამოვლენა და აღმოფხვრა, საჭიროების შემთხვევაში სორბენტის შეცვლა, თერმომეტრის სკალის, ზეობის მაჩვენებლის მინისა და რადიატორების მილების გაწმენდა.

ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს დანაკარგების სიდიდეს. რაც უფრო მცირეა ტრანსფორმატორის ერთეულოვანი სიმძლავრე, მით უფრო მეტია დანაკარგები სიმძლავრის ერთეულზე. ამიტომ I და II გაბარიტის ტრანსფორმატორებისათვის, რომლებიც ჩართულია მთელი წლის განმავლობაში, დიდია უქმი სვლის დანაკარგები ანუ დანაკარგებს ფოლადში მოაქვს დიდი ეკონომიური ზარალი და ამცირებს ქსელში ელექტროენერგიის ხარისხს.

3.10. ტრანსფორმატორის გადაძაბვები

ექსპლუატაციის პროცესში ტრანსფორმატორებზე შეიძლება გაჩნდეს ისეთი ძაბვები, რომლებიც აღემატება დასაშვებ მნიშვნელობებს. ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს გადაძაბვებს. მათი ხანგრძლივობის მიხედვით გადაძაბვები იყოფა ორ ჯგუფად: ხანმოკლე და გარდამავალ გადაძაბვებად.

ხანმოკლე გადაძაბვები – სამრეწველო სიხშირის ძაბვები ფარდობითი ხანგრძლივობით, რომელიც ირხევა 1 წამზე ნაკლებიდან რამდენიმე საათის საზღვრებში.

გარდამავალი გადაძაბვები – ხანმოკლე გადაძაბვები რამდენიმე ნაწილიდან რამდენიმე მილიწამამდე საზღვრებში. გარდამავალი გადაძაბვები შეიძლება იყოს რხევითი და არარხევითი. ჩვეულებრივ, აქვს ცალმხრივი მიმართულების მოქმედება.

ტრანსფორმატორზე შეიძლება ერთდროულად იყოს ხანმოკლე და გარდამავალი გადაძაბვების კომბინაცია.

გადაძაბვების წარმოშობა კლასიფიცირდება ორ ძირითად ჯგუფად: გადაძაბვები, რომლებიც გამოწვეულია ატმოსფერული ზემოქმედებით და რომლებიც წარმოშობილია ძალური სისტემის შიგნით.

ატმოსფერული ზემოქმედებით გამოწვეული გადაძაბვები ყველაზე ხშირად აღიძვრება ტრანსფორმატორზე მიერთებული მაღალი ძაბვის გადაცემის ხაზების ახლოს ატმოსფერული განმუხტვისას. ამასთან, ზოგჯერ ატმოსფერულ განმუხტვის იმპულსს შეუძლია დააზიანოს ტრანსფორმატორი ან გადაცემის ხაზი. ძაბვის პიკური სიდიდე დამოკიდებულია ჭექა-ქუხილის დენის იმპულსზე, რომელიც სტატისტიკურ ცვლადს წარმოადგენს. რეგისტრირებულია 100 კა-ზე მეტი ჭექა-ქუხილის დენი. მაღალი ძაბვის გადაცემის ხაზებზე ჩატარებული გაზომვების შედეგების მიხედვით, შემთხვევების 50%-ში ჭექა-ქუხილის იმპულსის პიკური დენის სიდიდე 10–20 კა ფარგლებშია. ზემოქმედების წერტილსა და ტრანსფორმატორს შორის დაშორება გავლენას ახდენს ტრანსფორმატორის დამაზიანებელი იმპულსის ზრდის დროზე. რაც ნაკლებია ეს დაშორება, მით ნაკლებია დრო.

ტრანსფორმატორის ძალური სისტემის შიგნით წარმოშობილი გადაძაბვები მოიცავს როგორც ხანმოკლე, ასევე გარდამავალ გადაძაბვებს, რომლებიც აღიძვრება ექსპლუატაციის პირობების ცვლილების შედეგად. ცვლილება შეიძლება გამოწვეული იყოს კომუტაციის პროცესის დარღვევით. დროებითი გადაძაბვები შეიძლება გამოწვეული იყოს მიწასთან მოკლედ შერთვით, დატვირთვის დაეარდნით ან დაბალსიხშირული რეზონანსის ფენომენით.

გარდამავალი გადაძაბვები აღიძვრება იმ შემთხვევაში, როცა ხდება ტრანსფორმატორების სისტემასთან ხშირი ჩართვა და გამორთვა. ამ სახის გადაძაბვები ასევე შეიძლება აღიძვრას გარე იზოლაციის ანთებისას. რეაქტიული დატვირთვის გადართვისას გარდამავალმა ძაბვამ შეიძლება მიაღწიოს ნომინალურზე 6–7-ჯერ მეტ სიდიდეს.

3.11. ტრანსფორმატორის ძაბვის რეგულირება

ელექტრული ქსელის ძაბვა დატვირთვის მიხედვით იცვლება. ელექტრომიძღების ნორმალური მუშაობისათვის საჭიროა, რომ ძაბვა დასაშვებზე მეტად არ გადაიხაროს სტანდარტული მნიშვნე-

ლობიდან, რის გამოც ქსელში გამოიყენება ძაბვის რეგულირების სხვადასხვა ხერხი. ქვესადგურის სალტებზე ძაბვის რეგულირების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ხერხია ტრანსფორმატორის განშტოებების გადართვა. ამ მიზნით, ტრანსფორმატორის გრაგნილებზე გათვალისწინებულია სარეგულირებელი განშტოებები და მათი სპეციალური გადამრთველები, რომელთა დახმარებით იცვლება მუშაობაში ჩართული ხვიათა რიცხვი, რითაც იზრდება ან მცირდება ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

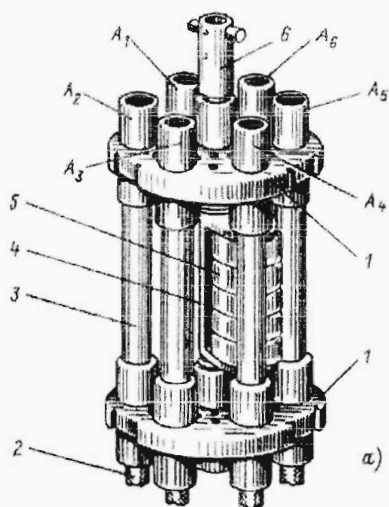
$$K_{\text{მდ-დ}} = U_{\text{მმ}}/U_{\text{დ}} = W_{\text{მმ}}/W_{\text{დ}}$$

სადაც $W_{\text{მმ}}$ და $W_{\text{დ}}$, შესაბამისად, მუშაობაში ჩართული მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ხვიათა რიცხვებია.

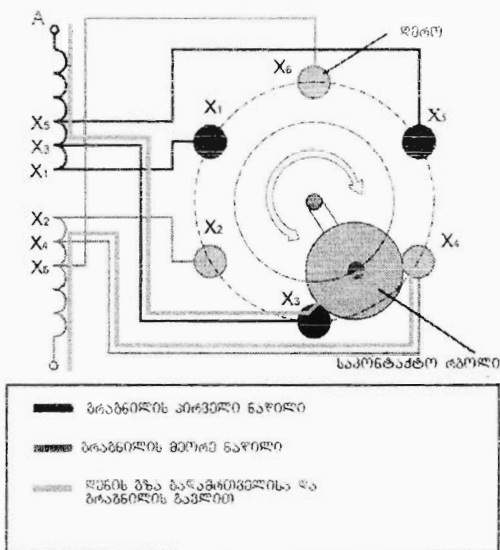
მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილებს შორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის ცვლილება საშუალებას იძლევა დაბალი ძაბვის სალტებზე შენარჩუნებულ იქნეს ძაბვის სიდიდე ნომინალურთან ახლოს, როცა რაიმე მიზეზის გამო პირველადი ან მეორეული ძაბვა ნომინალური სიდიდიდან გადაიხრება.

ხვიათა სექციების გადართვას აწარმოებენ ქსელიდან გამართულ ტრანსფორმატორზე, აგზნების გარეშე გადამრთველი მოწყობილობით ან მუშაობაში მეოფი ტრანსფორმატორის უშუალოდ დატვირთვისას გადამრთველი მოწყობილობით. დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებს აგზნების გარეშე გადამრთველი მოწყობილობის შემთხვევაში აქვს ხუთი განშტოება, ნომინალურთან შედარებით, ძაბვის ოთხი საფეხურის მისაღებად ($\pm 5\%$ U_N). ტრანსფორმატორის ძაბვის კლასიდან, მისი შესრულებისა და რეგულირების საფეხურების რიცხვიდან გამომდინარე, გამოიყენება სხვადასხვა კონსტრუქციის განშტოებების გადამრთველები. ისინი შეიძლება იყოს სამფაზა და ერთფაზა. 3.16, ა ნახ-ზე მოცემულია დოლური ტიპის ერთფაზა გადამრთველი. ერთფაზა გადამრთველი დაყენდება მაღალი ძაბვის გრაგნილის თითოეულ ფაზაზე. მისი საკონტაქტო სისტემა შედგება უძრავი კონტაქტებისაგან – ღრუ დენგამტარი ღეროებისაგან 3 (X_1-X_6 ნახ.3.16,ბ), რომლებიც შეერთებულია გრაგნილების განშტოებებთან 2 და რგოლი 5 მოძრავ კონტაქტებთან, რომლებიც ჩაკეტავს უძრავი კონტაქტების სხვადასხვა წყვილს. საკონტაქტო რგოლი გადაადგილდება მუხლა

ლილვით 4, რომლის ღერძი მაიზოლირებული შტანგის 6 დახმარებით შეერთებულია ტრანსფორმატორის სახურავზე მოთავსებულ ამპრავთან. გადამრთველი დამონტაჟებულია იზოლირებულ საფუძველზე 1.



ა)



ბ)

ნახ.3.16. დოლური ტიპის განშტოებების გადამრთველი (ა) და განშტოებების გადართვის სქემა (ბ), რომლის დროსაც X₃ და X₄ ღეროები შეერთებულია საკონტაქტო რგოლით

განშტოებები ყველაზე ხშირად სრულდება იმ მხარეს, რომელიც ექსპლუატაციის პროცესში ექვემდებარება ძაბვის ცვლილებას. სვეულდებრივ, ეს არის მაღალი ძაბვის მხარე. მაღალი ძაბვის მხარეს განშტოებების გაკეთებას ის უპირატესობა აქვს, რომ ხვიათა დიდი რაოდენობის გამო მათი რაოდენობის $\pm 2,5\%$ და $\pm 5\%$ აღება შეიძლება დიდი სიზუსტით ვაწარმოოთ. გარდა ამისა, მაღალი ძაბვის მხარეს დენის ძალა ნაკლებია და გადამრთველი უფრო კომპაქტური მიიღება.

გადართვა ავზნების გარეშე. გადართვის მოცემული ტიპი გამოიყენება სეზონური გადართვების დროს. იმის გამო, რომ იგი მოითხოვს ტრანსფორმატორის ქსელისგან გამორთვას და მომხმარებელზე ელექტროენერგიის შეწყვეტას, ამიტომ შეუძლებელია

მისი რეგულარულად შესრულება. აგზნების გარეშე გადამრთველი მოწყობილობა საშუალებას იძლევა ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი -5% -დან $+5\%$ -მდე შეიცვალოს. მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებზე გადართვა ორი განშტოებით ხორციელდება, ხოლო საშუალო და დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებზე – ოთხი განშტოებით, თითოეულზე $2,5\%$ -ით.

გამორთული ტრანსფორმატორის გრაგნილების გადართვის დროს გადამრთველი მოწყობილობა უფრო მარტივი და იაფია. ამასთან, გადართვა დაკავშირებულია მომხმარებლებისათვის ელექტროენერგიის შეწყვეტასთან და არ შეიძლება მისი ხშირად წარმოება. ამიტომ, ეს ხერხი უმთავრესად გამოიყენება ქსელურ დამაბლებელ ტრანსფორმატორებში მეორეული ძაბვის კორექციისათვის, დატვირთვის სეზონურ ცვლილებასთან დაკავშირებით.

აგზნების გარეშე ხვიათა რიცხვების გადამრთველები. ამ ტიპის გადამრთველების მოწყობილობა საკმაოდ მარტივია. მისი ამოცანაა არჩეულ გადამრთველთან გრაგნილების ხვიათა რიცხვების შეერთება. როგორც აღვნიშნეთ, იგი გამოიყენება გამორთული ტრანსფორმატორის დროს.

მათი კონტაქტების დაწნევა ხდება ზამბარის საშუალებით, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს ვიბრაცია. თუ გადამრთველი ერთი და იგივე მდგომარეობაში იყო მრავალი წლის განმავლობაში, მაშინ შესაძლებელია, კონტაქტის წერტილში მასალის დაჟანგვის ან დაშლის გამო, კონტაქტის წინაღობა თანდათანობით გაიზარდოს. ამ დროს ხდება გახურება და ნახშირბადის დალექვა, რომელიც კიდევ უფრო ზრდის კონტაქტების წინაღობას და ამცირებს გაცივების ხარისხს. საბოლოოდ დგება უკონტროლო სიტუაცია და შესაძლებელია ტრანსფორმატორი გამორთოს გახურმა დაცვამ ან მოხდეს მოკლედ შერთვა. ამის თავიდან ასაცილებლად, საჭიროა მისი რეგულარული მომსახურება, კონტაქტების ზედაპირის გაწმენდა.

ძაბვის რეგულირება დატვირთვის ქვეშ. გადართვების ეს ტიპი გამოიყენება ოპერატიული გადართვებისათვის, რომელიც დაკავშირებულია დატვირთვის მუდმივ ცვალებადობასთან (მაგალითად, დღისით და ღამით ქსელში დატვირთვა სხვადასხვა). ტრანსფორმატორის ძაბვისა და სიმძლავრის მიხედვით, დატვირთვის ქვეშ

მომუშავე გადამრთველს ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი შეუძლია შეცვალოს $\pm 10\%$ -დან $\pm 16\%$ -მდე. ძაბვის რეგულირება ხორციელდება მაღალი ძაბვის მხარეს, რადგან იქ დენის ძალა ნაკლებია, ხოლო გადამრთველი მოწყობილობა იაფი და მარტივი. რეგულირება წარმოებს როგორც ავტომატურად, ასევე ხელით ან მართვის სადის-პეტჩერო პულტიდან.

დატვირთვის ქვეშ ხვიათა რიცხვის გადამრთველი. დატვირთვის ქვეშ ხვიათა რიცხვის გადამრთველი უჯრედი ან იზოლირებული ცილინდრია კონტაქტების რიგით, რომელთანაც შეერთებულია სარეგულირებელი გრაგნილის ხვიათა რიცხვის გადამრთველი. უჯრედის შიგნით, სარეგულირებელი გრაგნილის განივად, ბიჯურად გადაადგილდება ორი საკონტაქტო ბერკეტი. ორივე ბერკეტი ელექტრულად შეერთებულია კონტაქტორის შემყვან კლემებთან. ერთი ბერკეტი იმყოფება ხვიათა რიცხვის აქტიური გადამრთველის მდგომარეობაში და ატარებს დატვირთვის დენს, ხოლო მეორე ბერკეტი ტვირთის გარეშეა და თავისუფლად გადაადგილდება ხვიათა რიცხვის მეორე გადამრთველისაკენ. გადამრთველი მოწყობილობის კონტაქტები არასდროს არ წყვეტს ელექტრულ დენს და შეიძლება იმყოფებოდეს ტრანსფორმატორის ზეთში. მოწყობილობას, რომელიც ამ გადართვებს ასრულებს კონტაქტორი ეწოდება.

ძაბვის ავტომატური რეგულირება. ხვიათა რიცხვის გადამრთველი დაყენდება იმისათვის, რომ უზრუნველყოს ძაბვის რეგულირება ტრანსფორმატორთან შეერთებულ სისტემებში. არ არის აუცილებელი, რომ ყოველთვის იყოს საჭირო მუდმივი მეორეული ძაბვის შენარჩუნება. გარე წრედმა შეიძლება განიცადოს ძაბვის ვარდნა და ეს ვარდნა უნდა იყოს კომპენსირებული.

ხვიათა რიცხვის გადამრთველის მართვის მოწყობილობა არ არის თვით ხვიათა რიცხვის გადამრთველის ნაწილი. ის მიეკუთვნება სადგურის რელეურ სისტემას. პრინციპში, ხვიათა რიცხვის გადამრთველი მხოლოდ იღებს ბრძანებას – აამაღლოს თუ დაადაბლოს ძაბვა. ამასთან, ერთი და იგივე სადგურის შიგნით სხვადასხვა ტრანსფორმატორს შორის კოორდინაციის ფუნქცია არის ხვიათა რიცხვის გადამრთველის ტექნოლოგიის ნაწილი.

როცა სხვადასხვა ტრანსფორმატორი შეერთებულია პარალელურად, მაშინ მათი ხვიათა რიცხვის გადამრთველმა ორივე ტრანსფორმატორში სინქრონულად უნდა იმოძრაოს. ეს მიიღწევა იმით, რომ ერთს აქვს გრაგნილი, როგორც წამყვანი ტრანსფორმატორი, ხოლო მეორეს, როგორც დაქვემდებარებული.

მიმდევრობით მარეგულირებელი ტრანსფორმატორები. მძლავრი ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის რეგულირებისათვის ზოგჯერ გამოიყენება მარეგულირებელი ტრანსფორმატორები, რომლებიც მიმდევრობით ჩაირთვება ტრანსფორმატორებთან და საშუალებას იძლევა ცვალოს ძაბვა როგორც სიდიდით, ასევე ფაზით. მარეგულირებელი ტრანსფორმატორების სირთულისა და მაღალი ღირებულების გამო, ძაბვის რეგულირების ასეთი ხერხი იშვიათად გამოიყენება.

IV თავი. ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა

4.1. ძალური ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკის ძირითადი მეთოდები

ძალური ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა შეიძლება ვაწარმოოთ რემონტით და რემონტის გარეშე (უწყვეტი დიაგნოსტიკის მეორედ).

ძალური ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა რემონტის დროს წარმოებს ელექტროტექნიკური და ქიმიური გამოცდების მეთოდებით.

აუცილებელი ელექტრული გამოცდების ჩამონათვალში შედის:

- ყველა გრაგნილის იზოლაციის წინააღობის გაზომვა და აბსორბციის კოეფიციენტის განსაზღვრა;
- გრაგნილების იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგებისა და ტევადობის გაზომვა;
- სატრანსფორმატორო ზეთის გამრღვევი ძაბვის განსაზღვრა;
- თხევადი დიელექტრიკის დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსის განსაზღვრა;
- გრაგნილების წინააღობის განსაზღვრა მუდმივი დენის გადამრთველი მოწყობილობის ან აგზნების გარეშე გადამრთველის ყველა განშტოებაზე;
- უქმი სვლის დენისა და დანაკარგების გაზომვა მცირე ერთეულებზე აგზნების დროს;
- 125 მვა და ზემოთ სიმძლავრის ტრანსფორმატორებისათვის მოკლედ შერთვის სრული წინააღობის განსაზღვრა;
- გრაგნილების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა;
- მაღალი ძაბვის შემყვანების იზოლაციის წინააღობის გაზომვა და აბსორბციის კოეფიციენტის განსაზღვრა;
- მაღალი ძაბვის შემყვანების იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგებისა და ტევადობის გაზომვა;
- იზოლაციის გამოცდა 50 კვ სიხშირის აწეული ძაბვით.

დამატებითი ელექტრული გამოცდების ჩამონათვალში შედის:

- ნაწილობრივი განმუხტვის წყაროების განლაგების ადგილისა და დონის განსაზღვრა ელექტრული მეთოდებით და მათი ლოკალიზაცია აკუსტიკური მეთოდით;
- გრაგნილების დეფორმაციის გამოვლენა ტრანსფორმატორის გარდამავალი რეჟიმების ანალიზის გზით; იმპულსური და სიხშირული მახასიათებლების დახმარებით; აწეული ძაბვის დროს ნაწილობრივი განმუხტვების გაზომვით; მოკლედ შერთვის ინდუქციური და სრული წინაღობების, დაბალი ძაბვის იმპულსებისა და მაგნიტური ინდუქციის განსაზღვრის მეთოდით;
- გრაგნილებში ხვიათშორისი მოკლედ შერთვის განსაზღვრა ტრანსფორმატორის გარეშე მაგნიტური ველის გაზომვით;
- ძალური ტრანსფორმატორის ელემენტების ვიბრაციის განსაზღვრა;
- გადამრთველი მოწყობილობის მდგომარეობის შეფასება: წრიული დიაგრამების გადაღება, დატვირთვის ქვეშ გადამრთველის საკონტაქტო სისტემის ოსცილოგრაფირება და სხვა.

აუცილებელი ქიმიური გამოცდების ჩამონათვალში შედის:

- მყარი იზოლაციის სინესტის შეფასება;
- ზეთში გახსნილი აირების ქრომატოგრაფიული ანალიზი;
- თხევადი დიელექტრიკის მჟავური რიცხვის განსაზღვრა;
- თხევადი დიელექტრიკის წყალში ხსნადი მჟავების განსაზღვრა;
- თხევადი დიელექტრიკის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ნესტშემცველობის განსაზღვრა;
- თხევადი დიელექტრიკის აფეთქების ტემპერატურის განსაზღვრა;
- თხევადი დიელექტრიკის ანტიმჟავური მისართის განსაზღვრა (ელექტრომოწყობილობაში ჩასხმამდე);
- თხევადი დიელექტრიკის სისუფთავის კლასის განსაზღვრა;

- თხევად დიელექტრიკში ხსნადი შლამის შემცველობის დადგენა;
- თხევად დიელექტრიკში აირშემცველობის ქარხანა-დამამზადებლის ინსტრუქციასთან შესაბამისობის დადგენა;
- გრაგნილების ქაღალდის იზოლაციის მდგომარეობის პოლიმერიზაციის ხარისხის მიხედვით შეფასება.

დამატებითი ქიმიური გამოცდების ჩამონათვალში შედის:

- სიმღვრივის დადგენა;
- დაჟველების პროდუქტების განსაზღვრა ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის დახმარებით (სპექტრული ანალიზი);
- სხვადასხვა ტემპერატურულ რეჟიმში ძალური ტრანსფორმატორის ავზიდან და მაღალი ძაბვის შემყვანების სიღრუიდან აღებული ზეთის კუთრი მოცულობითი გამტარობისა და დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის გაზომვა.

ძალური ტრანსფორმატორების უწყვეტი კონტროლის მეთოდებს მიეკუთვნება:

- თბოვიზორული;
- ვიბრაციული;
- ტრანსფორმატორის ზეთში გახსნილი აირების შემცველობის განსაზღვრა, სინესტისა და ტემპერატურის კონტროლი;
- აკუსტიკური;
- ნაწილობრივი განმუხტვის;
- ძაბვის ქვეშ გადამრთველის მექანიკური მდგომარეობის სიხშირული მეთოდითა და ამძრავი მოწყობილობის ელექტროძრავის დატვირთვის ან დენის ცვლილებით შეფასება; ძაბვის ქვეშ გადამრთველი მოწყობილობის კონტაქტების ცვეთის შეფასება ავზის ზეთში არატრადიციული აირების კონცენტრაციის გაზომვითა და აგრეთვე ტრანსფორმატორის ძირითად ავზსა და ძაბვის ქვეშ გადამრთველი მოწყობილობის ავზს შორის ტემპერატურის სხვაობის განსაზღვრით;

- ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდების დახმარებით ცხელი წერტილების განსაზღვრა;
- მაღალი ძაბვის შემყვანების მუშა ძაბვის ქვეშ კონტროლი ფაზებს შორის გამტარობისა და დანაკარგების კუთხის შედარების გზით;
- მაგნიტური ველის ინდუქციის გაზომვა ტრანსფორმატორის ავზის გასწვრივ.

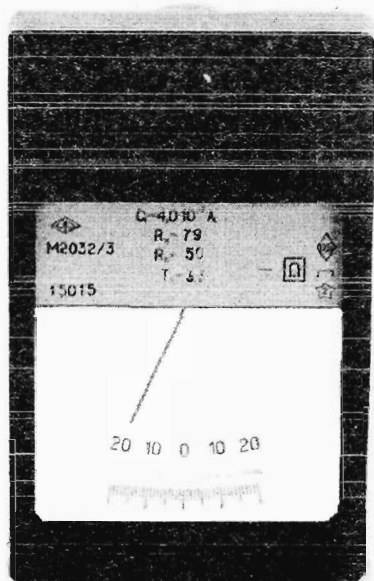
უკანასკნელ ხანებში ინტენსიურად ვითარდება და ინერგება ძალური ტრანსფორმატორების უწყვეტი კონტროლის მეთოდები თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიებისა და ანალიზის მონაცემების ავტომატური შეკრებისა და დამუშავების მეთოდების გამოყენებით. ამ მეთოდების გამოყენება ხორციელდება უშუალოდ ტრანსფორმატორის საზღვრებში განლაგებული სხვადასხვა სახის გადამწოდების დახმარებით.

ქვემოთ განვიხილავთ ტრანსფორმატორის აუცილებელი ელექტრული გამოცდებისა და უწყვეტი კონტროლის ძირითად მეთოდებს. რაც შეეხება ქიმიური გამოცდის მეთოდებს, მათ შესახებ დაწერილებით არის მოყვანილი პროფ. რ. ჩიხლაძის მიერ შედგენილ სახელმძღვანელოში [5].

4.2. ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების ჯგუფების გაღვანომეტრით განსაზღვრა

ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფი ახასიათებს მაღალი, საშუალო და დაბალი ძაბვის ერთსახელა ფაზების ხაზური ძაბვების ვექტორების ძერის კუთხეს. შეერთების ჯგუფის შემოწმებისას შეიძლება გამოვლენილ იქნეს ტრანსფორმატორების შემყვანების არასწორი მარკირება, გრაგნილების განშტოებების გამომყვანებთან არასწორი მიერთება. სამფაზა ტრანსფორმატორებში სამარისია შევამოწმოთ შეერთების ჯგუფი ორ წყვილ გრაგნილს შორის.

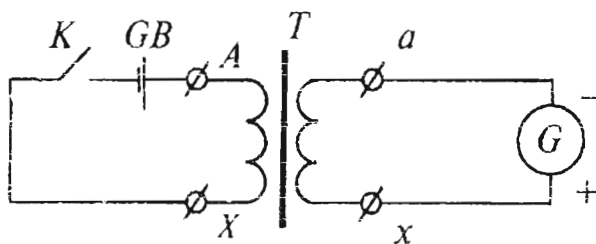
ექსპლუატაციის პირობებში გრაგნილების შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა ხდება მუდმივი დენის მეთოდით, სადაც საკონტროლო ხელსაწყოდ გალვანომეტრია გამოყენებული (ნახ.4.1).



ნახ. 4.1. გალვანომეტრი M2032

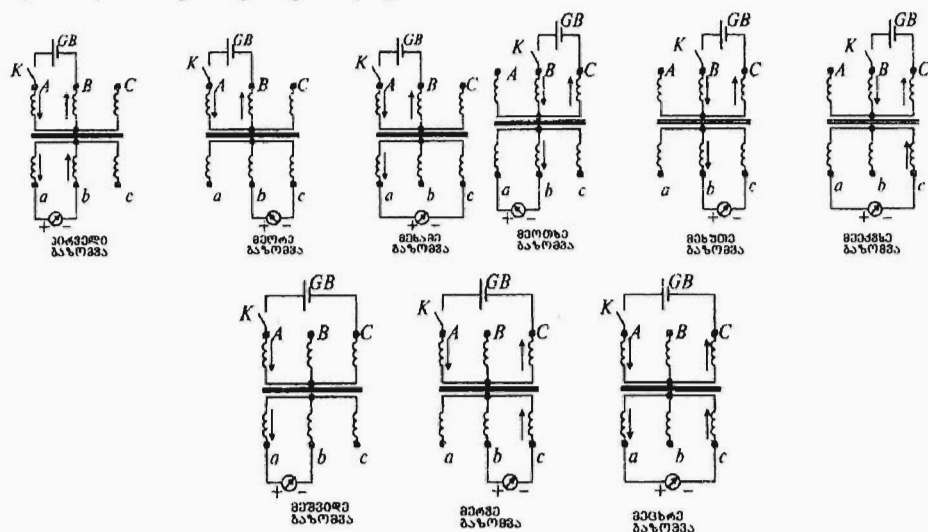
ერთფაზა ტრანსფორმატორის პოლარობის განსაზღვრისათვის მაღალი ძაბვის გრაგნილზე მიეწოდება ხანმოკლე მუდმივი დენი, ხოლო დაბალი ძაბვის გრაგნილზე მიერთებულია გალვანომეტრი. ამასთან, მუდმივი დენის კვების წყაროსა და გალვანომეტრის პლუს მომჭერები მიერთებულია გრაგნილების ერთსახელა ფაზების მომჭერებთან. 4.2 ნახ.ზე ნაჩვენებია კვების წყაროსა და გალვანომეტრის ერთფაზა ტრანსფორმატორის გრაგნილებთან ჩართვის სქემა. თუ ტრანსფორმატორის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილები დახვეულია ერთი მიმართუ-

ლებით, მაშინ მუდმივი დენის წრედის ხანმოკლე ჩართვის შემთხვევაში გალვანომეტრის ისარი გადაიხრება მარჯვნივ, ხოლო გათიშვისას – მარცხნივ. ეს ადასტურებს გრაგნილების ბოლოების სწორ მარკირებას. გალვანომეტრის ისრის მარჯვნივ გადახრა აღინიშნება “ + ” ნიშნით, მარცხნივ გადახრა “ - ” ნიშნით.



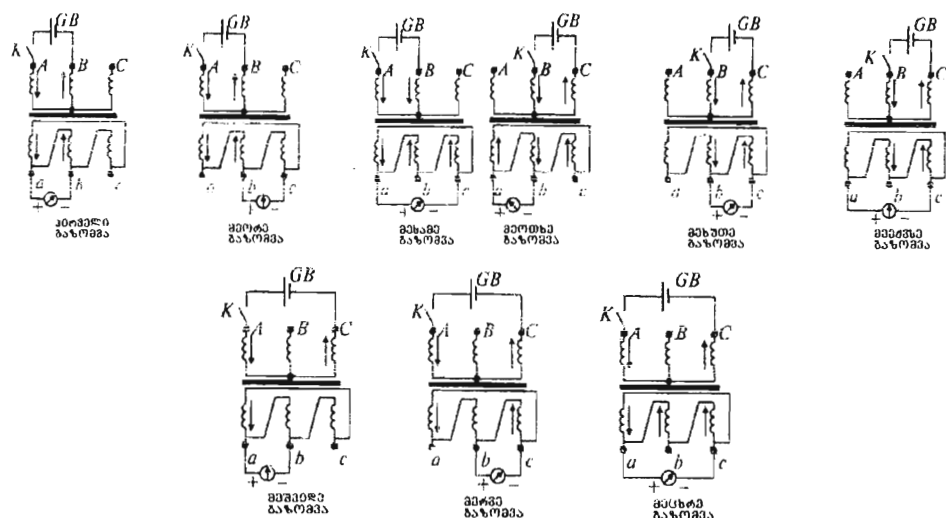
ნახ.4.2. ერთფაზა ძალური ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების განსაზღვრის სქემა: T – ძალური ტრანსფორმატორი; GB – აკუმულატორის ბატარეა; K – ჩამრთველი; G – გალვანომეტრი

სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფების შემოწმებისათვის მუდმივი დენის ძაბვის წყარო მიმდევრობით ჩაირთვება მაღალი ძაბვის AB, BC, AC გრაგნილების ბოლოებთან და შემოწმდება გალვანომეტრის ისრის გადახრა ab, bc, ac ფაზებზე. ამ დროს ტარდება ცხრა გაზომვა. 4.3 ნახ-ზე მოყვანილია სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის შემოწმების სქემები შეერთების ჯგუფისათვის Y/Y-12 (0). ისრის გადახრის “+” და “-” ნიშნები ნაჩვენებია წრედის ჩართვის მომენტში. სამფაზა სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორისა და ავტოტრანსფორმატორების შეერთების ჯგუფების შესამოწმებლად, პირველ რიგში, კვება მიეწოდება მაღალი ძაბვის გრაგნილზე, ხოლო გალვანომეტრის ისრის გადახრა კონტროლდება საშუალო და დაბალი ძაბვის გრაგნილებზე. შემდეგ კვება მიეწოდება საშუალო ძაბვის გრაგნილს, ხოლო გალვანომეტრის ისრის გადახრა კონტროლდება დაბალი ძაბვის გრაგნილზე.



ნახ.4.3. სამფაზა ტრანსფორმატორის Y/Y-12 (0) შეერთების ჯგუფის განსაზღვრა

4.4 ნახ-ზე მოყვანილია ტრანსფორმატორის შეერთების მე-11 ჯგუფის შემოწმების სქემა. ზოგიერთი შემოწმებისას გალვანომეტრის ისრის გადახრა არ ხდება (უჩვენებს 0-ს).



ნახ.4.4. სამფაზა ტრანსფორმატორის Y/Δ- 11 შეერთების
ჯგუფის განსაზღვრა

მუდმივი დენის მეთოდი მარტივია, მაგრამ გაზომვებისას მოითხოვს დიდ ყურადღებას, განსაკუთრებით შეერთების მე-11 ჯგუფის შემოწმებისას, როცა გალვანომეტრის ისარმა უნდა გვიჩვენოს ნულოვანი მდგომარეობა. ზოგჯერ გალვანომეტრის მაღალი მგრძნობიარობის დროს ხელსაწყო ისარი მკაფიოდ არ უჩვენებს ნულოვან მდგომარეობას. ამ შემთხვევაში უნდა შევამციროთ კვების წყაროს ძაბვა. გალვანომეტრის მგრძნობიარობის შესამცირებლად მასთან მიმდევრობით უნდა ჩაერთოთ რეზისტორი, რომლის წინააღობა შეირჩევა კვების წყაროს ძაბვისა და გალვანომეტრის მგრძნობიარობის მიხედვით.

ქვემოთ მოცემული 4.1 ცხრილი (ნ.ი. ბულგაკოვის ცხრილი) გამოიყენება ძალური ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფების განსაზღვრისათვის.

4.1 ცხრილიდან ჩანს, რომ თითოეული ჯგუფი განისაზღვრება ერთი სტრიქონის ან ერთი სვეტის ჩვენებებით ანუ სამი გაზომვის შედეგით. დანარჩენი ექვსი გაზომვის შედეგი ემსახურება გამზომი ხელსაწყოების სწორ მუშაობას.

ძალური ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა

კვება მიყვანილია მომჭერებთან	ტრანსფორმატორის მომჭერებთან მიერთებული ხელსაწყოთა გადახრა								
	ab	bc	ca	ab	bc	ca	ab	bc	ca
	ჯგუფი 12			ჯგუფი 4			ჯგუფი 8		
AB	+	-	-	-	-	+	-	+	-
BC	-	+	-	+	-	-	-	-	+
CA	-	-	+	-	+	-	+	-	-
	ჯგუფი 6			ჯგუფი 10			ჯგუფი 2		
AB	-	+	+	+	+	-	+	-	+
BC	+	-	+	+	+	+	+	+	-
CA	+	+	-	+	-	+	-	+	+
	ჯგუფი 11			ჯგუფი 3			ჯგუფი 7		
AB	+	0	-	0	-	+	-	+	0
BC	-	+	0	+	0	-	0	-	+
CA	0	-	+	-	+	0	+	0	-
	ჯგუფი 1			ჯგუფი 5			ჯგუფი 9		
AB	+	-	0	-	0	+	0	+	-
BC	0	+	-	+	-	0	-	0	+
CA	-	0	+	0	+	-	+	-	0

ყველა შემთხვევაში ნიშნები “+” და “-” დასმულია მაღალი ძაბვის გრაგნილის მხარეს დენის მიწოდების მომენტისათვის. პირველად წრედში დენის გამორთვისას მეორეულში ნიშნები შებრუნებული იქნება.

აღნიშნული მეთოდით შეერთების ჯგუფების განსაზღვრას უარყოფითი მხარეები აქვს. კერძოდ, გაზომვები და გადართვები წარმოებს ხელით; გრაგნილების სხვადასხვა სქემით შეერთებისას მოითხოვება გაზომვის სხვადასხვა სქემა და მიღებული შედეგების შედარება 4.1 ცხრილის მონაცემებთან.

P.S. როგორც ზემოთ განხილულიდან ჩანს, ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა და შესაბამისი ვექტორული დიაგრამების აკება დაკავშირებულია შესაბამისი სამუშაოების დიდი სიზუსტითა და დაკვირვებით ჩატარებასთან, სადაც გამორი-

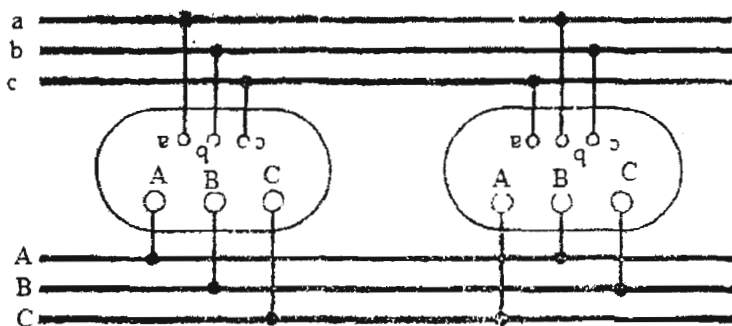
ცხულია უმნიშვნელო შეცდომაც კი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ზოგადი და თეორიული ელექტროტექნიკის (ამჟამად ელექტროტექნიკისა და ენერგეტიკული დანადგარების დიაგნოსტიკის) №16 კათედრაზე პროფესორ ამბერკი აბურჯანიას და ამ სტრიქონების ავტორის, სრული პროფესორის თენგიზ მუსხელიანის მიერ მრავალი წლის განმავლობაში მიმდინარეობდა სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები ინდუქციურად დაკავშირებული წრედების მათემატიკური მოდელების დამუშავებისა ტრანსფორმატორების შეერთების ჯგუფების შესახებ და გამოქვეყნებულ იქნა მრავალი სამეცნიერო ნაშრომი, რომლებშიც დადგინდა, რომ ლიტერატურაში მოყვანილი ტრანსფორმატორის მათემატიკურ მოდელებში ურთიერთინდუქციის ნიშნები, ერთსახელა მომჭერები და ინდუქციებულის ემ ძალების მიმართულებები ნებისმიერად აიღება. ამის გამო, იგნორირებულია ენერგიის შენახვის კანონი და, ზოგიერთ შემთხვევაში, თეორია დაშორებულია პრაქტიკისაგან. დადგენილი იქნა, რომ ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების ჯგუფების განსაზღვრისას აუცილებელია ერთსახელა მომჭერების მონიშვნა მათი ცნების (3.6) გათვალისწინებით (რადგან მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების შესაბამისი A და a, B და b, C და c ბოლოების დასახელებები არ ნიშნავს ერთსახელა მომჭერებს). ინდუქციებულ ემ ძალებს (შესაბამისად, ძაბვებს) ერთსახელა მომჭერების მიმართ აქვს მკაცრად განსაზღვრული უცვლელი მიმართულება. ამის გამო, ჟენევის ელექტროტექნიკოსთა საერთაშორისო კომისიას გაეგზავნა წინადადება, რომ სამფაზა ტრანსფორმატორების წარმოებისას გათვალისწინებული ყოფილიყო მათში მიმდინარე რეალური ფიზიკური პროცესები, დამუშავებულიყო ახალი სტანდარტი, რომლის მიხედვითაც არსებული გრაგნილების შეერთების 12 ჯგუფის ნაცვლად (რომელთაგან ზოგიერთი დაფუძნებულია მცდარ წარმოდგენაზე, რომ ურთიერთინდუქციის ემ ძალა იცვლის თავის მიმართულებას მომჭერის მარკირების შეცვლით) მიღებულიყო რეალური ფიზიკური პროცესების შესაბამისი 4 შეერთების ჯგუფი: $Y/Y-12(0)$; $\Delta/\Delta-0$; $Y/\Delta-11$; $\Delta/Y-11$, რაც ბევრად გაამარტივებდა ტრანსფორმატორების გრაგნილების შეერთების ჯგუფების დადგენისა და მათი ვექტო-

რული დიაგრამების აგების სამუშაოებს. იმის გამო, რომ საქართველო არ არის ამ კომისიის წევრი ქვეყანა, აღნიშნული წინადადების განხილვას ჯერჯერობით უარი ეთქვა.

4.3. ფაზების აღნიშვნის ციკლური გადაადგილება

ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობისათვის გამოყენების შესაძლებლობის გარკვევის მიზნით საჭიროა განხილულ იქნეს სხვადასხვა შემთხვევა: ფაზების მომჭერების განლაგების ცვლილება; საჭიროა განისაზღვროს შეერთების რომელი ჯგუფი მიიღება ფაზების შეერთების რიგითობის ამა თუ იმ დარღვევის შემთხვევაში, რომელსაც ყოველთვის შეიძლება აღვიღოთ ჰქონდეს ტრანსფორმატორების მონტაჟის დროს.

განიხილება ფაზების მომჭერების აღნიშვნის ცვლილების ორი სახე: 1. ციკლური გადაადგილება, როცა ერთდროულად იცვლება სამივე ფაზის მომჭერების აღნიშვნა მაღალი, დაბალი ან ორივე ძაბვის მხარეს; 2. ორი ფაზის გადაადგილება აღნიშვნის სამი შემთხვევისათვის. მხედველობაში გვაქვს ის შემთხვევები, როცა ყველა ზემოთ ნაჩვენები გადაადგილება ხდება ტრანსფორმატორის სახურავზე და არ კეთდება გადართვები ტრანსფორმატორის შიგნით გრაგნილებში.



ნახ. 4.5. ტრანსფორმატორების პარალელურად ჩართვის მაგალითი:

- ა) ქსელის ფაზების სტანდარტული მიერთება ტრანსფორმატორის მომჭერებთან; ბ) ქსელის ფაზების არასტანდარტული მიერთება ტრანსფორმატორის მომჭერებთან

პრაქტიკაში მიღებულია ქსელის ფაზებისა და ტრანსფორმატორის ერთნაირი ასოითი აღნიშვნა (ნახ.4.5,ა), შემდგომში ასოითი აღნიშვნები ყოველთვის მიეკუთვნება ქსელის ფაზებს, ხოლო მათი თანამიმდევრობა ასახავს მომჭერების განლაგებას ტრანსფორმატორის სახურავზე, თუ მას შეეხებათ, შესაბამისად, მაღალი და დაბალი ძაბვის გამომყვანების მხრიდან. ქსელისა და ტრანსფორმატორის ფაზების სტანდარტული განლაგება შემოკლებულად აღინიშნება შემდეგნაირად: ABC – cba.

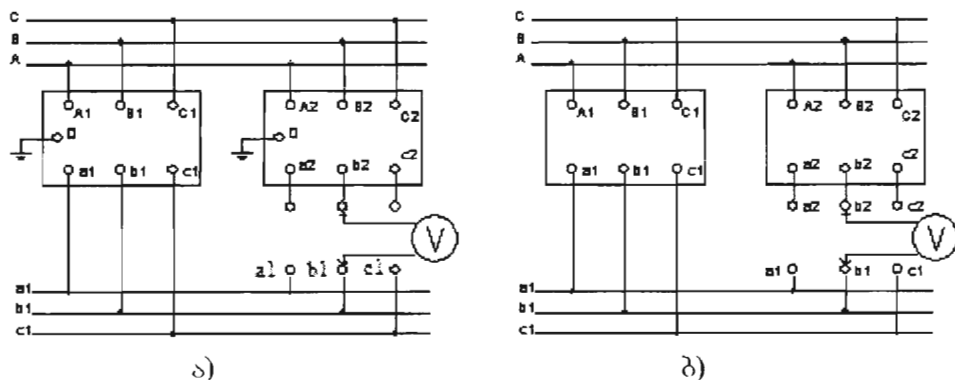
4.5,ბ ნახ-ზე ნაჩვენებია, რომ მაღალი ძაბვის მხარეს გაკეთებულია მომჭერების აღნიშვნის ციკლური გადაადგილება, სადაც ქსელის A ფაზა მიერთებულია შუა მომჭერთან, რომელთანაც ადრე მიერთებული იყო B ფაზა. B ფაზა მიერთებულია მომჭერთან, რომელთანაც ადრე მიერთებული იყო C ფაზა, ხოლო ეს უკანასკნელი მიერთებულია A ფაზასთან. ასეთ ციკლურ გადაადგილებას უწოდებენ გადაადგილებას საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით. 4.5,ბ ნახ-ზე ანალოგიური გადაადგილება გაკეთებულია დაბალი ძაბვის მხარეს. შემოკლებით ასეთი გადაადგილება ჩაიწერება შემდეგნაირად: CAB – bac.

ზოგიერთ შემთხვევებში, უფრო მეტი სიცხადისათვის, გამოყენებულია ტრანსფორმატორის ფაზების დასახელება – მარცხენა, შუა, მარჯვენა, თუ შეეხებათ შესაბამისი ფაზის გამომყვანის მხრიდან. ასე, მაგალითად, 4.5,ბ ნახ-ზე დაბალი ძაბვის მხარეს b ფაზა მიყვანილია მარცხენა მომჭერთან, ხოლო მაღალი ძაბვის მხარეს B ფაზა მიყვანილია მარჯვენა მომჭერთან. აღნიშვნების უფრო თვალსაჩინო სისტემა მიიღება მაშინ, როცა თითოეული ფაზის აღნიშვნისათვის გამოყენებული იქნება ორი ასო. მაღალი ძაბვისათვის პირველი ასო აღნიშნავს ქსელის ფაზას, ხოლო მეორე – ტრანსფორმატორისას. დაბალი ძაბვისათვის პირველი ასო აღნიშნავს ტრანსფორმატორის ფაზას, ხოლო მეორე – ქსელის ფაზას. მაშინ 4.5,ბ ნახ-სათვის მივიღებთ: AB, CA, BC : ac,ba,cb.

4.4. ტრანსფორმატორების ფაზირება პარალელური მუშაობისათვის

ტრანსფორმატორების პარალელურ მუშაობაში ჩართვისათვის წინასწარ წარმოებს მათი ფაზირება. ფაზირება ითვალისწინებს თითოეული ტრანსფორმატორის მეორეული ძაბვების სიმეტრიის შემოწმებას და მომჭერებს შორის ძაბვების გაზომვას.

როგორც წესი, ფაზირება სრულდება ტრანსფორმატორის დაბალ ძაბვაზე. 1000 ვ-მდე ძაბვის გრადნილებზე ფაზირებისათვის გამოყენებული უნდა იქნეს ელექტრომაგნიტური ვოლტმეტრი, რომლის გაზომვის ზღვარი მეტია ორმაგ მეორეულ ხაზურ ძაბვაზე. გაზომვის დროს ჩაკეტილი ელექტრული წრედის მისაღებად ფაზირების გრადნილები წინასწარ უნდა შეეპერთოთ ერთ წერტილში. ჩამიწებულნეიტრალიან გრადნილებში ასეთი წერტილია ნეიტრალის მიწასთან შეერთების წერტილი. იზოლირებული ნეიტრალის შემთხვევაში ფაზირების გრადნილების ნებისმიერ ორ ბოლოს პერეფაზირებით აერთებენ. 4.6 ნახ-ზე მოცემულია პარალელურად ჩართვისათვის ტრანსფორმატორების ფაზირების სქემა.



ნახ.4.6. პარალელურად ჩართვისათვის ტრანსფორმატორების ფაზირების სქემა: ა – ჩამიწებული ნეიტრალის შემთხვევაში; ბ – იზოლირებული ნეიტრალის შემთხვევაში

ჩამიწებული ნეიტრალის შემთხვევაში ფაზირებისას (ნახ.4.6,ა) ჯერ იზომება ძაბვა a_1 გამომყვანსა და a_2 , b_2 , c_2 გამომყვანებს შორის,

შემდეგ b_1 გამოყვანისა და a_2, b_2, c_2 გამოყვანებს შორის და c_1 გამოყვანისა და a_2, b_2, c_2 გამოყვანებს შორის.

იზოლირებული ნეიტრალის შემთხვევაში (ნახ.4.6,ბ) ჯერ $a_2 - a_1$ მომჭერებს ერთმანეთთან ზღუდარით აერთებენ და ზომავენ ძაბვას $b_2 - b_1$ და $c_2 - c_1$ მომჭერებს შორის; შემდეგ ზღუდარით აერთებენ $b_2 - b_1$ მომჭერებს და ძაბვას ზომავენ $a_2 - a_1$ და $c_2 - c_1$ მომჭერებს შორის, ბოლოს ზღუდარით აერთებენ $c_2 - c_1$ მომჭერებს და ძაბვას ზომავენ $a_2 - a_1$ და $b_2 - b_1$ მომჭერებს შორის.

ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობისათვის აერთებენ იმ ბოლოებს, რომელთა შორის ძაბვა არ არის. თუ აღნიშნულ მომჭერებს შორის ძაბვა განსხვავდება ნულისაგან, მაშინ მონტაჟის დროს დაშვებულია შეცდომა და მის გამოსწორებამდე ტრანსფორმატორების პარალელურად ჩართვა არ შეიძლება.

4.5. ტრანსფორმატორის დაზიანების ძირითადი სახეები

ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციისას გამორიცხული არ არის აღიძრას სხვადასხვა სახის დეფექტები, რომლებიც მათ მუშაობაზე სხვადასხვა ხარისხით აისახება. ერთი სახის დეფექტებით ტრანსფორმატორი შეიძლება ხანგრძლივად დარჩეს მუშაობაში, სხვა სახის დეფექტებით საჭიროა მათი დაუყოვნებლივ მუშაობიდან გამოყვანა. თითოეულ შემთხვევაში მუშაობის შემდგომი გაგრძელების შესაძლებლობა განისაზღვრება დაზიანების ხასიათით. პერსონალის არაოპერატიულობასა და უმნიშვნელო დეფექტების გამოსწორებისათვის ზომების უდროო მიღებას მიყვავართ ტრანსფორმატორების ავარიულ გამორთვამდე.

დაზიანების მიზეზი დაკავშირებულია ექსპლუატაციის ცუდ პირობებთან, უხარისხო რემონტსა და მონტაჟთან. მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის ცალკეული ელემენტების ფარული დეფექტები და არასაკმარისი ხარისხის საიზოლაციო მასალები.

4.2 ცხრილში მოყვანილია დაზიანების სახეები და მათი სავარაუდო მიზეზები.

დაზიანების სახეები და სავარაუდო მიზეზები

უწყისიერობის სახე	უწყისიერობის მიზეზი
გადახურება	გადატვირთვა
გადახურება	ზეთის დაბალი დონე
გადახურება	მოკლედ შერთვა
გადახურება	არასაკმარისი გაცივება
გარღვევა	გადატვირთვა
გარღვევა	ზეთის გაჭუჭყიანება
გარღვევა	ზეთის დაბალი დონე
გარღვევა	ხეივების იზოლაციის დაძველება
გაწყვეტა	მირჩილვის ცუდი ხარისხი
გაწყვეტა	მძლავრი ელექტრომექანიკური დეფორმაცია მ.შ.დროს
მომატებული გუგუნი	აწყობილი მაგნიტგამტარის დაწნეხის მოსუსტება
მომატებული გუგუნი	გადატვირთვა
მომატებული გუგუნი	არასიმეტრიული დატვირთვა
მომატებული გუგუნი	მოკლედ შერთვა გრაგნილში

ტრანსფორმატორის ტიპურ დაზიანებად ითვლება იზოლაციის, მაგნიტგამტარების, გადამრთველი მოწყობილობების, განშტოებების, ზეთესებული და ფაიფურის შემყვანების დაზიანებები.

უმეტეს შემთხვევებში, დაზიანება უეცრად არ ხდება, არამედ რაიმე არახელსაყრელი ფაქტორის ხანგრძლივი ზემოქმედებით. წარმოქმნილი დეფექტის დროული გამოვლენა საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნეს ზომები მისი შემდგომი განვითარების აღსაკვეთად და ტრანსფორმატორის მუშაობის უნარის შესანარჩუნებლად.

ძალურ ტრანსფორმატორებში დაზიანების ყველაზე უფრო გავრცელებული სახეა მძლავროლტიანი შემყვანების დაზიანება. 110 კვ და ზემოთ შემყვანების დაზიანება ძირითადად დაკავშირებულია ქაღალდის ფუძის დატენიანებასთან. შემყვანის შიგნით ტენის მოხვედრა შესაძლებელია შემჭიდროების უხარისხო შესრულებასთან, ზეთის დამატებისას დაქვეითებული დიელექტრიკული სიმტკიცის სატრანსფორმატორო ზეთის ჩასხმასთან. ტრანსფორმატორის შემ-

ყვანების დაზიანება განსაკუთრებით საშიშია და იწვევს არა მარტო შემყვანების, არამედ თვით ტრანსფორმატორის მნიშვნელოვან დაზიანებას, რასაც, როგორც წესი, თან ახლავს ხანძარი და მნიშვნელოვანი მატერიალური ზარალი. საექსპლუატაციო პერსონალი ყოველთვის დროულად კერ ამწნეებს დაზიანებებს და, ამის გამო, ვერ ახდენს დაზიანებული შემყვანის გამოცვლას.

დღეისათვის ექსპლუატაციაშია ჰერმეტიკული და არაჰერმეტიკული ზეთესებული შემყვანები და აგრეთვე შემყვანები მყარი იზოლაციით. 330–500 კვ ძაბვის ზეთით შევსებული შემყვანები ძირითადად ზიანდება იზოლაციის ელექტრული გარღვევით, რაც გამოწვეულია არაჰერმეტიკულ კონსტრუქციაში სინესტის შეღწევით და ბაკელიტისა და ქაღალდის იზოლაციის დანესტიანებით. ამიტომ საჭიროა იზოლაციის მდგომარეობის დროული კონტროლი, ზეთის ქრომატოგრაფიული ანალიზი.

არაჰერმეტიკული შესრულების შემყვანები, რომელთაც მოწყობილობის ამუშავების შემდეგ აღენიშნება იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე tგზ და ტევადობის მკვეთრი გაუარესება, დაუყონებლივ უნდა შეიცვალოს.

არაჰერმეტიკული შემყვანების ყველაზე უფრო სუსტ კვანძად ითვლება ზეთიანი ჰიდროსაკეტისა და სილიკაგელიანი ჰაერსაშრობის დახმარებით ზეთის დაცვის სისტემა. ხანგრძლივი ექსპლუატაციის დროს, სილიკაგელის დაგვიანებით გამოცვლის შემთხვევაში, ზეთი ტენიანდება, უარესდება მისი საიზოლაციო მახასიათებლები, რის შედეგადაც ზეთში შეიძლება აღიძრას ნაწილობრივი განმუხტვები. შემდგომში ქაღალდის იზოლაციის ზედაპირზე იწყებს წარმოქმნას ე.წ. “მცოცავი” განმუხტვა: იზოლაციის დაზიანებული ზედაპირის ერთი ან რამდენიმე საწყისი წერტილიდან ცოცავს გაწვის ადგილები, რომლებიც იზოლაციის შესუსტებულ ზედაპირებზე ქმნის რთულ ნახატს. როგორც კი “მცოცავი” განმუხტვა მიუახლოვდება ჩამიწებულ ნაწილს, ხდება იზოლაციის გარღვევა მოკლედ შერთვის აღძვრით.

ზეთის საიზოლაციო მახასიათებლების მნიშვნელოვანი გაუარესების შემთხვევაში გარღვევა შეიძლება მოხდეს “მცოცავი” განმუხტვის წარმოქმნის გარეშეც. ანალოგიური დაზიანება შეიძლება

მოხდეს იმ შემთხვევაშიც, თუ შემყვანის რემონტის დროს ქაღალდის იზოლაცია ცუდადაა გამშრალი.

ჰერმეტიკული შემყვანები ექსპლუატაციაში ნაკლებად შრომატევადი და უფრო საიმედოა, ვიდრე არაჰერმეტიკული. ისინი უმეტესად ზიანდება წნევის აუზების სილფონებში წარმოქმნილი ალუმინის მტვერით. ჰერმეტიკული შემყვანების მდგომარეობა და მუშაობის უნარი განისაზღვრება და კონტროლდება მანომეტრის ჩვენებით, რომელიც მუშაობს ინდიკატორის რეჟიმში. ზეთის წნევის მკვეთრი ამაღლების დროს, რომელიც დაკავშირებული არ არის ტემპერატურის აწევასთან, ტრანსფორმატორი დაუწყონებლივ გამოყვანილი უნდა იქნეს მუშაობიდან და უნდა მოხდეს დეფექტური შემყვანის შეცვლა.

როგორც ჰერმეტიკულ, ასევე არაჰერმეტიკულ შემყვანებში ზედა საკონტაქტო სარტყის დამაგრების ზონაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ჰერმეტიკულობის დარღვევას. დარღვევა შეიძლება მოხდეს ტრანსფორმატორის ყველაზე მაღალ წერტილში მდებარე კვანძის არასწორი აწყობის შედეგად. აღნიშნულ კვანძში ზეთის ჭარბი წნევა, განსაკუთრებით ცივ პერიოდში (საფართოებელში ამ დროს ზეთის დონე მინიმალურია), ნულთან ახლოსაა. როცა ჰერმეტიკულობა დარღვეულია, სინესტე ატმოსფეროდან ზეთში შეაღწევს, რის შედეგად ტრანსფორმატორის იზოლაცია დაირღვევა.

110-150 კვ ძაბვის არაჰერმეტიკულ შემყვანებში 15-20 წლის მუშაობის შემდეგ ცვდება შემჭიდროებები, მათ შორის ზედა კვანძში, რის შედეგადაც სინესტე აღწევს საფართოებელში, აქედან კი ნაწილდება შემყვანის მთელ მოცულობაში, რაც იწვევს იზოლაციისა და ზეთის დანესტიანებას. ზეთესებული შემყვანები ზიანდება აგრეთვე შემყვანის ქვედა ეკრანის ზონაში შუალედური მილისის ახლოს შიგა იზოლაციის გარღვევით.

მოქნილი ხაზური შლეიფის დასაშვებზე მეტად დაჭიმვით გამოწვეული მექანიკური ზემოქმედებისა და მკვეთრად ცვალებადი რთული კლიმატური პირობების გამო, ხდება ჭანჭიკური შეერთებისა და საკონტაქტო კვანძების მოშება და, იმავდროულად, შემყვანის ჰერმეტიკულობის დარღვევა. კონტაქტის კუთხვილის ("რეზბა") მდგომარეობის გაუარესებისა და კოროზიის გაჩენის შედეგად კონ-

ტაქტის ადგილზე იზრდება გარდამავალი წინაღობა, რაც იწვევს ძლიერ გახურებას და ტრანსფორმატორის შემყვანის ზედა ნაწილის ბუნიკიდან გრაგნილის გამომყვანის გამოდნობას. ამ დეფექტის შეუმჩნეველობით ტრანსფორმატორი შეიძლება ძლიერ დაზიანდეს. ამიტომ, პერიოდული დათვალიერებისა და რემონტებისას საჭიროა განსაკუთრებული ყურადღება მიექცეს გრაგნილების გამომყვანების ბუნიკებთან მირჩილვის ხარისხს, გაკონტროლდეს მომჭერების კონტაქტის კუთხვილების მდგომარეობა და დროულად შეიცვალოს რეზინის შემჭიდროებები.

სხვადასხვა მიზეზის გამო, ძირითადად ექსპლუატაციისას, ხდება ფაიფურის საფარის, ზეთის მაჩვენებელი მიწის, მანომეტრისა და სხვათა დაზიანება, წიბოების ჩამოტეხა.

რემონტისა და მონტაჟის დროს ფაიფურის საფარის წანაცვლების თავიდან აცილების მიზნით დაუშვებელია პერსონალის გადაადგილება უშუალოდ საფარის წიბოებზე. ამისათვის უნდა გამოვიყენოთ კიბეები ან სპეციალური ასაწევი მოედნები.

ძველი ზეთვსებული შემყვანების ახლით (ნაკლები ზომებით როგორც სიმაღლით, ასევე დიამეტრით) შეცვლისას საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს მათი სიგრძე და უნდა მოხდეს მათი მორგება (გამომყვანის სიგრძის დამოკლება). თუ ეს არ მოხდება, მაშინ ახალი შემყვანის დაყენების შემდეგ გაჩნდება მარყუჟი, რის გამოც დაირღვევა საიზოლაციო დაშორება, რასაც მიუყვართ ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის ამ უბანზე იზოლაციის გარღვევამდე.

35 კვ ძაბვამდე შემყვანები, როგორც წესი, ზიანდება დაუშვებელი მექანიკური ზემოქმედებით, რაც გამოიხატება ფაიფურის საფარის დაზიანებაში. შედეგად ტრანსფორმატორიდან იწყება ზეთის დინება. ტრანსფორმატორთან გარე საღებების უხეშად შეერთებისას შემყვანის ზედა კონტაქტის სარტის კუთხვილი ნაწილი სწრაფად ცვდება.

ტრანსფორმატორის დაზიანების ასევე გავრცელებული სახეა დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულირების მოწყობილობის დაზიანება. კონტაქტების არასწორი რეგულირების, იშვიათი გადართვების გამო, კონტაქტების ზედაპირებზე გაჩენილი ჟანგულების აფსკების

და კინემატიკურ სქემებში დარღვევების შედეგად ამომრჩევის კონტაქტურ სისტემაში შეიძლება დარღვევები გაჩნდეს.

გადამრთველი მოწყობილობები საკმაოდ რთულია და მოითხოვს დაწვრილებით გაწყობას, შემოწმებასა და სპეციალური გამოცდების ჩატარებას. როგორც ანალიზმა აჩვენა, ძაბვის რეგულირების მოწყობილობის (ძრმ) ყველაზე არასაიმედო ელემენტია ამძრავი. მისი მტყუნებათა მიზეზებია: ამამუშავებლის კონტაქტების მიწებება; მუშტა მექანიზმების დაზიანება; საბოლოო და დამცავი ამომრთველების მტყუნება; სინესტის გამო ამძრავის ელექტროძრავის ხვიების მოკლედ შერთვა; ამძრავი მოწყობილობის ელემენტების არასაკმარისი გათბობა; კონტროლერებში მექანიკური ცვეთის გამო მწყობრიდან გამოდის გორგოლაჭი; ამძრავის სახურავის არასაკმარისი ჰერმეტიულობის დროს ამძრავის აპარატურა და სხვადასხვა შემადგენელი ხუნდები იფარება ჟანგით და მტვერით; ადგილი აქვს ზეთის დინებას მდგომარეობის მაჩვენებლის მინის ქვემოდან და ჭიახრახნის კვანძში; ამომრჩევი კონტაქტების არასაკმარისი დაჭერის გამო ადგილი აქვს წვას.

ამ მოწყობილობის კონტაქტორი შეიძლება დაზიანდეს მისი კონტაქტების სისტემისა და კინემატიკური სქემის არასწორი რეგულირებით, აგრეთვე სატრანსფორმატორო ზეთის დაგვიანებული გამოცვლით. კონტაქტორის დამხმარე და რკალჩამქრობი კონტაქტების ამუშავებას შორის დრო გადართვისას შეადგენს წამის მეათედ ნაწილს. თუ კონტაქტორში ზეთმა დაკარგა თავისი რკალჩამქრობი თვისებები, მაშინ რკალის ქრობის დრო გაიწელება და ტრანსფორმატორის მარეგულირებელი გრაგნილის მეზობელი განშტოებები აღმოჩნდება ერთმანეთთან შეერთებული არა რკალჩამქრობი რეზისტორის გავლით, არამედ ელექტრული რკალით, რასაც მიუყვართ მძიმე ავარიამდე, ტრანსფორმატორის გრაგნილების დეფორმაციამდე.

კონტაქტორის ჭანჭიკების კონსტრუქციული შესრულება და მათი დამაგრების არასაკმარისი სიმტკიცე მნიშვნელოვნად ართულებს მათ რევიზიას და ამიტომ საჭირო ხდება მთელი გადამრთველი მოწყობილობის ამოღება ტრანსფორმატორის ავზიდან.

უფრო მძიმე შედეგებამდე მიყვართ ტრანსფორმატორის მთავარი იზოლაციისა და გრაგნილების დაზიანებას. ცუდად გამომშრალი ელექტრომუყაო ან ხვიათშორისი ქაღალდის იზოლაცია და მათ ფენებს შორის ზომების დაუცველობა, სუსტად დახვეული იზოლაცია, გაჭუჭყიანებული ან დანესტიანებული სატრანსფორმატორო ზეთი იწვევს მყარი იზოლაციის დაზიანებას, “მცოცავი” განმუხტვის წარმოშობასა და შემდგომ გარღვევას.

ტრანსფორმატორის დაზიანებას იწვევს აგრეთვე დარღვევები გაცივების სისტემაში. ეს სისტემა ტრანსფორმატორის მნიშვნელოვანი კვანძია, რომელიც უზრუნველყოფს მოცემულ ტემპერატურულ რეჟიმს. გაცივების სისტემის დაზიანებამ შეიძლება მიგვიყვანოს ქაღალდის იზოლაციისა და ზეთის მნიშვნელოვან თბურ დაძვლებამდე, რაც ამცირებს ტრანსფორმატორის წინაღობას ელექტრული და დინამიკური ზემოქმედებების მიმართ.

გაცივების სისტემის ელემენტების დამახასიათებელი დაზიანებებია: ზეთის დენა და გაჟონვა, რასაც მიყვართ ტრანსფორმატორის გამორთვამდე. ამ დეფექტის გამოვლენის მიზეზი შეიძლება იყოს შედუღების ნაკერების დეფექტები, გაცივების სისტემის ელემენტების მაცივებელი ზედაპირების დეფორმაცია, ზეთის გაცივების სისტემის პერმეტულობის დარღვევა, ვენტილატორის ფრთების დაუშვებელი ვიბრაცია, რომელსაც თან ახლავს ფრთების გატეხა.

გაცივების სისტემის ელექტროტუმბოები ამ სისტემის ნაკლებად საიმედო კვანძია. სუსტად ჩამოცმული საკისარი იწვევს როტორის სტატორთან მოდებას, რის გამოც წარმოიშობა მექანიკური მტვერი და ბურბუშელა, რომელიც მიიტაცება ელექტროტუმბოში გამდინარე ზეთით და ხედება ტრანსფორმატორის ავზში; დაილექება რა იზოლაციაზე, ამცირებს მის ელექტრულ სიმტკიცეს და ხელს უწყობს ტრანსფორმატორის დაზიანებას. ამასთან, აღიძვრება ღერძული დატვირთვა ლილვზე, რაც ხელს უწყობს რადიალურ-საბჯენი საკისრების ცვეთას.

ენერგეტიკული სიმძლავრეების მუდმივ ზრდასთან ერთად იზრდება მოკლედ შერთვის სიმძლავრეები. სიმძლავრეების ზრდისა და აგრეთვე გრაგნილების შესუსტებული დაწნეხისას გრაგნილების ელექტროდინამიკური მდგრადობა გარე მოკლედ შერთული დენების

მიმართ შეიძლება არასაკმარისი აღმოჩნდეს და დეფორმაცია განიცადოს გრაგნილმა, რომელიც მოკლედ შერთვამდე კარგ მდგომარეობაში იმყოფებოდა.

125 მვა და ზემოთ სიმძლავრის ახალი ტიპის ტრანსფორმატორების დიდი უმრავლესობა (და ყველა ძველი ტიპის) შემოწმებული არ არის ელექტროდინამიკურ სიმტკიცეზე. ასეთი ტრანსფორმატორების მექანიკური სიმტკიცე, როგორც წესი, მოცემულია მხოლოდ გაანგარიშებით. ამიტომ, მოკლედ შერთვის ზემოქმედების შედეგად ძალური ტრანსფორმატორების დაზიანების ალბათობა შენარჩუნებულია. ექსპლუატაციის პრაქტიკაში ხშირად გვხვდება ტრანსფორმატორების ხვიათშორისი და კოჭათშორისი მოკლედ შერთვის შედეგად გამოწვეული დაზიანებები. სტატისტიკამ აჩვენა, რომ ტრანსფორმატორები ხვიათშორისი მოკლედ შერთვის შედეგად ზიანდება როგორც ექსპლუატაციის დასაწყისში, ასევე ხანგრძლივი ექსპლუატაციის შემდეგ. ხვიათშორისი მოკლედ შერთვის მიზეზები სხვადასხვაა: კოჭის ხვიის იზოლაციის შესუსტება, რომელიც იწვევს სადენის დეფექტს; მოკლედ შერთვის დენების ზემოქმედებით კოჭების დეფორმაცია; ხვიების იზოლაციის არასაკმარისი სისქე; გადაჭარბებული ელექტრული, თბური და ვიბრაციული ზემოქმედება; იზოლაციის დანესტიანება და გაჭუჭყიანება. ამ ფაქტორების ერთობლივი ზემოქმედებით ხვიათშორისი მოკლედ შერთვის ალბათობა მნიშვნელოვნად იზრდება.

რადგან ტრანსფორმატორის მუშაობაში მთავარი და ხვიათშორისი იზოლაციის დაზიანება იწვევს მძიმე შედეგებს, ამიტომ ამ სახის დაზიანების დროულად გამოვლენას დიდი ყურადღება ექცევა.

ტრანსფორმატორის მაგნიტგამტარები ზიანდება გადახურების შედეგად ფოლადის ფურცლებს შორის ლაქის აფსკის დაშლისა და დამწვნი ხარჭების იზოლაციის დარღვევის გამო. ფოლადის დაზიანებას მიეყვართ ნაკლებად მძიმე შედეგებამდე, რაც ძირითადად დაკავშირებულია ავზის შიგნით მოკლედ შერთული კონტურების შექმნასთან. კონტური შეიძლება შეიქმნას როგორც მაგნიტგამტარის პაკეტის შიგნით, ასევე კონსტრუქციული ლითონის რომელიმე დეტალისა და მაგნიტგამტარის ჩამოწების ელემენტის გავლით.

მოკლედ შერთული კონტური იწვევს გაზრდილ ადგილობრივ გადახურებას, განსაკუთრებით კონტაქტების ადგილებში, რაც აუარესებს სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებებს. თუ დეფექტი დროულად არ იქნა გამოსწორებული, მაშინ შეიძლება მოხდეს ტრანსფორმატორის მყარი იზოლაციის დაზიანება.

ტრანსფორმატორების დაპროექტებისას საფართოებლის მოცულობა ანგარიშით განისაზღვრება და არ მოწმდება სპეციალური თბური გამოცდებით. ამიტომ, ტრანსფორმატორის საფართოებლის ტევადობა ყოველთვის არ შეესაბამება ავზში ზეთის მოცულობის ცვლილებას გარემოს ტემპერატურისა და დატვირთვის ყველა სახის რხევების დროს.

საფართოებელში ზეთის დონის დასაშვებზე მეტად აწევას მიეყვართ არასასურველ მოვლენებამდე:

აფსკური დაცვის მქონე ტრანსფორმატორებში ხდება აფსკის სრული შეკუმშვა და დამცავი სარქველის ამუშავება. დეფექტური სარქველის ამუშავების შემდეგ არ ხდება მისი შემდგომი დახურვა, რის გამოც ზეთის გაჟონვის შედეგად გამოირთვება ტრანსფორმატორი.

ტრანსფორმატორის (რომელსაც ჰაერსაშრობით დაცვა აქვს) საფართოებელში ზეთის დონის აწევის შემთხვევაში, ზეთი შედის ჰაერსაშრობში და შემდგომ გადმოდის გარეთ. დატვირთვის გაზრდით და ზეთის მოცულობის გაფართოებით იზრდება ზეთის წნევა, ირღევეა გამოსაბოლქვი მილი და ზეთი გამოიფრქვევა გარეთ. ქვესადგურებში, სადაც არ არის მორიგე პერსონალი, დაზიანებული დიაფრაგმის გავლით საფართოებელში აღწევს სინესტე და ხდება ზეთის და შემდგომ იზოლაციის დანესტიანება. ამიტომ, ძნელად მისადგომ ადგილებში დიდი მოცულობის საფართოებლებს აყენებენ.

ტრანსფორმატორის დაზიანებები, რომლებიც აღმოიფხვრება ტრანსფორმატორის გათიშვის გარეშე, პირობითად სხვა დაზიანებებს მიეკუთვნება.

ასეთი ტიპის ყველაზე უფრო გაერცვლებულ დაზიანებას მიეკუთვნება კონსტრუქციის კვანძების სხვადასხვა გასართში ზეთის

დინება ცუდი ხარისხის ზეთმდევი რეზინის გამო, რომელიც აღმოიფხვრება გასართების ქანების მოჭერით.

მამჭიდროვებელი საფენის წანაცვლებით გამოწვეული დამცავი სარკველის არასწორი მუშაობა იწვევს ტრანსფორმატორიდან ზეთის დინებასა და გაჟონვას.

4.6. ტრანსფორმატორის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის ხერხები

ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკაში იგულისხმება, სხვადასხვა ტექნიკური საშუალებით ჩატარებულ ღონისძიებათა სისტემის მეშვეობით, მისი მდგომარეობის შემოწმება და შეფასება.

დახურულზეთიანი ტრანსფორმატორების გამოჩენისთანავე აღიძრა მათი მდგომარეობის კონტროლის პრობლემა. რომელიმე შიგა კვანძის დათვალიერებისათვის საჭირო იყო ტრანსფორმატორის გაშორება, ზეთის ჩამოსხმა, რევიზიის ჩატარება და შემდეგ ზეთის უკან ჩასხმა. ყველა ეს ოპერაცია უნდა შესრულდეს მრავალრიცხოვანი წესების დაცვით და ჩართვის წინ უნდა მოხდეს ტრანსფორმატორის გაშრობა. ზეთიანი ტრანსფორმატორების მასიური ექსპლუატაციის დაწყებისას სარემონტოდ ძალიან ხშირად უხდებოდათ ტრანსფორმატორის გახსნა. უნდა აღინიშნოს, რომ რაც უფრო ხშირად იხსნება ტრანსფორმატორი, მით უფრო დიდია მისი დაზიანების ალბათობა. ამ პროცესთან დაკავშირებულმა სიძნელეებმა და მოუხერხებლობამ საჭირო გახდა მოეძებნათ და განვიტარებინათ ტრანსფორმატორის მდგომარეობის კონტროლის ისეთი მეთოდები, რომლებიც არ მოითხოვდა მის გახსნასა და ზეთის ჩამოსხმას. ეს შესაძლებელი გახდა მას შემდეგ, რაც წარმატებით განვითარდა ტრანსფორმატორის მდგომარეობის შემოწმებისა და შესაბამისი მაჩვენებლების განსაზღვრის ხერხები ანუ, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, დიაგნოსტიკის დარგში მიღწეული წარმატებების შედეგად, რომელთა მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ აგრეგატის მუშაობაზე.

დიაგნოსტიკაში გამოყენებულია მარტივი ვიზუალური, მექანიკური, ფიზიკური, ქიმიური და მდგომარეობის კონტროლის სხვადა-

სხვა ხერხი, აგრეთვე მათი კომბინაციები. მაგალითად, სატრანსფორმატორო ზეთის დანესტიანება შეიძლება განისაზღვროს სილიკაგელის ფერის ცვლილებით ან ქიმიური ანალიზის გზით. ზეთში ან მყარ იზოლაციაში ნაწილობრივი ელექტრული მუხტის არსებობა შეიძლება განისაზღვროს ნაწილობრივი განმუხტვის ინდიკატორის დახმარებით, უშუალო გაზომვით ან ზეთში გახსნილი აირების ქრომატოგრაფიული ანალიზით.

ჩვეულებრივ, პრაქტიკული მიზნებისათვის ამა თუ იმ პარამეტრის კონტროლის ხერხებიდან აირჩევა ყველაზე მარტივი, ხოლო დაწვრილებითი შემოწმებისას, როცა საჭიროა დეფექტის ხასიათისა და ადგილის დაზუსტება, გამოიყენებენ უფრო რთულ ხერხებს.

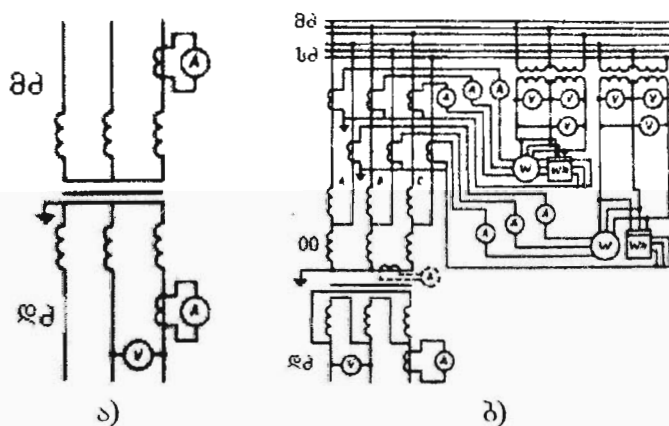
ტრანსფორმატორის მდგომარეობის კონტროლი ატარებს კომპლექსურ ხასიათს, იწყება მისი დამზადების სტადიაზე. სწორედ მაშინ მოწმდება საიზოლაციო და აქტიური მასალების, ცალკეული კვანძებისა და დეტალების და აგრეთვე აწყობის ხარისხი. მზა ტრანსფორმატორი ექვემდებარება კომპლექსურ შემოწმებას, რომელიც ტარდება დიაგნოსტიკის ყველა საჭირო საშუალებით აღჭურვილ ქარხანა-დამამზადებლის საცდელ სადგურში.

ტრანსფორმატორის ტრანსპორტირებისას ხორციელდება მისი კონტროლი ჰერმეტიულობასა და მექანიკურ ზემოქმედებებზე. ადგილზე მიტანილი ტრანსფორმატორი მოითხოვს მისი მდგომარეობის კონტროლს როგორც შენახვისას, ასევე მონტაჟის პროცესში (ტექნიკური დოკუმენტაციის შესაბამისად). მონტაჟის დამთავრების შემდეგ ექსპლუატაციაში შეყვანის წინ ტრანსფორმატორი, მდგომარეობის დიაგნოსტიკის მიზნით, გამოიცდება ელექტროდანადგარების მოწყობის წესებით გათვალისწინებული მოცულობით. ტრანსფორმატორის მდგომარეობის შემოწმება უფრო სრულად ხდება ექსპლუატაციის პროცესში.

წინამდებარე სახელმძღვანელოში განხილულია ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკაში დღეისათვის გამოყენებული ხერხები. ყურადღება გამახვილებულია იმაზე, შედეგების მიხედვით როგორ შევაფასოთ ტრანსფორმატორის მდგომარეობა და გავაკეთოთ დასკვნა მისი შემდგომი ექსპლუატაციის შესაძლებლობის შესახებ.

ტრანსფორმატორის მდგომარეობის შემოწმების წესი მოყვანილია მრავალი დირექტიული მეთოდური მასალებით. ყველაზე უფრო სრულად ეს საკითხები განხილულია ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციის ინსტრუქციასა და ელექტრომოწოდების გამოცდის ნორმებში.

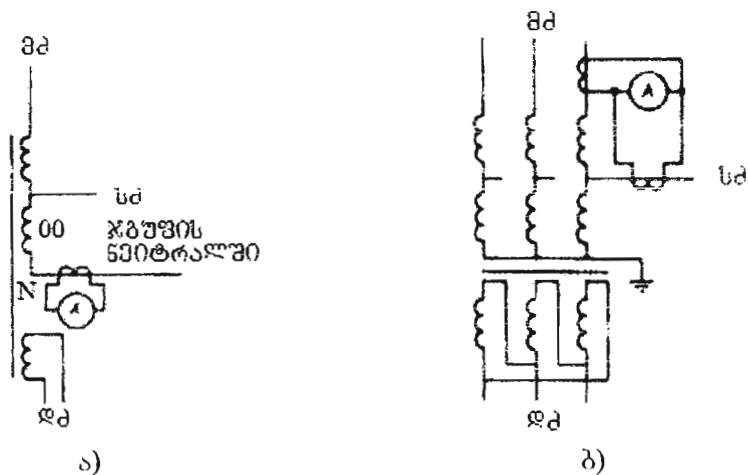
მუშაობის რეჟიმის შესაფასებლად ტრანსფორმატორები აღჭურვილია საჭირო საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოებით. მათი მიერთების წერტილებისა და ადგილების რაოდენობა დამოკიდებულია მათ დანიშნულებაზე, სიმძლავრეზე, ტრანსფორმატორის დადგმის პუნქტსა და სხვა ფაქტორებზე. 1 მვა და ზემოთ სიმძლავრის ტრანსფორმატორის თითოეული ძაბვის მხარეზე აყენებენ ერთ ამპერმეტრს, ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება დაყენებულ იქნეს თითოეულ ფაზაზე. ძაბვის კონტროლი ჩვეულებრივ ხორციელდება შემკრებ საღებურებზე დაყენებული ვოლტმეტრებით. ცალკე მდგომ ტრანსფორმატორებზე ვოლტმეტრებს აყენებენ მხოლოდ დაბალი ძაბვის მხარეს. 4.7,ა ნახ-ზე მოყვანილია 6/0,4 კვ 1 მვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორის ელექტროსაზომი ხელსაწყოების ჩართვის უმარტივესი სქემა.



ნახ.4.7. ელექტროსაზომი ხელსაწყოების ჩართვის სქემა. ა – 6/0,4 კვ ძაბვისა და 1 მვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორთან; ბ – 220/110/10 კვ ძაბვის სამგრადნილიან ავტოტრანსფორმატორთან

ვატმეტრები და ვარმეტრები დაყენებულია ელექტროსადგურის ამწევ და 110 კვ და ზემოთ ტრანსფორმატორებზე. აქტიური და რეაქტიული ენერგიის მრიცხველები დაყენებულია სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორების მაღალი და საშუალო ძაბვის მხარეს, ხოლო ორგრაგნილიანი – მაღალი ძაბვის მხარეს, დამაბოლოებელ ტრანსფორმატორებში – დაბალი ძაბვის მხარეს. 4.7,ბ ნახ-ზე მოყვანილია 220/110/10 კვ სამგრაგნილიან ავტოტრანსფორმატორთან ელექტროსა-ზომი ხელსაწყოების ჩართვის სქემა. მაღალი ძაბვის მხარეს ჩართულია სამი ამპერმეტრი, ვატმეტრი და აქტიური ენერგიის მრიცხველი. ძაბვები იზომება ძაბვის ტრანსფორმატორის სალტეებთან ჩართული სამი ვოლტმეტრით. ასეთივე ხელსაწყოები ჩართულია საშუალო ძაბვის მხარეს. დაბალი ძაბვის მხარეს დაყენებულია თითო ამპერმეტრი და ვოლტმეტრი.

სამგრაგნილიან ავტოტრანსფორმატორებში, როცა დაბალი ძაბვის გრაგნილთან მიერთებულია გენერატორი ან სინქრონული კომპენსატორი და მთელი სიმძლავრე გადაეცემა საშუალო ძაბვის მხარეს ან მოედინება საშუალო ძაბვის მხრიდან, საჭიროა გაკონტროლდეს ავტოტრანსფორმატორის გრაგნილის საერთო ნაწილის (00 გრაგნილის, რომელსაც ზოგჯერ პირობითად საშუალო ძაბვის გრაგნილს უწოდებენ. ნახ.4.7,ბ) დატვირთვა. ზოგიერთი რეჟიმის დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს შემთხვევას, როცა საშუალო ძაბვის მხარეს დენი არ აღემატება ნომინალურს, ხოლო საერთო ნაწილის დენი აღემატება დასაშვებ მნიშვნელობას. ამ დროს დენი იზომება სპეციალურად ჩართული ამპერმეტრით. ერთფაზა ავტოტრანსფორმატორებში ამპერმეტრი ირთვება ჯგუფის ერთი ავტოტრანსფორმატორის ნეიტრალის შემყვანში დაყენებული დენის ტრანსფორმატორის გავლით (ნახ.4.8,ა). სამფაზა ავტოტრანსფორმატორებში ამპერმეტრი ირთვება მაღალი და საშუალო ძაბვის მხარეს ხაზური დენების ჯამზე დენის ტრანსფორმატორების გავლით, რომელთაც ტრანსფორმაციის ერთნაირი კოეფიციენტი აქვს (ნახ.4.8,ბ). ამპერმეტრი შეიძლება ჩაირთოს აგრეთვე ავტოტრანსფორმატორის ერთი ფაზის ნეიტრალურ სადენში ჩართული დენის ტრანსფორმატორის გავლით ისე, როგორც პუნქტირით ნაჩვენებია 4.7,ბ ნახ-ზე.



ნახ.4.8. ავტოტრანსფორმატორის გრაგნილის საერთო ნაწილში გამავალი დენის კონტროლისათვის ამპერმეტრის ჩართვის სქემა: ა – ერთფაზა ავტოტრანსფორმატორის ნეიტრალის შემყვანზე; ბ – სამფაზა ავტოტრანსფორმატორის მაღალი და საშუალო ძაბვის მხარის ხაზური დენების ჯამზე

გარდა ელექტროსაზომი ხელსაწყოებისა, ტრანსფორმატორზე დაყენებულია კონტროლის სხვა საშუალებებიც. ზეთის დონე განისაზღვრება ისრიანი ზეთმაჩვენებლით ან ზეთსაზომი მინით, რომელიც მოთავსებულია საფართოებლის ტორსზე. ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა მოწმდება მანომეტრული მასიგნალელები თერმომეტრის ჩვენებით, რომელსაც ორი გადასადგილებელი სასიგნალო კონტაქტი აქვს. ტრანსფორმატორის პერმეტულ ზეთესებულ შემყვანებზე ზეთის წნევის კონტროლისათვის დაყენებულია მანომეტრები. სატრანსფორმატორო ზეთის მდგომარეობის შესახებ მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა ინდიკატორული სილიკაგელის ფერი, რომლის შეცვლის შემთხვევაში საჭიროა ზეთის შეცვლა.

ტრანსფორმატორის შებერვითი გაცივების მოწყობილობები აღჭურვილია გაცივების სისტემის მუშაობის შეწყვეტის, სარეზერვო გაცივებისა და სარეზერვო კვების წყაროს ჩართვის სიგნალიზაციის მოწყობილობებით, ხოლო ზეთის იძულებითი გაცივებისას თითოეული ელექტროტუმბოს ჩართვა-გამორთვის, მწყობრიდან გამოსული ელექტროტუმბოს ნაცვლად სარეზერვოს ჩართვის, ყვე-

ლა მუშა ელექტროტუმბოს მუშაობის შეწყვეტისა და სარეზერვო კვების წყაროს ჩართვის სიგნალიზაციით. გაცივების ყველა სისტემაზე, რომელთაც აქვს ელექტროტუმბო, სადაწნეო მილზე ზეთის წნევის კონტროლისათვის დაყენებულია მანომეტრები.

ექსპლუატაციის დროს ტრანსფორმატორების მდგომარეობის დიაგნოსტიკის ღონისძიებათა პირველ ჯგუფს შეადგენს ის სამუშაოები, რომლებიც არ მოითხოვს მუშა ტრანსფორმატორთან შეხებას, ესენია: ჩამოთვლილი კონტროლისა და საზომი საშუალებების და სასიგნალო მოწყობილობების ჩვენებათა კონტროლი; ტრანსფორმატორების გარე დათვალიერება.

მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ის სამუშაოები, რომლებიც არ მოითხოვს გამორთვებს, მაგრამ დაკავშირებულია ტრანსფორმატორთან ან მის დამხმარე მოწყობილობებთან. მათ მიეკუთვნება: ზეთის სინჯის აღება ელექტრული თვისებების შესამოწმებლად და ქიმიური ანალიზისათვის ან ზეთში გახსნილი აირების ქრომატოგრაფიული ანალიზისათვის. ამავე ჯგუფს მიეკუთვნება ტრანსფორმატორის ავზისა და სხვა ნაწილების ვიზრაციით და სპეციალური აპარატურით ნაწილობრივი განმუხტვის დონის გაზომვა, ამუშავებული გაზური რელედან გაზის სინჯის აღება და სხვა.

მესამე ჯგუფს მიეკუთვნება სამუშაოები, რომლებიც სრულდება გამორთულ ტრანსფორმატორზე. ესენია: იზოლაციის, გრაგნილების, მაგნიტგამტარის, მაღალი ძაბვის შემყვანების, გადამრთველი და დამხმარე მოწყობილობების მდგომარეობის გამოცდისა და განსაზღვრის სამუშაოები. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე პროფილაქტიკური სამუშაოების ყველა სახეობა, ელექტროტუმბოების დათვალიერება, რევიზიის სხვადასხვა სახე და სხვა.

მეოთხე ჯგუფს მიეკუთვნება სარემონტოდ გამოყვანილი ტრანსფორმატორები. ამ დროს წარმოებს ცალკეული ნაწილების მდგომარეობის შესახებ სრული ანალიზი რემონტის მოცულობის განსაზღვრისა და დაზუსტების მიზნით. ასევე განისაზღვრება ის საკონტროლო ოპერაციები, რაც ტრანსფორმატორების დამზადებისა და მონტაჟის დროს. ამასთან, ტრანსფორმატორების სარემონტოდ გადაყვანის საჭიროების შესახებ გადაწყვეტილება მიიღება

დიაგნოსტიკის პირველი სამი ჯგუფის ოპერაციების შედეგების საფუძველზე.

ქვემოთ დაწვრილებით განვიხილავთ ექსპლუატაციაში მყოფი ძალური ტრანსფორმატორების მდგომარეობის შემოწმების ხერხებს.

4.7. საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოების ჩვენებათა კონტროლი და ტრანსფორმატორების დათვალიერება

ტექნიკური ექსპლუატაციის წესებით დადგენილია ტრანსფორმატორის დათვალიერების აუცილებელი პერიოდულობა. მუდმივი მორიგე პერსონალის არსებობისას ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების მთავარი და საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორებისა და რეაქტორების დათვალიერება წარმოებს გამორთვის გარეშე ერთხელ დღე-ღამის განმავლობაში. ხოლო დანარჩენი ტრანსფორმატორები შეიძლება დათვალიერებულ იქნეს კვირაში ერთხელ. ტრანსფორმატორზე დაყენებული საზომი ხელსაწყოების ჩვენებები, თუ საჭიროება მოითხოვს, ელექტროსადგურის ან ენერგოსისტემის რომელიმე უბნის დატვირთვის რეჟიმის კონტროლისათვის, აღებული უნდა იქნეს ყოველ საათში ან ნახევარსაათში.

თუ არ არის მუდმივი მორიგე პერსონალი, მაშინ ტრანსფორმატორის დათვალიერება წარმოებს გამსვლელი ბრიგადის მიერ თვეში ერთხელ, ხოლო ასეთი ტრანსფორმატორების დატვირთვის კონტროლი ხორციელდება წელიწადში ორჯერ, მათ შორის ზამთრის პერიოდში დატვირთვის მაქსიმუმის დროს ერთხელ.

პერიოდული დათვალიერებისას შემოწმებული უნდა იქნეს ფაიფურის იზოლატორების, შემყვანების საფარისა და განმმუხტველების მდგომარეობა. განსაზღვრული უნდა იქნეს არსებობს თუ არა ფაიფურზე ჩამონახეთქები და ბზარები, გატუტყუიანებულია თუ არა ზედაპირი, ადგილი აქვს თუ არა ზეთის გაჟონვას შემჭიდროებებში. საჭიროა დავრწმუნდეთ საზომი ხელსაწყოების, თერმოსიგნალიზატორებისა და თერმომეტრების ზეთმაჩვენებლების, გაზური რელეების, გამოსაბოლქვი მილის მემბრანის მოღიანობასა და წესიერულობაში. აგრეთვე უნდა შემოწმდეს საცარხოებლის მილზე ავტომატური წამკვეთი სარქელის მდებარეობა, ჰაერსაშრობში ინდი-

კატორული სილიკატების, ზეთსადენებში მიღტუჩების შეერთებისა და შედუღების ნაკერების მდგომარეობა.

ტრანსფორმატორზე დაყენებული ელექტროსაზომი ხელსაწყოები ჯერ კიდევ არ იძლევა მისი მდგომარეობის შეფასების საშუალებას. ისინი გვეზიარება დროულად გამოცეკვლინოთ გადატვირთვები დენისა და ძაბვის მიხედვით.

ტექნიკური ექსპლუატაციის წესებში, ქარხანა-დამამზადებლის შესაბამის სტანდარტებსა და ინსტრუქციებში, ნაჩვენებია ნომინალური მნიშვნელობის ზემოთ ძაბვებისა და დენების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები და მათი დასაშვები ხანგრძლივობა. მაგალითად, ამჟამად მოქმედებაში მყოფი (1985 წლამდე გამოშვებული) ტრანსფორმატორებისათვის, ნომინალური დატვირთვის დროს, დასაშვებია ნომინალურს ზემოთ ძაბვის 5%-ით გადაჭარბება. მცირე დატვირთვის დროს (ნომინალურის არა უმეტეს 25%-ის დროს) დასაშვებია ძაბვის 10%-ით გადაჭარბება. ამდენითვე შეიძლება ძაბვის ხანმოკლე (არა უმეტეს 6 სთ დღე-ღამეში) გადაჭარბება ნომინალური დატვირთვის დროს.

ზეთიანი ტრანსფორმატორებისათვის დასაშვებია ნომინალურს ზემოთ 5%-ით გადატვირთვა, თუ ძაბვა ნომინალურია. ავარიულ რეჟიმებში დასაშვებია დენის მიხედვით ხანმოკლე გადატვირთვები 4.3 ცხრილში ნაჩვენებ საზღვრებში.

ცხრილი 4.3

ტრანსფორმატორებისათვის დასაშვები ხანმოკლე გადატვირთვები

გადატვირთვა დენის მიხედვით, %	30	45	60	75	100
დასაშვები ხანგრძლივობა, წთ	120	80	45	20	10

100 მვა სიმძლავრის ჩათვლით ახალი ტრანსფორმატორებისათვის დასაშვები სისტემატური და ავარიული გადატვირთვები მოცემულია სახ. სტანდარტ 14209-85-ში. ადრე მოქმედი სახ. სტანდარტ 14209-69-საგან განსხვავებით, დასაშვები ავარიული გადატვირთვები დაშვებულია წინა დატვირთვისა და გარემო ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით. ავარიული გადატვირთვების ნორმების ანალოგიური გართულებები შეტანილია 100 მვა-ზე ზემოთ სიმძლავრის ტრან-

სფორმატორების ახალ ინსტრუქციებში. ბევრ შემთხვევაში, ახალი ინსტრუქციებით, ძველთან შედარებით, დასაშვებია ნაკლები გადატვირთვები.

ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობების დათვალიერებისას საჭიროა ყურადღება მიექცეს ამძრავი მექანიზმისა და მართვის ფარის მაჩვენებლებზე მდებარეობის შესაბამისობას. ამძრავი მექანიზმის ყველა ელემენტი უნდა იყოს ფიქსირებულ მდგომარეობაში. შემოწმებული უნდა იქნეს ზეთის დონე კონტაქტორის ავზში ან საფართოებლის შესაბამის ნაკვეთურში, განსართებისა და სახშობის შემჭიდროებები, ზამთრის პერიოდში – ამძრავის გამათბობლის მდგომარეობა. საჭიროა ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის გადამრთველის მრიცხველის ჩვენების დაფიქსირება.

ტრანსფორმატორის პერიოდული გარე დათვალიერებისას უნდა შემოწმდეს მასზე არსებული ყველა საკონტროლო საშუალება, რადგანაც ისინი აფიქსირებს საშიშროების აღძვრის შესაძლებლობას. მაგალითად, ტრანსფორმატორში ზეთის დონის დასაშვებზე მეტად დაწევა მოწმობს იმას, რომ ადგილი აქვს გაღინებებს ან ჩასხმულია არასაკმარისი რაოდენობის ზეთი. დაწეული ზეთის დონით ტრანსფორმატორის შემდგომმა მუშაობამ შეიძლება მიგვიყვანოს გაზური რელეს ამუშაევამდე, ზეთის დაჩქარებულ დაძველებამდე ან გაცივების სისტემის მტყუნებამდე. თუ გრაგნილების იზოლაცია აღმოჩნდა ზეთის დონის ზემოთ, მაშინ შესაძლებელია ჰაერში მოხდეს გადაფარვა, რაც გამოიწვევს გრაგნილებს შორის მოკლედ შერთვას და სერიოზულ ავარიას. ზეთის დონის აწევა იწვევს მის გადმოდვრას. აზოტის დაცვის მქონე ტრანსფორმატორებში ამ დროს სასუნთქ სისტემაში წარმოიქმნება საცობი, ამ სისტემის მუშაობა უარესდება და შეიძლება ამუშავდეს გაზური რელე ან გამოსაბოლქვი მილის მემბრანა.

ტრანსფორმატორის ყოველი დათვალიერებისას საჭიროა შემოწმდეს და ჩაიწეროს ზეთის ტემპერატურა. ნორმით დადგენილია ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა. ნომინალური დატვირთვის დროს ეს ტემპერატურა 95°C არ უნდა აღემატებოდეს ზეთის ბუნებრივი გაცივებისა და ვენტილატორებით დაბერვის დროს, 75°C -ს იძულებითი დაბერვის დროს და 70°C -ს ზეთსაცივრის შესას-

ელელზე ზეთის წყლით გაცივების დროს. თუ ზეთის ტემპერატურა აღემატება დასაშვებს, მაშინ უნდა გაირკვეს მიზეზი და მიღებულ იქნეს ღონისძიებები უწყსიერობის გამოსასწორებლად. პირველ რიგში, უნდა შემოწმდეს გაცივების სისტემების: ვენტილატორების, ზეთის ელექტროტუმბოების, ჰაერისა და წყლის ზეთსაცირების წესიერულობა. თუ გაცივების სისტემაში დარღვევები არ აღმოჩნდა, მაშინ ზეთის ტემპერატურის აწევა, უმრავლეს შემთხვევაში, მოწმობს ტრანსფორმატორში შიგა დაზიანების არსებობას: მოკლედ შერთული კონტურის წარმოქმნას, კონტაქტურ შეერთებებში გარდამავალი წინაღობის გაზრდას, იზოლაციის გაჯირჯეების შედეგად ზეთის არხების კვეთის შემცირებას, არხში გარეშე საგნების მოხვედრას და ა.შ. ყველა შემთხვევაში ტრანსფორმატორების ხანგრძლივი მუშაობა აწეული ტემპერატურით დაუშვებელია.

მაღალი ძაბვის შემყვანებში ზეთის წნევის დაცემა, უმრავლეს შემთხვევაში, განპირობებულია შემყვანის ჰერმეტიულობის დარღვევით. ასეთი დაზიანება ძალიან საშიშია. თუ მანომეტრი დაზიანებულია, მაშინ ჰერმეტიულობის დაზიანება დროულად ვერ იქნება შემჩნეული, ამიტომ მანომეტრები რეგულარულად უნდა შემოწმდეს.

მაღალვოლტიანი შემყვანების დათვალიერებისას ყურადღება უნდა მიექცეს შემჭიდროებებში ზეთის გადინებებს, საზომი და ჩამამიწებელი სადენების მთლიანობასა და მათი მიერთების საიმედოობას.

ინდიკატორული სილიკაგელი სატრანსფორმატორო ზეთის დანესტიანების განსაზღვრის უმარტივესი საშუალებაა. იგი შეისრუტავს ზეთში მოხვედრილ ნესტს და იღებს ვარდისფერ შეფერილობას, ხოლო შემდგომ იღებს უფრო კაშკაშა ფერს. ამ დროს მიზანშეწონილია ავიღოთ ზეთის სინჯი მისი ტენიანობის უშუალოდ გაზომვისათვის, აგრეთვე შემოწმებული უნდა იქნეს მისი სხვა თვისებებიც, რადგან, ზოგიერთ შემთხვევაში, ინდიკატორული სილიკაგელის ფერის შეცვლა შეიძლება გამოწვეული იყოს ზეთის ინტენსიური დაძველებით.

ბუნებრივია, რომ დათვალიერებისას შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს ტრანსფორმატორის ნორმალური მუშაობის ხელშემშლელი სხვა დარღვევებიც. მაგალითად, ტრანსფორმატორისა და მისი ელექ-

მენტების მომატებული ვიბრაცია, გარე კონტაქტური შეერთებებისა და საღებების დამაგრების დარღვევები, რაიმე ელემენტის დეფორმაცია, ავტომატური ხანძარსაქრობი სისტემების დაზიანება და სხვა.

4.8. სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებები

სატრანსფორმატორო ზეთს აკისრია საიზოლაციო და მაცივებელი გარემოს როლი, ხოლო ამომრთველებითა და ძაბვით რეგულირების მოწყობილობებში – დამატებით რკალჩამქრობი როლი.

სატრანსფორმატორო ზეთის სწორი ექსპლუატაცია უზრუნველყოფს ელექტრომოწყობილობის უაგარიო და საიმედო მუშაობას.

ახალი სატრანსფორმატორო ზეთი ღია ყვითელი ფერისაა და აქვს მაღალი ფიზიკურ-ქიმიური და დიელექტრიკული თვისებები. ექსპლუატაციის პროცესში გახურების, გაჭუჭყიანების, წარმოქმნილი ფისებისა და ნალექების გამო ზეთი მუქდება. ახალი ზეთის მუქი ფერი მოწმობს მის არასაკმარის გაწმენდაზე. ზეთის სწრაფი და ძლიერი გამუქება გვიჩვენებს მის გადახურებას ან ნახშირის წარმოქმნას. ფერი განისაზღვრება ზეთის სინჯის ფილტრში გატარებით. ზეთის ფერი ემსახურება საორიენტაციო ხარისხის შეფასებას.

ექსპლუატაციის პროცესში, გარდა ფერისა, იცვლება სატრანსფორმატორო ზეთის სხვა ცალკეული ხარისხობრივი მაჩვენებლები, თვისებები და იგი ძველდება. მისი დაძველება განისაზღვრება მჟავური რიცხვის, წარმოქმნილი შლამის რაოდენობის და წყლის ექსტრაქციის რეაქციის მიხედვით და დაკავშირებულია მის დაჟანგვასთან. ტრანსფორმატორის მონტაჟისა და ზეთის ჩასხმის ყველა წესის დაცვის შემთხვევაში პირველ ეტაპზე დაჟანგვის პროცესი ნელა მიმდინარეობს. ზეთში ცვლილებები ჩვეულებრივი მეთოდებით თითქმის შეუმჩნეველია, მაგრამ მისი სტაბილურობა თანდათანობით მცირდება. მეორე ეტაპზე ზეთი იძენს ყავისფერ შეფერილობას, ხდება მღვრიე, იზრდება მჟავური რიცხვი და ნაცრიანობა, ჩნდება დაბალმოლეკულური მჟავები, რომლებიც მანვე ზემოქმედებას ახდენს, როგორც ქაღალდის იზოლაციაზე, ასევე ლითონებზე. ჩნდება ნალექები, რომლებიც აუარესებს გრაგნილების გაცივების პირობებს.

ზეთის დაძველებაზე შინაგანი, ასე ვთქვათ, “ბუნებრივი” მიზეზების (მაღალი ტემპერატურა, საიზოლაციო ლაქი, ნარჩენი ტენიანობა ზეთსა და ქაღალდის იზოლაციაში, სპილენძი და სხვა ლითონები, რომლებსაც ზეთი ეხება) გარდა, გავლენას ახდენს გარე მიზეზებიც – ზეთის შეცვლის დროს ტრანსფორმატორის არასაკმარისი გაწმენდა, წყლის მოხვედრა, კონტაქტების უწყესივრობა, მოკლედ შერთული კონტურების არსებობა და ადგილობრივი გადახურების სხვა მიზეზები. წყლის მოხვედრისას მცირდება ზეთის გამრღვევი სიმტკიცე. ზოგადად, ექსპლუატაციის დროს, ზეთის მსუბუქი ფრაქციების აორთქლების შედეგად სიბლანტე და აორთქლების ტემპერატურა იზრდება, მაგრამ ადგილობრივი გადახურებისას მაღალი ტემპერატურის დროს, ზეთის დაშლის შედეგად, უპაერობის გამო, შეიძლება აფეთქების ტემპერატურა შემცირდეს.

ზეთში რაფინირებისა და რეგენერაციისას შეიძლება მოხვდეს ან ექსპლუატაციისას დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნას წყალში ხსნადი მჟავები და ტუტეები. წყლის ექსტრაქციის რეაქციით, სპეციალური ინდიკატორების დახმარებით, განისაზღვრება წყალში ხსნადი მჟავებისა და ტუტეების არსებობა, რომლებიც ფერს იცვლიან მათი არსებობის მიხედვით. ეს მჟავები იწვევს სატრანსფორმატორო ზეთის სწრაფ დაჟანგვას. მათი რაოდენობის შეფასებისათვის გამოყენებულია მჟავური რიცხვის ცნება.

სატრანსფორმატორო ზეთის მჟავური რიცხვი ეწოდება 1 გრამი ზეთის შედგენილობაში შემავალი თავისუფალი მჟავური ნაერთების ნეიტრალიზაციისათვის საჭირო კალიუმის ჰიდროქსიდის (KOH) რაოდენობას (გამოსახულს მილიგრამებში). მჟავური რიცხვის მიხედვით მსჯელობენ ზეთის დაძველების ხარისხზე და მის მუშაობაში შესაძლო დატოვებაზე. ზეთში მჟავური რიცხვის განსაზღვრული რაოდენობის დროს, ტრანსფორმატორების გრაგნილების იზოლაციის ხარისხი უარესდება და შეიძლება დაიშალოს.

დაბალტემპერატურული მჟავების არსებობა მოწმობს ზეთის ცუდ ხარისხზე და მის სწრაფ დაშლაზე. ეს მჟავები აგრესიულია, შეიძლება გახდეს ლითონის კოროზიისა და მყარი იზოლაციის დაძველების მიზეზი. თუ ზეთი შეიცავს წყალში ხსნად 0,015 მგ მჟავებსა და ტუტეებს (630 მვა-მდე სიმძლავრის ტრანსფორმატო-

რებში 0,03 მგ) და მეტ KOH, მაშინ უნდა მოხდეს ზეთის რეგენერაცია ან შეიცვალოს.

ზეთიდან მისი დაძველების შედეგად წარმოიქმნება გაუხსნელი ნალექი – შლამი, რომელიც დაილექება გაცივებისა და იზოლაციის არხებში, ტრანსფორმატორების გრაგნილებსა და გულარებზე და სხვა ელექტრომოწყობილობებზე. გრაგნილებზე დალექვისას ძლიერ მცირდება, ხოლო ზოგჯერ მთლიანად დაიცობა ზეთის არხები, რაც აუარესებს გრაგნილების გაცივებას და შეიძლება გამოიწვიოს დასაშვებზე მეტად გადახურება. ამ დროს იზოლაცია სწრაფად ძველდება და იშლება, რასაც მიყვავართ ავარიებთან, მაგალითად, ტრანსფორმატორის გრაგნილებში ხვიათშორის მოკლედ შერთვასთან. ზოგიერთი ძლიერ ჰიგროსკოპიულია და მათი დალექვა იზოლაციის ზედაპირზე გადაფარვას იწვევს.

ზეთის ფიზიკური თვისებები. ელექტრომოწყობილობის საიმედო მუშაობისათვის სატრანსფორმატორო ზეთის ფიზიკურ თვისებებს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. ამ თვისებების ცვლილება მეტყველებს მოწყობილობის უწყისეობასა და ზეთის დაძველებაზე.

სატრანსფორმატორო ზეთის კუთრი წონა ნაკლები უნდა იყოს ყინულის კუთრ წონაზე, რადგან ყინული, რომელიც შეიძლება წარმოიქმნას ზამთრის პერიოდში გამორთულ ტრანსფორმატორში, ფსკერზე დაეშვება და ხელს არ შეუშლის ზეთის ცირკულაციას.

ზეთის მნიშვნელოვანი მაჩასიათებელია აფეთქების ტემპერატურა. რაც ნაკლებია ეს ტემპერატურა, მით მეტია აორთქლება. აორთქლებისას უარესდება ზეთის შედგენილობა, იზრდება სიბლანტე, წარმოიქმნება აფეთქებასაშიში და სხვა აირები. განსაკუთრებით საშიშია აფეთქების ტემპერატურის დაწევა ძაბვით რეგულირების მოწყობილობების ზეთებში.

სატრანსფორმატორო ზეთის აფეთქების ტემპერატურა უნდა იყოს რაც შეიძლება მაღალი, რათა ტრანსფორმატორის მნიშვნელოვანი გადატვირთვისას არ ააღდეს. მუშაობის პროცესში ზეთის აფეთქების ტემპერატურა ტრანსფორმატორებში შეიძლება მკვეთრად დაეცეს ადგილობრივი გახურების მოქმედებით ზეთის დაშლის შედეგად.

აფეთქების ტემპერატურის განსაზღვრის მიზნით, ზეთს ასხამენ დახურულ ჭურჭელში და აცხელებენ. ჰაერთან შერეული გამოყოფილი ზეთის ორთქლი წარმოქმნის ნარევს, რომელიც მასთან მიტანილი ალის ან ელექტრული ნაპერწკლის დროს აფეთქდება.

ზეთის ელექტრული თვისებები. სატრანსფორმატორო ზეთის ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს მის საიზოლაციო თვისებებს არის ელექტრული სიმტკიცე, რომელიც გამოისახება ფორმულით:

$$E = U_{\text{გამრღ.}}/d,$$

სადაც $U_{\text{გამრღ.}}$ არის გამრღევეი ძაბვა; d – ელექტროდებს შორის დაშორება.

გამრღევეი ძაბვა უზრუნველყოფს ელექტრომოწყობილობის საიმედო მუშაობას. ზეთის ელექტრული სიმტკიცე დროთა განმავლობაში მცირდება. გამრღევეი ძაბვის შემცირება, როგორც წესი, მოწმობს ზეთის გატუტყუიანებას წყლით, ჰაერით, ბოჭკოებითა და სხვა მინარევით. პრაქტიკულად ტრანსფორმატორში განვითარებულ ნებისმიერ დაზიანებას ადრე თუ გვიან მივყავართ ზეთის გამრღევეი ძაბვის შემცირებისაკენ. ამიტომ, იგი შეიძლება ჩავთვალოთ ზეთის მდგომარეობის კომპლექსურ მახასიათებლად. მისი განსაზღვრისათვის სატრანსფორმატორო ზეთი პერიოდულად გამოიცდება ზეთსარღვევი აპარატის საშუალებით.

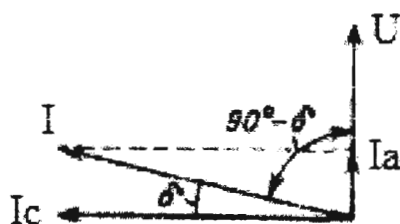
გამრღევეი ძაბვა პირდაპირ არ არის დაკავშირებული კუთრ გამტარობასთან, მაგრამ, მის მსგავსად, მგრძნობიარეა მინარევების არსებობის მიმართ. თხევადი დიელექტრიკის ტენიანობის მცირე ცვლილება და მასში მინარევების არსებობა მკვეთრად ამცირებს ელექტრულ სიმტკიცეს. წნევის, ელექტროდების მასალისა და ფორმის, ელექტროდებს შორის დაშორების ცვლილება გავლენას ახდენს ელექტრულ სიმტკიცეზე, მაშინ, როცა ეს ფაქტორები გავლენას არ ახდენს ელექტროგამტარობაზე.

სუფთა სატრანსფორმატორო ზეთს, რომელიც თავისუფალია წყლისა და სხვა მინარევებისაგან, მიუხედავად მისი ქიმიური შედგენილობისა, აქვს პრაქტიკისათვის საკმაოდ მაღალი გამრღევეი ძაბვა (60 კვ-ზე მეტი).

დარტყმითი დაბევის დროს მინარევების არსებობა თითქმის არ ახდენს გავლენას ზეთის ელექტრულ სიმტკიცეზე. შეიძლება ვიფიქროთ, რომ გარღვევის მექანიზმი დარტყმითი ანუ იმპულსური და ხანგრძლივი ექსპოზიციის დროს სხვადასხვაა. იმპულსური დაბევის დროს ზეთის ელექტრული სიმტკიცე მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე 50 პკ სიხშირის დაბევის ხანგრძლივი ექსპოზიციისას. მის გამო, კომუტაციური გადაძაბვებისა და ჭექა-ქუხილის განმუხტვებისას საშიშროება შედარებით მცირეა.

0°-დან 70°C-მდე ტემპერატურის ამაღლებით ელექტრული სიმტკიცის ამაღლება დაკავშირებულია სატრანსფორმატორო ზეთიდან ტენიანობის მოშორებასთან, მის გადასვლასთან ემულსიური მდგომარეობიდან გახსნილ მდგომარეობაში და ზეთის სიბლანტის შემცირებასთან.

გარღვევის პროცესში დიდ როლს ასრულებს ზეთში გახსნილი აირები.



ნახ.4.9. დენისა და დაბვის ვექტორული დიაგრამა დიელექტრიკში

სატრანსფორმატორო ზეთის, როგორც დიელექტრიკის თვისების მქონე ნივთიერების, დამახასიათებელ ერთ-ერთ მაჩვენებელს წარმოადგენს დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსი – $\text{tg}\delta$. თუ იდეალურ დიელექტრიკს მოვდებთ U ცვლად დაბვას (ნახ.4.9), მაშინ მასში გაივლის 90° -ით წინგასწრებული ტევადური დენი I_c . რეალურ დიელექტრიკში დენი შეიცავს აგრეთვე I_a აქტიურ მდგენელს, რომელიც განსაზღვრავს დიელექტრიკული დანაკარგების სიმძლავრეს. ჯამური დენი I რეალურ დიელექტრიკში და მათ შორის ზეთში U დაბვისაგან წანაცვლებულია არა 90° -ით, არამედ $(90 - \delta)$ კუთხით.

რაც უფრო ნაკლებია ზეთის ხარისხი, მით უარესია მისი დიელექტრიკული თვისებები. მეტია დანაკარგები და, შესაბამისად, მეტია დენის აქტიური მდგენელი I_a და მეტია კუთხე δ . დიელექტრიკული დანაკარგები მიღებულია დახასიათებულ იქნეს ამ კუთხის ტანგენსით ($\operatorname{tg} \delta$). რადგან დანაკარგები $P = UI \cos(90^\circ - \delta) = UI_a = UI_c \times \operatorname{tg} \delta$, მაშინ $\operatorname{tg} \delta = I_a/I_c$ ანუ პროცენტებში გამოსახული $\operatorname{tg} \delta = (I_a/I_c) 100\%$.

ახალი ზეთის დიელექტრიკული დანაკარგები ახასიათებს მის თვისებასა და გაწმენდის ხარისხს. ზეთის მომატებული დიელექტრიკული დანაკარგები იწვევს მთლიანად ტრანსფორმატორის საიზოლაციო მახასიათებლების შემცირებას. დასაშვებ ნორმაზე მეტად $\operatorname{tg} \delta$ -ს გაზრდისას საჭიროა ზომების მიღება მის შესამცირებლად.

4.9. ზეთის მექანიკური მინარევები და ტენიანობა

მექანიკური მინარევი ეწოდება ზეთში ნალექის სახით ან შეტივტივებულ მდგომარეობაში არსებულ ნებისმიერ გაუხსნელ ნივთიერებას. მინარევების პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ბოჭკოები, მტვერი და სხვა ელემენტები, რომლებიც ზეთში მოხვედრილია სხვადასხვა სახის ნივთიერების (საღებავები, ლაქები და სხვა) გახსნის შედეგად. ისინი გავლენას ახდენს ზეთის ელექტრულ სიმტკიცეზე. მათი არსებობა განისაზღვრება გამჭირვალე მინის ჭურჭელში ჩასხმული ზეთის სინათლეზე დაკვირვებით, წინასწარი შენჯღერვის შემდეგ. მინარევების მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ზეთში, ელექტრული რკალის დროს, აირების გარდა სხვა მყარი დანახშირებული ნაწილაკები, რომლებსაც შეტივტივებულ ნახშირბადს უწოდებენ. ზეთი, რომელშიც რკალი იწვის, მოლურჯო ელფერს იძენს. შეტივტივებული ნახშირბადი ადვილად სცილდება ზეთის ჩვეულებრივი მექანიკური გაწმენდით. ზეთის წვის პროდუქტებით ძლიერი გატუჭყიანებისას იგი ექვემდებარება აღდგენას ან შეცვლას.

ზეთის დაძველების პროცესში წარმოიქმნება გაუხსნელი ნალექი შლამი. ზოგიერთი მათგანი ძლიერ ჰიგროსკოპიულია იზოლაციის ზედაპირზე და მათმა დალექვამ შეიძლება გამოიწვიოს

გადაფარვა. გრაგნილებზე დალექვისას ძლიერ მცირდება, ხოლო ზოგჯერ მთლიანად დაიცობა ზეთის არსები, რაც აუარესებს გრაგნილების გაცივებას და შეიძლება გამოიწვიოს დასაშვებზე მეტად გადახურება.

ჩვეულებრივ, მექანიკური მინარევების არსებობას საშუაშუა გიზუალურად ამოწმებენ. თუ ისინი შეუმჩნეველია, მაშინ ითვლება, რომ მათი რაოდენობა 1 ტონაზე არ აღემატება 50 გრამს. ტრანსფორმატორებისათვის 750 კვ და ზემოთ ძაბვით მინარევების დასაშვები ზღვრული ნორმაა 5-15 გ/ტ, რაც მოითხოვს უფრო ზუსტ კონტროლს. ზეთის განსაზღვრული რაოდენობა გაიფილტრება და აიწონება გაფილტვრამდე და შემდეგ. მასათა სხვაობა იძლევა ნალექების რაოდენობას.

ზეთის ტენშემცველობა მცირე კონცენტრაციის დროს არსებით გავლენას ვერ ახდენს მის თვისებებზე, მაგრამ დასაშვებ ნორმაზე გადამეტებამ შეიძლება ტრანსფორმატორზე გამოიწვიოს დამანგრეველი მოქმედება. ტენშემცველობის არსებობა მოწმობს ჰერმეტიზაციის დაკარგვას ან ზეთის ძალიან დაძველებას. აგზის ფსკერზე დალექილი წყალი არ ამცირებს ზეთის ელექტრულ სიმტკიცეს, მაგრამ შეიძლება გადავიდეს გახსნილ მდგომარეობაში ან დაატენიანოს მყარი იზოლაცია. წყალმა შეიძლება შეაღწიოს ჰაერიდან ზეთში, ზეთის გახურებისა და გაცივების გამო, მოცულობის ცვლილების დროს. წყალი შეიძლება იყოს აგრეთვე ზეთში შეტივტივებული ნაწილაკების სახით. ტენშემცველობა განისაზღვრება ზეთის კალციუმის ჰიდრიდთან ურთიერთქმედებისას გამოყოფილი წყალბადის რაოდენობით. ტენშემცველობა გამოისახება პროცენტებში ან ერთ ტონა ზეთში არსებული წყლის რაოდენობით ანუ $0,001 \% = 10 \text{ გ/ტ}$.

4.10. ზეთის სინჯის აღება

ზეთის გამრღვევი ძაბვა და tგზ განისაზღვრება ელექტროტექნიკურ ლაბორატორიაში. დანარჩენი ნორმირებული სიდიდეები ახასიათებს ზეთის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს და მათ განსაზღვრავენ ქიმიურ ლაბორატორიაში.

ელექტროტექნიკურ პერსონალს მოეთხოვება ლაბორატორიაში ზეთის სინჯის ჩაბარება და შემდგომ ანალიზის შედეგების სწორი შეფასება. იმისათვის, რომ ზეთის გამოცდისა და ანალიზის შედეგები უტყუარი იყოს, სინჯის აღება უნდა მოხდეს აკურატულად, არ უნდა მოხდეს ზეთის დატენიანება და გაჭუჭყიანება. პირველ რიგში, გაწმენდილი უნდა იქნეს საცობი ან ონკანი ჭუჭყისა და მტერისაგან. ონკანის მილის ნახვრეტის გარეცხვის მიზნით რაიმე სხვა ჭურჭელში ჩამოვასხათ ზეთის გარკვეული რაოდენობა და შემდეგ ავიღოთ ზეთის სინჯი. სინჯის აღება უნდა მოხდეს არანაკლებ 0,5 ლ ტევადობის საცობიან ქილაში გამოსაცდელი ზეთის ორჯერ გამოვლების შემდეგ.

330 კვ და მეტი ძაბვის ექსპლუატაციაში მყოფი ტრანსფორმატორების, 180 მვა და მეტი სიმძლავრისა და ნებისმიერი ძაბვის ბლოკური ტრანსფორმატორების ავზიდან ზეთის სინჯის აღება ხდება ერთხელ წლის განმავლობაში. ყველა დანარჩენი ტრანსფორმატორებისათვის ზეთი მოწმდება ერთხელ 3 წლის განმავლობაში. 500 კვ ძაბვის არაჰერმეტიული შემყვანებისათვის ექსპლუატაციის პირველი ორი წლის განმავლობაში მოწმდება წელიწადში 2-ჯერ, შემდეგ ორ წელიწადში ერთხელ. 110-330 კვ ძაბვის დროს, პირველი ორი წლის განმავლობაში, წელიწადში ერთხელ, შემდგომ სამი წლის განმავლობაში ასევე ერთხელ. ჰერმეტიული შემყვანებისათვის, ზოგად შემთხვევებში, ზეთი არ მოწმდება.

ძაბვით რეგულირების მოწყობილობების კონტაქტორებიდან ზეთის სინჯი წელიწადში ერთხელ აიღება. ამასთან, თუ გადართვები ხდება საკმაოდ ხშირად, მაშინ ზეთის სინჯი უფრო ხშირად აიღება. ჩვეულებრივ, ზეთის სინჯი აღებებს შორის გადართვების რაოდენობა არ უნდა იყოს 5000-ზე მეტი. გამრღვევი ძაბვის შემცირების ან წყლის შემჩნევისას ზეთი გამოცვლილი უნდა იქნეს. ზოგიერთი მოწყობილობებისათვის ქარხანა-დამამზადებლის ინსტრუქცია მოითხოვს კონტაქტორში ზეთი შეცვლილ იქნეს 5 წლის შემდეგ ან 25 ათასი გადართვის შემდეგ, მიუხედავად მისი მდგომარეობისა.

უნდა გვახსოვდეს, რომ ქილის ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილების გამო, მასში შეიძლება დაკონდენსირდეს ტენი, ამიტომ ქილა

უნდა გაიხსნას მას შემდეგ, რაც მიიღებს გარემოს ტემპერატურას. ეს მოთხოვნა ეკუთვნის როგორც ცარიელ, ისე სავსე ქილებს. გამო-საცდელად აღებული სინჯი ლაბორატორიის შენობაში დადგმული უნდა იქნეს ზაფხულში 2-3 სთ, ზამთარში - 8-12 სთ.

4.11. სატრანსფორმატორო ზეთის გამოცდა და ქიმიური ანალიზი

სატრანსფორმატორო ზეთის გამოცდა და ქიმიური ანალიზი ტრანსფორმატორის მდგომარეობის შემოწმების უძველესი და ყველაზე უფრო გავრცელებული ხერხია.

განასხვავებენ ახალ, რეგენერირებულ (აღდგენილ) და საექსპლუატაციო ზეთებს. ახალი და რეგენერირებული ზეთების მახასიათებლები ერთმანეთისაგან პრაქტიკულად არ განსხვავდება.

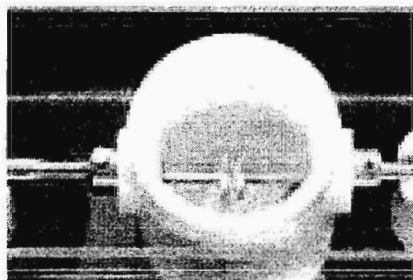
როგორც ახალი, ისე ექსპლუატაციაში მყოფი სატრანსფორმატორო ზეთისათვის ნორმებით დადგენილია ფიზიკურ-ქიმიური და დიელექტრიკული თვისებები, რომლებიც მოყვანილია დანართში 1. ბუნებრივია ექსპლუატაციაში მყოფ ზეთზე მოთხოვნები უფრო დაბალია, ვიდრე ახალ ჩასხმულზე.

ნორმალურად დაშვებული მაჩვენებლები იძლევა მოწყობილობის ნორმალური მუშაობის გარანტიას. ზეთის მაჩვენებლების ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობასთან მიახლოებისას საჭიროა მიღებულ იქნეს ზომები მისი საექსპლუატაციო თვისებების აღსადგენად ან მოვახდინოთ მისი შეცვლა.

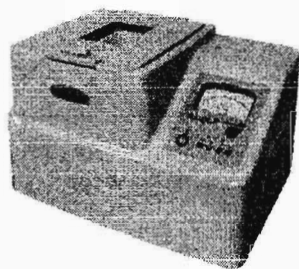
მრავალი დაზიანება ან ტრანსფორმატორის ნორმალური მდგომარეობიდან გადახრა ვერაფრით ვერ გამოვლინდება გარე დათვალიერების დროს. განსაკუთრებით ეს ეხება ახლად დაწვებულ შიგა დაზიანებებს. შიგა დაზიანების მნიშვნელოვანი ნაწილი შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს სატრანსფორმატორო ზეთის მდგომარეობის შემოწმებით. ისეთი შიგა დაზიანებები, როგორიცაა ადგილობრივი გადახურება, ნაწილობრივი განმუხტვა, უმნიშვნელო ნაპერწკლების ყრა კონტაქტურ შეერთებებში და სხვა, ამა თუ იმ ფორმით ახდენს გავლენას სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებებზე. მისი მახასიათებლების ცვლილება ხდება აგრეთვე ტენიანობის,

გაჭუჭყიანების, ჰაერის ან სხვა გაზის მოხვედრისას და ბოლოს ზეთისა და მყარი იზოლაციის ბუნებრივი დაძველების შედეგად.

ელექტრული სიმტკიცის ანუ გამრღვევი ძაბვის გამოცდა წარმოებს სტანდარტულ განმმუხტველში, რომელიც მცირე მოცულობის ფაიფურის აბაზანაში ერთმანეთისაგან 2,5 მმ-ით დაშორებული, ურთიერთპარალელურად განლაგებული 8 მმ სისქისა და 25 მმ დიამეტრის ორი ბრტყელი ან სფერული ფორმის ელექტროდია (ნახ.4.10,ა).



ა)



ბ)

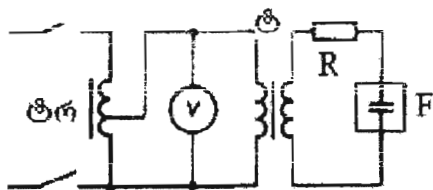
ნახ.4.10. ფაიფურის აბაზანა (ა) და ზეთსარღვევი АИМ-90 (ბ)

გამოცდის წინ აბაზანასა და ელექტროდებს უნდა გამოვაგლით გამოსაცდელი ზეთი. შემდეგ ფაიფურის აბაზანას აავსებენ ზეთით და ჩადგამენ ზეთსარღვევში. 4.10,ბ ნახ-ზე მოცემულია 90 კვ გამრღვევი ძაბვის მქონე АИМ-90 ტიპის ზეთსარღვევი, ხოლო მისი პრინციპული სქემა – 4.11 ნახ-ზე.

20 წუთის განმავლობაში ზეთი უნდა იდგეს, რათა მისგან ჰაერი გამოვიდეს.

ზეთსარღვევი ქსელში ჩაირთვება. ვოლტმეტრი ჩართულია დაბალი ძაბვის მხარეს და დაგრადუირებულია გამოსაცდელი ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გათვალისწინებით ანუ გვიჩვენებს გამოსაცდელ ძაბვას. მდოვრედ ვწევთ ძაბვას 1-2 კვ/წმ სიჩქარით და უწყვეტად ვაკვირდებით კილოვოლტმეტრის ჩვენებას, ვაფიქსირებთ ძაბვის იმ მნიშვნელობას, რომელზეც ხდება ზეთის გარღვევა. გამოცდა ტარდება 5-6-ჯერ 1-10 წთ-ის ინტერვალით. ინტერვალის სიდიდე დამოკიდებულია აპარატის ტიპზე. პირველი გარღვევა სასინჯია და შედეგს მხედველობაში არ

იღებენ. გამრღვევი ძაბვის მნიშვნელობად აიღება დანარჩენი 5 გარღვევის საშუალო არითმეტიკული.



ნახ.4.11. ზეთსარღვევის პრინციპული სქემა: ტრ – მარეგულირებელი ტრანსფორმატორი; ტ – ამწვეი ტრანსფორმატორი; R – დენშემზღუდველი რეზისტორი; F – სტანდარტული განმმუხტველი

არადამაკმაყოფილებელი შედეგის მიღების შემთხვევაში აიღება განმეორებითი სინჯი, რის შემდეგაც საბოლოო პასუხი გაიცემა.

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ 50 კვ ზემოთ გამრღვევი ძაბვის მქონე სატრანსფორმატორო ზეთისათვის სფერულელექტროდებიანი აპარატით განსაზღვრული გამრღვევი ძაბვის მნიშვნელობა საშუალოდ 6 კვ-ით უფრო მეტია, ვიდრე ბრტყელელექტროდიანი აპარატით განსაზღვრული, ხოლო 50 კვ-ზე ნაკლები გამრღვევი ძაბვის მქონე ზეთისათვის საშუალოდ 5 კვ-ით მეტია.

ზეთის შემოკლებული ანალიზი. ასეთი ანალიზის დროს, გარდა გამრღვევი ძაბვის მნიშვნელობისა, განისაზღვრება აფეთქების ტემპერატურა და მჟავური რიცხვი.

დახურულ ტიგელში ზეთის ორთქლის აფეთქების ტემპერატურა ახასიათებს ზეთის ფრაქციულ შედგენილობას და გამოიყენება ტრანსფორმატორში ზეთის დაშლის პროცესების აღმოსაჩენად.

მჟავური რიცხვი არის მწვავე კალიუმის რაოდენობა (გამოსახული მილიგრამებში), რომელიც საჭიროა 1 გ ზეთში არსებული მჟავას ნეიტრალიზაციისათვის. ზეთის დაძველებას თან ახლავს მჟავური შენაერთების შემცველობის გაზრდა, ამიტომ მჟავური რიცხვი ახასიათებს ზეთის დაძველებას.

ზეთის სრული ანალიზი. ამ დროს შემოკლებული ანალიზის დამატებით განისაზღვრება ტენიანობისა და მექანიკური მინარევების რაოდენობა, დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტან-

გენსი, წყალში ხსნადი მჟავებისა და ტუტეების შემცველობა და სხვა მაჩვენებლები.

ახალმა სატრანსფორმატორო ზეთმა, რომელიც უნდა ჩაისხას გარემონტებულ ტრანსფორმატორში, აუცილებლად უნდა გაიაროს შემოწმება მექანიკური მინარევებისა და შეტივტივებული ნახშირის შემცველობაზე, გამჭვირვალობაზე, დაჟანგვის მიმარ სტაბილურობაზე, განსაზღვრული უნდა იქნეს დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი, აფეთქებისა და გამყარების ტემპერატურა, მჟავეური რიცხვი.

4.4 ცხრილში მოყვანილია სატრანსფორმატორო ზეთის მაჩვენებლების დასაშვები მნიშვნელობები, შემოკლებული ანალიზის შესაბამისად.

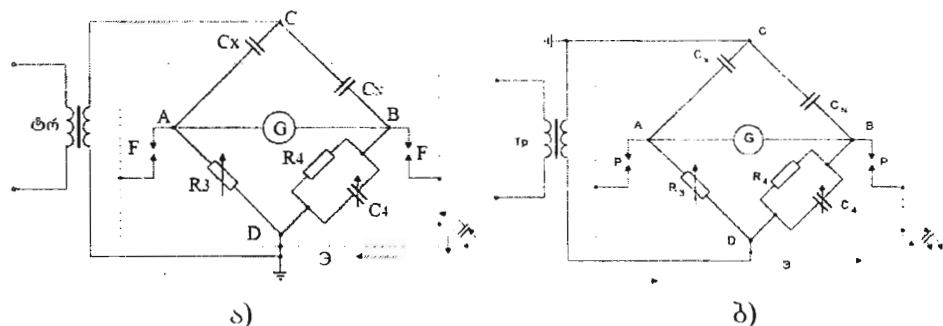
ცხრილი 4.4

სატრანსფორმატორო ზეთის მაჩვენებლების დასაშვები მნიშვნელობები, შემოკლებული ანალიზის შესაბამისად

ზეთის მაჩვენებელი	მოწყობი- ლობა	ახალი ზეთი	რეგენერირებული ზეთი	საექსპლუატაციო ზეთი	
				ნორმალურად დასაშვები	ზღვრულად დასაშვები
U _{გამრღ.ძმ}	35 კე-მდე	35	35	40	25
	150 კე- მდე	60	60	60	35
	220	65	65	65	55
მჟავეური რიცხვი, g KOH/g	220 კე- მდე	0,02	0,05	0,1	0,25
აფეთქების ტემპ-რა, °C	220 კე- მდე	135	130	წინა ანალიზთან შედარებით არა უმეტეს 5°C-ით შემცირება	125

უზეთოდ შემოტანილი ტრანსფორმატორის მონტაჟის დაწყების წინ საჭიროა ტრანსფორმატორის ფსკერიდან მოვახდინოთ ზეთის ნარჩენების სინჯის აღება და შემოწმება.

ტგნ-ს განსაზღვრისათვის ზეთს ასხამენ ცილინდრული ან ბრტყელი ელექტროდების მქონე სპეციალურ ჭურჭელში. გაზომვას აწარმოებენ ცვლადი დენის P-525, P-5026 და სხვა ტიპის ბოგირებით ე.წ. პირდაპირი სქემით. ეს სქემა გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა გამოსაცდელი ობიექტის არც ერთი ელექტროდი (პოლუსი) დაკავშირებული არ არის მიწასთან. თუ ერთ-ერთი პოლუსი (ჩვეულებრივ, კორპუსი ან ავზი) ჩამოწებულია, მაშინ გამოიყენება ე.წ. გადაბრუნებული სქემა. ბოგირის ჩართვის პირდაპირი და შებრუნებული სქემა მოცემულია 4.12 ნახ-ზე. ძაბვა ელექტროდებზე უნდა იყოს 2 კვ (ელექტროდებს შორის 2 მმ დაშორებისას). ბოგირის კვება ხორციელდება T ტრანსფორმატორის გავლით. R_3 და C_4 პარამეტრების რეგულირებით მიიღწევა ბოგირის წონასწორობა. ბოგირისა და ბოგირის ეტალონური კონდენსატორის წინააღობები ისეა შერჩეული, რომ $\tau_{გ} = C_4$. ამასთან, გაზომვისას საკმარისია C ტევადობის მნიშვნელობები. დიელექტრიკული დანაკარგების გაზომვის მთელი პროცესის განმავლობაში R_3 წინააღობის მნიშვნელობა არ იცვლება.



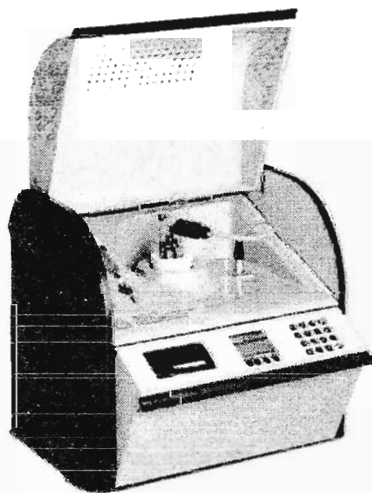
ნახ.4.12. ცვლადი დენის ბოგირის პრინციპული სქემა: ა – პირდაპირი (ნორმალური); ბ – შებრუნებული. ტრ – ტრანსფორმატორი; C_x – გამოსაკვლევი ობიექტი; C_0 – ეტალონური კონდენსატორი; N – ნულ-ინდიკატორი (გალვანომეტრი); R_3 – ბოგირის მარეგულირებელი წინააღობა; C_4 – ბოგირის მარეგულირებელი კონდენსატორი; Ξ – ბოგირის ეკრანი

გაზომვის პროცესის დაწყების წინ საჭიროა შემოწმდეს ბოგირის სქემა, მიერთებულ ელექტროდებთან ერთად დანაკარგების არარსებობაზე. ეს კეთდება გამოსაცდელი ზეთის ჭურჭელში ჩას-

ხმის წინ. დანაკარგები არ არის, თუ $C_4=0$. წინააღმდეგ შემთხვევაში, უნდა შემოწმდეს სქემის აწყოობის სისწორე და ელექტროდების სისუფთავე. თითოეული გაზომვა უნდა განმეორდეს ორჯერ გად-
ვანომეტრის სხვადასხვა პოლარობისა და მაქსიმალური მგრძნობი-
არობის დროს. დღეისათვის ზოგიერთი სახეობის სატრანსფორ-
მატორი ზეთისათვის ტემპერატურაზეა 90°C ტემპერატურის
დროს. ამასთან, საექსპლუატაციო სახელმძღვანელო მასალებში
ტემპერატურაზეა 20° და 70°C ტემპერატურებზე. ტრანსფორმატო-
რისა და მისი კვანძების მდგომარეობის კომპლექსური შეფასები-
სათვის საჭიროა ექსპლუატაციისას ზეთის ტემპერატურაზე განსაზღვრულ იქნეს
ყველა ტემპერატურაზე (20° , 70° და 90°C). ზოგიერთ შემთხვევაში,
მაგალითად, ზაფხულის ცხელ დღეებში ძნელია უზრუნველყოთ
ზეთის 20°C ტემპერატურა. მაშინ ტემპერატურაზე გაზომვა ხდება ოთახის ტემ-
პერატურაზე, ხოლო მისი მნიშვნელობა 20°C ტემპერატურაზე გა-
ნისაზღვრება ფორმულით:

$$t_{20} = t_{\text{გ}} \Delta / K_3,$$

სადაც K_3 არის ტემპერატურაზე დამოკიდებული კოეფიციენტი,
რომელიც აიღება 9.9 ცხრილიდან; $\Delta = t - 20^{\circ}\text{C}$.



ნახ.4.13. დიფერენციალური დანაკარგების კუთხე ტანგენსისა და კუთრი
ელექტრული წინააღობის (მომი) საზომი ავტომატური DTL სისტემა

დღეისათვის თხევადი ელექტროსაიზოლაციო მასალების დაბ-ველების ხარისხის შეფასების მიზნით წარმოების მიერ გამოშე-ბულია დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსისა და კუთ-რი ელექტრული წინაღობის (მომი) საზომი ავტომატური DTL სის-ტემა (ნახ.4.13).

აღნიშნული სისტემა გამოიყენება ტექნოლოგიურ დანადგა-რებში ზეთის ხარისხის კონტროლისათვის, სახელდობრ ზეთის გაწმენდისა და დეგაზაციის დროს. შესაბამის პროგრამულ უზრუნ-ველყოფასთან ერთად იგი საშუალებას იძლევა არსებითად გა-მარტივდეს ტექნოლოგიური პროცესის მართვის პროცედურა.

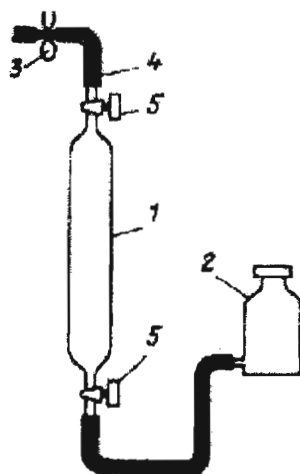
4.12. გაზის შემცველობა ზეთში

ზეთის გამოყენება წყვეტს გაცივებისა და იზოლაციის პრობ-ლემას, მაგრამ ქმნის ახალ პრობლემას, რაც დაკავშირებულია ტრანსფორმატორის ექსპლუატაციის მომატებულ საფრთხესთან. დენგამტარი ნაწილების დაზიანების შემთხვევაში ზეთი იწვებს გახურებას და ხდება გაძლიერებული გაზწარმოქმნა, მკვეთრად იწვეს ზეთის წნევა ავზში, რამაც შეიძლება აფეთქებამდე მიგვი-ყვანოს. ასეთი დაზიანების თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება გა-ზური დაცვა.

ზეთის ჯამური გაზის შემცველობას განსაზღვრავენ ქრომა-ტოგრაფის დახმარებით. ზუსტი შედეგების მისაღებად საჭიროა სწორად ავიღოთ გაზის სინჯი. ამისათვის გამოიყენება 4.14 ნახ-ზე წარმოდგენილი ხელსაწყო, რომელიც მოთავსებულია სპეციალურ ხის ბუდეში.

ზეთის სინჯის აღება წარმოებს შემდეგნაირად: მათანაბ-რებელი შუშა 2 იესება 22%-იანი სუფრის მარილის ხსნარით, ამატებენ 5-6 წვეთ გოგირდმჟავასა და მეთილნარინჯის ინდიკა-ტორს (ამის ნაცვლად იყენებენ 1:1 მოცულობის გლიცერინის წყალხსნარს ან სატრანსფორმატორო ზეთს). აღებენ 1 პიპეტის 5 ონკანებს, შუშა 2 აიწვევა ზედა ონკანის ზემოთ და როცა სითხე აავსებს პიპეტს და დაიწყებს გადმოღინებას 4 რეზინის მილიდან,

დაკეტავენ 5 ონკანებს და დაუჭერენ 3 მომჭერს. პიპეტში არ უნდა დარჩეს ჰაერის ბუშტუკები. 4 მილის ბოლოს წამოაცმევენ გაზური რელეს დაკეტილი ონკანის შტუცერს, პიპეტს დაუშვებენ ამ ონკანის ქვემოთ, გააღებენ 5 ონკანებს და მოხსნიან 3 მომჭერს. პიპეტში სითხის დონემ არ უნდა დაიწიოს. თუ სითხის დონემ დაიწია, მაშინ ხელსაწყო წესრიგში არ არის ან 4 მილი მჭიდროდ არ არის წამოცმული შტუცერზე. მას შემდეგ, რაც დარწმუნდებიან, რომ ხელსაწყო ჰაერს არ იწოვს, ადებენ გაზური რელეს ონკანს და გაზის სინჯის აღება წარმოებს მანამ, სანამ ზეთის დონე რელეში არ მიაღწევს სათვალთვალო მინის ზედა ნიშნულს ან მთლიანად არ აივსება პიპეტი (მისი ტევადობა 500 მლ-ია). შემდეგ კეტავენ გაზური რელეს ონკანს, აწევენ 2 შუშას პიპეტის ზედა მხარემდე, დაკეტავენ პიპეტის 5 ონკანებს. პიპეტს დაკეტილი ონკანებით ჩააბარებენ ქიმიურ ლაბორატორიას.



ნახ.4.14. გაზური რელედან გაზის სინჯის ასაღები ხელსაწყო

ტრანსფორმატორის დაზიანების ან არდაზიანების შესახებ მსჯელობენ 4.5 ცხრილში მოცემული გაზის ანალიზის შედეგების მიხედვით.

4.5 ცხრილში ნაჩვენები პირველი ორი სახის დაზიანების მაგალითები დაკავშირებულია რკალის არსებობასთან და ხასიათდება, პირველ რიგში, წყალბადის დიდი რაოდენობით. მისი მიზეზია

ძაბვით რეგულირების მოწყობილობის გადაფარვა და ხვიათშორისი მოკლედ შერთვა. გაზური რელე, როგორც წესი, მუშაობს გამორთვაზე, ხდება გაზების გამოტყორცნა გამოსაბოლქვი მილის ან დამცავი სარქველის გავლით. ტრანსფორმატორი ექვემდებარება რემონტში გადატანას.

ცხრილი 4.5

გაზის შედგენილობა გაზურ რელეში ტრანსფორმატორის შიგა დაზიანების დროს

გაზის გაჩენის მიზეზი	კომპონენტების შემცველობა, მოცულობის %				
	წყალბადი	მეთანი + ეთანი	აცეტილენი + ეთილენი	ნახშირბადის ჟანგი	ნახშირმჟავა გაზი
ელექტრული რკალი ზეთში	40-65	0,1-5	0,1-5	0-0,2	0,3
ელექტრული რკალით ზეთისა და მყარი იზოლაციის დაშლა	30-65	0,5-10	0,2-5	1-25	0,2-5
ზეთის დაშლა გახურების დროს	0,5-30	3-10	3-10	0-0,02	0,1-2
ზეთისა და მყარი იზოლაციის დაშლა ნაწილობრივი განმუხტვის შემოქმედებით	2-25	2-10	2-10	0,2-15	0,2-5

დაზიანების მესამე სახე – ზეთის დაშლა დაკავშირებულია ადგილობრივი გადახურებების არსებობასთან. ამ დროს, როგორც მეოთხე შემთხვევაში, ტრანსფორმატორის რემონტში გადატანის გადაწყვეტილება მიიღება მისი ექსპლუატაციის ინსტრუქციისა და ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების შესაბამისად, ადგილობრივი პირობებიდან გამომდინარე.

ზეთის დანარჩენი მაჩვენებლები არანორმირებულია და ატარებს დამხმარე ხასიათს. სიმკვრივე ანუ კუთრი მასა მარტივად განისაზღვრება არეომეტრის საშუალებით. სტატიკური და დინამიკური სიბლანტე იზომება, შესაბამისად, ენგლერისა და პინკევიჩის ვისკოზიმეტრებით. გოგირდის შემცველობა, როგორც წესი, იზომება სატრანსფორმატორო ზეთის წარმოების ტექნოლოგიის დამუშავების პროცესში.

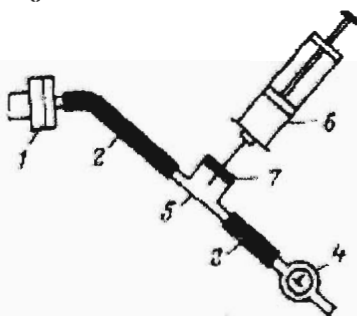
4.13. ზეთის სინჯის აღება გახსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზისათვის

სატრანსფორმატორო ზეთში გახსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზი ზეთის ტრანსფორმატორის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის ფართოდ გაერცელებული მეთოდია და სრულდება ქრომატოგრაფზე, სპეციალურად მომზადებული ქიმიური სამსახურის მუშაკების მიერ. ელექტროტექნიკური პერსონალისა და ელექტრომონტიორებისაგან მოითხოვება ზეთის სინჯის სწორად აღება და ლაბორატორიაში ჩაბარება, ხოლო ანალიზის შესრულების შემდეგ სწორად გაიშიფროს მისი შედეგები და მიღებულ იქნეს გადაწყვეტილება ტრანსფორმატორის შემდგომი ექსპლუატაციის შესახებ.

არსებობს ზეთიდან გაზების გამოყოფის რამდენიმე ხერხი. თითოეული მოითხოვს ზეთის სინჯის აღების თავის ხერხს. განვიხილოთ ყველაზე უფრო გაერცელებული ორი ხერხი.

I ხერხი. ზეთის სინჯის აღება მინის შპრიცით ხდება ვაკუუმის დახმარებით, ზეთში გახსნილი გაზების გამოყოფის შემთხვევაში. სინჯის აღება წარმოებს 5 ან 10 მლ მოცულობის სამედიცინო შპრიცით (ნახ.4.15). წინასწარ შპრიცი მოწმდება ჰერმეტიულობაზე. ამისათვის გამოსწევენ დგუშს ბოლომდე და შემდეგ შპრიცის ნემსის ბოლოს შეიყვანენ რეზინის საცობში. დააწვებიან ჭოკს და დგუშს გადაადგილებენ დაახლოებით შპრიცის ნახევარზე. ამ მდგომარეობაში შპრიცს საცობთან ერთად ჩაუშვებენ წყალში და თუ ჰაერის ბუშტუკები არ გაჩნდა, მაშინ ჰერმეტიულობა საკმარისია.

ზეთის სინჯის ასადებად ტრანსფორმატორს აქვს სპეციალური განტოტება, რომელიც სინჯის ადების წინ გაწმენდილი უნდა იქნეს ჭუჭყისაგან. სინჯის ადებისას უნდა გამოვეშვათ ზეთის მცირე რაოდენობა, რომელიც დაგუბებულია განტოტებაში, გაირეცხოს ზეთით შპრიცის და ზეთამღები სამარჯვები. შპრიცით ზეთის ადების სქემა შემდეგია: სამკაპა 5 რეზინის საცობთან 7 ერთად რეზინის მილის 2 და გადამყვანის დახმარებით შეაერთებენ ტრანსფორმატორის განტოტებასთან 1, ხოლო 3 მილით ონკანთან 4. მთელი სისტემა ჰერმეტიული უნდა იყოს. მილის 2 სიგრძე აირჩევა ისე, რომ ადვილი იყოს სამკაპათი 5 და შპრიცით 6 ოპერირება. გააღებენ ტრანსფორმატორის ვენტილსა და ონკანს 4 და ჩამოასხამენ 1-2 ლ ზეთს. დაკეტავენ ონკანს 4, შეიყვანენ შპრიცის ნემსს სამკაპაში 5 ბოლომდე და აავსებენ შპრიცს ზეთით. ზეთის წნევის ქვეშ შპრიცის დგუში თავისუფლად უნდა გადაადგილდეს. ადებენ ონკანს 4 და შპრიცის გარეცხვის მიზნით დააწევიან დგუშს და გამოდევნიან მისგან ზეთს. ამ ოპერაციას ორჯერ იმეორებენ. შემდეგ იღებენ ზეთს შპრიცში, ამოიღებენ სამკაპადან და ნემსის წვეროს წამოაქმევენ წინასწარ მომზადებულ რეზინის საცობს. დაკეტავენ ტრანსფორმატორის ვენტილს და მოაშორებენ ამღებ სისტემას. ზეთით ავსებულ შპრიცს ათავსებენ სპეციალურ ტარაში, რომელსაც ბუდეები აქვს შპრიცისათვის. სინჯს გაუკეთებენ მარკირებას და ლაბორატორიაში აგზავნიან.

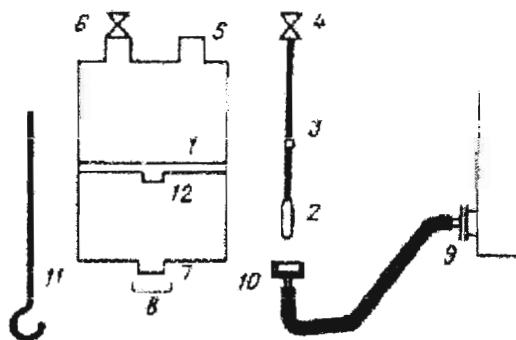


ნახ.4.15. ზეთის სინჯის ადება შპრიცით

სინჯის მარკირებისას ნაჩვენები უნდა იყოს ობიექტის დასახელება (ელექტროსადგური ან ქვესადგური), ტრანსფორმატორის ად-

გილობრივი მარკირება, სინჯის აღების ადგილი (ავზი, ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობა, შემყვანი), სინჯის აღების თარიღი და ვის მიერ იქნა აღებული. ხშირად შპრიცზე ნაჩვენებია მოკლე პირობითი აღნიშვნა, რომელიც გაშიფრულია სპეციალურ ურნალში.

II ხერხი. ზეთის სინჯის აღება ზეთამღებში გახსნილი გაზების ნაწილობრივი გამოყოფის დროს. ანალიზის შედეგების სიზუსტე ამ ხერხის გამოყენებისას გაცილებით მაღალია, ვიდრე წინა შემთხვევაში. ამასთან, ზეთის სინჯის მოთხოვნილი მოცულობა რამდენიმე ლიტრს შეადგენს. ჩვეულებრივ, სარგებლობენ 2,5-3 ლ ტევადობის ზეთამღებით, რომლის სქემა მოცემულია 4.16 ნახ-ზე.



ნახ.4.16. ზეთამღები მოწყობილობის სქემა

ნორმალურ მდგომარეობაში დგუში 1 დაშვებულია ფსკერზე, ბარბოტიორი 2 ტემპერატურის გადამწოდთან 3 და დაკეტილ ვენტილთან 4 ერთად ჩახრახნილია ნახვრეტში 5. ვენტილი 6 დაკეტილია, ნახვრეტი 7 ზეთამღების ფსკერზე დაკეტილია სახშობით 8.

ზეთის სინჯი აიღება განტოტებიდან 9, რომელიც მოთავსებულია ტრანსფორმატორის ქვედა ნაწილში და ნორმალურ მდგომარეობაში დახურულია საცობით. განტოტებასთან უერთდება 5-8 მმ დიამეტრის რეზინის მილი, რომელსაც ბოლოში გაკეთებული აქვს შტუცერი 10 წამოსაცმელ ქანთან ერთად. ჩამოასხამენ 1,5-2 ლ ზეთს. შტუცერს 10 გადააბრუნებენ წამოსაცმელ ქანთან ერთად ზემოთ, როგორც ეს ნაჩვენებია 4.16 ნახ-ზე და ზეთის ხარჯს არეგულირებენ დაახლოებით 1 მლ/წმ. ასეთი ხარჯის დროს ზეთი ავსებს წამოსაცმელ ქანს და ნელა გადმოედინება გვერდებზე.

ზეთამღებიდან ამოხრახნიან 2-4 ბარბოტიორს და ჭოკი 11 შეჰყავთ ხვრელით 7. ამ ჭოკით დააწვებიან დგუშის ბოლოს და გადაჰყავთ ზედა მდგომარეობაში. გადააბრუნებენ ზეთამღებს ფსკერით ზემოთ და წამოსაცმელ ქანჩს 10 დაუჭერენ ნახერცს 5 იმდენად, რომ ზეთმა შეწყვიტოს დინება შტუცერიდან. ამ დროს ზეთამღების შევსება ხდება დაახლოებით 0,5 ლ/წთ სიჩქარით. როცა ხვრელიდან 7 გამოჩნდება დგუშის ბოლო 12, უნდა დავახუროთ სახურავი 8. შეწყდება რა ზეთის მიწოდება, 9-10 რეზინის მილს მოუშორებლად გადააბრუნებენ ზეთამღები ფსკერით ქვემოთ. მოხსნიან შტუცერს 10 და დარწმუნდებიან, რომ ზეთით მთლიანად არის შევსებული დახერცტი 5. დაკეტილი ონკანით 4 ბარბოტიორს 2 ჩახრახნიან ადგილზე. ზეთით ავსებულ ბარბოტიორს გადაიტანენ ლაბორატორიაში ანალიზისათვის.

ყველა შემთხვევაში ზეთის სინჯის აღებისა და ლაბორატორიაში გადატანისას მთავარი მოთხოვნაა დაცულ იქნეს ჰერმეტიზლობა და არ დავეშვათ ზეთის დატენიანება და გაჭუჭყიანება. სინჯის შენახვის დრო მინიმალური უნდა იყოს (არა უმეტეს ერთი დღე-ღამე).

ანალიზის ჩატარების შემდეგ ლაბორატორია გასცემს შედეგებს და, როგორც წესი, უჩვენებს ამა თუ იმ გახსნილი გაზის შემცველობის ნორმებიდან გადახრას. ანალიზის შედეგების მიხედვით ელექტროტექნიკური პერსონალი იღებს გადაწყვეტილებას ტრანსფორმატორის შემდგომი ექსპლუატაციის შესახებ.

ანალიზის დროს განისაზღვრება ნახშირმჟავა გაზის CO_2 , ნახშირჟანგის CO , წყალბადის H_2 და ნახშირწყალბადების – მეთანის CH_4 , აცეტილენის C_2H_2 , ეთილენის C_2H_4 , ეთანის C_2H_6 , ჟანგბადისა O_2 და აზოტის N_2 შემცველობა. ამასთან, ყველაზე ხშირად ანალიზი წარმოებს არა ყველა ჩამოთვლილ გაზზე, არამედ ნაწილზე, მაგალითად, ნახშირმჟავა გაზზე, აცეტილენსა და ეთილენზე. ბუნებრივია, რაც გაზის ნაკლები ნომენკლატურა იქნება მხედველობაში მიღებული, მით უფრო ნაკლებია ახლად დაწყებული დაზიანების დროულად აღმოჩენის შესაძლებლობა.

დღეისათვის ქრომატოგრაფიული ანალიზის საფუძველზე შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს ძალური ტრანსფორმატორების დაზი-

ანების ორი ჯგუფი: 1) მყარი იზოლაციის დეფექტები – გადახურებები და მყარი ელექტრული იზოლაციის დაჩქარებული დაძველება, ნაწილობრივი განმუხტვები ქაღალდზეთიან იზოლაციაში; 2) ლითონის გადახურებები და ნაწილობრივი განმუხტვები ზეთში – დენგამტარი ნაწილების, კონტაქტური შეერთებების, მაგნიტგამტარებისა და სხვა კონსტრუქციული ნაწილების დეფექტები, მოკლედ შერთული კონტურების არსებობა.

პირველი ჯგუფის დეფექტებისათვის დამახასიათებელია ნახშირმჟავა გაზისა და ნახშირჟანგის გამოყოფა. ტრანსფორმატორებისათვის, რომელთაც აქვს ღია სასუნთქი და ზეთის აზოტური დაცვა, მისი მდგომარეობის შეფასების კრიტერიუმად გამოყენებულია ნახშირმჟავა გაზის კონცენტრაცია და დადგენილია, რომ პირველი ჯგუფის საშიშ დეფექტებს ადგილი აქვს CO_2 -ის კონცენტრაციის 4.6 ცხრილში მოცემული მნიშვნელობის გადაჭარბების შემთხვევაში.

მეორე ჯგუფის დეფექტებისათვის დამახასიათებელია ეთილენისა და აცეტილენის გამოყოფა. ეს გაზები შეიძლება არსებობდეს ერთდროულად და ასევე ახლდეს მეთანი და წყალბადი. საშიში კონცენტრაციები მოყვანილია 4.6 ცხრილში.

როგორ უნდა მიეუდგეთ ტრანსფორმატორის შემდგომი ექსპლუატაციის საკითხს? უფრო საშიში პირველი ჯგუფის დაზიანებებია, რომლებიც დაკავშირებულია გრაგნილების ან განშტოებების მყარი იზოლაციის დაზიანებასთან. საკმარისია რაიმე დამატებითი მოქმედება, რომელიც აღიძვრება მექანიკური ზემოქმედების შედეგად, რის გამოც ხდება იზოლაციის დაზიანება, რკალის წარმოშობა და ტრანსფორმატორის ავარიული გამორთვა. ამიტომ, პირველი ჯგუფის დეფექტების შემთხვევაში ტრანსფორმატორი რემონტზე უნდა იქნეს გადატანილი.

იმისათვის, რომ უფრო ზუსტად გადავწყვიტოთ ტრანსფორმატორის რემონტზე გადატანის საკითხი, მხედველობაში უნდა მივიღოთ მთელი რიგი დამატებითი გარემოებები. ნახშირმჟავა გაზი შეიძლება წარმოიქმნას ისეთი მიზეზებით, რომლებიც დაკავშირებული არ არის გრაგნილების ან განშტოებების იზოლაციასთან. ამ ეფექტთან შეიძლება მიგვიყვანოს ლითონის დიდი ფართობის გადა-

ხურებამ ან ზეთის ძლიერმა დაძველებამ, ხშირმა გადატვირთვებმა, გადააგზნებებმა, გაცივების სისტემის მტყუნებამ და აზოტური დაცვის სისტემაში აზოტის ნაცვლად ნახშირმჟავა გაზის ბალონის შეცდომით მიერთებამ. ამ შემთხვევაში უნდა გავითვალისწინოთ ზეთის ელექტრული გამოცდებისა და ქიმიური ანალიზის შედეგები. აგრეთვე ქარხანა-დამამზადებლის რეკომენდაციები, რომელიც დაკავშირებულია მოცემული ტიპის ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის განსაკუთრებულ თვისებებთან.

ცხრილი 4.6

ზეთში გახსნილი გაზების ზღვრული კონცენტრაციები ღია სასუნთქითა და ზეთის აზოტის დაცვის მქონე ტრანსფორმატორებისათვის

დეფექტების ჯგუფი	ზეთის დაცვა	ზეთის საშუალო წლიური ტემპერატურა, °C	დამახასიათებელი გაზი	ზღვრული კონცენტრაცია, %
პირველი	ჰაერსაშრობი ჰიდროსაკეტით	<40	CO ₂	0,6
		>40	CO ₂	1,0
	აზოტის	<40	CO ₂	0,3
		>40	CO ₂	0,5
მეორე	ყველა სისტემის		C ₂ H ₄	0,008
			C ₂ H ₂	0,01
			CH ₄	0,01

მყარი იზოლაციის დაზიანებულ ნაწილს აქვს მოყავისფრო-შავი შეფერილობა და მკაფიოდ გამოიყოფა იზოლაციის დარჩენილი ნაწილის ფონზე.

მეორე ჯგუფის დეფექტები უფრო საშიშია იმ შემთხვევაში, თუ ისინი განლაგებულია მყარი იზოლაციის უშუალო სიახლოვეს და აგრეთვე დენგამტარი შეერთებების უწესიერობის დროს. დაზიანებული ნაწილის მყარ იზოლაციასთან შეხება დგინდება ნახშირმჟავა გაზის კონცენტრაციის გზით, განსაკუთრებით ანალიზის მონაცემების შედარებით მეზობელად მდებარე ასეთივე ტრანსფორ-

მატორის ანალიზის მონაცემებთან. დენგამტარი ნაწილების საშიში უწესიერობა განისაზღვრება მუდმივი დენით, გრაგნილების ელექტრული წინაღობის გაზომვით. ასეთი ტრანსფორმატორები, პირველ რიგში, გადატანილი უნდა იქნეს რემონტზე.

ტრანსფორმატორებისათვის, რომლებსაც აქვს ზეთის აფსკური დაცვა და აგრეთვე იმ ტრანსფორმატორებისათვის, რომლებშიც ანალიზის საფუძველზე უნდა ყოფილიყო მყარი იზოლაციის დაზიანება, მაგრამ არ აღმოჩნდა კაპიტალური რემონტის დროს, ტარდება ზეთში გახსნილი გაზების გაფართოებული ანალიზი. ანალიზის მონაცემების მიხედვით ტრანსფორმატორის დაზიანების შეფასება ხდება 4.7 ცხრილის მონაცემების მიხედვით.

ყველაზე უფრო საშიშ დეფექტად ითვლება მყარი იზოლაციის დაზიანება, რომელსაც ახლავს ნაწილობრივი განმუხტვები. ნაწილობრივი განმუხტვების შესახებ ვარაუდი შეიძლება გამოითქვას იმ შემთხვევაში, თუ ანალიზის მონაცემები დაემთხვევა 4.7 ცხრილში მოყვანილ არანაკლებ ორ თანაფარდობას. ასეთი ტრანსფორმატორების ექსპლუატაცია დასაშვებია მხოლოდ ქარხანა-დამამზადებლის თანხმობის შემთხვევაში.

თუ ზეთში აღმოჩენილია ნაწილობრივი განმუხტვების კვალი, მაშინ უნდა დავრწმუნდეთ, რომ აღძრული დეფექტი არ ეხება მყარ იზოლაციას. ამისათვის, ზეთში გახსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზი განმეორებული უნდა იქნეს ყოველ ორ კვირაში. თუ 3 თვის განმავლობაში თანაფარდობები არ შეიცვალა, მაშინ მყარი იზოლაცია ხელუხლებელია.

4.7 ცხრილში მოცემული თანაფარდობებით გამოვლენილი დაზიანებების დამატებით მტკიცებულებად გამოიყენება გაზების კონცენტრაციის ცვლილების სიჩქარე. საშიში დეფექტის არსებობას მოწმობს ერთი თვის განმავლობაში ზეთში ნაწილობრივი განმუხტვისას აცეტილენის კონცენტრაციის 0,004–0,01%-ით და მყარ იზოლაციაში 0,02–0,03%-ით გაზრდა. გადახურებისას (ცხრილის ბოლო სვეტი) დამახასიათებელია გაზების, პირველ რიგში, მეთანისა და აცეტილენის კონცენტრაციის ზრდის სიჩქარის შემცირება. ამ დროს რეკომენდებულია ტრანსფორმატორის ავზში ზეთის დეგაზაციის ჩატარება, შემდგომ ორ კვირაში ერთხელ ზეთის სინჯის აღებით.

**ზეთში გახსნილი გაზების საშიში კონცენტრაციების თანაფარდობები
ზეთის აფსკური დაცვის მქონე ტრანსფორმატორებში**

გაზების კონცენტრა- ციის თანაფარდობა	კონცენტრაციის თანაფარდობა		
	ნაწილობრივი განმუხტვებისას		დენგამტარი შეერთებებისა და კონსტრუქციის ელემენ- ტების გადახურებისას
	ზეთში	მყარ იზო- ლაციაში	
ძირითადი მაჩვენებლები			
CH4 : H2	0,4-1	< 0,4	> 1,0
C2H2 : C2H4	>1	< 1	< 0,5
C2H6 : C2H2	< 0,5	< 0,5	> 0,5
C2H6 : CH4	< 0,2	< 0,2	> 0,2
CO2 : CO	< 3,0	>10	<10
დამატებითი მაჩვენებლები			
CH4 : C2H4	> 5	1-5	
C2H4 : C2H6	1-5	>5	
C2H2 : CH4	< 0,4	< 0,4	

ზეთში გახსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზით, ტრანსფორმატორების მდგომარეობის მაღალეფექტური დიაგნოსტიკის გამო, მცირდება იმ სამუშაოთა მოცულობა, რომლებიც მოითხოვს ტრანსფორმატორის გამორთვას.

4.14. იზოლაციის მდგომარეობის გამოცდა და განსაზღვრა

იზოლაციის გამოცდა არის ყველა პროფილაქტიკური გამოცდის ძირითადი ელემენტი. პროფილაქტიკური გამოცდები წარმოებს ტექნიკური ექსპლუატაციის წესებისა და ელექტრომოწყობილობათა გამოცდის ნორმების შესაბამისად მიმდინარე და კაპიტალური რემონტის დროს. ტრანსფორმატორებისათვის, რომელთაც აქვს ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობები, მიმდინარე რემონტი ტარდება ყოველწლიურად, ხოლო მის გარეშე და ასევე ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების მთავარი და საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორებისათვის ორ წელიწადში ერთხელ, ყველა სხვა

ტრანსფორმატორებისათვის ოთხ წელიწადში ერთხელ. პროფილაქტიკური გამოცდები მოიცავს იზოლაციის გამოცდასა და კონტაქტების გარდამავალი წინაღობის გაზომვას. გამოცდის შედეგებს აღარებენ დადგენილ ნორმებსა და აღრე ჩატარებული გამოცდის შედეგებს. თუ აღმოჩნდება იზოლაციის გაუარესების ნიშნები, მაშინ პროფილაქტიკური გამოცდები ტარდება რემონტებს შორის პერიოდში. ტრანსფორმატორების გამოცდის ნორმირებული მოცულობა მოყვანილია 4.8 ცხრილში.

იზოლაცია ექვემდებარება თბურ, მექანიკურ და ელექტრულ ზემოქმედებებს. ამ დროს ჩქარდება ქიმიური პროცესების მიმდინარეობა (ჟანგვა), იცვლება იზოლაციის სტრუქტურა, მცირდება მექანიკური სიმტკიცე, ხდება შრეებად დაშლა. ტრანსფორმატორის იზოლაციაზე განსაკუთრებით მავნე ზემოქმედებას ახდენს დატენიანება და გაჭუჭყიანება. ტენი აღწევს იზოლაციის შიგნით და ქმნის ელექტრული გარღვევის საშიშროებას. შედეგად იზოლაცია ძველდება და მასში აღიძვრება საერთო (თანაბრად განაწილებული) და ადგილობრივი (თავმოყრილი) დეფექტები. თვით ტრანსფორმატორების მდგომარეობის დიაგნოსტიკის ისეთი ეფექტური საშუალებაც კი, როგორიცაა ზეთში გახსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზი, ვერ ავლენს იზოლაციის ყველა შესაძლო დეფექტს. სწორედ ამით აიხსნება ტრანსფორმატორის გამორთვა პროფილაქტიკური გამოცდების ჩატარებისას.

განვიხილოთ ტრანსფორმატორის იზოლაციის გამოცდის ძირითადი სახეები.

იზოლაციის წინაღობის გაზომვა წარმოებს მეგაომმეტრით და იზოლაციის გამოცდის ყველაზე უფრო მარტივი და გავრცელებული სახეა. წარმოდგენას გვაძლევს იზოლაციის საშუალო მდგომარეობაზე, აშკარა დაზიანების შემთხვევებში გვიჩვენებს მათ არსებობაზე, ზოგიერთ შემთხვევაში გვეხმარება განვსაზღვროთ დეფექტის ადგილი.

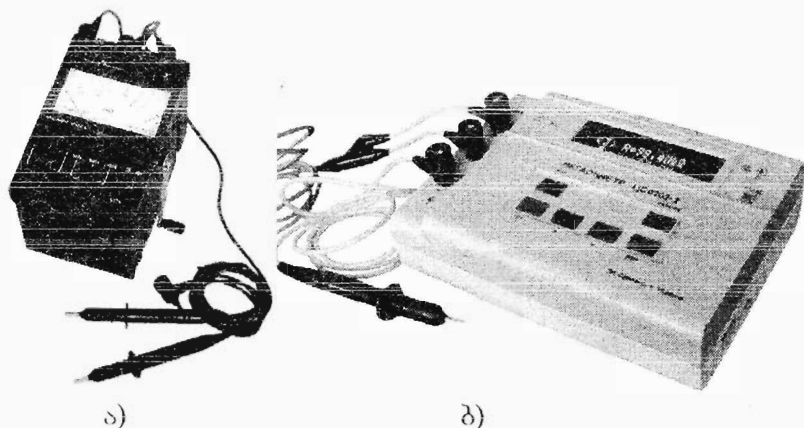
ტრანსფორმატორის იზოლაციის წინაღობის გასაზომად გამოიყენება 2,5 კვ ძაბვის მეგაომმეტრები. 220 კვ ძაბვისა და ზემოთ ტრანსფორმატორებისათვის მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს მეგაომმეტრი მასტაბილიზებული ელექტრონული მისადგამით.

პროფილაქტიკური გამოცდების მოცულობა

ჩასატარებელი გაზომვები და შემოწმებები	გამოცდა			
	ექსპლუატაციაში შეყვანისას	კაპიტალური რემონტის დროს	მიმდინარე რემონტის დროს	რემონტის შემოდგომის პერიოდში
იზოლაციის წინააღობა, აბსორბციის კოეფიციენტი	+	+	+	+
ტვბ	+	+	—	+
ტვეადობა,	+	+	—	—
გამოცდა აწეული ძაბვით	+	+	—	—
გრაგნილების წინააღობა მუდმივი დენით	+	+	—	—
ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი	+	+	—	—
შეერთების ჯგუფი და ფაზირება	+	+	—	—
უქმი სვლის დენი და დანაკარგები	+	+	—	—
გადამრთველი მოწყობილობის შემოწმება	+	+	+	—
ავზის შემოწმება წნევით	+	+	—	—
გაცივების სისტემის შემოწმება	+	+	+	—
ინდიკატორული სილიკაგელის შემოწმება	+	+	+	+
იზოლაციის წინააღობა, ტვბ, გამოცდა აწეული ძაბვითა და შემყვანების ხეთის გამოცდა	+	+	—	+
შემყვანების შემჭიდროებების შემოწმება	+	+	—	—
შემყვანების მანომეტრების შემოწმება	—	—	—	+

ხელის ამძრავის მქონე მეგაომმეტრი (ნახ.4.17,ა) შედგება ძაბვის წყაროსაგან – მუდმივი დენის გენერატორის, ხელის ამძრავის,

მაგნიტელექტრული ლოგომეტრისა და დამატებითი წინაღობებისა-
გან.



ნახ.4.17. თანამედროვე მეგაომეტრები: ა – ЗС 0202 ტიპის ხელის
ამძრავიანი; ბ – მრავალფუნქციური LC 0202-1 ტიპის ციფრული

გაზომვის დაწყების წინ, პირველ რიგში, უნდა დავრწმუნდეთ, რომ გამოსაცდელ ობიექტზე არ არის ძაბვა. გულდასმით გავასუფთაოთ იზოლაცია მტვერისა და ჭუჭყისაგან. 2-3 წუთით ჩავამიწოთ ობიექტი მისგან შესაძლო ნარჩენი მუხტების მოხსნის მიზნით. მეგაომეტრის Π (ხაზი) მომჭერი მიეუერთოთ ტრანსფორმატორის ერთ გრაგნილს, ხოლო მომჭერი 3 (მიწა) – მორიგეობით დანარჩენ გრაგნილებს, ავზსა და სხვა ჩამიწებულ ელემენტებს (ცხრილი 4.9). გაზომვა უნდა ვაწარმოოთ ხელსაწყოს ისრის მდგრადი მდგომარეობის დროს. ამისათვის, საჭიროა 120-140 ბრ/წთ სიჩქარით თანაბრად ვაბრუნოთ გენერატორის სახელური.

იზოლაციის წინაღობა განისაზღვრება ისრის ჩვენების მიხედვით. გაზომვის დამთავრების შემდეგ გამოსაცდელი ობიექტი უნდა განიმუხტოს. გამოსაცდელ ობიექტთან ხელსაწყოს მისაერთებლად გამოყენებული უნდა იქნეს ცალკეული სადენები არანაკლებ 100 მომი იზოლაციის წინაღობით.

გამოყენების წინ საჭიროა მეგაომეტრის საკონტროლო შემოწმება. გახსნილი სადენების შემთხვევაში სახელურის დაბრუნების დროს ხელსაწყოს ისარი უნდა უჩვენებდეს “უხასრულობას”, ხოლო მოკლე შერთვის დროს – ნულს.

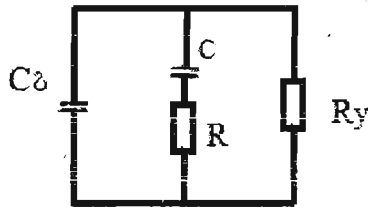
გრაგნილების შეერთება ტრანსფორმაციის იზოლაციის
მახასიათებლების გაზომვისას

გამოსაცდელი გრაგნილები	ჩამოწებული ნაწილები
ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები	
დაბალი ძაბვის	მაღალი ძაბვის და ავზი
მაღალი ძაბვის	დაბალი ძაბვის და ავზი
დაბალი და მაღალი ძაბვის	ავზი
სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები	
დაბალი ძაბვის	საშუალო, მაღალი ძაბვის და ავზი
საშუალო ძაბვის	მაღალი და დაბალი ძაბვის, ავზი
მაღალი ძაბვის	დაბალი და საშუალო ძაბვის, ავზი
მაღალი და საშუალო ძაბვის	დაბალი ძაბვის, ავზი
მაღალი, საშუალო, დაბალი ძაბვის	ავზი

იმისათვის, რომ ტენიან ამინდში გაზომვის შედეგზე გავლენა არ მოახდინოს იზოლაციის ზედაპირზე გამავალმა გაჟონვის დენებმა, მეგაომეტრის 3 (ეკრანი) მომჭერი უნდა მიერთდეს გასაზომ ობიექტთან. ამ სქემის დროს გაჟონვის დენები ლოგომეტრის გრაგნილის გვერდის ავლით მიწაში გადავა.

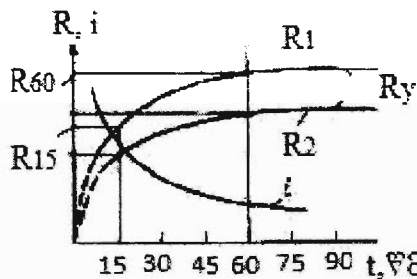
4.17,ბ ნახ-ზე ნაჩვენებია 2500 ვ ძაბვის უახლესი ტიპის მრავალფუნქციური LC0202-1 ტიპის მეგაომეტრი, რომელსაც, სახელურიანი მეგაომეტრისაგან განსხვავებით, არ სჭირდება სახელურის ბრუნვა. საკმარისია დავაჭიროთ ღილაკს თითო და დისპლეიზე დავინახავთ გაზომვის შედეგს. იგი იკვებება აკუმულატორის ბატარეით ან ცვლადი დენის წრედიდან ადაპტერის დახმარებით, რომელიც იმავდროულად გამოიყენება აკუმულატორის დასამუხტად. ამ ხელსაწყოს შეუძლია იზოლაციის წინაღობისა (100 კომი-დან 100 გომი-მდე) და ძაბვის გაზომვა (40–500ვ ფარგლებში), აბსორბციის კოეფიციენტის განსაზღვრა.

ტრანსფორმატორის შინაგანი იზოლაციის უმარტივესი ჩანაცვლების სქემა მოცემულია 4.18 ნახ-ზე.



ნახ.4.18. ტრანსფორმატორის შინაგანი იზოლაციის
ჩანაცვლების უმარტივესი სქემა

მეგაომმეტრიდან ძაბვის მიწოდების წინ საჭიროა მისი გენერატორი დაეაბრუნოთ მთლიანი სიჩქრით და შემდეგ მივაწოდოთ ძაბვა ტრანსფორმატორზე. ამ დროს ჯერ მოხდება იზოლაციის კონსტრუქციით განსაზღვრული გეომეტრიული ტევადობის C_r სწრაფი დამუხტვა (ნახ.4.18), შემდეგ მდოვრედ დაიმუხტება C ტევადობა, რომელიც R წინაღობასთან ერთად ახასიათებს ტენიანობის, გაჭუჭყიანებისა და სხვათა არსებობას. ბოლოს გამავალი დენი დამყარდება და მუდმივი დენით განისაზღვრება იზოლაციის წინაღობა R_y . ამ დამყარებულ დენს ეწოდება გაჟონვის დენი. დენების ცვლილებების შესაბამისად იცვლება მეგაომმეტრით გაზომილი წინაღობების მნიშვნელობებიც. ეს ცვლილებები ნაჩვენებია 4.19 ნახ-ზე.



ნახ.4.19. იზოლაციის წინაღობისა და მასში გამავალი დენის დროზე
დამოკიდებულება მეგაომმეტრით გაზომვის დროს (R_1 და R_2 –
წინაღობების მნიშვნელობები, შესაბამისად, t_1 და t_2 ტემპერატურების
დროს)

იზოლაციის წინაღობის დამყარებული მნიშვნელობის გამოთვლა R_y საკმაოდ დიდხანს გრძელდება. ტრანსფორმატორის გამო-
საცდელი გრაგნილის (ან გრაგნილებს შორის) იზოლაციის წინა-

ღობად მიღებულია გამოსაცდელი ძაბვის მიწოდებიდან 60 წმ შემდეგ გაზომილი წინაღობის მნიშვნელობა R_{60} . გაზომვის შემდეგ სხვა გამოცდების ჩატარებამდე უნდა განემუხტოს ტრანსფორმატორის გრაგნილი. გაზომვის შედეგებზე მნიშვნელოვან გავლენას ტემპერატურა ახდენს.

t_1 ტემპერატურაზე გაზომილი იზოლაციის R_1 წინაღობის გადაანგარიშება t_2 ტემპერატურაზე წარმოებს ფორმულით:

$$R_2 = K_2 R_1, \text{ თუ } t_1 > t_2,$$

და

$$R_2 = R_1 / K_2, \text{ თუ } t_2 < t_1.$$

კოეფიციენტი K_2 განისაზღვრება 4.10 ცხრილის მიხედვით.

ცხრილი 4.10

გადასანგარიშებელი კოეფიციენტების ტემპერატურათა
სხვაობაზე დამოკიდებულება

კოეფიციენტები	კოეფიციენტების მნიშვნელობა $\Delta t = t_2 - t_1$ °C დროს									
	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
K1 (tgδ)	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,31	1,51	1,75	2, 0	2, 3
K2 (R_{60})	1,04	1,08	1,13	1,17	1,22	1,5	1,84	2,25	2, 75	2, 4

შენიშვნა. თუ მიღებული მნიშვნელობა ცხრილში ნაჩვენებია არ არის, მაშინ კოეფიციენტი განისაზღვრება მიღებულ ტემპერატურათა Δt სხვაობასთან უახლოეს ნაკლები მნიშვნელობის 5°C ჯერადი ტემპერატურის შესაბამისი K_1' კოეფიციენტის გამრავლებით $\Delta t - \Delta t'$ სხვაობის შესაბამისი K_1'' კოეფიციენტთან. მაგალითად, $\Delta t = 13^\circ\text{C}$. ვბოულობთ, როცა $\Delta t' = 10$, მაშინ $K_1' = 1,31$. $\Delta t - \Delta t' = 13 - 10 = 3$ და $K_1'' = 1,09$. $K_1 = K_1' \times K_1'' = 1,31 \times 1,09 = 1,43$

ამასთან, სხვადასხვა ტრანსფორმატორისათვის ტემპერატურული დამოკიდებულება იმდენად განსხვავდება ერთმანეთისაგან, რომ პრაქტიკაში მიღებული არ არის ვისარგებლოთ გადაანგარიშებით ტემპერატურის $\pm 5^\circ\text{C}$ სხვაობაზე მეტად. უნდა ვისწრაფოდეთ იმისკენ, რომ გაზომვისას ტემპერატურა იყოს ისეთი, როგორიც ქარხანა-დამამზადებლის მიერ ტრანსფორმატორის მიღება-ჩაბარების გამოცდების ჩატარებისას. ეს კი მიიღწევა ტრანსფორმატორის

გაცივების პროცესში. ექსპლუატაციაში შეყვანის ან კაპიტალური რემონტის შემდეგ გრაგნილის იზოლაციის წინააღობების მინიმალური მნიშვნელობები შეზღუდულია ნორმებით (ცხრილი 4.11).

ცხრილი 4.11

ტრანსფორმატორის გრაგნილების იზოლაციის მინიმალური წინააღობები

გამოცდის სახე	ტრანსფორმატორის ნომინალური მონაცემები		მინიმალური R_{60} მომი გრაგნილების $^{\circ}C$ ტემპერატურის დროს						
	ძაბვა, კვ	სიმძლავრე, კვა	10	20	30	40	50	60	70
ექსპლუატაციაში შეყვანის დროს	<35	<10000	450	300	200	130	90	60	40
		>10000	900	600	400	260	180	120	80
	110-750	ყველა სიმძლავრის	პასპორტში ნაჩვენები მნიშვნელობის არანაკლებ 50 %						
კაპიტალური რემონტის შემდეგ	<35	ყველა სიმძლავრის	450	300	200	130	90	60	40
	110	ყველა სიმძლავრის	900	600	400	260	180	120	80

კაპიტალური რემონტის დროს 35 კვ ძაბვისა და 10000 კვა სიმძლავრის ჩათვლით ტრანსფორმატორების იზოლაციის წინააღობა არ უნდა შემცირდეს 40%-ზე, ხოლო დანარჩენი ტრანსფორმატორებისათვის 30%-ზე მეტად. წინააღობის უფრო მეტად შემცირება მოწმობს რემონტის პროცესში იზოლაციის დატენიანებას ან გაჭუჭყიანებას. ამ შემთხვევაში საჭიროა გაირკვეს შემცირების მიზეზები და მიღებულ იქნეს ზომები იზოლაციის აღსადგენად.

თავისი მნიშვნელობით, აბსორბციის კოეფიციენტი ტრანსფორმატორების იზოლაციის მდგომარეობის მეორე ძირითადი მაჩვენებელია. იგი ახასიათებს იზოლაციის დატენიანებისა და გაჭუჭყიანების ხარისხს და განისაზღვრება (გამოისახება მეგაომეტრით) ტრანსფორმატორზე ძაბვის მიწოდებიდან 60 წამის შემდეგ გაზომილი R_{60} წინააღობის ფარდობით 15 წამის შემდეგ გაზომილ R_{15} წინააღობასთან (ნახ.4.19) ანუ

$$K_{\text{აბს.}} = R_{60}/R_{15}.$$

მშრალი იზოლაციისათვის ეს კოეფიციენტი 1,5–2 ტოლია, ხოლო ძლიერ დატენიანებულისათვის – ერთთან ახლოა. ეს აიხსნება იმით, რომ მშრალი იზოლაციის შემთხვევაში დამუხტვის დენი ნელა იცვლება და 15 და 60 წმ-ის შემდეგ გაზომილი იზოლაციის წინაღობები ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება. დანესტიანებული იზოლაციის შემთხვევაში დამუხტვის დენი იცვლება სწრაფად და 15 წამის შემდეგ აღწევს დამყარებულ მნიშვნელობას, ამიტომ 15 და 60 წამის შემდეგ გაზომილი წინაღობები ერთმანეთისაგან თითქმის არ განსხვავდება, რის გამოც მათი ფარდობა ერთთან ახლოსაა. აბსორბციის კოეფიციენტი დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და 80°C -ზე ერთს უახლოვდება. ამიტომ, გაზომვები უნდა ვაწარმოოთ $10\text{--}30^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დროს. ექსპლუატაციაში შეყვანისა და კაპიტალური რემონტის შემდეგ დამაკმაყოფილებლად ითვლება, თუ $K > 1,3$.

ტრანსფორმატორების გრაგნილების იზოლაციის ტევადობისა და დიელექტრიკული დანაკარგების ტვდ კუთხის გაზომვა წარმოებს 4.9 ცხრილში მოცემული სქემებისათვის. ზოგჯერ მოითხოვება განისაზღვროს ტევადობა და ტვდ „ზონების მიხედვით“ ანუ გამოიყოს განსაზღვრული ზონა. ამ შემთხვევაში ბოგირის ორ მომჭერთან ერთად გამოიყენება მესამე მომჭერი „ეკრანი“. მაგალითად, თუ მოითხოვება ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ტევადობისა და ტვდ -ს განსაზღვრა, მაშინ ამ გრაგნილებს შეაერთებენ A და C საზომ მომჭერებთან (ნახ.4.12,ა), ხოლო ავზს – 3 მომჭერთან. გარდა ბოგირის პირდაპირი სქემისა, გამოიყენებენ ე.წ. შებრუნებულ სქემას (ნახ.4.12,ბ), რომელშიც გამოსაცდელი ობიექტი ჩამიწებულია. სახელდობრ, ასეთი სქემა ყოველთვის გამოიყენება, როცა გაზომვა წარმოებს გრაგნილსა და ავზს შორის.

110 კვ და ზემოთ ძაბვის ტრანსფორმატორებისათვის გაზომვები წარმოებს ზონების მიხედვით. გრაგნილებისა და ბოგირის მიერთების სქემები მოყვანილია 4.12 ცხრილში.

ამ შემთხვევაში 4.9 ცხრილში მოყვანილი სქემებით გაზომვები აუცილებელი არ არის. ტრანსფორმატორზე გაზომვებს აწარმოებენ ზეთის ჩასხმიდან 0,5–2 დღე-ღამის გავლის შემდეგ. ტრანსფორ-

მატორებში, სადაც ხდება ზეთის იძულებითი ცირკულაცია, ტუმბოების საშუალებით უნდა მოხდეს ზეთის გადარევა.

ცხრილი 4.12

გრანდილების შეერთება ტრანსფორმატორის იზოლაციის
მახასიათებლების ზონებად გაზომვისას

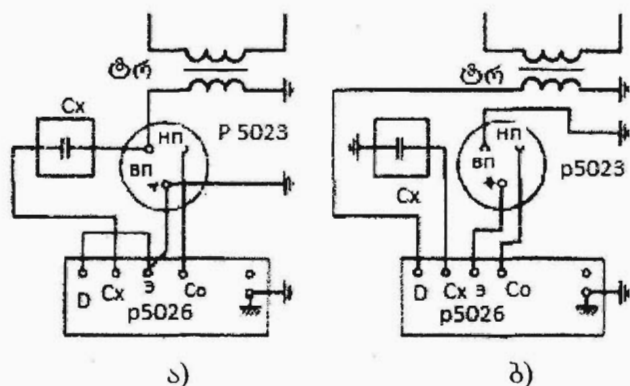
გასაზომი ზონა	ბოგირის ჩართვის სქემა	ტრანსფორმატორის ჩართვა			ბოგირის ჩართვა	
		საზომ სქემასთან		ეკრანთან	კვების წყაროს- თან მიწასთან	
		A წერტილი	C წერტილი			
ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი						
დბ-ავზი	გადაბრუნე- ბული	დბ	-	მმ	D	C
დბ-მმ	ნორმალური	დბ	მმ	ავზი	C	ჰ, D
მმ-ავზი	გადაბრუნე- ბული	მმ	-	დბ	D	C
სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი						
დბ-ავზი	გადაბრუნე- ბული	დბ	-	სმ, მმ	D	C
დბ-სმ	ნორმალური	დბ	სმ	ავზი, მმ	C	ჰ, D
სმ-ავზი	გადაბრუნე- ბული	სმ	-	მმ, დბ	D	C
სმ-მმ	ნორმალური	სმ	მმ	ავზი, დბ	C	ჰ, D
მმ-ავზი	გადაბრუნე- ბული	მმ	-	სმ, დბ	D	C

დაწვრილებით განვიხილოთ გაზომვების ჩატარების პროცედურა P5026 ტიპის ბოგირით. მაღალ ძაბვაზე, რომელსაც გაზომვების დროს ძალიან ხშირად აქვს ადგილი, ბოგირი გამოიყენება P5023 ტიპის საჰაერო სანიმუშო კონდენსატორთან ერთად. შეერთების სქემები მოყვანილია 4.21 ნახ-ზე. ეს სქემები მთლიანად შეესაბამება 4.12 ნახ-ზე მოყვანილ სქემებს. სქემებზე მომჭერების აღნიშვნა მიღებულია ბოგირისა და სანიმუშო კონდენსატორის მარკირე-

ბის შესაბამისად. მომჭერი C_x 4.20 ნახ-ზე შეესაბამება წერტილს 4.12 ნახ-ზე, ხოლო კონდენსატორის მომჭერი $BN - C$ წერტილს.

ტევადობისა და $t_{\text{გდ}}$ -ს გაზომვისას დაცული უნდა იქნეს აწეული ძაბვით ელექტროდანადგარის გამოცდის დროს გათვალისწინებული წესები, მით უმეტეს, რომ გაზომვისათვის საჭირო აპარატურა განლაგებულია ობიექტის უშუალო სიახლოვეს.

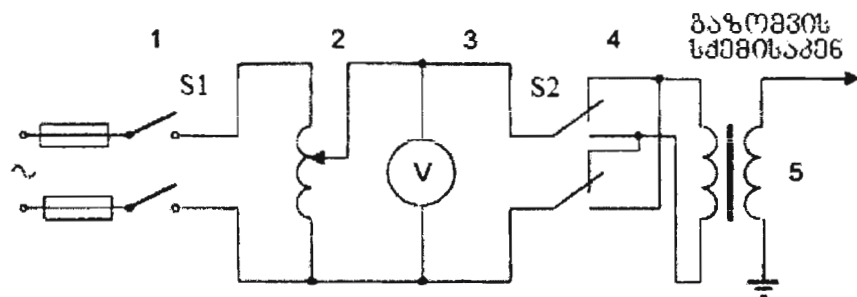
განსაკუთრებული ყურადღება მოითხოვება შებრუნებული სქემით გაზომვების ჩატარებისას, როცა ბოგირის ელემენტების მნიშვნელოვანი რიცხვი ძაბვის ქვეშაა. ბოგირის კორპუსი დაყენებულია შემოღობვის გარეთ, მაგრამ უკანა კედელი განლაგებული უნდა იქნეს შემოღობვის დონეზე, ხოლო მაღალი ძაბვის შემყვანი მასთან შემაველი დაეკრანებული შემაერთებელი კაბელით – შემოღობილ ზონაში. ამავე ზონაში მოთავსებულია გამოსაცდელი T ტრანსფორმატორი და $P 5023$ სანიმუშო კონდენსატორი.



ნახ.4.20. 5026 ტიპის ცვლადი დენის ბოგირის ჩართვა 5023 ტიპის გარე კონდენსატორთან ტევადობისა და $t_{\text{გდ}}$ -ს გაზომვის დროს: ა – პირდაპირი სქემით; ბ – შებრუნებული სქემით

გამოსაცდელი ტრანსფორმატორიდან სანიმუშო კონდენსატორისაკენ მიმავალი ამძრავი, ასევე ბოგირის შემაერთებელი კაბელები, რომლებიც იმყოფება მაღალი ძაბვის ქვეშ, არ უნდა ეხებოდეს ჩამოწეულ საგნებს და მათგან მოშორებული უნდა იყოს არანაკლებ 100–150 მმ. ისინი დამაგრებული უნდა იყოს იზოლატორებზე ან არანაკლებ 200–250 მმ სიგრძის ბაკელიტის მილებზე.

ნებისმიერი სქემით გაზომვისას გამოსაცდელი ტრანსფორმატორის გამორთვის მოწყობილობები (დილაკები, გადამრთველები და სხვა) უნდა იყოს ოპერატორის ხელში. ტრანსფორმატორი T და მისი მარეგულირებელი მოწყობილობები უნდა მიეუახლოვოთ ბოგირს, მაგრამ არახაკლებ 0,5 მ მახლობლზე. ამ დროს უნდა დაერწმუნდეთ, რომ ისინი არ მოახდენს დაუშვებელ ელექტრომაგნიტურ მოვლენებს. ბოგირის, ტრანსფორმატორისა და მარეგულირებელი მოწყობილობების კორპუსები და მეორეული გრაგნილის ერთი გამომყვანი აუცილებლად უნდა ჩამოწყდეს. გამომცდელმა ტრანსფორმატორმა უნდა მოგეცეს 6, 10 და მეტი ძაბვა და უნდა ჰქონდეს $S = U^2 C_x$ სიმძლავრე (C_x გამოსახულია ფარადებში, $\omega = 314$ რად/წმ, როცა $f=50$ ჰც). ამ პირობას აკმაყოფილებს ძაბვის ტრანსფორმატორები HOM-10, HOM-6 და სხვა. გამოსაცდელი ტრანსფორმატორი უნდა ჩაერთოს 4.21 ნახ-ზე მოცემული სქემით.



ნახ.4.21. გამოსაცდელი ტრანსფორმატორის ჩართვის სქემა tგზ გაზომვის დროს: 1 – დენმკვეთი; 2 – სარეგულირებელი ტრანსფორმატორი; 3 – ვოლტმეტრი; 4 – გამოსაცდელი ტრანსფორმატორის გამომყვანების პოლარულობის გადამრთველი; 5 – გამოსაცდელი ტრანსფორმატორი

სიმძლავრის ამადლების მიზნით შეიძლება პარალელურად ჩართოთ ორი ერთნაირი ტრანსფორმატორი. ამ ტრანსფორმატორებს 2 კვტ-მდე სიმძლავრის სარეგულირებელი მოწყობილობიდან (ლაბორატორიული ავტოტრანსფორმატორიდან და სხვა) დაბალი ძაბვის გრაგნილებზე მიეწოდება 100 ვ (ან 173 ვ) ძაბვა. S_1 ამომრთველით მიეწოდება ძაბვა, ხოლო S_2 გადამრთველით ცვლიან ჩართვის პოლარულობას, თუ ეს მოითხოვება.

გამოსაცდელ ზონაში იზოლაციის ტევადობა (ნახ.4.12) ბოგირული სქემიდან ბოგირის წონასწორობისას გამოითვლება ფორმულით:

$$C_x = k_1 C_0 / R_3,$$

ხოლო დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი:

$$\operatorname{tg} \delta = k_2 C_4,$$

სადაც კოეფიციენტები k_1 და k_2 განისაზღვრება წინაღობის ბოგირის სახელწოდების მდებარეობით.

ასეთნაირად გაზომილი ტრანსფორმატორის გრაგნილების იზოლაციის ტევადობა არ ნორმირდება და საერთოდ არ წარმოადგენს იზოლაციის ტევადობის მაჩვენებელს. თუ ტევადობა არსებითად განსხვავდება წინა გამოცდებისას მიღებული მნიშვნელობებისაგან, მაშინ, როგორც წესი, ეს მიგვითითებს შეცდომაზე გამოცდის სქემაში ან გაზომვისას დაშვებულ შეცდომებზე. ტრანსფორმატორის გრაგნილების $\operatorname{tg} \delta$ ზღვრული მნიშვნელობები მოყვანილია 4.13 ცხრილში.

ცხრილი 4.13

ტრანსფორმატორის გრაგნილების იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსის ($\operatorname{tg} \delta$) ზღვრული მნიშვნელობები

გამოცდის სახე	ტრანსფორმატორის ნომინალური მონაცემები		ტანგენსი, % გრაგნილების $^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დროს						
	ძაბვა, კვ	სიმძლავრე, კვა	10	20	30	40	50	60	70
ექსპლუატაციაში შეყვანისას	35	6300	1,2	1,5	2	2,5	3,4	4,5	6
	110-150	10000	0,8	1	1,3	1,7	2,3	3	4
	220-500	ყველა სიმძლავრის	< 1 ან < მნიშვნელობის 130 % -ზე						
კაპიტალური რემონტის შემდეგ	35	10000	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
	110-150	ყველა სიმძლავრის	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
	220-500	ყველა სიმძლავრის	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4

ექსპლუატაციისას $t_{\text{გდ}}$ იზომება 110 კვ და ზემოთ ძალურ ტრანსფორმატორებში, ხოლო ნაკლები ძაბვის დროს – თუ სიმძლავრე 31500 კვა აღემატება. ამ დროს მისი მნიშვნელობა არ ნორმირდება, მაგრამ უნდა გავითვალისწინოთ იზოლაციის მდგომარეობის გაზომვების შედეგების კომპლექსური შეფასებისას, სახელდობრ, მისი ტენშემცველობის განსაზღვრის გაანგარიშებისას.

$t_{\text{გდ}}$ -ს მიღებული მნიშვნელობების საპასპორტო ან სხვა მონაცემებთან შედარება უნდა მოხდეს მკაცრად, ერთი და იგივე ტემპერატურის დროს. თუ გაზომვები ჩატარებულია სხვადასხვა ტემპერატურაზე, მაშინ შედეგები უნდა გადაანგარიშდეს ისევე, როგორც R_{60} -ის გადაანგარიშებისას. თუ ტემპერატურა t_2 , რომელზედაც უნდა გადაანგარიშდეს $t_{\text{გდ}}$ მეტია t_1 -ზე, მაშინ

$$t_{\text{გდ}2} = K_1 t_{\text{გდ}1}, \text{ თუ } t_2 > t_1, \text{ მაშინ } t_{\text{გდ}2} = t_{\text{გდ}1}/K_1,$$

სადაც K_1 არის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ტემპერატურათა სხვაობაზე (4.10 ცხრილის თანახმად).

იზოლაციის მახასიათებლებს (ეს ეკუთვნის R_{60} და $t_{\text{გდ}}$) ზომავენ არანაკლებ $+10^{\circ}\text{C}$ იზოლაციის ტემპერატურაზე, თუ სხვა პირობა პასპორტში ნაჩვენები არ არის. დამყარებული ან ნელა მვარდნი ტემპერატურის დროს იზოლაციის ტემპერატურად მიიღება ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა. სხვა პირობებში ტემპერატურას ზომავენ მუდმივი დენის მიმართ წინაღობის მეთოდით.

დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსმა, მიუხედავად იმისა, რომ საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ზეთისა და მყარი იზოლაციის გატყუყიანება და დატენიანება, შეიძლება მიგვიყვანოს არასწორ დასკვნამდე. პრაქტიკაში, მაგალითად, ადგილი აქვს შემთხვევებს, როცა კაპიტალური რემონტის დროს ტრანსფორმატორის იზოლაცია დამაკმაყოფილებლად შრება, მაგრამ ჩასხმისას თითქმის იდეალურად „მშრალია“ და სუფთა ზეთის საერთო $t_{\text{გდ}}$ დადის დამაკმაყოფილებელ მნიშვნელობამდე. ასეთი ტრანსფორმატორები ექსპლუატაციაში მცირედ საიმედოა. ამგვარად, ტრანსფორმატორის მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის ირიბი შეფასება არასაკმარისია.

4.15. მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის გაზომვა

ტრანსფორმატორის მყარ იზოლაციას (მუყაოს) აქვს მცირე ტენშემცველობა ($W < 1\%$ -ზე). ნორმებით, კაპიტალური რემონტის შემდეგ, მყარი იზოლაციის ტენშემცველობა ლიმიტირებულია. IIU-220 კვ მაღალი ძაბვის ტრანსფორმატორებისათვის შრობა არ მოითხოვება, თუ მყარი იზოლაციის ტენშემცველობა 3% არ აღემატება, ხოლო 330–500 კვ ტრანსფორმატორებისათვის – 1,5%.

ექსპლუატაციის პროცესში ტენშემცველობა შეიძლება 1,5–2-ჯერ გაიზარდოს. ტენშემცველობის გაზრდით იზრდება მყარი იზოლაციის დაზიანება, რის გამოც მასში ჩნდება ნაწილობრივი განმუხტვები. შეიძლება გაჩნდეს მცოცავი განმუხტვები და საბოლოოდ მოხდეს იზოლაციის გარღვევა. იზოლაციის გარე სახე დაკავშირებული არ არის მის ტენშემცველობასთან. ტენიანობის განსაზღვრის საიმედო საშუალებაა მისი პირდაპირ ლაბორატორიაში გაზომვა. ამისათვის, ტრანსფორმატორიდან აიღებენ 100–200 გ-მდე მასის ნიმუშს. გამოიყენება სპეციალური ნიმუშები, რომლებიც მოთავსებულია ტრანსფორმატორის სახურავის ქვეშ სპეციალურ ხვრელში ან მუყაოს ამოჭრილ ნაჭრებს. ნიმუშები არ შეიძლება დიდხანს იყოს ზეთის გარეშე. აღებული ნიმუშები დაუყოვნებლივ უნდა მოთავსდეს წინასწარ მომზადებულ ქილაში, რომელშიც ჩასხმულია ამავე ტრანსფორმატორის ზეთი და დახურულია მჭიდროდ. როგორც ჩანს, მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის განსაზღვრის ეს ხერხი დაკავშირებულია ტრანსფორმატორის ჰერმეტიზაციის დარღვევასთან. ამიტომ, იგი გამოიყენება მონტაჟის, კაპიტალური რემონტის ან მომხდარი ავარიის მიზეზების გარკვევისათვის.

ზეთბარიერული იზოლაციის გამოკვლევები საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნეს დამოკიდებულება ტრანსფორმატორის გრაგნილების იზოლაციის $t_{\text{გბ-ს}}$, ზეთის $t_{\text{გზ}}$ და მყარი იზოლაციის ტენიანობას W შორის. მიღებული დამოკიდებულების საფუძველზე შეიძლება განისაზღვროს $t_{\text{გბ-ს}}$ ზღვრული მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება 4.14 ცხრილში ნაჩვენებ მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის დასაშვებ მნიშვნელობებს, კაპიტალური რემონტის დროს, ზეთის სხვადასხვა მახასიათებლის დროს.

თუ მოწმდება იზოლაციის ტემპერატურის დროს, მაშინ უნდა გამოვიყენოთ სატრანსფორმატორო ზეთის მონაცემები 70°C (ტემპ. 70) ტემპერატურისათვის, ხოლო 30°C იზოლაციის ტემპერატურისას უნდა გამოვიყენოთ ტემპ. იმ ტემპერატურაზე, რომელიც გახსხვავებულია 30 ან 60°C -საგან და გადავიანგარიშოთ ამ ტემპერატურათაგან უახლესზე K_1 კოეფიციენტით ისე, როგორც ეს აღწერილი იყო 4.13-ში.

ცხრილი 4.14

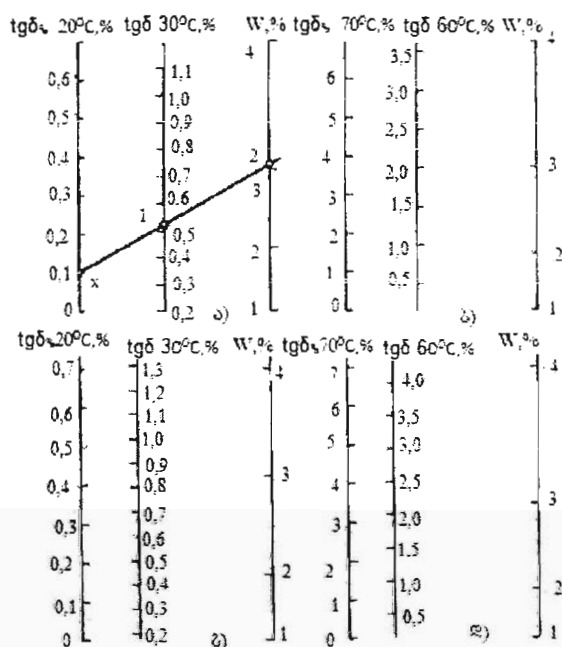
ტრანსფორმატორის გრაგნილების იზოლაციის ტემპ-ს დასაშვები მნიშვნელობები კაპიტალური რემონტის დროს

ტრანსფორმატორის ძაბვის კლასი, კვ	მყარი იზოლაციის დასაშვები ტენიანობა კაპიტალური რემონტის დროს, %	ზეთის გასაზომი მაჩვენებელი		გრაგნილის იზოლაციის ზღვრულად დასაშვები მაჩვენებელი	
		ტემპ.	ტემპერატურა გაზომვის დროს, $^{\circ}\text{C}$	ტემპ.	შესაბამისი ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$
110	3	0,2	20	0,6	30
		0,7	20	1,1	30
		2	70	1,5	60
		7	70	3,1	60
330-500	1,5	0,2	20	0,4	30
		0,5	20	0,8	30
		2	70	0,9	60
		5	70	1,8	60

შეიძლება გადავწყვიტოთ უკუამოცანა – განვსაზღვროთ მყარი იზოლაციის ტენშემცველობა იზოლაციისა და ზეთის ტემპ-ს გაზომილი მნიშვნელობების მიხედვით. 4.22,ა ნახ-ზე მაგალითისათვის მოყვანილია ტემპ-სა და ტენიანობის W დამოკიდებულების ნომოგრამა 110–220 კვ კლასის ტრანსფორმატორებისათვის 30°C ტემპერატურის დროს, ხოლო ტემპ-ისა – 20°C ტემპერატურაზე.

განვიხილოთ ნომოგრამის გამოყენების მაგალითი 110 კვ ძაბვისა და 60 მგა სიმძლავრის ტრანსფორმატორის მაგალითზე. გამოცდისას მიღებულია: 20°C ტემპერატურის დროს $t_{\text{გზ}}=0,1$; 4.22 ნახ-ზე მოვნიშნავთ შესაბამის წერტილს X ღერძზე, ხოლო 42°C

ტემპერატურაზე $tg\delta=0,7$. $tg\delta$ გადავიანგარიშით გრაგნილების იზო-
ლაციის $30^{\circ}C$ ტემპერატურაზე, $\Delta t=42-30=12^{\circ}C$. რადგან ტემპერატურის
ეს სხვაობა 4.10 ცხრილში მოცემული არ არის, ამიტომ გამოუ-
თვლით კოეფიციენტს $K_1 = K'_1 \times K''_1$. K'_1 -ს მნიშვნელობა აიღება 4.10
ცხრილიდან შემცირების მხარეზე 5-ის ჯერადი უახლოესი მნიშ-
ვნელობის მიხედვით. ჩვენ შემთხვევაში ტემპერატურათა სხვაობა
 $\Delta t=42-30=12^{\circ}C$. შემცირების მხარეს უახლოესი სხვაობაა 10, რომელ-
საც შეესაბამება $K'_1 = 1,31$. K''_1 -ის მნიშვნელობა აიღება იგივე 4.10
ცხრილიდან Δt და $\Delta t'$ სხვაობათა მიხედვით. ჩვენ შემთხვევაში $\Delta t - \Delta t' = 12-10 = 2$. 4.10 ცხრილში ამ მნიშვნელობას შეესაბამება $K''_1 = 1,06$.
საბოლოოდ $K_1 = 1,31 \times 1,06 = 1,39$. $tg\delta_{30} = tg\delta_{42}/K_1 = 0,7/1,39 = 0,51$.



ნახ.4.22. ტრანსფორმატორების მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის
გრაგნილების იზოლაციის tg -ს და ზეობის tg -ზე დამოკიდებულების
საორიენტაციო ნომოგრამა: ა. 110-220 კვ ძაბვის კლასის

ტრანსფორმატორების – $tg 30^{\circ}C$ დროს, $tg 20^{\circ}C$ დროს; ბ. 110-220 კვ
ძაბვის კლასის ტრანსფორმატორების – $tg 60^{\circ}C$ დროს, $tg 70^{\circ}C$ დროს;
გ. 330-500 კვ ძაბვის კლასის ტრანსფორმატორების – $tg 30^{\circ}C$ დროს, tg
 $20^{\circ}C$ დროს; დ. 330-500 კვ ძაბვის კლასის ტრანსფორმატორების – $tg 60^{\circ}C$
დროს, $tg 70^{\circ}C$ დროს

4.22 ნახ-ზე მოვნიშნავთ შესაბამის წერტილს Y ღერძზე. X და Y წერტილებს შევაერთებთ სწორი ხაზით W ღერძის გადაკვეთამდე Z წერტილში. სკალის მიხედვით განესაზღვრავთ, რომ $W=3,05$. მაშასადამე, ტრანსფორმატორის ექსპლუატაცია შეიძლება, მაგრამ კაპიტალური რემონტის დროს საჭიროა იზოლაციის გამოშრობა და ამისათვის წინასწარ უნდა მოვემზადოთ. ბუნებრივია, რომ ნომოგრამის მიხედვით მყარი იზოლაციის ტენიანობის განსაზღვრას აქვს საორიენტაციო მნიშვნელობა, რადგან ნომოგრამები შედგენილია წინასწარი გამოკვლევების შედეგების მიხედვით.

იზოლაციის დატენიანება შეიძლება შევაფასოთ C_2/C_{50} თანაფარდობის მიხედვით, სადაც C_2 არის ტევადობა 2 ჰც სიხშირის დროს, ხოლო C_{50} – 50 ჰც დროს, რომლებიც იზომება PKB ტიპის ხელსაწყოთი.

გრაგნილების იზოლაციის გამოცდა აწეული ძაბვით წარმოებს სამრეწველო 50 ჰც სიხშირის ძაბვის მოდებით 1 წუთის განმავლობაში. გამოსაცდელი ძაბვის მნიშვნელობები ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციაში შეყვანის დროს მოცემულია 4.15 ცხრილში.

ცხრილი 4.15

გამოსაცდელი ძაბვის მნიშვნელობები ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციაში შეყვანისას

ძაბვის კლასი, კვ	35	110	150	220	330
გამოსაცდელი ძაბვა, კვ	76,5/72,3	220	230-275	325-400	ქარხანა- დამამზადებლის მონაცემებით

35 კვ ძაბვის ტრანსფორმატორებისათვის მნიშვნელში ნაჩვენებია ექსპლუატაციაში გამოსაცდელი ძაბვა. 150 და 220 კვ-სათვის გამოსაცდელი ძაბვა დამოკიდებულია ტრანსფორმატორის შესრულებაზე. იზოლაციის გამოცდისას გამოიყენება სპეციალური ტრანსფორმატორები. გამოცდები სრულდება სპეციალურად მომზადებული ბრიგადების მიერ. გამოცდის წინ ტრანსფორმატორების შემყვანები გასუფთავებული უნდა იყოს. საჭიროა შემოწმდეს დაშორება ჩამიწვებულ და დენგამტარ ნაწილებს შორის. განსაკუთრებუ-

ლი ყურადღება უნდა მიექცეს გამთიშების ტუნებსა და დანებს შორის დაშორებას, რათა გადაფარვა არ მოხდეს.

იზოლაცია ვარგისია, თუ შემჩნეული არ არის მილიამპერმეტრის ისრის რხევა (რომელიც უჩვენებს ნაწილობრივი განმუხტების არსებობას), დენის სწრაფი ზრდა, რომელიც დამახასიათებელია დაბზარვისა და განმუხტებისათვის, რაც უჩვენებს იზოლაციის გარღვევის დასაწყისს. აწეული ძაბვით იზოლაციის გამოცდა საშუალებას იძლევა გამოვლენილ იქნეს გრაგნილების დამზადებისა და ტრანსფორმატორის აწყობის ფარული დეფექტები, რომლებიც შეიძლება სხვა მეთოდებით ვერ იქნეს შემჩნეული.

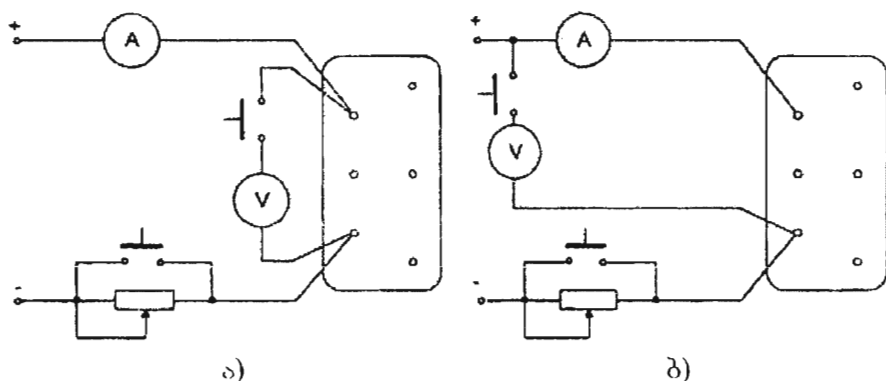
4.16. გრაგნილების მდგომარეობის გამოცდა და განსაზღვრა

ექსპლუატაციის პროცესში შეიძლება გამოვლინდეს გრაგნილების ისეთი დეფექტები, როგორიცაა: არადამაკმაყოფილებელი საკონტაქტო შეერთება, სპილენძის კვეთის შემცირება, სუსტი დაწნეხა. გრაგნილი ექვემდებარება გამჭოლი მოკლედ შერთვის დენების ზემოქმედებას, ვიბრაციასა და სხვა მოვლენებს. შედეგად შეიძლება აღიძრას ადგილობრივი გადახურებები, სარჩილის გადნობა, სპილენძის ნაწილის ამოწევა, გრაგნილების დეფორმაცია, რასაც, თავის მხრივ, მიყვარათ ელექტრული წრედის გაწყვეტამდე ან ჩამამიწებელი ან სხვა დენგამტარი ნაწილების გრაგნილის შერთვამდე.

წინაღობის გაზომვა მუდმივი დენით წარმოებს ბოგირული ან ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით.

ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდი (ნახ.4.23). ამ მეთოდის გამოყენებისას გაზომვა წარმოებს არანაკლებ 0,5 კლასის ხელსაწყოებით. ხელსაწყოთა გაზომვის ზღვარი უნდა იქნეს შერჩეული ისე, რომ ათვლა წარმოებდეს სკალის მეორე ნახევარში. გახურების შედეგად, გაზომვის შედეგების დამახინჯების თავიდან აცილების მიზნით, დენის სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს ნომინალურის 20%-ს. გრაგნილების ინდუქციურობით გამოწვეული შეცდომების გამორიცხვის მიზნით, წინაღობა გაზომილი უნდა იქნეს სრულად დამყარებული დენის დროს.

ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით დიდი ინდუქციურობის მქონე გრაგნილის წინააღობის გაზომვისას რეკომენდებულია გამოყენებულ იქნეს გაზომვის სქემა, რომელიც საშუალებას იძლევა გაზომვის წრედში შემცირდეს დენის დამყარების დრო. ეს მიიღწევა 4.23 ნახ-ზე მოცემულ სქემაში რამდენიმე წამის განმავლობაში R რეოსტატის შუნტირებით. რეოსტატის წინააღობას იღებენ არანაკლებ 8-10-ჯერ მეტს, ვიდრე გრაგნილის წინააღობაა.



ნახ.4.23. ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით ტრანსფორმატორის გრაგნილის წინააღობის მუდმივი დენით გაზომვის სქემა: ა – მცირე წინააღობის გასაზომად; ბ – დიდი წინააღობის გასაზომად

ექსპლუატაციის პროცესში გრაგნილის წინააღობა მუდმივი დენის მიმართ არსებითად არ უნდა შეიცვალოს. გაზომილი მნიშვნელობა 2%-ზე მეტად არ უნდა განსხვავდებოდეს საქარხნო ან წინა გამოცდის მონაცემებისაგან.

გაზომვა წარმოებს თითოეული ფაზის ყველა განშტოებაზე. სხვადასხვა ფაზის ერთსა და იმავე განშტოებაზე წინააღობების მნიშვნელობები ერთმანეთისაგან არ უნდა განსხვავდებოდეს, თუ ტრანსფორმატორის პასპორტში არ არის განსაკუთრებული მოთხოვნა. ამით მოწმდება განშტოებების გადამრთველთან მიერთების სისწორე და გადამრთველის მუშაობა.

გამოყვანილი ნეიტრალის არსებობისას გაზომვა წარმოებს ფაზურ და ნულოვან გამომყვანებს შორის. ხაზურ გამომყვანებს შო-

რის გაზომილი წინაღობის მნიშვნელობა გადაიანგარიშება ფაზურ-ზე.

ტრანსფორმატორის გრაგნილების ვარსკვლავისებრი შეერთებისას

$$R_{ფ} = R_{გაზ.}/2,$$

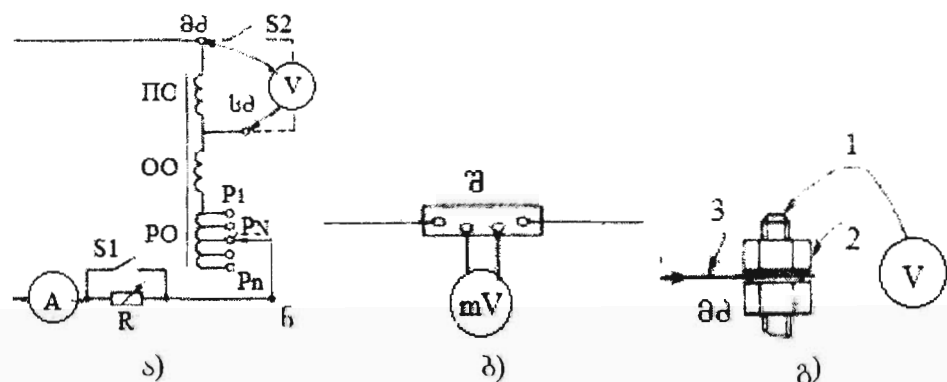
გრაგნილების სამკუთხა შეერთებისას

$$R_{ფ} = 3R_{გაზ.}/2,$$

სადაც $R_{ფ}$ დაყვანილი ფაზური წინაღობაა; $R_{გაზ.}$ – ხაზურ გამომყვანებს შორის გაზომილი წინაღობა.

დანართში 2 მოყვანილია მუდმივი დენის მიმართ ტრანსფორმატორის გრაგნილების ფაზური წინაღობების საშუალო მნიშვნელობები $t=20^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურისას.

დაწვრილებით განვიხილოთ ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობით აღჭურვილი ერთფაზა ავტოტრანსფორმატორის გრაგნილის წინაღობის ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით გაზომვის სქემა.



ნახ.4.24. ტრანსფორმატორის გრაგნილის წინაღობის მუდმივი დენით გაზომვის სქემა: ა – საერთო სქემა; ბ – დიდი დენის გაზომვა; გ – მომჭერის მიერთება შემყვანის სარტთან

გრაგნილს (ნახ.4.24,ა) აქვს მიმდევრობითი (ПО), საერთო (ОО) და სარეგულირებელი ნაწილები (РО) განშტოებებით $P1 \dots Pn$ და სამი შემყვანი – მაღალი ძაბვის (მძ), საშუალო ძაბვის (სძ) და ნეიტრალური (ნ). ყველაზე სწორი იქნება დენი მივაწოდოთ მთელ გრაგნილს, რადგან, მაშინ მძ და ნ წერტილებში, მხოლოდ ორი

მომჭერი მოითხოვს რაღაც ზომების მიღებას, რომელიც გამორიცხავს გარდამავალი წინაღობის გაელენით გამოწვეულ ცდომილებას. ყველა დანარჩენ წერტილებთან ვოლტმეტრი შეიძლება ნებისმიერად ჩაირთოს. R რეზისტორი და S_1 ამომრთველი წრედში შეიძლება არ იყოს, თუ წრედში დენის დამყარების დრო მცირეა ან არა აქვს მნიშვნელობა. თუ დენი წრედში მყარდება ძალიან ნელა, მაშინ მისი ფორსირებისათვის საჭიროა დასაწყისში ჩავეკეტოთ S_1 , როცა დენი მიაღწევს საჭირო მნიშვნელობას, გამოვრთოთ იგი. R რეზისტორის წინაღობა 8-10-ჯერ მეტია გრაგნილის წინაღობაზე. გაზომვისას დენი არ უნდა იყოს გრაგნილის დენზე 20%-ზე მეტი, რათა გაზომვაში არ შევიტანოთ ტემპერატურული ცდომილება. თუ დენი დიდია, მაშინ ამპერმეტრის ნაცვლად გამოიყენება საზომი შუნტი შ, რომელიც ძალური მომჭერებით ჩაირთვება მუდმივი დენის წრედში, ხოლო მის საზომ მომჭერებთან – მილივოლტმეტრი (ნახ.4.24,ბ).

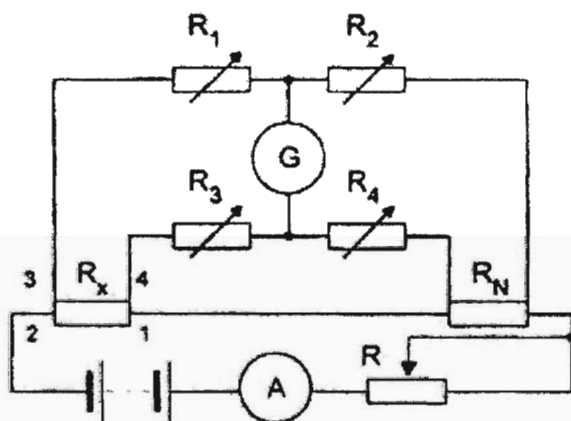
გრაგნილის მიმდევრობითი ნაწილის წინაღობის გასაზომად ვოლტმეტრი ჩაირთვება ტრანსფორმატორის მმ და სმ შემყვანებს შორის. ვოლტმეტრი უნდა ჩაირთოს დენური წრედის ჩართვის შემდეგ, ხოლო გამოირთოს მის გამორთვამდე. ვოლტმეტრი შეიძლება მიერთებული იყოს საცეცების დახმარებით. ამ შემთხვევაში მის წრედში მონტაჟდება S_2 ამომრთველი. თუ გამოყენებულია საცეცები, მაშინ ერთი საცეცი ერთდება მმ შემყვანის სარტთან, როგორც ეს ნაჩვენებია 1 ისრით 4.24,გ ნახ-ზე, მაგრამ არა ქანთან 2 და, მით უმეტეს, არა შემავალ დენგამტართან 3. ვოლტმეტრის გამტარზე პოტენციალი უნდა მოხედეს უშუალოდ მმ შემყვანის სარტიდან. იგივე ეკუთვნის 6 შემყვანს. ვცვლით რა ვოლტმეტრის მიერთების წერტილებს, ეზომავთ ძაბვის ვარდნებს გრაგნილის ყველა საჭირო ნაწილსა და P განშტოებებზე. მაგალითად, მთელი სარეგულირებელი გრაგნილის წინაღობის გასაზომად ვოლტმეტრი უნდა ჩავრთოთ P_1 და P_n წერტილებს შორის, ავტოტრანსფორმატორის მთელი გრაგნილის წინაღობის გასაზომად მმ და P_n წერტილებს შორის. გაზომილი წინაღობის მნიშვნელობა $R_{გაზ} = U/I$. სხვადასხვა მონაცემის შედარებისათვის ყველა ისინი დაიყვანება ერთ ტემპერატურაზე:

$$R=R_{გაზ}(K+t)/(K+t_{გაზ}),$$

სადაც t გაზ. არის ტემპერატურა გაზომვის დროს, $^{\circ}\text{C}$; t – ტემპერატურა, რომელზედაც მოითხოვება წინაღობის დაყვანა, $^{\circ}\text{C}$; K – კოეფიციენტი, რომელიც ალუმინის გამტარისათვის ტოლია 245, ხოლო სპილენძისათვის – 235.

გრაგნილის ტემპერატურად მიღებულია ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა. ამ დროს ზეთის ჩასხმიდან საკმარისი დრო უნდა იყოს გასული. მშრალი ტრანსფორმატორებისა და ზეთიდან ამოღებული გულარების გრაგნილების ტემპერატურად შეიძლება მიღებული იქნეს გარემოს ტემპერატურა, თუ მოცემულ პირობებში ტრანსფორმატორი იყო არანაკლებ 12 საათის განმავლობაში.

ბოგირული მეთოდი. არსებობს ბოგირული მეთოდის ორი სქემა – ერთმაგი და ორმაგი ბოგირი. 1 ომიდან 1 მომ-მდე დიაპაზონში გამოიყენება მუდმივი დენის P333, MO-62 და სხვა ტიპის ერთმაგი ბოგირები. მათი გაზომვის ცდომილება აღწევს 15%-მდე. ერთმაგ ბოგირებში გაზომვის შედეგი მხედველობაში იღებს ბოგირისა და გასაზომი წინაღობის შემაერთებელი გამტარების წინაღობას. ამიტომ, 1 ომზე ნაკლები წინაღობის გაზომვა ამ ტიპის ბოგირებით არ შეიძლება.



ნახ.4.25. ორმაგი ბოგირის სქემა

ტრანსფორმატორების გრაგნილების წინაღობის გაზომვისათვის გამოყენებული უნდა იქნეს მხოლოდ მუდმივი დენის ორმაგი ბოგირი (ნახ.4.25). დასაწყისში საიმედოდ შეაერთებენ ბოგირის დენურ მომჭერებს, შემდეგ პოტენციურს. მაგრამ ისე, რომ დენური

გამტარების გრაგნილთან მიერთების წერტილში ძაბვის ვარდნა არ მოხდეს პოტენციური მომჭერებიდან მომავალი გამტარების გარემომცველ ზონაში.

წინააღობის ბოგირებით გაზომვისას კვების წრედში რეკომენდებულია ჩაირთოს დამატებითი წინააღობა, რითაც მცირდება წრედის დროის მუდმივა, რასაც მიეყავართ დენის დამყარების დროის შემცირებასთან. ამ შემთხვევებში საჭირო სიდიდის დენის მისაღებად გამოყენებული უნდა იქნეს უფრო მაღალი ძაბვის აკუმულატორის ბატარეა. ბოგირის დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით გაღვანომეტრი უნდა ჩაირთოს დენის დამყარებისას და გამოირთოს დენის გათიშვამდე.

ორმაგ ბოგირებში შემაერთებული გამტარების წინააღობა მხედველობაში არ მიიღება, რაც შესაძლებლობას იძლევა გაიზომოს 10^{-6} ომამდე წინააღობა 0,01–2% ცდომილებით.

ორმაგ ბოგირებში წონასწორობა მიიღწევა R_1 , R_2 , R_3 და R_4 წინააღობების ცვლილებით: $R_1 = R_3$ და $R_2 = R_4$. ბოგირის წონასწორობის პირობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$R_X = R_N \cdot R_1 / R_2,$$

სადაც R_X არის გასაზომი წინააღობა; R_N – სანიმუშო წინააღობა; R_1 და R_2 – ბოგირის მხრების წინააღობები.

R_X გასაზომ წინააღობასთან მიერთებულია ოთხი გამტარი: გამტარი 2 არის ბოგირის კვების წრედის გაგრძელება და მისი წინააღობა არ აისახება გაზომვის სიზუსტეზე; 3 და 4 გამტარები ჩართულია 10 ომზე მეტი სიდიდის R_1 და R_2 წინააღობებთან და ამიტომ მათი გავლენა შეზღუდულია. გამტარი 1 არის ბოგირის შემადგენელი ნაწილი და იგი უნდა შეირჩეს რაც შეიძლება მცირე სიგრძისა და დიდი კვეთის.

მუდმივი დენით წინააღობის გაზომვისას უნდა გამოვავლინოთ საკონტაქტო შეერთებების გაუარესება, მირჩილვის დარღვევა, გრაგნილის ერთი პარალელური შტოს გაწყვეტა, ასევე შეეფასოთ ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის კონტაქტების ხარისხი და განესაზღვროთ ფაზების დაყენების სისწორე და აგზნების გარეშე გადამრთველის განშტოებები.

4.17. ტრანსფორმატორის უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის ცდები

ტრანსფორმატორების გამოცდებისათვის გამოიყენება უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის ცდებს.

ტრანსფორმატორის უქმი სვლის ცდა ეწოდება მისი ერთ-ერთი გრაგნილის ჩართვას ნომინალურ ძაბვაზე. ამ დროს მოთხოვნილ დენს ეწოდება უქმი სვლის დენი I_0 , რომელსაც გამოსახავენ ნომინალურის პროცენტებით.

ტრანსფორმატორის უქმი სვლა არის მისი მუშაობის ზღვრული რეჟიმი, როცა მისი მეორეული გრაგნილი გათიშულია და მასში გამავალი დენი ნულის ტოლია ($I_2 = 0$). ამ დროს მოთხოვნილ აქტიურ სიმძლავრეს უქმი სვლის სიმძლავრე (P_0 , კვტ) ეწოდება. ეს სიმძლავრე ძირითადად იხარჯება ელექტროტექნიკური ფოლადის დამაგნიტებასა (დანაკარგები ჰისტერეზისზე) და გრიგალურ დენებზე. უქმი სვლის დენი და სიმძლავრე ძალური ტრანსფორმატორების საპასპორტო მონაცემებია.

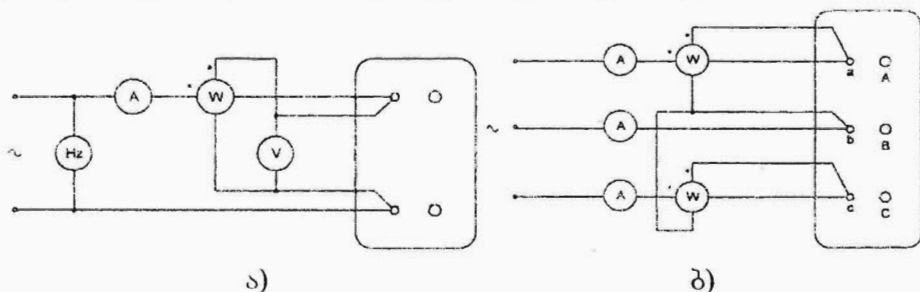
უქმი სვლის მონაცემები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი, უქმი სვლის დენი, დანაკარგები ფოლადში და წინაღობა, ასევე მაგნიტგამტარისა და გრაგნილის ზოგიერთი დეფექტი. ქარხანა-დამამზადებელსა და ასევე კაპიტალური რემონტის დროს, რომელიც დაკავშირებულია გულარის ან ზედა უღლის დაშლა-აწყობასთან, აწარმოებენ უქმი სვლის ცდას ნომინალური და დაწეული ძაბვის დროს.

ნომინალური ძაბვის დროს ზომავენ დენსა და უქმი სვლის დანაკარგებს, დაწეული ძაბვის დროს – უქმი სვლის დანაკარგებს. გრაგნილების მდგომარეობის შემოწმებისათვის ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციაში შეყვანისა და ექსპლუატაციის დროს ასრულებენ უქმი სვლის ცდას დაწეული ძაბვისას. ამ დროს დანაკარგები იზომება იგივე სქემითა და იგივე ძაბვის დროს, როგორითაც ქარხანა-დამამზადებელში.

ექსპლუატაციაში დაბრუნებული ტრანსფორმატორებისათვის გაზომილი უქმი სვლის დანაკარგები საქარხნო მონაცემებისაგან 5%-ზე მეტად არ უნდა განსხვავდებოდეს. დანაკარგების გაზრდა

გამოწვეულია პარალელურ გამტარებს შორის მოკლედ შერთვის არსებობით.

4.26 ნახ-ზე მოცემულია ერთფაზა და სამფაზა ტრანსფორმატორებში უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვის სქემა.



ნახ.4.26. ტრანსფორმატორებში უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვის სქემა:
ა - ერთფაზა; ბ - სამფაზა

საზომი ხელსაწყოები უნდა ჩაირთოს ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 4.26 ნახ-ზე. დასაწყისში უნდა ჩაირთოს ამპერმეტრი და ვატმეტრის დენური გრაგნილი, შემდეგ ვოლტმეტრი და ვატმეტრის ძაბვის გრაგნილი. ამპერმეტრი გეიჩვენებს უქმი სვლის დენს, ხოლო ვატმეტრი - ჯამურ დანაკარგებს.

სამფაზა სამღეროიან ტრანსფორმატორებში უქმი სვლის დანაკარგებს ზომავენ სამფაზა ან ერთფაზა აგზნების დროს. სამფაზა აგზნებისას გაზომვას აწარმოებენ ორი ერთფაზა (ნახ.4.26,ბ) ან ერთი სამფაზა ვატმეტრით. გაზომილი დანაკარგები განისაზღვრება თითოეული ვატმეტრის მიერ გაზომილი დანაკარგების ჯამით.

ტრანსფორმატორების უქმი სვლის დანაკარგები, რომლებიც გაზომილია მცირე U' ძაბვისა და ნომინალური სიხშირის დროს შეიძლება გამოთვალეთ, როგორც უქმი სვლის დანაკარგები ნომინალური ძაბვის დროს:

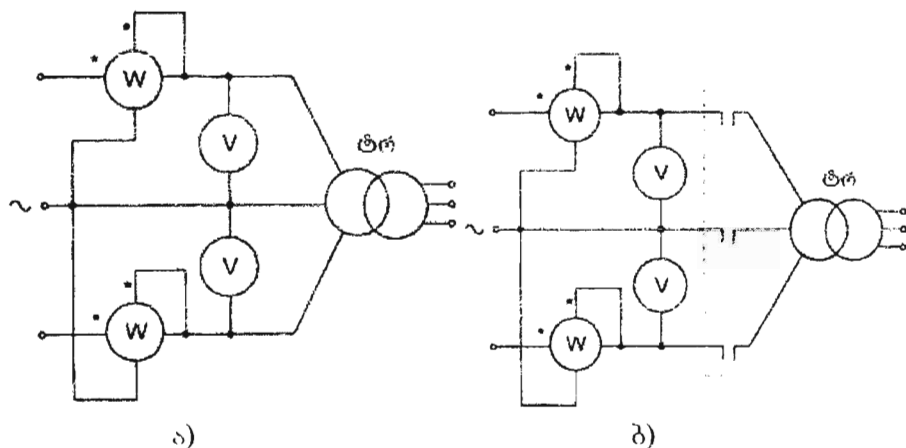
$$P_0 = P'_0 (U_{\text{ნომ}}/U')^2, \quad (2)$$

სადაც დანაკარგები ტრანსფორმატორში ტოლია:

$$P'_0 = P_{\text{გაზ}} - P_{\text{ხელ}},$$

სადაც $P_{\text{გაზ}}$ არის ჯამური დანაკარგები ტრანსფორმატორსა და საზომ ხელსაწყოებში, რომელიც განისაზღვრება 4.2,ა ნახ-ზე მოცემული სქემის მიხედვით; $P_{\text{ხელ}}$ - დანაკარგები საზომ ხელსა-

წყობებში, რომელიც განისაზღვრება 4.27,ბ ნახ-ზე მოცემული სქემის მიხედვით. n ხარისხის მაჩვენებელია, რომელიც ტოლია: ცხლად ნაგლინი ფოლადისათვის $n=1,8$; ცივად ნაგლინისათვის $n=1,9$.



ნახ.4.27. სამუაზა ტრანსფორმატორებში უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვის სქემა: ა – ჯამური დანაკარგების გასაზომად; ბ – ხელსაწყობებში დანაკარგების გასაზომად

ქარხანა-დამამზადებლები უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვას აწარმოებენ ნომინალური და მცირე (380 ვ) ძაბვის დროს. უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვა შეიძლება წარმოებდეს 5–10% ნომინალური ძაბვის დროს. დანაკარგების მიღებული მნიშვნელობის განსხვავება საქარხნო მონაცემებისაგან ერთფაზა ტრანსფორმატორებისათვის არ უნდა იყოს 10%-ზე მეტი, ხოლო სამუაზა ტრანსფორმატორებისათვის – 5%-ზე მეტი. უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვა უნდა ვაწარმოოთ ქარხანა-დამამზადებლის გამოცდის ოქმში ნაჩვენები სქემის მიხედვით. თუ ქარხანა-დამამზადებელმა უქმი სვლის დანაკარგები გაზომა ტრანსფორმატორის ნომინალური ძაბვის დროს, მაშინ უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვა უნდა ვაწარმოოთ 380 ვ ძაბვის დროს და მიღებული შედეგები (2) ფორმულის მიხედვით დავიყვანოთ ნომინალურზე. შემდგომში უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვა შეიძლება ვაწარმოოთ 380 ვ ძაბვის დროს, მაგრამ გრაგნილების წინააღობის მუდმივი დენით გაზომვამდე და მუდმივი დენით ტრანსფორმატორის გათბობამდე.

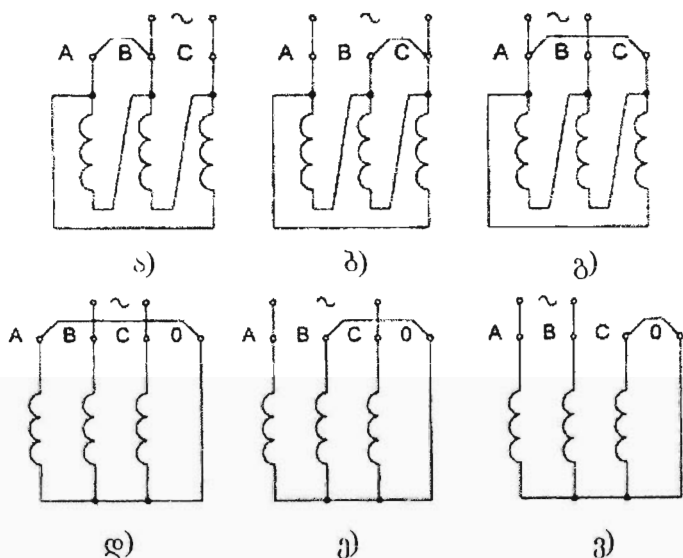
ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დენი განისაზღვრება, როგორც სამივე ფაზის დენების საშუალო არითმეტიკული.

სამფაზა ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვას აწარმოებენ 380 ვ ძაბვის დროს ერთფაზა აგზნებით. ამისათვის ატარებენ სამ ცდას და სამფაზა ტრანსფორმატორი დაიყვანება ერთფაზაზე მისი ერთი ფაზის დამოკლებისა და დანარჩენი ორი ფაზის აგზნების გზით.

პირველი ცდა – ამოკლებენ A ფაზის გრაგნილს, B და C ფაზებს მიაწვდიან აგზნებას და ზომავენ დანაკარგებს (ნახ.4.28, ა, დ).

მეორე ცდა – ამოკლებენ B ფაზის გრაგნილს, A და C ფაზებს მიაწვდიან აგზნებას და ზომავენ დანაკარგებს (ნახ.4.28, ბ, ე).

მესამე ცდა – ამოკლებენ C ფაზის გრაგნილს, A და B ფაზებს მიაწვდიან აგზნებას და ზომავენ დანაკარგებს (ნახ.4.28, გ, ვ).



ნახ.4.28. სამფაზა ტრანსფორმატორის აგზნების სქემები:

ა, ბ, გ – პირველადი გრაგნილის სამკუთხა შეერთება;
დ, ე, ვ – პირველადი გრაგნილის ვარსკვლავისებრი შეერთება
ნულოვანი გამოყვანით, შეერთების ჯგუფი Y-0/Δ

ტრანსფორმატორში U' ძაბვის დროს დანაკარგები ტოლია:

$$P'_0 = (P'_{0AB} + P'_{0BC} + P'_{0CA}) / 2,$$

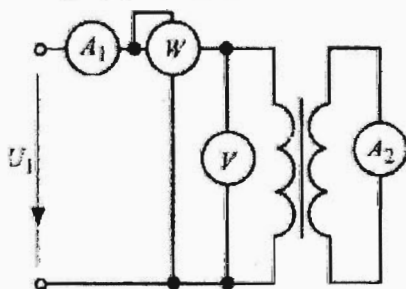
სადაც U' უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვისას მოდებული ძაბვაა; P'_{0AB} , P'_{0BC} , P'_{0CA} — ზემომოყვანილ ცდებში განსაზღვრული დანაკარგები (ხელსაწყოების დანაკარგების გამოკლებით) მოდებული ძაბვის ერთი და იგივე მნიშვნელობის დროს.

ნომინალურ ძაბვაზე ტრანსფორმატორში დანაკარგები დაიყვანება (2) ფორმულით.

ქარხანა-დამამზადებლის მიერ ნაჩვენები ძაბვა შეირჩევა ისე, რომ არ იყოს საზომი ტრანსფორმატორების გამოყენების საჭიროება. ვოლტმეტრები და ვატმეტრების ძაბვის გრაგნილები შეიძლება ჩაირთოს დამატებითი წინაღობის გავლით. საჭიროების შემთხვევაში, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ძაბვისა და დენის საზომი ტრანსფორმატორები.

ტრანსფორმატორების მოკლედ შერთვა. მოკლედ შერთვის რეჟიმი ეწოდება რეჟიმს, რომლის დროსაც ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილი მოკლედ არის შერთული ანუ ძაბვა მეორეული გრაგნილის ბოლოებზე ნულის ტოლია.

ერთვაზა ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის ცდისას (ნახ.4.29) მის მეორეულ გრაგნილს ამოკლებენ და პირველად გრაგნილზე მიეწოდება ისეთი სიდიდის შემცირებული ძაბვა, რომლის დროსაც გრაგნილებში გამავალი დენი ნომინალურის ტოლი იყოს. ამ შემცირებულ ძაბვას მოკლედ შერთვის ძაბვა ეწოდება და ნომინალური ძაბვის 5,5%-ია. ამ დროს იზომება ტრანსფორმატორის მიერ ქსელიდან მოთხოვნილი სიმძლავრე, ძაბვა და დენი.



ნახ.4.29. ერთვაზა ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის ცდა

მოკლედ შერთვის ცდის მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრება მოკლედ შერთვის ძაბვა u_k %, მისი აქტიური p_k %, რეაქ-

ტიული μ_r % მდგენელები, დანაკარგები ტრანსფორმატორის გრაგნილების გახურებაზე $P_{გრაგ}$ ნომინალური დატვირთვის დროს, ტრანსფორმატორის აქტიური, რეაქტიული და სრული წინაღობები მოკლედ შერთვის დროს.

მეორეული გრაგნილის მოკლედ შერთვისას ტრანსფორმატორის წინაღობა ძალიან მცირეა, ხოლო მოკლედ შერთვის დენი ნომინალურ დენს რამდენჯერმე აღემატება. ასეთი დიდი დენი იწვევს ტრანსფორმატორების გრაგნილების ძლიერ გახურებასა და მწყობრიდან გამოყვანას. ამიტომ, ტრანსფორმატორები აღჭურვილია დაცვით, რომელიც გამორთავს მას მოკლედ შერთვისას.

ზოგიერთი ლიტერატურის მიხედვით, მოკლედ შერთვის ცდა ექსპლუატაციის პროცესში შეიძლება არ ჩატარდეს. მაგრამ მდგრადობაზე გამოცდების პრაქტიკამ აჩვენა მოკლედ შერთვის ძაბვის გაზომვის მაღალი ეფექტურობა ტრანსფორმატორის მდგომარეობის დიაგნოსტიკისათვის. გამჭოლი მოკლედ შერთვის დენების გავლისას ტრანსფორმატორის გრაგნილები განიცდის ელექტროდინამიკურ ზემოქმედებას. მათი გავლენით შეიძლება აღიძვრას ცალკეული დეფორმაციები. გრაგნილების დეფორმაციისას, განსაკუთრებით რადიალურის, იცვლება გრაგნილებს შორისა და მაგნიტგამტარის მიმართ დაშორება. ხდება ფანტვის მაგნიტური ნაკადის კონფიგურაციის ცვლილება, რასაც მიყვავართ მოკლედ შერთვის ინდუქციური წინაღობის (X_k) ცვლილებამდე და, მაშასადამე, იცვლება სრული წინაღობაც (Z_k). დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებში კი $Z_k = X_k$.

გამართულ ტრანსფორმატორში ცალკეული ფაზების სრული წინაღობა ერთმანეთისაგან არსებითად არ უნდა განსხვავდებოდეს. თუ სრული წინაღობა პირველსაწყისი მონაცემებისაგან 2,5-3%-ზე მეტად განსხვავდება, მაშინ ეს მიუთითებს გარე მოკლედ შერთვის დენების შედეგად ერთი გრაგნილის დეფორმაციაზე.

მოკლედ შერთვის სრული წინაღობის გაზომვის რამდენიმე მეთოდი არსებობს. გრაგნილების დეფორმაციის დიაგნოსტიკისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ ნებისმიერი მათგანით. მნიშვნელოვანია, რომ პირველი და შემდგომი გაზომვები ჩატარდეს ერთი და იგივე სქემით და სასურველია ერთი და იგივე ხელსაწყოები. ელექ-

ტროსაზომი ხელსაწყოების ჩართვის სქემა მოცემულია 4.29 ნახ-ზე. ავტოტრანსფორმატორებისათვის მოკლედ შერთვის ცდა ტარდება ჩვეულებრივი ტრანსფორმატორების ანალოგიურად. საზომი ხელსაწყოები წრედში ირთვება საზომი ტრანსფორმატორების გარეშე.

გრაგნილებში მოკლედ შერთვის დანაკარგები განისაზღვრება ვატმეტრის ჩვენების მიხედვით. ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის აქტიური, რეაქტიული და სრული წინაღობები განისაზღვრება გამოსახულებებით:

$$\text{სრული წინაღობა: } Z_k = U_k / I_k,$$

$$\text{აქტიური წინაღობა: } R_k = P_k / I_k^2,$$

$$\text{რეაქტიული წინაღობა: } X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2},$$

სადაც U_k , I_k და P_k ძაბვა, დენი და სიმძლავრეა, ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის წრედში ჩართული ვოლტმეტრის, ამპერმეტრისა და ვატმეტრის ჩვენებების მიხედვით.

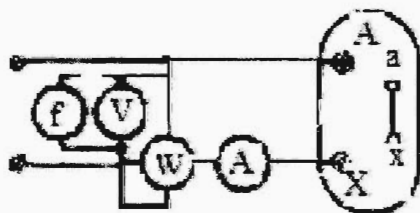
სამფაზა ტრანსფორმატორის გამოცდისას ზემომოყვანილ გამოსახულებებში უნდა ჩავსვათ ძაბვის, დენისა და სიმძლავრის ფაზური მნიშვნელობები.

მოკლედ შერთვის ძაბვა და მისი აქტიური და რეაქტიული მდგენელები ტოლია:

$$u_k \% = I_6 \cdot Z_k \cdot 100 / U_6; u_a \% = I_6 \cdot R_k \cdot 100 / U_6; u_k \% = I_6 \cdot X_k \cdot 100 / U_6;$$

სადაც U_6 და I_6 არის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის ნომინალური ძაბვა და დენი.

სამფაზა ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის დანაკარგებისა და ძაბვის გაზომვა წარმოებს 4.30 ნახ-ზე მოცემული სქემის მიხედვით შემდეგი პირობების დაცვით:



ნახ.4.30. სამფაზა ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის დანაკარგებისა და ძაბვის გაზომვის ერთფაზა სქემა

ტრანსფორმატორის ერთი გრაგნილი საიმედოდ დამოკლდება ყველა მის შემყვანზე, სხვა გრაგნილების შემყვანებზე მიიყვანება კვება შემდეგი თანამიმდევრობით:

I ცდა – კვება მიეწოდება AB შემყვანზე, დამოკლებულია C გრაგნილი;

II ცდა – კვება მიეწოდება BC შემყვანზე, დამოკლებულია A გრაგნილი;

III ცდა – კვება მიეწოდება CA შემყვანზე, დამოკლებულია B გრაგნილი.

სამი ჩატარებული ცდიდან მიღებული შედეგებით საზღვრავენ სამფაზა ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის დანაკარგებსა და ძაბვას ფორმულებით:

$$P_k = (P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}) / 2$$

$$u_k = \sqrt{3} (u_{AB} + u_{BC} + u_{CA}) / 6,$$

სადაც P_{AB} , P_{BC} , P_{CA} სამ ცდაში გაზომილი და ნომინალურ დენზე დაყვანილი მოკლედ შერთვის დანაკარგებია; u_{AB} , u_{BC} , u_{CA} – სამ ცდაში გაზომილი და ნომინალურ დენზე დაყვანილი მოკლედ შერთვის ძაბვები, გამოსახული ნომინალური ძაბვის პროცენტებში.

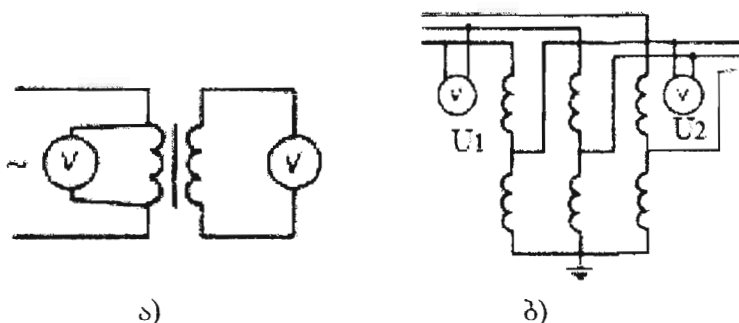
ფორმულები ვარგისია ტრანსფორმატორის გრაგნილების ნებისმიერი შეერთების სქემისათვის. ფაზების მიხედვით, გაზომვის შედეგებით, შეიძლება ვიმსჯელოთ სამფაზა ტრანსფორმატორის თითოეული ფაზის წესიერულობის შესახებ.

4.18. ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა

ერთფაზა ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გაზომვის სქემა მოყვანილია 4.31, ა ნახ-ზე. ვოლტმეტრი, რომელიც ზომავს მიყვანილ ძაბვას, ცალკე გამტარებით უერთდება ტრანსფორმატორის შემყვანებს, რათა თავიდან ავიცილოთ ტრანსფორმატორის ძკვებავ გამტარებში ძაბვის ვარდნებით გამოწვეული ცდომილებები. თუ ძაბვის ვარდნა მკვებავ გამტარებში არ აღემატება გასაზომი ძაბვის 0,1%-ს და პრაქტიკულად გავლენას არ

ახდენს გაზომვის სიზუსტეზე, მაშინ დასაშვებია ვოლტმეტრის ჩართვა მკეებად გამტარებზე.

სამფაზა ტრანსფორმატორებში, რომლებიც შეერთებულია Y/Y და Δ/Δ სქემებით, ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი შეიძლება გაეზომოს სამფაზა ძაბვის მიწოდებისას, თუ წინასწარ დადგენილია, რომ ის სიმეტრიულია. იგივე ეხება ავტოტრანსფორმატორებსაც. ამ დროს იზომება U_1 პირველადი და U_2 მეორეული ხაზური ძაბვები (ნახ.4.31,ბ).



ნახ.4.31. ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის გაზომვის სქემა:
ა - ერთფაზა და ბ - სამფაზა ტრანსფორმატორის Y/Y და Δ/Δ შეერთების სქემებისათვის

4.31 ნახ-ზე მოყვანილი სქემებისათვის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით:

$$K = U_1/U_2.$$

თუ სამფაზა ძაბვა არასიმეტრიულია, მაშინ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გაზომვა წარმოებს ერთფაზა კვების დროს.

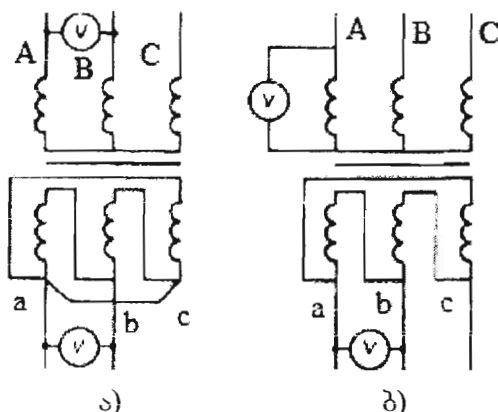
ტრანსფორმატორებში Y/ Δ ან Δ /Y შეერთებისას განასხვავებენ ტრანსფორმაციის ხაზურ კოეფიციენტს, რომელიც ნაჩვენებია პასპორტში და ტოლია ხაზური ძაბვების ფარდობის და ფაზურ კოეფიციენტს, რომელიც ფაზური ძაბვების ფარდობის ტოლია, ე.ი.

$$K_h = U_{h1}/U_{h2} \text{ და } K_\phi = U_{\phi 1}/U_{\phi 2}.$$

ვარსკვლავისებრი შეერთებიდან სამკუთხა შეერთებაზე ტრანსფორმაციის დროს (ნახ.4.32,ა) ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით: $K_\phi = K/3^{1/2}$, ხოლო სამკუთხა შეერთებიდან ვარსკვლავისებრ შეერთებაზე ტრანსფორმაციის დროს - $K_\phi = K \cdot 3^{1/2}$.

გრაგნილების განშტოებების მიერთების სისწორის შესამოწმებლად იზომება ტრანსფორმაციის ფაზური კოეფიციენტები. ამ დროს გრაგნილის ერთი ფაზა, რომელიც შეერთებულია სამკუთხედად იზომება დანარჩენი ფაზების წყვილისათვის (როგორც ეს კეთდებოდა უქმი სვლის დროს). 4.32,ა ნახ-ზე მოცემულია სქემა C ფაზის დამოკლებით. თუ კვება მიეწოდება ვარსკვლავის მხრიდან, მაშინ ტრანსფორმაციის ფაქტიური ფაზური კოეფიციენტი გაზომილზე ორჯერ ნაკლები იქნება:

$$K_{ფ} = 0,5 K_{გაზ.} = 0,5 U_1/U_2.$$



ნახ.4.32. სამფაზა ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გაზომვის სქემა Y/Δ შეერთების დროს

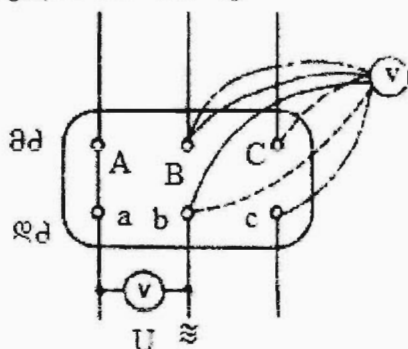
სამკუთხა შეერთების მხრიდან კვების მიწოდებისას – ფაქტიური ფაზური კოეფიციენტი გაზომილზე ორჯერ მეტია.

თუ ვარსკვლავისებრ შეერთებულ გრაგნილში ნულოვანი გამომყვანი მისაწვდომია, მაშინ გაზომვები შეიძლება ჩატარდეს ფაზის ჩამოკლების გარეშე 4.32,ბ ნახაზის სქემის მიხედვით. ამ დროს მიიღება ტრანსფორმაციის ფაზური კოეფიციენტი. მისი გაზომვა წარმოებს ასევე 4.31,ბ ნახაზის სქემით გაზომილი ხაზური კოეფიციენტის არადაამკაყოფილებელი მნიშვნელობის მიზეზების გამოსავლენად.

4.19. ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა ორი ვოლტმეტრის მეთოდით

ორ ვოლტმეტრის მეთოდი დაფუძნებულია პირველადი და მეორეული ძაბვების ვექტორული დიაგრამების შეთავსებაზე. შესაბამის გამომყვანებს შორის მათ გაზომვასა და შემდგომში გაანგარიშებულ მნიშვნელობებთან შედარებაზე. ამ დროს პრაქტიკულად ვექტორულ დიაგრამას არ აგებენ. საკმარისია ძაბვის გაანგარიშებული და გაზომილი სიდიდეების ერთმანეთთან შედარება.

ორი ვოლტმეტრის მეთოდით შეერთების ჯგუფის განსაზღვრის სქემა მოცემულია 4.33 ნახ-ზე.



ნახ.4.33. ორი ვოლტმეტრის მეთოდით ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფის განსაზღვრა

4.33 ნახ-ზე ფაზის მაღალი და დაბალი (ან საშუალო) ძაბვის გრაგნილები შეერთებულია ერთმანეთთან. ერთ (მოცემულ შემთხვევაში დაბალი ძაბვის) გრაგნილთან მიყვანილია შემცირებული ძაბვა (არა უმეტეს 380 ვ). კვების ძაბვა მიზანშეწონილია შევირჩიოთ ისეთი, რომ მაღალი ძაბვის მხარეს ვოლტმეტრის ჩასართვად არ დაგვეჭირდეს ძაბვის ტრანსფორმატორის ჩართვა. ერთი ვოლტმეტრით ზომავენ დაბალი ძაბვის გრაგნილზე მიწოდებულ ძაბვას U_{ab} , მეორეთი – B ფაზის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილებს შორის (U_{Bb}), შემდეგ B ფაზის დაბალი ძაბვის გრაგნილის გამომყვანსა და მაღალი ძაბვის C ფაზის გრაგნილის გამომყვანს შორის (U_{Bc}) და ბოლოს C ფაზის დაბალი ძაბვის გრაგნილის გამომყვანსა და მაღალი ძაბვის B ფაზის გრაგნილის გამომყვანს შორის (U_{cb}). გა-

ზომებით მიღებულ მნიშვნელობებს შეადარებენ გაანგარიშებით მიღებულ მნიშვნელობებს, რომლებიც განსაზღვრულია 4.16 ცხრილით.

ცხრილი 4.16

გრაგნილების შეერთების ჯგუფების ორი ვოლტმეტრის მეთოდით შემოწმებისას გასაზომი ძაბვის საანგარიშო მნიშვნელობები

შეერთების ჯგუფი	კექტორების ძერის კუთხე, გრად	საანგარიშო ძაბვები, გაზომვისას, ვ		
		U_{Bb}	U_{bc}	U_{cB}
12(0)	0	$U(K-1)$	$U(1-k+K^2)^{1/2}$	$U(1-K+K^2)^{1/2}$
1	30	$U(1-(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$	$U(1-(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$	$U(1+K)^{1/2}$
2	60	$U(1-K+K^2)^{1/2}$	$U(1-K)$	$U(1+K+K^2)^{1/2}$
3	90	$U(1+K^2)^{1/2}$	$U(1-(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$	$U(1+(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$
4	120	$U(1+K+K^2)^{1/2}$	$U(1-K+K^2)^{1/2}$	$U(1+K)$
5	150	$U(1+(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$	$U(1+K^2)^{1/2}$	$U(1+(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$
6	180	$U(1+K)$	$U(1+K+K^2)^{1/2}$	$U(1+K+K^2)^{1/2}$
7	210	$U(1+(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$	$U(1+(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$	$U(1+K^2)^{1/2}$
8	240	$U(1+K+K^2)^{1/2}$	$U(1+K)$	$U(1-K+K^2)^{1/2}$
9	270	$U(1+K^2)^{1/2}$	$U(1+(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$	$U(1-(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$
10	300	$U(1-K+K^2)^{1/2}$	$U(1+K+K^2)^{1/2}$	$U(K-1)$
11	330	$U(1-(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$	$U(1+K^2)^{1/2}$	$U(1-(3K)^{1/2}+K^2)^{1/2}$

ფორმულებში (ცხრილი 4.16) U მიყვანილი ძაბვაა, ვ; K – ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის საპასპორტო მნიშვნელობა ანუ ხაზური ნომინალური ძაბვების ფარდობა.

თუ კვება მიეწოდება მაღალი ძაბვის გრაგნილის მხრიდან, მაშინ ფორმულებში (ცხრილი 4.16) U -ს ნაცვლად U/K უნდა ჩავსვათ.

4.20. მაგნიტგამტარისა და ავზის მდგომარეობის კონტროლი

მიუხედავად იმისა, რომ ზეთში გახსნილი აირების ანალიზი მაგნიტგამტარის მდგომარეობის კონტროლის საკმაოდ ეფექტური

ხერხია, მაინც მისი გამოყენება არ გამოირიცხავს კონტროლის ტრადიციული მეთოდების გამოყენებას, განსაკუთრებით რემონტის შემდეგ.

უღლის კოჭების, დამწეხი რგოლებისა და ხელმისაწვდომი მოსაჭერი სარტების იზოლაციის წინააღობა იზომება მასში შესაძლო მოკლედ შერთვების გამოსავლენად. გაზომვა წარმოებს მეგაომმეტრით 1000–2500 ვ ძაბვაზე ექსპლუატაციაში შეყვანისა და რემონტის შემდეგ. აღნიშნული წინააღობის მნიშვნელობა არ ნორმირდება. იზოლაციის წინააღობის მკვეთრი შემცირება დეფექტზე მიგვითითებს.

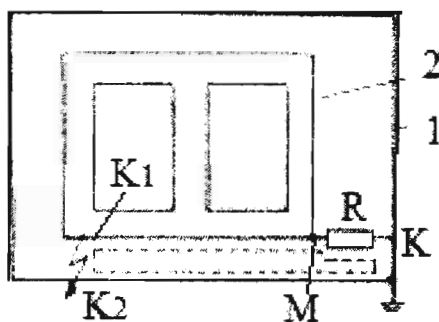
მძლავრ ტრანსფორმატორებში ისეთი რემონტის დროს, რომელიც მოითხოვს გრაგნილების შეცვლას, იზოლაციის წინააღობის გაზომვას, ფურცლებს შორის იზოლაციის ხარისხის შემოწმების მიზნით, წინააღობის ზომავენ პაკეტის განივად. მიღებული შედეგები შედარდება ქარხანა-დამამზადებლის მონაცემებს. ასეთი შემოწმება საშუალებას იძლევა გადააკაზმის დროს გადაწყდეს ფურცლების დამატებითი იზოლირების საჭიროების საკითხი.

უქმი სვლის დენისა და დანაკარგების მომატებული მნიშვნელობები მიუთითებს მაგნიტგამტარის უხარისხო აწეობაზე. ჩვეულებრივ, ეს არის შეპირაპირებებში ღრეჩოების გაზრდის ან ნაკლები რაოდენობის რკინის ჩალაგების შედეგი, ვიდრე გათვალისწინებულია დოკუმენტაციით. უქმი სვლის დენი რემონტის შემდეგ ყოველთვის მეტია, ვიდრე ახლად დამზადებულისა. უქმი სვლის დანაკარგები შეიძლება გაიზარდოს არა მარტო გრაგნილში არსებული დეფექტების გამო, არამედ მაგნიტგამტარის ელექტროტექნიკურ ფოლადში ფურცლების მოკლედ შერთვის გამოც. ფურცლების მოკლედ შერთვა ექსპლუატაციის დროს შესაძლებელია მოხდეს ვიბრაციის შედეგად, ცალკეულ ფურცლებს შორის იზოლაციის გაცვეთით, ასევე ამ იზოლაციაში დეფექტების არსებობით.

ადგილობრივი გადახურების მიზეზის განსაზღვრა საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ და აღმოვფხვრაო ნახშირწყალბადების მომატებული გამოყოფის წყაროები და სხვა არასასურველი მოვლენები. მაგნიტგამტარში, კონსტრუქციულ ელემენტებსა და აგვის ცალკეულ უბნებზე ადგილობრივი გადახურებები გვხვდება უფრო

ხშირად, ვიდრე გრაგნილებში. დასაწყისში უნდა ვაწარმოოთ აქტიური ნაწილის დაწვრილებითი დათვალიერება. ძლიერი გადახურებები იწვევს ლითონის ფერის შეცვლას. მცირე გადახურების დროს ამ ადგილზე დაილექება შავი ფერის ზეთის დაშლის პროდუქტები. საჭიროა ასევე შემოწმდეს მაგნიტგამტარის პაკეტებს შორის და სხვა ელემენტებში ზეთის არხების სისუფთავე, რადგანაც რაიმე მიზეზით მათი შევიწროება აქტიურ ნაწილში იწვევს ზეთის საერთო მომატებულ გახურებას, რომელიც განისაზღვრება ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურით.

თუ დათვალიერებისას მომატებული გადახურების წყარო ვერ მოიძებნა, მაშინ უნდა შევამოწმოთ მოკლედ შერთული კონტურის არსებობა ან არარსებობა. მაგნიტგამტარი, როგორც წესი, შეერთებულია ავზთან და ჩამიწებულია ერთ წერტილში. მაგნიტგამტარის M წერტილი შეერთებულია ტრანსფორმატორის ჩამიწებული ავზის E წერტილში (ნახ.4.34). თუ იზოლაციის დაზიანების გამო აღიძრა მაგნიტგამტარის ჩამიწება, მაშინ მეორე (K_1 და K_2 შორის) წერტილში შეიქმნება მოკლედ შერთული კონტური, რომელიც 4.34 ნახ.ზე ნაჩვენებია პუნქტურით.



ნახ.4.34. რეზისტორის მოკლედ შერთულ კონტურში ჩართვის სქემა:

1 – ტრანსფორმატორის ავზი; 2 – მაგნიტგამტარი

ფანტკის ნაკადის გავლენით კონტურში გაივლის დენი, რომელიც იწვევს ლითონის მომატებულ გადახურებას, განსაკუთრებით ავზის განსართის ადგილზე, თუ იგი კონტურით იკვეთება.

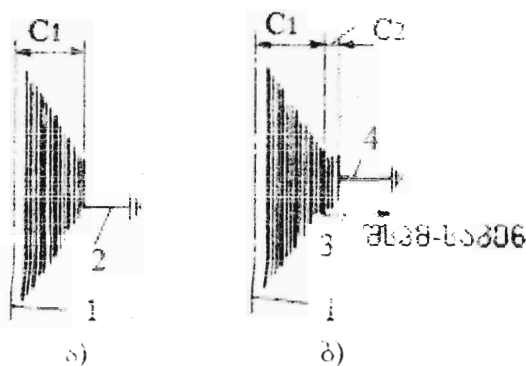
თუ არის მოკლედ შერთული კონტურის არსებობის ვარაუდი, მაშინ უნდა გამოვრთოთ მაგნიტგამტარის ჩამამიწებელი გამტარი (M და E წერტილებს შორის) და შევამოწმოთ იზოლაცია.

თუ ასეთი შემოწმების შედეგად დადგინდება, რომ ჩამოყალიბდა მაგნიტგამტარის მეორე ჩამიწება, მაშინ მუშა ჩამამიწებელ წრედში ჩაირთვება R რეზისტორი, რომლის სიდიდე და სიმძლავრე შეთანხმებული უნდა იყოს ქარხანა-დამამზადებელთან. მაგნიტგამტარში რამდენიმე ჩამამიწებელი წერტილის არსებობისას რემონტის საჭიროება და მოცულობა უნდა შეთანხმდეს ქარხანა-დამამზადებელთან.

რადიატორებთან ერთად ზეთის სიმჭიდროვეზე ავზის გამოცდა წარმოებს ტრანსფორმატორის ექსპლუატაციაში შეყვანისა და კაპიტალური რემონტის დროს. მილის ან დამატებითი ტევადობის დახმარებით იქმნება ზეთის სვეტი, რომლის სიმაღლე არანაკლებ 60 სმ-ით აჭარბებს აესებული საფართოების დონეს. გამოცდის ხანგრძლივობა 10°C ტემპერატურის დროს უნდა იყოს არანაკლებ 3 საათისა. გამოცდისას ადგილი არ უნდა ჰქონდეს ზეთის დენას. ზეთის სიმჭიდროვეზე გამოცდა ასევე წარმოებს ჭარბი 10 კპა ($0,1 \text{ კგძ/სმ}^2$) წნევის შექმნის გზით. აფსკური დაცვის ტრანსფორმატორებში ჭარბი წნევა იქმნება მოქნილი გარსის შიგნით. სხვა ტრანსფორმატორებში აზოტის ჭარბი წნევა იქმნება ზეთის ზემოთ სივრცეში.

4.21. მაღალვოლტაჟიანი შემყვანების მდგომარეობის კონტროლი

ტრანსფორმატორებში გამოიყენებენ ქაღალდ-ზეთიანი და ზოგჯერ ზეთბარიერული იზოლაციის მქონე შემყვანებს. პირველ შემთხვევაში, იზოლაციის საფუძველია საიზოლაციო ქაღალდი, რომელიც გაუღენთილია ზეთით და მათანაბრებელი შემონაფენებით დაყოფილია ფენებად. მეორეში – სატრანსფორმატორო ზეთი დაყოფილია ფენებად მათანაბრებელი შემონაფენების მქონე ქაღალდ-ბაკელიტის ცილინდრებით. უკანასკნელ ხანებში ასევე გამოიყენება მყარიზოლაციანი შემყვანები.



ნახ.4.35. მაღალვოლტიანი შემყვანების გამოყვანების სქემა

შემყვანის საიზოლაციო ჩონჩხის უკანასკნელი შემონაფენიდან, რომელსაც არ გააჩნია საზომი კონდენსატორი (ნახ.4.35,ა) გამოყვანილია გამტარი 2, რომელიც მუშა მდგომარეობაში უნდა იყოს საიმედოდ ჩამოჭებული. საზომი კონდენსატორის მქონე შემყვანის კონდენსატორის შემონაფენიდან გამოყვანილია გამტარი 3 (ნახ. 4.35,ბ), ხოლო კონდენსატორის გარე შემონაფენი ყრუდ არის ჩამოჭებული შემყვანის შიგნით ან გამტარი 4 გამოყვანილია გარეთ და მუშა მდგომარეობაში ჩამოჭებულია. საზომი გამტარი 3 ირთვება შემყვანების საკონტროლო-პოტენციომეტრულ მოწყობილობასთან (შსპმ). შესრულებიდან გამომდინარე, მათი მდგომარეობის შემოწმების ხერხები და ნორმები ერთმანეთისაგან რამდენადმე განსხვავდება. შემყვანების პროფილაქტიკური გამოცდის მოცულობა ნახევანებია 4.8 ცხრილში.

შემყვანების იზოლაციის წინააღობის გაზომვა წარმოებს მეგა-ომმეტრით 1000-2500 ვ ძაბვაზე. ამ დროს იზომება ქაღალდზეთიანი იზოლაციის მქონე შემყვანების საზომი და უკანასკნელი შემონაფენის იზოლაციის წინააღობა შემაერთებული მილისის მიმართ. გაზომვისას გამტარები 2 და 4, თუ ისინი გამოყვანილია, გამოირთვება მილისიდან, ხოლო გამტარი 3 – საკონტროლო-პოტენციომეტრული მოწყობილობიდან. ექსპლუატაციაში შეყვანისას წინააღობის მნიშვნელობა არ უნდა იყოს 1000 მომზე ნაკლები, ხოლო ექსპლუატაციისას – არანაკლები 500 მომზე. გაზომვა წარმოებს 4.14-ში აღწერილი წესების დაცვით. წინააღობის შემცირება დაკავშირებულია

ლია როგორც მყარი იზოლაციის, ასევე ზეთის მდგომარეობის გაუარესებასთან და, როგორც წესი, ერთდროულად ხდება ტენ-ს გაზრდა და შემყვანის იზოლაციის ტევადობის შემცირება.

დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე იზომება ყველა სახის შემყვანებისათვის, გარდა დიდი სიმძლავრის ზეთბარიერული იზოლაციის შემყვანებისა. ტენ-ს მნიშვნელობა 20°C ტემპერატურის დროს არ უნდა აღემატებოდეს 4.17 ცხრილში მოცემულ მნიშვნელობებს.

ცხრილი 4.17

შემყვანების ტენ-ს დასაშვები მნიშვნელობები

იზოლაციის სახე	გამოცდის სახეები	შემყვანების ტენ ნომინალური ძაბვით, კვ					
		60-110	150	220	330	500	750
ზეთბარიერული, ძირითადი და საზომი კონდენსატორის	ექსპლუატაციაში შემყვანისას	2	2	2	-	1	-
	ექსპლუატაციის დროს	5	4	4	-	2	-
ქაღალდ-ზეთიანი ძირითადი და საზომი კონდენსატორის	ექსპლუატაციაში შემყვანისას	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	ექსპლუატაციის დროს	1,5	1,2	1,2	1	1	0,8
ქაღალდ-ზეთიანი იზოლაციის უკანასკნელი ფენა	ექსპლუატაციაში შემყვანისას	1,2	1	1	1	0,08	0,8
	ექსპლუატაციის დროს	3	3	2	1,5	1,2	1

საექსპლუატაციო გაზომვებისას შიგა იზოლაციის ცალკეულ ზონებში საჭიროა ყურადღება გავამახვილოთ დროის მიხედვით ტენ-სა და ტევადობის ცვლილების ხასიათზე. C_1 და C_2 ტევადობების მნიშვნელობები (ნახ.4.35) არ ნორმირდება, მაგრამ ხდება დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხე ტანგენსის გაზომილი მნიშვნელობის შეფასება.

შემყვანებისათვის, რომელთაც არა აქვს საზომი კონდენსატორი (ნახ.4.35,ა), ძირითადი იზოლაციის მახასიათებლები იზომება შემყვანის მაღალვოლტიან მომჭერსა და გამტარს 2 შორის. უკანასკნელი ფენების იზოლაციის მახასიათებლები იზომება გამტარსა 2 და მილის შორის, რისთვისაც გამტარი 2 გამოირთყება ჩამიწებიდან.

საზომი კონდენსატორების მქონე შემყვანებისათვის (ნახ.4.35,ბ) ძირითადი იზოლაციის მახასიათებლები იზომება შემყვანის მაღალვოლტიან მომჭერსა და C_1 კონდენსატორის საზომ გამომყვანს 3 შორის. ამ დროს გამტარი 3 უნდა მოიხსნას საკონტროლო-პოტენციომეტრული მოწყობილობიდან. კონდენსატორის იზოლაციის მახასიათებლები იზომება 3 და 4 გამტარებს შორის.

მოწყობილობაზე დაყენებული შემყვანის ძირითადი იზოლაციის $\epsilon_{\text{გ-ს}}$ გაზომვა წარმოებს ნორმალური (ნახ.4.12,ა) სქემით, რათა გაშირიცხოს ტრანსფორმატორის ტევადობის გავლენა. 10 კვ ძაბვა მიეწოდება შემყვანის საკონტაქტო მომჭერს, შემაერთებელი მილის ჩამიწებულია და 2 და 3 გამტარები გამორთულია.

მოხსნილ შემყვანზე საზომი კონდენსატორის $\epsilon_{\text{გ-ს}}$ და ტევადობის გაზომვა წარმოებს ნორმალური სქემით (ნახ.4.12,ა) საზომ შემყვანზე 3 კვ (არა უმეტეს 10 კვ) ძაბვის მიწოდებით, ხოლო მილისები იზოლირებულია მიწისაგან. თუ მილისების მიწისგან იზოლირება შეუძლებელია, მაშინ გაზომვა ხდება გადაბრუნებული სქემით (ნახ.4.12,ბ). იგივე ხდება იზოლაციის გარე ფენების გაზომვის დროსაც.

შემყვანის იზოლაციის $\epsilon_{\text{გ-ს}}$ გაზრდა ხდება მუყაოს ან ქაღალდის დანესტიანებისას, ზეთის გაჭუჭყიანებისას, ნაწილობრივი განმუხტვების გამოვლენისა და დეფექტური სილფონიდან ლითონის მტვერის მოხვედრისას.

ტრანსფორმატორზე დაყენებული შემყვანების აწეული ძაბვით გამოცდა წარმოებს მისი გრაგნილების გამოცდასთან ერთად, მოხსნილი შემყვანების გამოცდა კი – იგივე ნორმებით. აწეული ძაბვით გამოცდა საშუალებას იძლევა გამოვლენილ იქნეს შემყვანის იზოლაციის ფარული დეფექტები, რომელიც არ გამოვლინდა სხვა ხერ-

ხებით. ამიტომ, აწეული ძაბვით გამოცდა ხდება იზოლაციის ყველა სხვა გამოცდის შემდეგ.

ქალაღმჯეთიანი იზოლაციის მქონე შემყვანების შემჭიდროებების ხარისხის შემოწმება წარმოებს 30 წუთის განმავლობაში 100 კპა ჭარბი წნევის შექმნით. ამ დროს ადგილი არ უნდა ჰქონდეს ზეთის გადინებასა და გამოსაცდელი წნევის შემცირებას. ასეთი გამოცდები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს სუსტი ადგილები, რომლებიც გამოვლენილი ვერ იქნა გარე დათვალიერებისას. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს შემჭიდროებებს შემყვანის ზედა ნაწილში, რომლებიც ექსპლუატაციის პროცესში მუშაობს ოდნავ ჭარბი წნევით.

მანომეტრების შემოწმება ხდება პერმეტული შესრულების ქალაღმჯეთიანი იზოლაციის მქონე შემყვანებისათვის. ასეთი შემყვანის წარმატებული მუშაობა, პირველ რიგში, დამოკიდებულია მისი შემჭიდროებების საიმედოობაზე. შემყვანის მანომეტრის ჩვენების შემცირება მოწმობს მისი პერმეტულობის დარღვევაზე. ამასთან, თუ მანომეტრი დაზიანებულია, მაშინ პერმეტულობის დარღვევის დადგენა ყოველთვის შესაძლებელი არ არის. ამიტომ, გათვალისწინებულია მანომეტრების შემოწმება რემონტებს შორის პერიოდში. იგი უნდა შევამოწმოთ წელიწადში ერთხელ მაინც. ასევე იმ შემთხვევებში, თუ მანომეტრის ჩვენება არ იცვლება გარემო ტემპერატურის ან დატვირთვისას ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ცვლილების დროს.

პერმეტულ შემყვანში ზეთის წნევის მინიმალური და მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობები მოცემულია პასპორტში. იმისათვის, რომ მანომეტრი იყოს შემყვანის შემჭიდროებული მდგომარეობის საკმაოდ მგრძნობიარე ინდიკატორი, საჭიროა მისი სკალა ბევრად არ აღემატებოდეს ზეთის მუშა წნევას. ოპტიმალურია შემთხვევა, როცა მანომეტრის გაზომვის ზღვარი 1,5-ჯერ აღემატება მაქსიმალურს ან 2-ჯერ საშუალო მუშა წნევას. შემყვანში ზეთის წნევის აწევა მოწმობს სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებების დარღვევას და უნდა იყოს შემოწმებული (იხილეთ ტფ).

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ზეთში შეიძლება იყოს ლითონის მექანიკური მინარევები. ისინი შესაძენვეია გამჭოლ სინათლეზე ზე-

თის დათვალიერებისას. მექანიკური მინარევების შემჩნევის მეთოდ-
იკა შემდეგში მდგომარეობს: 250–300 მლ ტევადობის თხელკედლიან
ქიმიურ ჭიქას ავსებენ გამოსაცდელი ზეთით და ათავსებენ შავი
ნაჭრით გადაფარებულ სადგარზე. ჭიქის უკანა მხარეს აყენებენ
შავ ეკრანს. სინათლის წყარო მოთავსებულია გვერდით, ჭიქის
დონეზე ისე, რომ სინათლე განჭოლავს ზეთის ფენას. გამჭოლი
სინათლე არ უნდა ხვდებოდეს დამკვირვებლის თვალს.

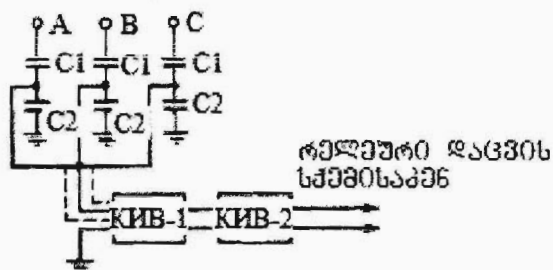
ლითონური მექანიკური მინარევების არსებობისას, არევის
დროს შეინიშნება ნაწილაკების გადაადგილება დამახასიათებელი
ლითონური ბზინვარებით, რომლებიც დიდი ხნის განმავლობაში
შეიძლება დარჩეს შეტივტივებულ მდგომარეობაში და არ დაეშვას
ფსკერზე. მინარევების ხასიათის დაზუსტების მიზნით შესაძლებე-
ლია გამოვიყენოთ ღუპა 8–15 ჯერადი გადიდებით ან მიკროსკოპი.
მექანიკური მინარევების კვალი დასაშვებია, თუ მთელ ნიმუშში
შეინიშნება ლითონური და არალითონური ხასიათის 7–10 ჩართვა,
რომლებიც დაღეჟილია ფსკერზე ან შეტივტივებულ მდგომარეო-
ბაშია. თუ ჩართვათა რაოდენობა აღემატება ნაჩვენებ მნიშვნელო-
ბებს, მაშინ საჭიროა ჩავატაროთ მექანიკური მინარევების რაოდე-
ნობრივი ანალიზი 4.11-ს შესაბამისად.

ჰერმეტიკულ შემყვანებში ზეთის შეცვლა, საჭიროების შემთხვე-
ვაში, შეიძლება ვაწარმოოთ უშუალოდ დაყენების ადგილზე, ტრანს-
ფორმატორიდან შემყვანის მოხსნის გარეშე ინსტრუქციის შესა-
ბამისად.

შემყვანების იზოლაციის მუდმივი კონტროლი მდგომარეობს
სამუშაო ტრანსფორმატორის ყველა, სამივე შემყვანის საზომი გან-
შტოებების მიერ შექმნილი ვარსკვლავისებრი შეერთების ნულოვანი
გამტარის ტევადური დენის საკონტროლო მნიშვნელობაში (უბა-
ლანსობის დენი).

მოწყობილობა (ნახ.4.36) შედგება ორი ბლოკისაგან: КИВ-1,
რომელიც მოთავსებულია ტრანსფორმატორზე ან მის ახლოს დაყე-
ნებულ მეორეული კომუტაციის მომჭერების კარადაში; КИВ-2, რო-
მელიც დაყენებულია ტრანსფორმატორის რელეური დაცვის პა-
ნელზე, ქვესადგურის მართვის ფარზე და გამოიყენება 500 კვ ზე-
ვით ძაბვის შემყვანებში.

КИВ-1 ბლოკს აქვს ფილტრი, რომელიც საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ უმაღლესი რიგის ჰარმონიკებით განპირობებული უბალანსობის ძაბვა.



ნახ.4.36. შემყვანის იზოლაციის კონტროლის მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა

ტრანსფორმატორის განატოტები საშუალებას იძლევა შევამოთ ციროთ უბალანსობის დენი, რომელიც განპირობებულია შემყვანების ტევადობების მნიშვნელობათა სხვაობით; მაშინ თითოეული შემყვანიდან გამომავალი გამტარი შეერთებულია ტრანსფორმატორის შესაბამის განატოტთან და „ვარსკვლავი“ შექმნილია უშუალოდ КИВ-1 ბლოკში.

КИВ-2 ბლოკს აქვს გამმართველი, უბალანსობის დენის გასაზომი მილიამპერმეტრი, დაყენების დენის ცვლილების პოტენციომეტრი, გამაძლიერებელი, სასიგნალო ნეონის ნათურა და გამოსასვლელი რელე.

ერთ-ერთი შემყვანის დაზიანებისას მისი ტევადობა იზრდება. ნულოვან გამტარში და, შესაბამისად, КИВ-1-ის ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში იზრდება უბალანსობის დენი.

გაძლიერებისა და გამართვის შემდეგ სიგნალი გადაეცემა რელეური დაცვის სქემას, რომელიც მოქმედებს გამორთვაზე ან სიგნალიზაციაზე. იმისათვის, რომ მოწყობილობამ არ იმუშაოს გარდამავალ რეჟიმებში ან ძაბვის ხანმოკლე აწვევისას, მისი ამუშავების დრო დაყენებულია არანაკლებ 8 წამზე.

ნორმალურ პირობებში 500 კვ შემყვანის ტევადური დენი დაახლოებით 100 მა შეადგენს, ხოლო წესიერული შემყვანების სამივე ფაზის დენების ჯამი – 3–5 მა. КИВ-2 მოწყობილობის პოტენ-

ციომეტრი საშუალებას იძლევა ვცვალოთ დაყენების დენი 3–15 მაღიაპაზონში. ცდომილების შემცირების მიზნით КИВ–1 და КИВ–2 ბლოკებს შორის კაბელი უნდა იყოს დაეკრანებული არანაკლებ 2,5 მმ² ძარღვების კვეთით.

4.22. გადამრთველი მოწყობილობის მდგომარეობის კონტროლი

გადამრთველი მოწყობილობის მუშაობის შემოწმება წარმოებს საქარხნო და ტიპური ინსტრუქციების შესაბამისად. გამოცდის ზოგიერთი სახე, რომელიც საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის მდგომარეობა ადრე იყო განხილული. გადამრთველის გარე დათვალიერება სრულდება 4.7-ის მითითებების შესაბამისად. ბუნებრივია, რომ დათვალიერდება მხოლოდ ის ნაწილები, რომლებიც მისაწვდომია ამისათვის. სახელდობრ, უნდა შემოწმდეს ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის მართვის კარადები, გათბობის მოწყობილობის წესიერულობა. მათი დარღვევისას კარადებში მოხედება მტკერი და ჭუჭყი, საპოხი გასქელება, რასაც მიეყავართ ელემენტების ღერძების გახეხვამდე, ზემოქმედებს მიკროგადამრთველებზე და იწვევს მათ მტყუნებას და შედეგად ძაბვის ქვეშ გადამრთველი მოწყობილობის ფაზების შეუთანხმებელ მუშაობასა და საბოლოო გადამრთველის გაუჩერებლად გავლას.

თუ ექსპლუატაციის პირველ პერიოდში მოხდა სატრანსფორმატორო ზეთის მახასიათებლების გაუარესება, მაშინ შემოწმებული უნდა იქნეს ზეთის ტენშემცველობა, და საჭიროების შემთხვევაში, უნდა შეიცვალოს. იგივე ეკუთვნის ამომრჩეველის ზეთს, თუ იგი განმხოლოებულია ტრანსფორმატორის ავზსა და ზეთიდან.

ზეთის მახასიათებლების გაუარესება მოწმობს ძაბვის ქვეშ გადამრთველი მოწყობილობის დაზიანებაზე. არის შემთხვევები, როცა კონტაქტორის ავზში ზეთის ჩასხმის შემდეგ იგი სწრაფად კარგავს თავის თვისებებს. ზეთის შეცვლის შემდეგ იგივე მეორდება. ასეთ მოვლენას ადგილი აქვს საკონტაქტო სისტემის არადამაკმაყოფილებელი მდგომარეობის – დაჭერის ძალვის დარღვევის, კონ-

ტაქტების გადახრისა და წანაცვლების, მოლიანად მოწყობილობის მუშაობის რეგულირების დარღვევის, კონსტრუქციული ელემენტების დაზიანებისას. იგივე ხდება, თუ მოწყობილობა დატენიანებული იყო რემონტის დროს. ძაბვის ქვეშ რეგულირების ასეთი მოწყობილობა ექვემდებარება რემონტს სრული რეგულირებით, ხოლო თუ იყო დატენიანებული, მაშინ უნდა მოხდეს დეტალების გაშრობა.

ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის არადაამაკაყოფილებელი მდგომარეობის დროული გამოვლენის მიზნით საჭიროა ახლად დამონტაჟებული ან გარემონტებული ტრანსფორმატორების ჩართვიდან 10-15 დღის შემდეგ მოხდეს მათი ავზებიდან აღებული ზეთის გამოცდა, ხოლო ზეთის მახასიათებლების შესამჩნევი გაუარესების შემთხვევაში, თუ რჩება დასაშვებ საზღვრებში, გავიმეორეთ გაზომვები იგივე ვადაში. თუ ზეთის მახასიათებლების შემდგომი გაუარესება არ მოხდა, მაშინ მისი ექსპლუატაცია ჩვეულებრივ გავაგრძელოთ. ზეთის მახასიათებლების გაუარესების შემთხვევაში, მოთხოვნილ ნორმებს ქვემოთ ტრანსფორმატორი უნდა გადავიდეს რემონტში. ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის გარეშე მუშაობა შეიძლება, მხოლოდ როგორც დროებითი ღონისძიება რამდენიმე დღე-ღამის განმავლობაში.

ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის გამოცდა აწეული ძაბვით წარმოებს ტრანსფორმატორის მთელი იზოლაციის გამოცდასთან ერთად (იხ.4.15). ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის შეცვლის ან კაპიტალური რემონტის დროს შეიძლება მისი ცალკეული ნაწილების გამოცდა აწეული ძაბვით ტრანსფორმატორზე დაყენებამდე.

გრაგნილების წინაღობის მუდმივი დენით გაზომვისას (4.16) ერთდროულად მოწმდება განშტოებების მირჩილება და გადამრთველის კონტაქტების მდგომარეობა. ამისათვის საჭიროა ვაწარმოოთ გაზომვა სარეგულირებელი გრაგნილის თითოეულ განშტოებაზე ანუ გადამრთველის თითოეულ მდგომარეობაში.

სატრანსფორმატორო ზეთის გამოცდა, წინაღობის გაზომვა მუდმივი დენით, კონტაქტორის მუშაობის ოსცილოგრაფირება და სხვა გაზომვები იძლევა ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის კომპლექსური შეფასების საშუალებას.

ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გაზომვა საშუალებას იძლევა შევამოწმოთ გრაგნილის მარეგულირებელი განტოტებების გადამრთველთან მიერთების სისწორე. ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის თითოეულ საფეხურზე ტრანსფორმაციის კოეფიციენტისა და მუდმივი დენით წინაღობის გაზომვა საშუალებას გვაძლევს გამოვავლინოთ გადამრთველი მოწყობილობის რემონტის დროს სქემაში დაშვებული შეცდომები. გაზომვის შედეგები შედარდება საქარხნო მონაცემებთან.

ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის პერიოდული დატრიალება მისი მდგომარეობის კონტროლისა და პროფილაქტიკის ეფექტური საშუალებაა. დატრიალებისას მოწმდება მოწყობილობის ამძრავისა და მისი მართვის სქემის მუშაობა, გადამრთველისა და კონტაქტორის კინემატიკური სქემა, მაგრამ მისი მთავარი დანიშნულებაა კონტაქტების მდგომარეობის პროფილაქტიკა. ექსპლუატაციის პროცესში ამომრჩეველის კონტაქტზე წარმოიქმნება ჟანგის თხელი ფენა, რომელიც ზრდის გარდამავალ წინაღობას. მისი წარმოქმნა განისაზღვრება მუდმივი დენით, გრაგნილების წინაღობის გაზომვის დროს. თუ ჟანგის ფენა არ შორდება, მაშინ კონტაქტები ხურდება, უარესდება სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებები. საბოლოო ანგარიშით, კონტაქტებმა შეიძლება მიაღწიოს ისეთ მდგომარეობას, რომ ვერ უზრუნველყოს გადამრთველი მოწყობილობის ნორმალური მუშაობა.

ჟანგის აფსკი იწმინდება ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის გადართვისას. ამიტომ, ინსტრუქციით ექსპლუატაციის დროს გათვალისწინებულია პერიოდული დატრიალება არანაკლებ ერთხელ 3-12 თვეში, გადამრთველის ტიპისა და მუშაობის რეჟიმიდან გამომდინარე.

ყველა მდგომარეობაში მოწყობილობის დატრიალება დაკავშირებულია განსაზღვრულ სიძნელეებთან, რადგან მოითხოვს ტრანსფორმატორის ქსელიდან გამორთვას. ამიტომ, ყველა მდგომარეობაში დატრიალება საკმარისია ვაწარმოოთ წელიწადში ერთხელ. დატრიალების ციკლთა რაოდენობა უნდა იყოს არანაკლებ 20. უფრო ნაკლები რაოდენობის დროს კონტაქტები სრულად არ გაიწმინდება. სხვა შემთხვევებში დატრიალება წარმოებს მუშა დიაპა-

ზონში ანუ იმ დიაპაზონში, რომელშიც ფაქტიურად აწარმოებენ გადართვას მუშა პროცესში პლუს ერთი ან ორი გადართვა ორივე მხარეს. თუ მოწყობილობა საერთოდ არ გადართულა, მაშინ მუშა დიაპაზონში დატრიალება ნიშნავს ორ გადართვას ორივე მხარეს. ასეთი გადართვები შეიძლება ვაწარმოოთ მომხმარებელთა გათიშვის გარეშე. ციკლთა რაოდენობა უნდა იყოს არანაკლებ 10.

ცდები გვიჩვენებს, რომ ასეთი საკონტროლო დატრიალებები საკმარისია, რათა გადამრთველის კონტაქტები დამსკმაყოფილებელ მდგომარეობაში იყოს. დატრიალების შემდეგ წესიერულ მდგომარეობაში მყოფი გრაგნილის წინაღობა მუდმივი დენის მიმართ პასპორტში ნაჩვენებს უახლოვდება.

კონტაქტების დაწოლა იზომება მათი რეგულირებისას. თუ გადამრთველის ან კონტაქტორის კონტაქტების დაწნევა არასაკმარისია, მაშინ მათი გარდამავალი წინაღობა იზრდება და იწვევს ადგილობრივ გადახურებას, ხოლო მოკლედ შერთვის დენების გაფლის დროს – შედუღებას. ძალიან დიდ დაწნევას მიყვავართ გადართვისას ძალვის გაზრდამდე, მომატებულ მექანიკურ ცვეთამდე, ამომრჩეველის გაჭედვამდე, კონტაქტორის არამკაფიო ამუშავებამდე.

კონტაქტორის დაწოლა იზომება ჩართულ მდგომარეობაში, დინამომეტრის დახმარებით მოძრავი კონტაქტის გამოწვევით წრედის გაწყვეტამდე, რომელიც ფიქსირდება კონტაქტებს შორის მოთავსებული ქაღალდის ზოლის გათავისუფლებით ან ომმეტრით.

ამოძრავი მექანიზმის გამოცდა იწყება გამორთულ ძრავზე, მართვის სქემის მუშაობის შემოწმებით. გამშვებ ღილაკზე თითის დაჭერით უნდა მოხდეს შესაბამისი გამშვები კონტაქტორის ან საშუალებო რელეს ამუშავება. შემდეგ ისე, რომ არ ჩავრთოთ ძრავის კვება, წარმოებს საბოლოო ამომრთველების მუშაობის შემოწმება. სახელურის დახმარებით მექანიზმს აყენებენ უკიდურეს მდგომარეობაში. ამ დროს გაითიშება საბოლოო ამომრთველი. თუ ახლა თითს დავაჭერთ მექანიზმის ბრუნვის შესაბამის ღილაკს, მაშინ კონტაქტორი არ ამუშავდება. საჭიროების შემთხვევაში, საბოლოო ამომრთველი დარეგულირდება. დავაყენებთ რა მექანიზმს შუა მდგომარეობასთან ახლოს, ვამოწმებთ მის მუშაობას ჩართული ძრავის დროს. შემოწმება წარმოებს თითოეული კონტაქტორის ჩარ-

თვისას ბრუნვის მიმართულება უნდა შეესაბამებოდეს მექანიზმზე ნაჩვენებს.

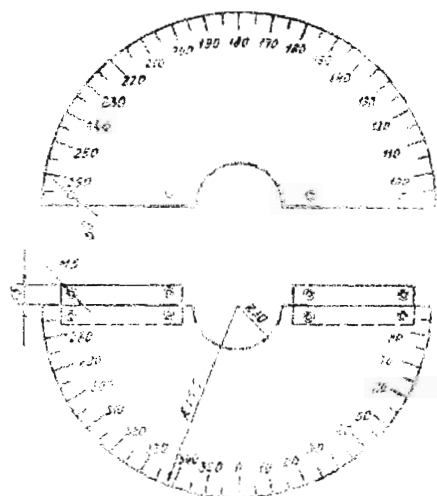
ტრანსფორმატორზე დაყენების შემდეგ მექანიზმის სახელურის ბრუნვით მოწმდება ამძრავი მექანიზმის გადამრთველთან შეუღლება. შემდეგ წარმოებს საბოლოო შემოწმება. ერთი საფეხურიდან მეორეზე გადასვლა უნდა მოხდეს გაჩერებისა და შენელებული ბრუნვის გარეშე, რომლებიც შეიძლება აღიძრას ძრავის გადატვირთვისას არასწორი სერვისის შედეგად. ამძრავი მექანიზმის დამუხრუჭების სისწორეს მოწმობს მაჩვენებლის სარკმელის შუაში განლაგებული ციფრები, რომლებიც აღნიშნავს გადამრთველის მდგომარეობას. მექანიზმის ზუსტი გაჩერება უზრუნველყოფილია კონტროლერის საკონტაქტო თითების მდგომარეობის რეგულირებით.

ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის რემონტის დროს ხდება მობრუნავი მოძენების გახრება წამყვან ლილვზე მაგროვება სახელური, რომლის ბოლოები მიმაგრებულია დინამომეტრთან. დინამომეტრზე მთავებული სახელური — ლილვის პერპენდიკულარული ძაღვა. მობრუნავი მოძენტი განისაზღვრება იმ ძაღვისა და სახელურის საფუძველს წამრავლით, რომლის დროსაც მოძრაობა დაიწყება.

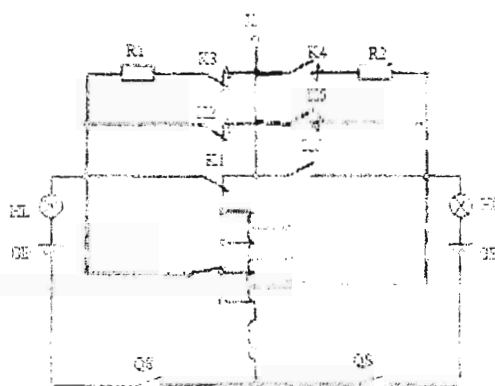
კონტაქტების თანამიმდევრული მოქმედების შემოწმება ხორციელდება ე.წ. წრიული დიაგრამების გადაღების გზით. წრიულ დიაგრამას იღებენ წამყვანი ლილვის პირდაპირი და უკუმიმართულებით მობრუნებისას ზედიზედ ორ მდგომარეობაში. თუ გაჩნია რევერსორი ან წინასწარ ამრჩევი, მაშინ დიაგრამა გადაიღება იმ ორ მდგომარეობას შორის, რომლებიც ნონაწილეობს გადართვებში.

ყველაზე მარტივად წრეული დიაგრამის გადაღება სასიგნალო ნათურების მეთოდით ხდება. ამისათვის, საჭიროა მოეხსნათ კონტაქტორის სახურავი და ლილვზე დაფამავრთო მმი-გრაციუნიანი სკალა, თითო გრადუსი თანაფოფით (ნახ.437,ა), ხოლო მოწყობილობის უიოავ ნაწილზე — ისარი. ჩავოთოთ გარე სქემა დენშემზადულ რეზისტორებთან 437,ბ ნახ-ის შესაბამისად. ვმართოთ ამძრავი მექანიზმი სკალით და სასიგნალო ნათურებით, დავაფიქსიროთ გამოსასვლელი ლილვის მობრუნების კუთხეები (ბრუნვათა რაოდე-

ნობა), ამომრჩევის კონტაქტების ჩართვისა და გამორთვის მომენტში. კონტაქტების ამუშავების მომენტები შეიძლება დაეაფიქსიროთ წკაპუნის ხმაზე.



ა)



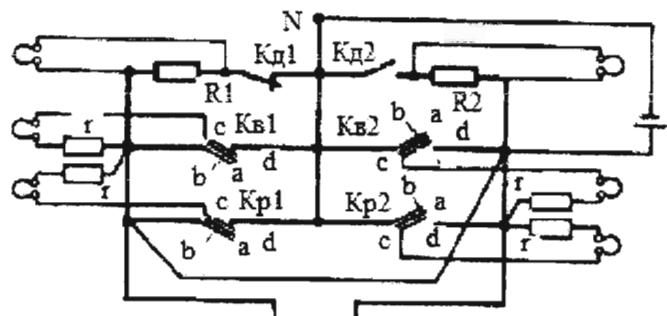
ბ)

ნახაზზე წრიული დიაგრამის გადასაღებად საშუალება (ლიმბი) ა) და გადაამართებული მოწყობილობის წრიული დიაგრამის გადასაღებად სდება: K_1-K_4 - მთავარი კონტაქტები; K_5-K_6 - დამხმარე კონტაქტები; K_7-K_8 - რელანამქრობი კონტაქტები; R_1-R_2 - დენშემზღუდვი რეზისტორები; HL - სასიგნალო ნათურა; შ - ფენმკვეთი; მ.ს. - აკუმულატორის ბატარეა.

წრიული დიაგრამა უნდა შეესაბამებოდეს ქარხანა-დამამზადებლის ნორმებს, წინასაღმდეგ შემთხვევაში უნდა მოხდეს მისი რეგულირება.

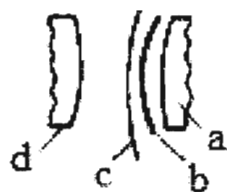
თანამედროვე სწრაფმოქმედი, ავტოური დენშემზღუდვი წინაღობების მქონე ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობისათვის სასიგნალო ნათურებით შეიძლება მხოლოდ გადამრთველისა და კონტაქტორის ერთობლივი მუშაობის წრიული დიაგრამის გადაღება, მაგრამ შეუძლებელია მივიღოთ კონტაქტორის ექვსი კონტაქტის მუშაობის სურათი. ამიტომ, უფრო სწრაფად გამოვეყენებულ იქნეს ოსცილოგრაფის მეთოდი.

ოსცილოგრაფის ვიბრატორს რთავენ უშუალოდ შესაბამისი კონტაქტის წრედში. თუ ეს შეუძლებელია, მაშინ სარგებლობენ უფრო რთული სქემებით. ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის კონტაქტორის კონტაქტების მუშაობის ჩაწერის სქემა მოცემულია 4.38,ა ნახ-ზე.



ამომრჩეველის სქემა

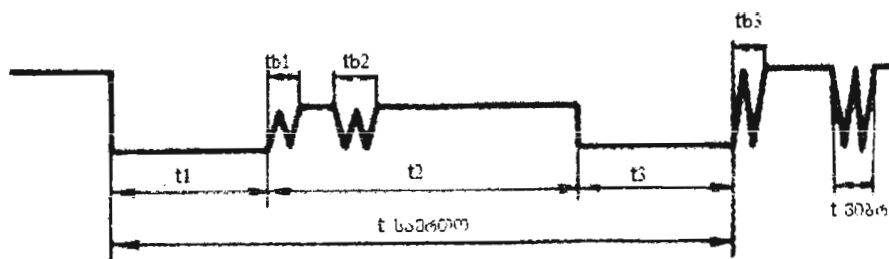
ა)



ბ)

ნახ.4.38. წრიული დიაგრამის გადასაღები ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის კონტაქტორთან ოსცილოგრაფის ვიბრატორების ჩართვის სქემა: ა - ვიბრატორების ჩართვის სქემა; ბ - საიზოლაციო საფენისა და ზესადების კონტაქტზე დაყენება: K_p - მუშა კონტაქტები; K_B - დამხმარე კონტაქტები; K_d - რკალჩამქრობი კონტაქტები; R - დენშემზღუდი რეზისტორი; r - დამატებითი საზომი რეზისტორი; ინდექსი 1 - კონტაქტორის კენტი მხარე; ინდექსი 2 - კონტაქტორის ლუწი მხარე; მსხვილი ხაზი - კონტაქტორის ძალური წრედი; წვრილი ხაზი - კონტაქტორის საზომი წრედი

მოდრავ ან უძრავ მუშა კონტაქტზე ან დამხმარე კონტაქტზე „ა“ დააფენენ „ბ“ საიზოლაციო საფენს და მის ზემოთ „ც“ საზომ კონტაქტს, რომელთანაც მიერთებულია ოსცილოგრაფის ვიბრატორი, რომელიც ჩაირთვება მეორე „დ“ კონტაქტთან შეხებისას. ყველაზე კარგია ერთ ოსცილოგრამაზე გამოვიტანოთ კონტაქტორის ყველა კონტაქტის, ამომრჩეველისა და რევერსორის მუშაობა. ოსცილოგრამაზე მკაფიოდ ჩანს მოწყობილობის ყველა კონტაქტორის მუშაობის თანამიმდევრობა.



ნახ.4.39. SAV ტიპის გადამრთველი მოწყობილობის კონტაქტორების მუშაობის ტიპური ოსცილოგრამა

მიღებული წრიული დიაგრამა უნდა შემოწმდეს საქარხნო ინსტრუქციის თანახმად. 4.39 ნახ-ზე ნაჩვენებია SAV ტიპის გადამრთველი მოწყობილობის კონტაქტორების მუშაობის ტიპური ოსცილოგრამა. რომლისთვისაც: $t_1 = 10-30$ მწმ; $t_2 = 20-42$ მწმ; $t_3 = 10-20$ მწმ; $t_{\text{საერთო}} = 45-85$ მწმ; $t_{b1} + t_{b2} = 12$ მწმ; $t_{b3} + t_{\text{ვიბრ}} < 12$ მწმ.

4.23. დამხმარე მოწყობილობის მდგომარეობის კონტროლი

დამხმარე მოწყობილობაში იგულისხმება ტრანსფორმატორის ის ელემენტები, რომლებიც განთავსებულია ავზზე ან მის გარეთ და უშუალოდ არ მონაწილეობს ელექტროენერგიის გარდაქმნაში ან დენგამტარი ნაწილების იზოლაციაში და ემსახურება დენგამტარი და მაიზოლირებელი ნაწილებისა და მაგნიტური სისტემის ნორმალურ მუშაობას. პირველ რიგში ესენია: გაცივების სისტემა, დაცვის ყველა სახე, საფართოებელი და სხვა. ძირითადი მომენტები, რომელზეც უნდა გავამახვილოთ ყურადღება გარე დათვალიერებისას აღწერილი იყო 4.7-ში. დაწვრილებით განვიხილოთ ზოგიერთი დამხმარე მოწყობილობის მუშაობის შემოწმების საკითხები.

გაცივების მოწყობილობის შემოწმება და დათვალიერება გათვალისწინებულია ნორმებით (ცხრილი 4.8) და წარმოებს ტიპური და საქარხნო ინსტრუქციებით. ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების მოთხოვნების შესრულებისას, ზეთის იძულებითი ცირკულაციის მქონე ტრანსფორმატორებში, უნდა დავრწმუნდეთ, რომ ზეთის ცირ-

კულაცია არ შეწყვეტილა. 6 თვეში ერთხელ მაინც საჭიროა შევამოწმოთ ზეთისა და მაცივებელი წყლის შეწყვეტის, ვენტილატორების გაჩერების, მანომეტრების ჩვენების, სარეზერვო გაცივებისა და კვების წყაროს ჩართვის სიგნალიზაციის წესიერულობა. მაცივებელში ზეთის წნევამ მასში ცირკულირებადი წყლის წნევას 0,2 კგძ/სმ²-ით უნდა გადააჭარბოს (ზეთის ტუმბოს ავარიული გაჩერების დროსაც კი), ხოლო მუშა ტუმბოს დროს – 1-2 კგძ/სმ²-ით. ზეთის გაცივების ხარისხი კონტროლდება მაცივებლის გამოსასვლელზე ტემპერატურათა სხვაობით. ნომინალური დატვირთვის დროს ის უნდა იყოს არანაკლებ 10°C. შებერვითი გაცივების ტრანსფორმატორებში დასაშვებია მუშაობა გაჩერებული ვენტილატორებით, თუ ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა არ აღემატება 55°C, ნომინალურზე ნაკლები დატვირთვის შემთხვევაში, ხოლო გარე ჰაერის ნულს ქვემოთ ტემპერატურის დროს – არა უმეტეს 45°C-ს დატვირთვის მიუხედავად.

ზეთის იძულებითი ცირკულაციის გაცივების სისტემებში განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ზეთის ელექტროტუმბოებს. არანორმალური მუშაობის ნიშნების (ვიბრაცია, გარეშე ხმაური, წნევის ნორმალური მნიშვნელობიდან გადახრა) შემჩნევისას ტუმბო გადაყვანილი უნდა ექნეს რემონტზე. საჭიროა ტუმბოების მუშაობის აღრიცხვა, რადგან, საქარხნო ინსტრუქციებით, ისინი გადაყვანილი უნდა იქნეს რემონტზე რეგლამენტირებული სამუშაოების შესასრულებლად. ასევე, პერიოდულად უნდა შემოწმდეს ელექტროტუმბოს მიერ მოხმარებული დენის სიდიდე. ტუმბოს დაწნევით მიღგატარზე საკვალთი („ზადვიჟა“) უნდა იყოს ღია (დასაშვებია მისი დაკეცვა 1-2 წთ განმავლობაში).

ტუმბოზე რეგლამენტირებული სამუშაოების დროს, პირველ რიგში, მოწმდება საკისრების მდგომარეობა, განსაკუთრებით მათი ღერძების ცვეთა. საკისრის ერთი ან ორივე რგოლის მომატებული ცვეთისას ტუმბოს როტორი გადაადგილდება ღერძის მიმართულებით და შეიძლება ფრთოვანით კორპუსს გამოედოს, რაც ლითონის ნაქლიბს წარმოქმნის. ეს ნაქლიბი, ასევე საკისრის ელემენტები ან არადაეკრანებული ტუმბოს სტატორის გრაგნილის ნატეხები, გადაწვის შემთხვევაში, მოხვდება ტრანსფორმატორის ავზში. ზეთის

მიმართული ცირკულაციის დროს შეადგენს უშუალოდ ტრანსფორმატორის გრაგნილის იზოლაციაში და ძლიერ გააუარესებს მის თვისებებს. ტუმბოების დროული რევიზია თავიდან აგვაცილებს ტრანსფორმატორის ავარიას. სწორად აკრეფილ და დაბალანსებულ ტუმბოს არ გააჩნია ნაფხეკები და ვიბრაცია, ადვილად ბრუნავს ხელით. ტრანსფორმატორის ავზში სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებების გაუარესებისას უნდა შემოწმდეს ტუმბოების წესიერულობა, სახელდობრ, ზედმეტი გადახურების არარსებობა. სასუნთქი სისტემის დარღვევამ შეიძლება მიგვიყვანოს გაზური დაცვით ტრანსფორმატორის გამორთვამდე. ჰაერსაშრობის მქონე ტრანსფორმატორების საფართოებელში ზეთის დონის ზემოთ აწევისას ხდება სასუნთქსა და ჰარსაშრობიდან ზეთის გადმოღერა, რაც ადვილად შეიმჩნევა ტრანსფორმატორის დათვალიერებისას.

სასუნთქი მილიდან ზეთის მუშა ტრანსფორმატორზე გადმოღერის შემჩნევის შემთხვევაში, ის შეიძლება დახშულ იქნეს შემდგომ მიმდინარე რემონტამდე, მაგრამ ზეთის დონე საფართოებელში უნდა შევამციროთ იმდენად, რომ ტრანსფორმატორის ნებისმიერ რეჟიმში მუშაობისას $+40^{\circ}\text{C}$ ნიშნულს არ აღემატებოდეს.

ზეთის აზოტით დაცვის მქონე ტრანსფორმატორებში საფართოებლისა და აზოტის ჭურჭლიდან მოვხსნათ გაზგამტარი და დავუბეროთ, შევცვალოთ სილიკაგელი აზოტის საშრობში, ჩამოვასხათ ზეთი აზოტის ჭურჭლიდან და გავაშროთ.

თერმოსიფონური და ადსორბციული ფილტრები გამოიყენება სატრანსფორმატორო ზეთის უწყვეტი ავტომატური რეგენერაციისას. როგორც წესი, ისინი ივსება 3-7 მმ დიამეტრის მარცვლოვანი სილიკაგელით. დასაშვებია სხვა სორბენტების გამოყენება, რომელთაც აქვს ამორჩევის უნარი, ზეთიდან შთანთქმოს დამკვლელების პროდუქტები და ტენი. არამიზანშეწონილია ცვლილებების გამოყენება.

თერმოსიფონურ ფილტრში ზეთი ცირკულირებს ბუნებრივი გზით: ტრანსფორმატორის ავზში ცხელდება, იწვეს მაღლა, ფილტრში ცივდება და ქვემოთ ეშვება. ადსორბციული ფილტრები ყენდება ზეთის იძულებითი ცირკულაციის მქონე ტრანსფორმატორებზე, სადაც ზეთის მოძრაობა განპირობებულია ტუმბოებით.

თუ ტრანსფორმატორის ავზიდან აღებულ ზეთის ნიმუშში მჟავური რიცხვი გაიზარდა 0,15 მგ KOH, მაშინ სორბენტი უნდა შეიცვალოს. გარდა ამისა, სორბენტი, ზეთის ანალიზის მიუხედავად, იცვლება ექსპლუატაციის დაწყებიდან ერთი წლის შემდეგ. სორბენტის მდგომარეობის კონტროლი ხორციელდება ასევე ზეთისა და იზოლაციის მახასიათებლების მიხედვით. ზეთის გამრღვევი ძაბვის, გრაგნილებისა და ზეთის ჯგ-სა და ზეთის ტენშემცველობის გაზარესება გეიგენებს სორბენტის მიერ აღსორბიული თვისებების დაკარგვას და იგი უნდა შეიცვალოს.

თერმოსიფონურ ან აღსორბიულ ფილტრში უნდა ჩაყაროთ კარგად გამომშრალი და მტერისაგან გაწმენდილი სილიკაგელი.

ჰაერსაშრობი გამოიყენება ტრანსფორმატორში ან არაჰერმეტიკულ შემყვანში შემავალი ჰაერის გასაშრობად. სორბენტისადმი მოთხოვნები აქ რამდენადმე განსხვავებულია თერმოსიფონური და აღსორბიული ფილტრის მოთხოვნებთან შედარებით. შეიძლება ცეოლიტის გამოყენებაც.

სორბენტის ხარისხი ჰაერსაშრობში მოწმდება ინდიკატორული სილიკაგელის ფერის მიხედვით, რომელიც ქლოროვანი კობალტით გაჟღენთილი ჩვეულებრივი სილიკაგელია. მას მოათავსებენ მცირე რაოდენობით ფილტრის საჭვრეტი სარკმლის პირდაპირ. მთელი ფილტრი ივსება გამაშრობლით, ქლოროვანი კობალტით გაჟღენთვის გარეშე ე.წ. მუშა სილიკაგელით.

ექსპლუატაციაში ჰაერსაშრობით კონტროლი ხდება ინდიკატორული სილიკაგელის შეფერილობის და ზეთიან საკეტში ზეთის დონის მიხედვით. მშრალ ინდიკატორულ სილიკაგელს აქვს ღურჯი ფერი. ცალკეული მარცვლის ღია შეფერილობის მიღებისას უნდა გავაძლიეროთ ფილტრზე მეთვალყურეობა.

სორბენტის დატენიანების ზრდასთან ერთად ინდიკატორული სილიკაგელი იღებს ვარდისფერ შეფერილობას. ამ დროს უნდა შეიცვალოს ფილტრის მთელი სორბენტი როგორც მუშა, ასევე ინდიკატორული. დატენიანებული სილიკაგელი არა მარტო ვერ უზრუნველყოფს ჰაერის გაშრობას ფილტრში, არამედ იწვევს მავნე ზემოქმედებას, კერძოდ, ატენიანებს ჰაერს და მისი გავლით – ზეთს.

ყველა შემთხვევაში ჰაერსაშრობში სორბენტის შეცვლა უნდა მოხდეს ყოველ 6 თვეში ერთხელ.

სორბენტის შეცვლა უნდა მოხდეს მშრალ ამინდში, რისთვისაც საშრობი წყვეტს მუშაობას არა უმეტეს სამი საათისა, ერთდროულად წარმოებს ზეთის შეცვლა ზეთიან საკეტში.

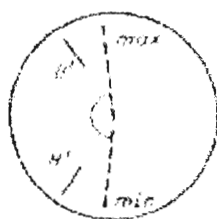
დატენიანებულ სილიკაგელს შრობის გზით აღადგენენ. ჰაერსაშრობების, აღსორბციული და თერმოსიფონური ფილტრების მუშა სილიკაგელს აშრობენ $400-500^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე. შრობის კარგი ხარისხი მიიღება ტაფაზე გამოწრობისას. ამასთან, ქლოროვანი კობალტი ასეთი გახურებისას იშლება და ამიტომ ინდიკატორული სილიკაგელის შრობა წარმოებს $115-120^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე $15-20$ საათის განმავლობაში, ლურჯი შეფერილობის მიღებამდე. დატენიანების თავიდან აცილების მიზნით მშრალ სორბენტს ინახავენ ჰერმეტიზებულ ტარაში.

დამცავი სარქველები და ისრიანი ზეთის მაჩვენებლები გამოიყენება დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებში გამოსაბოლქვი და ზეთის მაჩვენებელი მიღების მაგიერ. ისრიანი მაჩვენებლის არასწორი დაყენებისას შეიძლება დაეუშვათ ზეთის დონის ზედმეტი აწევა მისი ტემპერატურის აწევისას და დაუშვებელი დაწევა ტემპერატურის შემცირებისას.

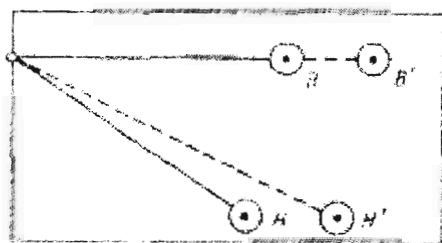
1984 წლის 26 ივნისის საექსპლუატაციო ცირკულარი № 4-06-84 (3) მოითხოვს აფსკური დაცვის მქონე ყველა ტრანსფორმატორზე ისრიანი ზეთის მაჩვენებლის დაყენებას ზეთის მაქსიმალური და მინიმალური დონის სიგნალიზაციით. ზეთის დონე საფართოებელში უნდა დავადგინოთ ტრანსფორმატორში ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურის შესაბამისად. წინასწარ ზეთის ტემპერატურის გათანაბრების მიზნით ტუმბოებით ერთი საათის განმავლობაში უნდა მოხდეს ზეთის წინასწარი გადარევა. ზეთის მაჩვენებლის ისრის ჩვენება ზეთის დონეს უნდა შეესაბამებოდეს.

ზეთის მაჩვენებლის სახელურს 1570 მმ დიამეტრის საფართოებლის დროს უნდა ჰქონდეს 2090 მმ სიგრძე, ხოლო 1260 მმ დიამეტრის დროს – 1610 მმ. 4.40 ნახ-ზე ნაჩვენებია როგორ შეიძლება დამახინჯდეს ისრის ჩვენება, თუ დაყენებული იქნება დიდი სიგრძის სახელური და იქნება უფრო გრძელი, ვიდრე ეს მოითხოვება.

თუ პირველად მაჩვენებლის ისარს დავაყენებთ ზეთის მაქსიმალურ დონეზე (ე.ი. ტივტივას ზედა „B“ მდგომარეობის დროს (ნახ.4.40,ბ) ისარი დავაყენოთ მდგომარეობაში max (ნახ.4.40,ა), მაშინ ქვედა მდგომარეობაში ტივტივა დაიკავეს მდგომარეობას H' მოთხოვნილი H მდგომარეობის ნაცვლად. სახელური მობრუნდება ნაკლები კუთხით, ვიდრე ეს მოითხოვება. მაჩვენებლის ისარი დაიკავეს შესაბამისად H' მდგომარეობას ნაცვლად min მდგომარეობისა. მაშასადამე, მაჩვენებელი ვერ უზრუნველყოფს ზეთის დონის სწორ ჩვენებას და ცდომილება მით მეტია, რაც დაბალია ზეთის დონე. თუ ისარს დავაყენებთ მინიმალურ დონეზე (ტივტივას H' მდგომარეობისას ისარი დავაყენოთ min მდგომარეობაში), მაშინ ზეთის მაქსიმალური დონის შემთხვევაში ისარი აღმოჩნდება B' მდგომარეობაში და მაჩვენებელი მოგვცემს მეტ შეცდომას, რაც მაღალია ზეთის დონე.



ა)



ბ)

ნახ.4.40. სახელურის სიგრძის გავლენა ზეთის მაჩვენებლის მუშაობაზე:
ა-ზეთის მაჩვენებლის სკალა; ბ-სახელურის განლაგება საფართოებელში

საფართოებელში ზეთის ზედმეტი დონე იწვევს დამცავი სარქველის ამუშავებას. უკან დაბრუნებისას სარქველი შეიძლება მთლიანად არ დაიხუროს, რაც გამოიწვევს ზეთის დაღვრას და მტყუნებას. დამცავი სარქველის შემჭიდროებები აუცილებლად უნდა შემოწმდეს.

ხანძრის ჩაქრობის ავტომატური საშუალებები რეკომენდებულია შემოწმდეს წელიწარში ორჯერ, შემოდგომა-ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდში – წელის ან ქაფის გამოშვებით.

ტრანსფორმატორების უაგარიო მუშაობაზე დიდ გავლენას ახდენს ასევე რელეური დაცვისა და საკომუტაციო აპარატურის დროული შემოწმება და მათი მუშა მდგომარეობაში შენარჩუნება.

4.24. ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა თბოვიზორების დახმარებით

თბოვიზორი არის სპეციალური საზომი მოწყობილობა, გამოსაკვლევი ობიექტის ზედაპირზე ტემპერატურის განაწილების დიაგნოსტიკისათვის. იგი საკმაოდ ძვირად ღირებული მოწყობილობაა. მისი ძირითადი ელემენტები მატრიცა და ობიექტივია. ობიექტივის დასამზადებლად იყენებენ გერმანიუმს, რადგან მინა არ ატარებს ინფრაწითელ გამოსხივებას.

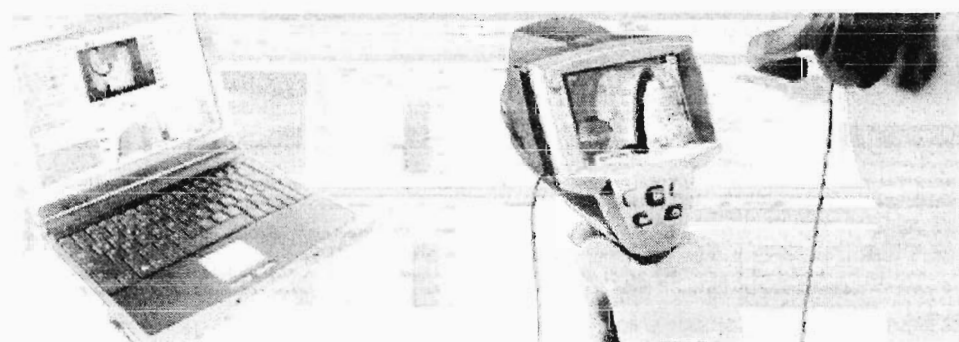
სხვანაირად რომ ვთქვათ, თბოვიზორს აქვს უნარი ერთმანეთისაგან განასხვავოს სხვადასხვა გამოსხივების მქონე ნებისმიერი ობიექტი. გარეგნულად იგი კამერას ჰგავს თხევადკრისტალური დისპლეით, რომელიც უნდა მიემართოთ საკვლევ ობიექტზე. უკანასკნელ ხანებში გამოჩნდა თბოვიზორები სენსორული დისპლეით, რომელზედაც გამოიტანება მიღებული ფერადი ველი, სადაც თითოეულ ტემპერატურას შეესაბამება განსაზღვრული ფერი.

თბოვიზორის მუშაობის პრინციპი იგივეა, რაც თანამედროვე ციფრული ფოტოაპარატისა: ნახევარგამტარულ ელემენტებს შეუძლია დაიჭიროს ფოტონები და ამ დროს თბოვიზორის ეკრანზე ფიქსირდება არა ხილული, არამედ ინფრაწითელი გამოსხივება.

თბოვიზორული დიაგნოსტიკის პრინციპი მდგომარეობს ტემპერატურის ეტალონური და გასაანალიზებელი ველების შედარებაში. ტემპერატურის ანომალიები გამოიყენება დეფექტების ინდიკატორებად, ხოლო ტემპერატურული სიგნალების სიდიდე და მათ დროში ქცევა ობიექტების პარამეტრების შეფასების საფუძველია.

თბოვიზორის გამოყენება მოიცავს ადამიანის მოქმედების სხვადასხვა სფეროს, სადაც არის თერმოგრაფიული გამოკვლევების საჭიროება. ერთ-ერთი ყველაზე ფართო გამოყენება პოვა ელექტრომოწყობილობების გამოკვლევის დროს, სადაც ფართოდ გამოიყენება კომპანია testo-ს თბოვიზორები (ნახ.4.41). უდავოა ის ფაქტი, რომ

ფუნქციონირების პროცესში ელექტრომოწყობილობის ხარისხიანი და დეტალური გამოკვლევებისათვის საჭიროა მუშა მოწყობილობის გაჩერება. თბოვიზორი გვაძლევს საშუალებას ვაწარმოოთ მოწყობილობის დიაგნოსტიკა წარმოების გაუჩერებლად. მაგალითად, ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკა საშუალებას იძლევა მივიღოთ მონაცემები გაგრილების სისტემის მუშაობისა და ტრანსფორმატორის ავზში ზეთის შიგა ცირკულაციის დარღვევებზე; მაღალვოლტაჟიანი შემყვანების იზოლაციის დეფექტებზე; დენგამტარი ნაწილების მოშვებულ საკონტაქტო შეერთებებზე; იზოლაციის გარღვევაზე; მოკლედ შეერთებებზე; გაცვეთილ დენგამტარ ნაწილებზე.



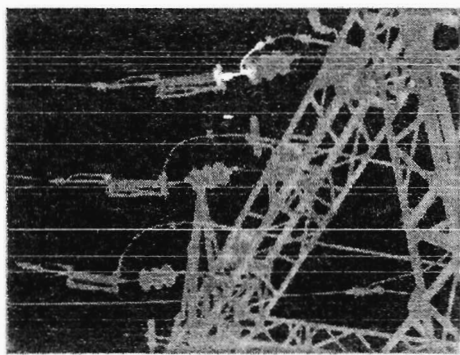
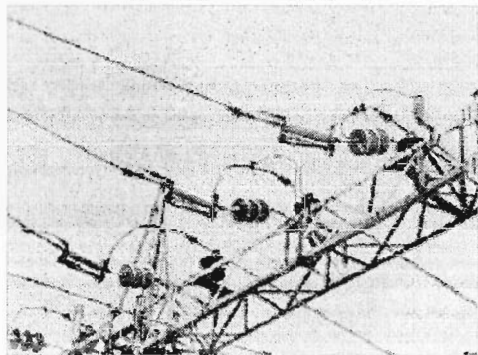
ნახ.4.41. თბოვიზორი tests 991

თბოვიზორების საშუალებით ზეთის და საპაერო ამომრთველების გამოკვლევა საშუალებას იძლევა შევნიშნოთ ძირითადი და შემყვანების იზოლაციისა და მაშუნტირებელი კონდენსატორების მდგომარეობის გაუარესება; დროულად შევამჩნიოთ განსართი საკონტაქტო შეერთების აპარატების მომჭერების დარღვევები; საფრდენ-დეროვანი იზოლაციორების ბზარები; საკიდი იზოლაციორების დეფექტები, ხოლო ელექტროგადაცემის საპაერო ხაზების დიაგნოსტიკისათვის გამოყენების დროს დროულად აღმოვაჩენთ და გამოვასწორობთ ისეთ პრობლემებს, როგორიცაა გადახურვები გამტარების საკონტაქტო შეერთებებში; დეფექტები დამჭერ არმატურაში.

თბოვიზორის დახმარებით შეიძლება ასევე გენერატორის სტატორის ფურცლებშორისი იზოლაციის მდგომარეობისა და გრაფნილების შუბლური ნაწილების მიჩინილის დიაგნოსტიკა.

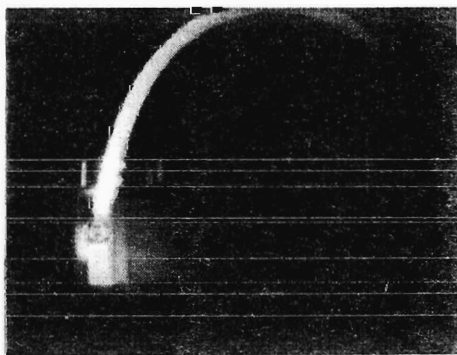
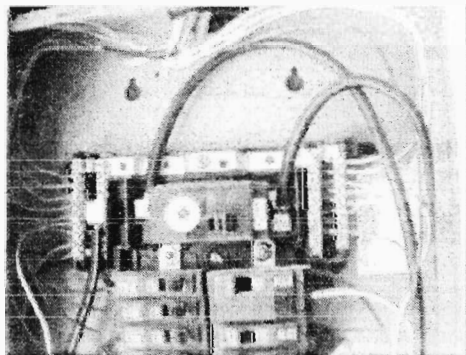
მნიშვნელოვანია, რომ თბოვიზორული დიაგნოსტიკა არის ერთადერთი მეთოდი, რომლის საშუალებით შეიძლება მნიშვნელოვნად შევამციროთ დანახარჯები გამოკვლევებზე, რადგან ამ დროს არ მოითხოვება წარმოების გაჩერება და ენერგეტიკული მოწყობილობის გაშორება.

ქვემოთ ნახაზებზე წარმოდგენილია თბოვიზორის გამოყენების მაგალითები ელექტროენერგეტიკაში. მარცხნივ წარმოდგენილია საკვლევი ობიექტი, ხოლო მარჯვნივ ნაჩვენებია დეფექტები შესაბამის საკვლეფ ობიექტზე.



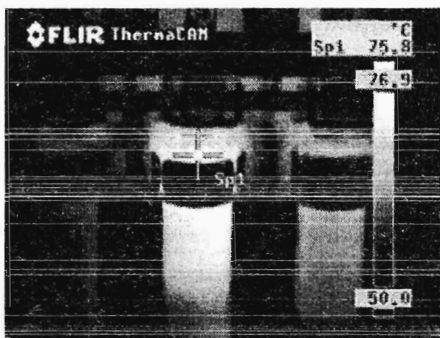
ნახ.4.42. დეფექტი შეერთებაზე ქვესადგურში

ამ ინფრაწითელ გამოსხივებაზე ნაჩვენებია „ცხელი“ შეერთება ქვესადგურში. თბოვიზორის დახმარებით შემჩნეულ იქნა დეფექტი. ელექტრული შეერთება დაზიანდა ჭექა-ქუხილის დროს.

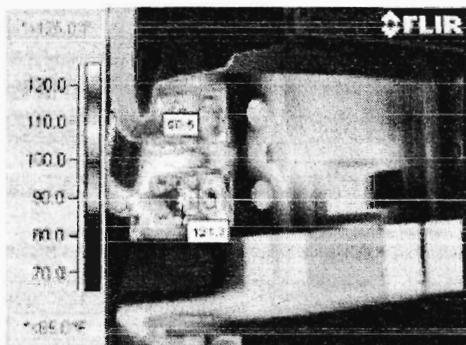
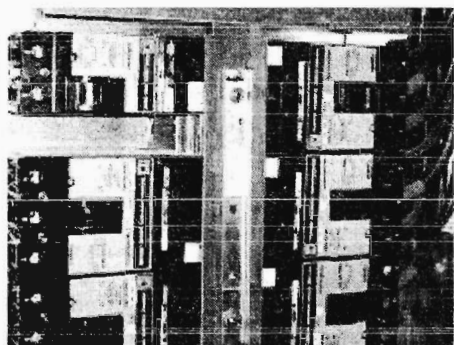


ნახ.4.43. დეფექტი ავტომატურ ამოშრთველში

ამ შემთხვევაში თბოვიზორის მიერ შემჩნეულ იქნა კაბულის დაბოლოების გადახურება.

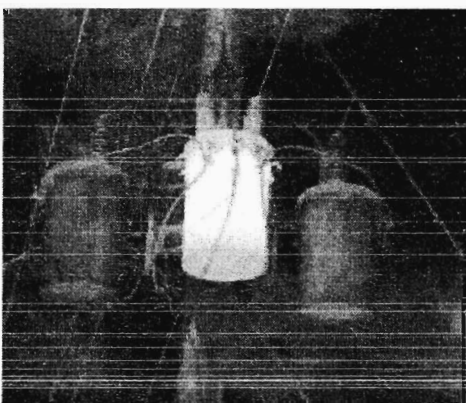
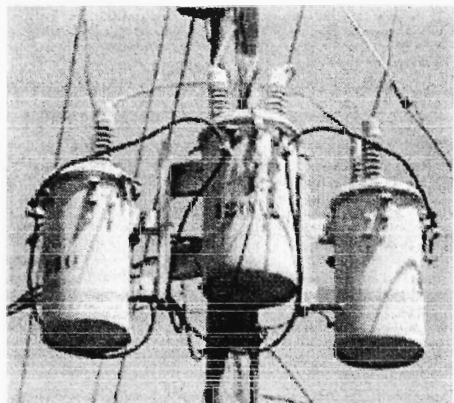


ნახ.4.44. გადახურება დნობადი მცველის საკონტაქტო შეერთებაში



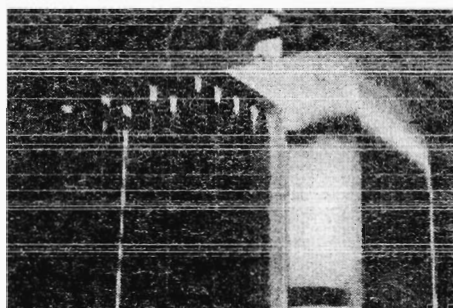
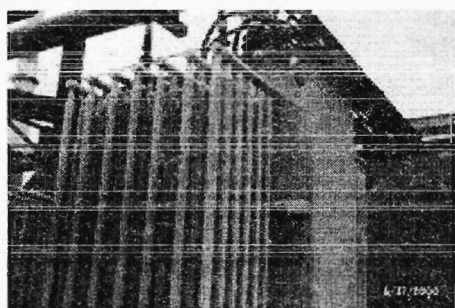
ნახ.4.45. 110 ა ამომრთველის ერთი ფაზის გადახურება

დატვირთვების განაწილება ფაზებში ასეთია: A-65 ა; B- 95 ა; C - 84 ა. B ფაზის დენური დატვირთვა აღემატება 80%-ს, ხოლო ტემპერატურა ამომრთველის ტემპერატურის ნომინალურ სიდიდეზე მეტია.



ნახ.4.46. ტრანსფორმატორის გადახურება

ტრანსფორმატორში ჭარბი სითბოს გამოყოფა მოხდა შიგა დეფექტის გამოვლენისა და ზეთის დაბალი დონის შედეგად.



ნახ.4.47. ცივი გამაგრილებელი წიბოები, რაც ზეთის დაბალმა დონემ გამოიწვია

ამ თბურ გამოსახულებაზე ნაჩვენებია ცივი რადიატორი (ქვევით მარცხნივ). შესაძლებელია ეს დაკავშირებული იყოს ტუმბოს გაუმართაობასთან. ასეთმა სიტუაციამ შეიძლება გამოიწვიოს სერიოზული პრობლემა, რადგანაც ამ დროს მცირდება ტრანსფორმატორის მუშაობის აქტიურობა.

4.25. ტრანსფორმატორების რევიზია

ზოგიერთი სახის დაზიანების დაწყების გამოსავლენად მოითხოვება ტრანსფორმატორის გახსნა და შიგა დათვალიერება. სახელდობრ, ასეთი საჭიროება აღიძვრება ზეთში გახსნილი ეთილენის არსებობისას, რომელიც გამოვლენილია ქრომატოგრაფიული ანალიზით, გრაგნილების აქტიური წინაღობის გაზრდის დროს, მაგნიტგამიტარების შემოწმებისას და სხვა. ბევრ შემთხვევაში, გახსნისას შესაძლებელია დაზიანების აღმოფხვრა.

ტრანსფორმატორის შიგა დათვალიერებას, აქტიური ნაწილის აწვეით, ტრანსფორმატორის რევიზიას უწოდებენ. ზოგად შემთხვევაში, რევიზია მოიცავს გახსნითი სამუშაოების ერთობლიობას, დათვალიერებას, შემოწმებას, შემჩნეული უწყისიერობების აღმოფხვრას, ტრანსფორმატორის აქტიური ნაწილის პერმეტიზაციას.

ტრანსფორმატორის რევიზია წარმოებს საექსპლუატაციო ვადებში, რომელშიც გათვალისწინებულია აღვილობრივი ინსტრუქციები, ასევე საჭიროების ზომებით რევიზია აუცილებელია 110–500 კვ ძაბვის ყველა სახის ტრანსფორმატორის მონტაჟის დროს იმ შემთხვევაში. თუ აღვილი პქონდა დატვირთვის, ტრანსპორტირების, გადმოტვირთვისა და შენახვის ინსტრუქციების მოთხოვნების დარღვევას.

თუ იზოლაციის მდგომარეობის მიხედვით ტრანსფორმატორი შრობას მოითხოვს, მაშინ რევიზია ტარდება გაშრობისა და ზეთით გაჟღენთის შემდეგ.

რევიზიის დაწყებამდე ითვლება ზეთის ჩამოსხმა, ხოლო დამთავრებამდე ავზის პერმეტიზაცია ზეთის ჩასხმის წინ. რევიზია შეიძლება ჩატარდეს შენობაში ან მის გარეთ. თუ ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა შეადგენს არანაკლებ 65%-ს, ხოლო ტემპერატურა არანაკლებ $+20^{\circ}\text{C}$. მაშინ რევიზია შეიძლება ჩატარდეს ტრანსფორმატორის წინასწარი გათბობის გარეშე. დანარჩენ შემთხვევაში, მოითხოვება ტრანსფორმატორის გათბობა ისე, რომ გახსნის წინ მისი აქტიური ნაწილის ტემპერატურა $10-20^{\circ}\text{C}$ -ით აღემატებოდეს გარემოს ტემპერატურას.

აქტიური ნაწილის ტემპერატურის გაზომვა წარმოებს ნებისმიერი თერმომეტრით, გარდა ვერცხლისწყლიანისა, ტრანსფორმატორში ვერცხლისწყლის მოხვედრის თავიდან აცილების მიზნით. თუ გათბობა ვერ ხერხდება, მაშინ გახსნის წინ ტრანსფორმატორი უნდა იდგეს მანამ, სანამ მისი აქტიური ნაწილის ტემპერატურა არ გაუტოლდება გარემოს ტემპერატურას. ბუნებრივია, თუ ტრანსფორმატორის ტემპერატურა მეტი იყო გარემოს ტემპერატურაზე, მაშინ ასეთი დაყოვნება საჭირო არ არის.

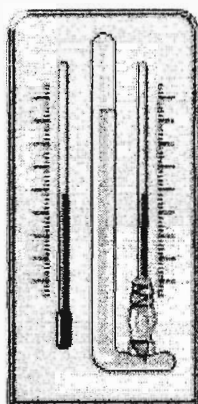
შენობის გარეთ სამუშაოების ჩატარებისას უნდა იყოს მზიანი ამიხდი უხალეოდ. დაუშვებელია რევიზიის ჩატარება წვიმასა და ღრუბლიან ამინდში; 330–500 კვ ძაბვის კლასის, ასევე 200 მვა და ზემოთ სიმძლავრის ტრანსფორმატორებში – ნულს ქვემოთ ტემპერატურასა ან 80%-ზე მეტი ტენიანობის პირობებში.

რევიზიის დასაწყები ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ჰაერის ტემპერატურასა და ტენიანობაზე. პლუს ტემპერატურასა და 65%-

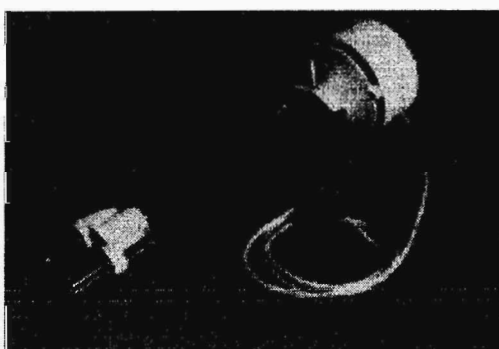
მდე ფარდობითი ტენიანობის დროს ის შეადგენს 16 საათს, 65–80% ტენიანობისას – 12 საათს. 80%-ზე მეტი ფარდობითი ტენიანობის ან უარყოფითი ტემპერატურისას რევიზიის ხანგრძლივობა 8 საათს არ უნდა აღემატებოდეს.

თუ რევიზიის ან სხვა სამუშაოთა დასაწყებში ხანგრძლივობა, რომელიც დაკავშირებულია ტრანსფორმატორის ჰერმეტიზაციის დარღვევასა და ზეთის ჩამოსხმასთან, გადააჭარბებს დასაშვებს, მაშინ საჭიროა ტრანსფორმატორის გამომშრობა.

ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის გაზომვა ხდება ფსიქრომეტრით, რომელიც შედგება ორი თერმომეტრისაგან. ერთი მშრალია და გვიჩვენებს ჰაერის ტემპერატურას, მეორე – სველი. დასველება ხდება წყალში ჩაშვებული მარლით. ორი თერმომეტრის ჩვენებათა სხვაობის საფუძველზე სპეციალური ფსიქრომეტრული ცხრილის (დანართი 3) საშუალებით საზღვრავენ ჰაერის ფარდობით ტენიანობას. ფსიქრომეტრები არის ოთახის (ნახ.4.41,ა) და ასპირაციული (ნახ.4.41,ბ). თუ ოთახის ფსიქრომეტრი გამოიყენება შენობის გარეთ, მაშინ ის ქარისაგან უნდა იყოს დაცული.



ა)



ბ)

ნახ.4.41. ფსიქრომეტრები: ა – ოთახის; ბ – ასპირაციული

დაწვრილებით, კარგი განათებით ათვალიერებენ გრაგნილებისა და მათი განშტოებების, გადამრთველებისა და სხვა ელემენტების მისაწვდომი ნაწილების იზოლაციას, გადამრთველების მისა-

წვდომ კონტაქტებს. აქტიურ ნაწილზე სამუშაოებთან ერთად ათვალიერებენ ავზს და მის ფსკერს ასუფთავებენ ზეთის ნარჩენებისაგან.

რევიზიის დროს წარმოებს მის აქტიურ ნაწილზე სხვადასხვა გაზომვა. ჩამოწების სქემა მოწმდება და იზომება მოხაჭკური სარტყლის, დამწნეხი რგოლების აქტიური ნაწილისა და საუდლე კოჭების მიმართ, ასევე ფოლადსა და კოჭებს შორის იზოლაციის წინააღობა.

ყველა გაზომვისა და შემოწმების ჩატარების შემდეგ აქტიური ნაწილის ავზში ჩაშვების წინ ირეცხება ცხელი სატრანსფორმატორო ზეთის ჭავლით, რომლის რაოდენობა უნდა შეესაბამებოდეს დანართი 1-ის მოთხოვნებს.

ჩამოთვლილი სამუშაოების დამთავრების შემდეგ აქტიურ ნაწილს დგამენ ადგილზე. აღადგენენ აქტიური ნაწილის ავზზე ჩამოწებას, გრაგნილების განშტოებებს შემყვანებთან აერთებენ. აწყობის შემდეგ ვიზუალურად ამოწმებენ განშტოებებისა და ჩამოწების სქემის შეერთებებს. ადგილზე აყენებენ მოხსნილ და გადაადგილებულ ნაწილებს, ახდენენ ტრანსფორმატორის პერმეტიზაციას და ზეთს ასხამენ. შემდეგ ახდენენ ტრანსფორმაციის იზოლაციის მდგომარეობის კონტროლს 4.14-ის თანახმად.

ნორმის მიხედვით სატრანსფორმატორო ზეთის ხარისხის
მაჩვენებლების ზღვრული მნიშვნელობები

№ და მაჩვენებლის დასახელება	ზეთის მაჩვენებლის მნიშვნელობა						
	ახალი			ჩასხმის შემდეგ			
	TKn	ГОСТ 10121- 76	T-750	TKn	ГОСТ 10121- 76	T-750	ყველა მარკის საექსპლუატაციო
1. გამრღვევი ძაბვა, კვ							
სნომ<15 კვ	30	30	-	25	25	-	20
სნომ = 15-35 კვ	35	35	-	30	30	-	25
სნომ = 60-220 კვ	45	45	-	40	40	-	35
სნომ = 330-500 კვ	60	60	60	55	55	55	45
სნომ = 750 კვ	-	-	70	-	-	65	60
იგივე ძქრ კონტაქტორებისა- თვის							
სნომ = 10 კვ	30	30	-	25	25	-	25
სნომ = 35 კვ	35	35	-	30	30	-	30
სნომ = 110 კვ	45	45	-	40	40	-	35
სნომ = 220 კვ	45	45	-	40	40	-	40
2. მექანიკური მინარევები	არ არსებობს (ვიზუალურად)						
3. მჟავური რიცხვი KOH/გ	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,25
4. წყალში ხსნადი მჟავები და ტუტეები, მგ KOH/გ							
630 მგა და ზემოთ ტრანსფორ. და 500 კვ-მდე ჰერმეტიკული შემყვანებისათვის	არ არსებობს						0,014
არაჰერმეტიკული შემყვანებისათვის	არ არსებობს						0,03

5. აფეთქების ტემპერატურა, °C	135	150	135	135	150	135	წინა ანალიზთან შედარებით არა უმეტეს 5° C
6. tგდ, %, 20°C დროს							
სნობ< 220 კვ	0,2	0,2	-	0,3	0,3	-	0,7
სნობ= 330-500 კვ	0,2	0,2	-	0,3	0,3	-	0,5
70 °C დროს							
სნობ< 220 კვ	1,5	2,0	0,3	2,0	2,5	0,5	7,0
სნობ= 330-500 კვ	1,5	2,0	0,3	2,0	2,5	0,5	5,0
სნობ=750 კვ	1,5	2,0	0,3	2,0	2,5	0,5	5,0
90 °C დროს	2,6	2,6	0,5	-	-	0,7	-
7. ტენშემცველობა, % მასით:							
სნობ<220 კვ	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	საქარხნო ნორმებით
სნობ=330-550 კვ	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0025
სნობ=500 კვ	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
8. გამყარების ტემპერატურა, °C	-45	-45	-55	-	-	-	-
9. აირშემცველობა	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-

ტრანსფორმატორების გრაგნილების წინააღობის საშუალო მნიშვნელობები
მუდმივი დენის მიმართ $t=20^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დროს

სიმძლავრე, კვა	ტიპი	ძაბვა, კვ						
		0,4	3	6	10	35	110	220
10	TM	0,18	15,0	60,0	100,0	-	-	-
20	TM	0,08	6,0	25,0	67,0	-	-	-
25	TCM	-	-	33,0	-	-	-	-
30	TM	0,25	-	-	40,0	-	-	-
50	TM	0,03	2,0	10,0	26,0	-	-	-
50	TMA	0,025	-	8,75	-	-	-	-
100	TM	0,45	0,9	3,6	10,0	-	-	-
180	TM	0,008	0,54	1,5	5,1	-	-	-
180	TMA	0,01	-	1,27	3,6	-	-	-
250	TM	-	-	1,54	-	-	-	-
250	TMA	0,003	-	0,9	4,4	-	-	-
320	TM	0,004	0,23	0,8	2,5	-	-	-
320	TMA	0,003	-	0,6	1,5	-	-	-
400	TM	0,02	0,1	-	-	-	-	-
560	TM	0,002	-	0,3	0,8	-	-	-
560	TMA	0,001	-	-	0,8	-	-	-
630	TM	-	-	0,7	-	-	-	-
1000	TM	0,0008	-	0,17	0,7	-	-	-
1000	თბზნ	0,0006	-	-	0,26	-	-	-
1800	TM	0,004	-	-	0,3	-	-	-
3200	TM	-	-	0,25	0,16	-	-	-
4000	TM	-	-	0,08	0,09	-	-	-
5600	TM	-	-	0,03	0,07	-	-	-
10000	ТДМ	-	-	0,017	0,007	-	4,15	-
10000	ТДТ	-	-	-	0,57	0,424	4,40	-
15000	ТДГ	-	0,005	-	-	-	2,9	-
15000	ТДНГ	-	0,004	-	-	-	3,0	-
16000	ТДНГ	-	-	0,015	-	2,1	-	-

31500	ТДНГ	-	-	0,012	-	1.1	-	-
40000	ТРДЦ	-	-	-	-	-	-	-
40500	ТДГ	-	-	-	-	-	-	-
60000	ТДГ	-	-	-	-	-	-	-
90000	ТДГН	-	-	0,003	-	-	-	0,75
240000	АТЦТГ	-	-	-	0,0048	-	0,145	0,299

დადართი 3. ოთახის ფსიქრომეტრის ფსიქრომეტრული ცხრილი

სველი თერ- მომეტრის ჩვენება, °C	ჰაერის ტენიანობა, %, მშრალი და სველი თერმომეტრების სხვაობათა ჩვენების დროს, °C																				
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
0	100	90	81	73	64	57	50	43	36	31	26	20	16	11	7	3	-	-	-	-	-
1	100	90	82	74	66	59	52	45	39	33	29	23	19	16	11	7	-	-	-	-	-
2	100	90	83	75	67	61	54	47	42	35	31	26	23	18	14	10	-	-	-	-	-
3	100	90	83	76	69	63	56	49	44	39	34	29	26	21	17	13	10	-	-	-	-
4	100	91	84	77	70	64	57	51	46	41	36	32	28	24	20	16	14	11	-	-	-
5	100	91	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30	27	23	19	17	13	10	-	-
6	100	92	85	78	72	66	61	56	50	45	41	35	33	29	26	22	19	16	13	10	-
7	100	92	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35	31	28	25	22	18	15	12	11
8	100	92	86	80	74	68	63	58	54	49	45	41	37	33	30	27	25	21	18	15	14
9	100	93	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39	35	32	29	27	24	21	18	17
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26	23	21	19
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28	25	23	20
12	100	94	88	82	78	73	68	63	58	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	25	22
13	100	94	88	83	78	73	69	64	61	57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27	23
14	100	94	89	83	79	74	70	65	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	29	26
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31	28
16	100	95	90	84	80	76	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32	30
17	100	95	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	39	36	34	31
18	100	95	90	85	81	77	74	69	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35	33
19	100	95	91	85	82	78	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	34
20	100	95	91	86	82	79	75	71	67	64	61	58	55	53	49	47	44	43	40	38	36
21	100	95	91	86	83	79	75	71	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	41	38	37
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40	38
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	43	41	39
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47	44	42	40
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	58	54	52	50	47	45	44	42

ლიტერატურა

1. თ.მუსელიანი, გ.დოლაბერიძე. შესავალი ელექტროტექნიკაში. თბილისი: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2008 წ. გვ.484.
2. თ.მუსელიანი, მ.ქობაღია. ელექტრომოწეობილობათა ტექნიკური დიაგნოსტიკა. თბილისი: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009 წ. გვ.332.
3. გ.მახარაძე, ვ.ბეგიაშვილი, ბ.დარჩია. ელექტრული ენერგიის გადაცემა და განაწილება. თბილისი, 2006.
4. შ.ნემსაძე, შ.ნაჭყებია. ელექტრული წრედების თეორია. თბილისი: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2008 წ. გვ.296.
5. რ.ჩიხლაძე. იზოლაციის ელექტრული გამოცდა და დიაგნოსტიკა. თბილისი: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2010 წ. 298 გვ.
6. რ.ჩიხლაძე, კ.ნაცვლიშვილი, ივ.საჩაღელი, ლ.მელიქიძე. ტრანსფორმატორის გრაგნილის წინაღობის განსაზღვრა მუდმივი დენის მიმართ //„ენერგია“, № 4. თბილისი, 2002 წ. გვ.108-110.
7. Belanger M. Transformerdiagnosis: Part 1. A statistical justificationfor preventative maintenance /M.Belanger//Electricity today.- 1999.- № 6. - P.15-17.
8. Bognar A., Csepes G.and Kispal I. Spectrum of Polarization Phenomena of Long Timeconstant as a Diagnostic Method of Oilpaper insulating Systems.IEEE proc. 3 Intern. conf.Properties Applications Dielectr.Materials.-Vol.2 -P.723-726.-1991.
9. Morze W. Trusting the results of dissolved gas analysis.electricity today.-2003.- № 2. -P.12-14.
10. Zhao Zhigiang M.M.,Demokan M.S. The directionality of an optical fiber high-frequency acoustic sensor for partial discharge detection and locatin.Jurnal of Lightwave Technology.-2000.-vol.18.- P.795-806.

11. Абрамцева Н.Н., Горшунов В.Ю. Григорьева Е.Г. Устройство для диагностики под нагрузкой радиальных механических деформаций мощных двухобмоточных трансформаторов. //Электрические станции, 1996, № 11. с.63-66.
12. Акимова Н.А., Котеленец Н.Ф., Сентюрхин Н.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования. Учебное пособие для сред.проф. образования. М.: Издательский центр Академия, 2005.-296 стр.
13. Аксенов Ю.П., Голубев А.В., Завидей В.И., Юрин А.В., Ярошенко И.В. Результаты периодической диагностики силовых трансформаторов //Электро, 2006, № 1. с.28-35.
14. Алексеев Б.А. Системы непрерывного контроля состояния крупных силовых трансформаторов //Электрические станции, 2000, № 8, с.62-70.
15. Алексенко Г.В., Ашрятов А.К., Веремей Е.В., Фрид Е.С. Испытание мощных трансформаторов и реакторов. Часть 2. М.: энергия, 1978.
16. Братыгин А.Л., Матвеев Ю.В. Обработка и анализ результатов тепловизионного обследования объектов энергетики //Энергетик, 2006, №6, с.46- 48.
17. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978, стр. 240.
18. Ванин Б.В., Львов М.Ю., Комаров В.Б., Львов Ю.Н. О нормировании концентрации растворенных газов и мутности масла для выявления дефектов высоковольтных вводов //Электрические станции, 2000, № 2, с.52-55.
19. Голоднов Ю.М. Контроль за состоянием трансформаторов. М.: Энергоатомиздат, 1988, стр. 86.
20. Горбунов К.В., Попрыкин Ю.С., Соловьев А.В. О тепловизионном контроле электрооборудования //Энергетик, 2002, №2, с.43-46.
21. Гост 5885-79. Метод определения кислотности и кислотного числа. М.: Изд-во стандартов, 1985. 8 с.

22. Гост 6307-75. Нефтепродукты. Метод определения наличия водорастворимых кислот и щелочей. М.: Изд-во стандартов, 1981. – 4 с.

23. Гост 6356-75. Методы определения температуры вспышки в закрытом тигле.: -М. Изд-во стандартов, 1988. – 24 с.

24. Гост 6370-83. Нефти, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей. М.: Изд-во стандартов, 1983. – 6 с.

25. Гост 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. 1989. -34 с.

26. Гост 8024-90. Аппараты и устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1990. – 18 с.

27. Долин А.П., Ленков А.Ю. Диагностика развивающихся дефектов силовых трансформаторов //Электрические станции, 2005, № 5, с.49-52.

28. Дудкин С.М., Монастырский А.Е.,Таджибаев А.И. Измерение влажности трансформаторного масла. Учебное пособие. СПб, 2001.-36 с.

29. Емельянов П.М., Ткачев А.А., Рубцов А.В. Влагометр трансформаторного масла. //Электрические станции, 1997, №4, с.68-71.

30. Иващенко В.Е.,Савкун Л.З.,Воронова Е.С.,Рубцов А.В. Прибор для определения общего влагосодержания в трансформаторном масле //Электрические станции, 2002, №4, с.41-42.

31. Каплан Д.А., Кучинский Г.С., Влияние влажности на электрическую прочность трансформаторного масла //Электротехника, 1964, №92, с.30-33.

32. Константинов А.Г., Осотов В.Н., Комаров В.И. О контроле состояния высоковольтных маслонаполненных вводов под рабочим напряжением //Электрические станции, 1998, №1, с.64-66.

33. Лопанов С.Н., Шишминцев В.В. Диагностика электрооборудования приборами инфракрасной техники //Промышленная энергетика, 2000, №7, с.12-17.

34. Львов М.Ю., Комаров В.Б., Львов Ю.Н. Старение Целлюлозной изоляции обмоток силовых трансформаторов в процессе эксплуатации //Электрические станции, 2004, №10, с.26-29

35. Львов М.Ю. Применение оптической мутности масла для оценки состояния высоковольтных герметических вводов трансформаторов //Электрические станции, 1999, №6, с.60-63.

36. Малов А.В., Снетков А.Ю. Тепловизионное обследование силовых трансформаторов //Промышленная энергетика, 2000, №1, с.15-17.

37. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования. М., 2008. - 304 с.

38. Михеев Г.М. Тепловизионный контроль высоковольтного оборудования. //Электрические станции, 1997, №11, с.59-61.

39. Методические указания по наладке устройств переключения ответвлений обмоток под нагрузкой трансформаторов РПН. Служба передового опыта и информации. "Союзтехэнерго". М., 1981.

40. Нормы испытания электрооборудования.М.: Атомиздат, 1978.

41. Околов В.В., Цурпал С.В., Конов Ю.С., Короленко В.В. Определение деформаций обмоток крупных силовых трансформаторов //Электрические станции, 1988, №6, с.52-56.

42. Приборы и средства диагностики электрооборудования и измерений в системах электроснабжения. Справочное пособие под ред. В.И. Григорьева. М.: Колос, 2006. -272 с.

43. Поляков В.С. Диагностика высоковольтных вводов и трансформаторов тока под рабочим напряжением. Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования //Выпуск 11. Материалы семинара "Качество производства и надежность эксплуатации маслонеполненного оборудования". Екатеринбург, 2000, с. 272-287.

44. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей.М.: Энергоатомиздат, 1989.

45. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. М., 2002. – 224 с.
46. РД 34.46.303-89. – Методическое указания по подготовке и проведению хроматографического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов. Союзтехэнерго. М., 1990.- 58 с.
47. РД 34.43.107-95. Методические указания по определению содержания воды и воздуха в трансформаторном масле. М.: РАО “ЕЭС России”. -1996.- 29 с.
48. РД 34.43.105-89. Методические указания по эксплуатации трансформаторных масел. М., 1995.- 86 с.
49. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. ВНИИЭ, 1998.- 88 с.
50. РД 16.363-87. Трансформаторы силовые. Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию. ВНИИЭ. 1988.- 90 с.
51. РД 34.46. 302-89. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов по результатам хроматического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов. ВНИИЭ. 1989.- 28 с.
52. Русов В.А. Контроль прессовки обмоток и магнитопровода крупных трансформаторов по вибропараметрам //Электрические станции, 1998, №6, с.52-57.
53. Сачалели М.В. Опыт определения механических примесей в масле трансформаторов высших классов напряжения во время монтажа и эксплуатации //Электрические станции, 1993, №3, с.53-55.
54. Сви М.П. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1992. -240 С.
55. Смоленская Н.Ю., Сапожников Ю.М. Газохроматографический анализ трансформаторного масла на содержание в нем воздуха, воды, кислорода и азота //Электрические станции, 1998, №8, с.34-37.
56. Соколов В.В., Цурпал С.В., Конов Ю.С., Короленко В.В. Определение деформаций обмоток крупных силовых трансформаторов //Электрические станции, 1988, №6, с.52-56.

57. Сотников В.В., Рыбаков Л.М., Солдаткин А.А. Внешнее магнитное поле трансформатора как диагностический признак витковых замыканий //Электрические станции, 1995, №8, с.32-37.

58. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики. Киев: Наукова думка, 1972.- 180 с.

59. Туркот В.А. Оценка состояния трансформаторных масел по проводимости. //Электротехника, 1994, №5, с.45-48.

60. Филиппишин В.Я., Туткевич А.С. Монтаж силовых трансформаторов. М.: Энергоиздат, 1981.- 311 с.

61. Хренников Ю.А. Основные причины внутренних повреждений обмоток силовых трансформаторов напряжением 110-500 кВ в процессе эксплуатации //Промышленная энергетика, 2006, №12, с.12-14.

62. Цирель Я.А., Поляков В.С.Эксплуатация силовых трансформаторов на электростанциях и электросетях. Л.: Энергоатомиздат, 1985.-220 с.

63. Шеремет А.А., Головненков В.Т., Логунова Г.В., Серебрякова Л.В., Аракелян Г.С. Сигнализатор горючих газов ССГ-1 для диагностики маслонаполненных трансформаторов //Электротехника, 1996, №9, с.47-49.

64. www.forca.ru/

65. www.elec.ru/

66. www.kipia.ru/

67. www.electronpribor.ru/

68. www.electrolibrary.ru/

69. www.electricalschool.info/

70. www.electric.info/

71. www.leg.co.ua/

72. www.pergam.ru/