

თ.მუსელიანი

**ელექტრომოწყობილობათა ტენიკური
დიაგნოსტიკა**

II ნაწილი

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.	განმმუნტველები	51
1.15.	მილისებრი განმმუნტველები.....	55
1.16.	გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველები	57
1.17.	ვენტილური განმმუნტველების 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. ელექტროგაზური ამომრთველები	118
2.10. ვაკუუმური ამომრთველები	122
2.11. ელევგაზური და ვაკუუმური ამომრთველების დიაგნოსტიკა	126
2.12. თანამედროვე ვაკუუმური ამომრთველები, რომლებიც არ მოითხოვენ ტექნიკურ მომსახურეობას	128
2.13. ელექტრომაგნიტური ამომრთველები	132
2.14. ამომრთველების დირსებები და ნაკლოვანებები.....	134
2.15. ამომრთველების მქანაკური 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	165
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	188
IV თავი. ძალოვანი ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა.....	193
4.1. ძალოვი ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკის ძირითადი მეთოდები	193
4.2. ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა გალვანომეტრით.....	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 დათვალიერება	220
4.8. სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებები.....	224
4.9. ზეთის მექანიკური მინარეგები და ტენიანობა	229
4.10. ზეთის სინჯის აღება.....	231
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.....	267
4.17. ტრანსფორმატორის უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის ცდები	273
4.18. ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა	280
4.19. ტრანსფორმაციის შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა ორი ვოლტმეტრის მეთოდით.....	283
4.20. მაგნიტგამტარისა და აგზის მდგომარეობის კონტროლი.....	284
4.21. მაღალი ძაბვის შემყვანების მდგომარეობის კონტროლი	287
4.22. გადამრთველი მოწყობილობის მდგომარეობის კონტროლი.....	294
4.23. დამხმარე მოწყობილობების მდგომარეობის	

კონტროლი	301
4.24. ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკა თბოფიზიკური დასმარებით ..	307
4.25. ტრანსფორმატორების რევიზია	311
ლიტერატურა	315
დანართი	321

შესავალი

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

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

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

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

ტექნიკური მდგომარეობის მხედვით, რემონტების სისტემაზე გადასვლისას ხარისხობრივად იცვლება მოთხოვნები ელექტრომოწყობილობის დიაგნოსტიკური სისტემის მიმართ, რომლის დროსაც დიაგნოსტიკების მთავარი ამოცანაა ხანგრძლივ პერიოდზე გათვლილი ელექტრომოწყობილობის ტექნიკური მდგომარეობა. ამ ამოცანის გადაწყვეტა არატრიფიადურია და შესაძლებელია მხოლოდ მეთოდების, საშუალებების, ალგორითმებისა და დიაგნოსტიკების ორგანიზაციულ-ტექნიკური ფორმების დახვეწის შემდეგ.

ელექტრომოწყობილობის ფაქტურის 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 მაღალვოლტაჟიანი ელექტროტექნიკური აპარატისათვის საერთოა ელექტრული იზოლაცია. საიზოლაციო ელემენტებში საექსპლუატაციო ფაქტორების ხანგრძლივი ზემოქმედების დროს შეიძლება აღიძვროს დეფექტები, რომლის ელექტროფიზიკური და მექანიკური მახასიათებლები განსხვავდება ნორმალურ მდგომარეობაში მყოფი დიელექტრიკების მახასიათებლებისაგან.

მაღალვოლტაჟიანი ელექტრულ აპარატებში გამაგრდებულ და მაიონებულ 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 ჩეულებრივ შეიმჩნევა მაღალვოლტაჟიანი გამოცდის მიღება-ჩაბარებისას და მონტაჟის ადგილზე გამოცდისას. თუ მოწყობილობამ გაიარა ეს გამოცდა, მაშინ იზოლაციის შეუმჩნეველ დეფექტებს ნორმალური მუშაობის პირობებში არ მიეყვანოთ იზოლაციის მთლიან გარდევამდე. 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, როგორცაა 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 ძალიანი ღირებულებით, მისი მნიშვნელობით ელექტრომომარაგების საიმედოობის საკითხებში, განვითარების ადრეულ სტადიაზე დაზიანებებისა და დეფექტების განსაზღვრის სირთულით.

განასხვავებენ საერთო და სპეციალური დანიშნულების ძალურ ტრანსფორმატორებს. საერთო დანიშნულების 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 მადაროსა 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 გამოიციხული არ არის აღიძრას სხვადასხვა სახის დეფექტი, რომლებიც სხვადასხვანაირად აისახება მათ მუშაობაზე. ერთი სახის დეფექტებით ტრანსფორმატორმა შეიძლება ხანგრძლივად იმუშაოს, ხოლო სხვადასხვა სახის დეფექტებით საჭიროა მათი დაუყონებლივ მუშაობიდან გამოყვანა. თითოეულ შემთხვევაში მუშაობის გაგრძელების შესაძლებლობა განისაზღვრება დაზიანების ხასიათით. პერსონალის არაოპერატიულობის გამო, უმნიშვნელო დეფექტების გამოსწორებისათვის ზომების არადროულ მიღებას ტრანსფორმატორების ავარიულ გამორთვამდე მიყვარათ.

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 წეთიანი ტრანსფორმატორის მქონე ენერგოსისტემაში, უკიდურეს შემთხვევაში, შესაძლებელია ერთი აფარია 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 საინჟინერო მასალები.

ამჟამად ძალური ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების საექსპლუატაციო მახასიათებლების განსაზღვრისა და სისტემების დეფექტების განვითარების დონის შეფასებისათვის მიმართავენ კომპლექსურ დიაგნოსტიკურ გამოკვლევას. ასეთი გამოკვლევები საშუალებას გვაძლევს არა მარტო გამოვავლინოთ განვითარებადი დეფექტები, შევაფასოთ მათი საშიშროების დონე, არამედ დაგვასაბუთოთ კაპიტალური რემონტის საჭიროება, მოცულობა და ვადები.

ტექნიკური მდგომარეობის არსებული მეთოდები და საშუალებები, მოწყობილობის კომპლექსური გამოკვლევების 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 იწერება ქვესადგურებისა და ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკური მეთოდები და ხელსაწყოები, რომლებიც დამზადებულია თანამედროვე მიკროელექტრონიკის ბაზაზე. მათ საფუძველზე გამოჩნდა თანამედროვე ვიბროდიაგნოსტიკის, თბოვიზორული 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 ელექტრომო-
წყობილობების საიმედო მუშაობა და მომხმარებელთა უწყვეტი
ელექტრომომარაგებაა. ქვესადგურების ნორმალური მუშაობის დარღვევის
ყველა შემთხვევა (მოკლედ შერთვისას მოწყობილობის ავტომატური
გათიშვა, პერსონალის მცდარი მოქმედება, მომხმარებელთათვის
ელექტროენერჯის შეწყვეტა და სხვა) განხილვა, როგორც ავარიები ან
მტყუნებანი მუშაობაში. ქვესადგურებში ავარიები შეიძლება მოხდეს
მოწყობილობის მოულოდნელი დაზიანებით, შესაძლო გადაძაბვითა და
ელექტრული რკალის შემოქმედებით, მოწყობილობის მუშაობის რეჟიმის
დარღვევით, მტყუნებით რელეური დაცვის, ავტომატიკის, მეორეული
კომუტაციის აპარატურის მოწყობილობების მუშაობაში, თპერატული,
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 მიეყვაროთ მათ გადახურებამდე,
მუშა დენის წრედის გაწყვეტამდე და მოკლედ შერთვამდე; მოწყობილობის
დამზადების კონსტრუქციისა და ტექნოლოგიის დეფექტები (საქარნო
დეფექტები); ბუნებრივი დაძველება და იზოლაციის დაზიანებული ცვეთა.
მაგალითად, ტრანსფორმატორის გრაგნილების ტემპერატურის დასაშვებზე
მეტად, 6°-ით სისტემატური აწევა მისი იზოლაციის შესაძლო გამოყენების
გადას ღრჯერ ამცირებს.

ელექტროდანადგარების მუშაობის დარღვევის მიზეზი შეიძლება იყოს
ჭექა-ჭუხილისა 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 ერთფაზა მოკლედ შერთვას (ტყვადური დენების არასაკმარისი კომპენსაციის გამო) თან ახლავს ჩამამიწებელი რკალის წვა, რომელსაც მიფყავართ გადაძაბვებამდე, ელექტრული მანქანებისა და აპარატების იზოლაციის გარღვევამდე, იზოლატორების დაშლამდე, საღტეების გადნობამდე, კომპლექტური მანაწილებელი მოწყობილობების უჯრედებში მეორეული კომუტაციის ქსელების გადაწვამდე და სხვა.

რელეური დაცვის, ავტომატიკის, მეორეული კომუტაციის აპარატურის მოწყობილობების მუშაობაში მტყუნებათა მიზეზებია: უწყისობა რელეს ელექტრულ და მექანიკურ ნაწილებში; დარღვევები კონტაქტურ შეერთებებში; საკონტროლო კაბელებისა და მართვის წრედების ძარღვების გაწყვეტა; რელეს დაყენებისა და მანასიათებლების 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 ქვესადგურებისა და ელექტრული ქსელების ელექტრომოწყობილობის 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; ბენზონალის უსაფრთხოების დაცვას; უმოკლეს დროში მომხმარებლებისათვის ელექტრომომარაგების აღდგენას; ქსელიდან გამორთული მოწყობილობის მდგომარეობის გარკვევასა და მის მუშაობაში ჩასართავად ან რემონტზე დასაყენებლად ზომების მიღებას.

1.2. 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 დააკმაყოფილონ შემდეგი მოთხოვნები: უზრუნველყოს საკმარისი ელექტრული სიმტკიცე, განსაზღვრული ელექტრული ველის დაძაბულობით (კვ/მ), რომლის დროსაც იზოლატორი კარგავს დიელექტრიკის თვისებებს; უნდა გააჩნდეს საკმარისი მექანიკური სიმტკიცე, რათა გაუძლოს ქსელის მოკლედ შერთვის დროს ცალკეულ დენგამტარ ნაწილებს შორის აძირულ დინამიურ ძალებს; უზრუნველყოს თავიანთი თვისებების უცვლელობა გარემო პირობების (თოვლი, წვიმა და სხვა) ცვლილების დროს; გააჩნდეთ საკმარისი თბომედეგობა ანუ განსაზღვრულ ფარგლებში ტემპერატურის ცვლილების დროს არ შეიცვალოს თავისი ელექტრული თვისებები და ჰქონდეთ ისეთი ზედაპირი, რომელიც იქნება მდრადი ელექტრული განმუხტვის ზემოქმედების მიმართ.

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

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

თავისი დანიშნულების მიხედვით იზოლატორები იყოფიან **სასადგურე, სააპარატო და სახაზო იზოლატორებად.**

სასადგურე და სააპარატო იზოლატორები გამოიყენებიან ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების გამანაწილებელ მოწყობილობებში სალტეების იზოლაციისა და დამაგრებისათვის და შესაბამისად, აპარატების დენგამტარი ნაწილების იზოლაციისა და დამაგრებისათვის.

იზოლატორები დიელექტრიკად გამოყენებული მასალების მიხედვით იყოფა ფაიფურის, მინისა და პოლიმერულ იზოლატორებად. ისინი ყველაზე უფრო სრულად პასუხობენ ზემოთ წაყენებულ მოთხოვნებს. დღეისათვის ყველაზე უფრო გავრცელებულია ფაიფურისა და მინის იზოლატორები. უფრო მეტად კი ნაწრობი მინისაგან დამზადებული იზოლატორები. ეს ახსნება იმით, რომ მათ გააჩნიათ რიგი უპირატესობები ფაიფურის იზოლატორებთან შედარებით. კერძოდ, მინის იზოლატორების დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი მთლიანად ავტომატიზირებული და მექანიზირებულია; მინის გამჭვირვალობა საშუალებას იძლევა გარეგანი დათვალიერების დროს ადვილად შევნიშნოთ წვრილმანი ბზარები და სხვადასხვა შინაგანი დეფექტები; მინის იზოლატორების გამოყენება საშუალებას იძლევა უარი ვთქვათ ექსპლუატაციის პროცესში გირღანდების ძაბვის ქვეშ პერიოდულ პროფილაქტიკურ გამოცდაზე, რადგანაც ნაწრობი მინის თითოეულ დაზიანებას მიყვავართ მაიზოლირებული თეფშის დაშლასთან, რომელიც შეიძლება ადვილად შენიშნოს საექსპლუატაციო პერსონალმა ელექტროგადაცემის ხაზების შემოვლის დროს. მექანიკურად უფრო დიდი სიმტკიცით გამოირჩევიან პოლიმერული (მინაპლასტიკური) იზოლატორები. მათ გააჩნიათ ატმოსფერული გაჭუჭყიანების მიმართ მაღალი მდგრადობა, ჰიდროფობურობა, მონტაჟის მონერსებულობა და სიმარტივე, გადაძაბვების მიმართ მაღალი მედეგობა, მაღალი ვანდალომდგრადობა და მინისა და ფაიფურის იზოლატორებთან შედარებით 90%-ით უფრო მსუბუქია. დადებით თვისებებთან ერთად უნდა აღინიშნოს მათი ნაკლიც. კერძოდ, არასაკმარისად არის განვითარებული წარმოების ერთიანი სისტემა; მასალის უკმარისობა; პრაქტიკულად არ არსებობს ხანგრძლივი ექსპლუატაციის გამოცდილება.

აპარატების მთელი რიგი დეტალები, რომლებიც ასრულებენ იზოლატორის ფუნქციას, განსაკუთრებით იმ აპარატებისა, რომლებიც მოთავსებულია გარნაცემის შიგნით და ავსებულია საიზოლაციო ზეთით მზადდება ბაკელიტის, გეტინაქსისა და ტექსტოლიტისაგან. საიზოლაციო

თვისებების გაუმჯობესების მიზნით ფაიფურის კორპუსი გარედან დაფარულია ქიქურით.

იზოლატორის ფუძეზე, ხოლო საღებებისა და აპარატების დენგამტარი ნაწილების დასამაგრებლად იზოლატორზე გამოიყენება ფაიფურზე დამაგრებელი მეტალური ნაწილი – არმატურა. არმატურას ფაიფურზე ყველაზე ხშირად ამაგრებენ სწვდასწვა სახის ისეთი მაცემენტებული საგონაგებით, რომელთა მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი ანლოა ფაიფურის გაფართოების კოეფიციენტთან. იზოლატორების არმატურა გათვლილია მნიშვნელოვან მექანიკურ დატვირთვაზე და შედგება ოვალური ან კვადრატული მილტუნისაგან, რომელსაც გააჩნია ნახვრეტი ქვემოდან ჭანჭიკისათვის და მეტალის თავი კუთხვილი ნახვრეტით ზემოდან სადენის დასამაგრებლად. იზოლატორებს, რომლებიც გათვლილია ნაკლებ მექანიკურ დატვირთვაზე, არა აქვთ მილტუნა და თავი. მათთვის გათვალისწინებულია მეტალის სადები ხრახნისანი ნახვრეტით, რომელიც ჩამაგრებულია ფაიფურის დეროს სიდრემეში. ამ იზოლატორებს აქვთ მცირე ზომები და მასა.

სასადგურე და სააპარატო იზოლატორები თავის მხრივ, იყოფიან საყრდენ და გამაგალ იზოლატორებად.



ა)



ბ)



გ)



დ)

ე)

ვ)

ნახ.1.1. საყრდენი იზოლატორები

- ა – ფაიფურის, დაბალი ძაბვის; ბ – ფაიფურის მაღალი ძაბვის;
- გ – ბოლიმერული; დ – საყრდენ-მანჭგალისებრი, მაღალი ძაბვის;
- ე – კერამიკის, მაღალი ძაბვის; ვ – კერამიკის საყრდენ-ღეროვანი, მაღალი ძაბვის

საყრდენი იზოლატორების (ნახ. 1.1) დანიშნულებაა ელექტრული სადგურების, ქვესადგურებისა და კომპლექტური გამანაწილებელი მოწყობილობების დენგამტარი ნაწილებისა და აპარატურის დამაგრება და იზოლაცია. გამოიყენებიან აგრეთვე საჰაერო ხაზების საყრდენებზე სადენების დასამაგრებლად. საყრდენი იზოლატორები იყოფიან ღეროვან და მანჭგალისებრ იზოლატორებად. ღეროვან იზოლატორებს გააჩნიათ მთლიანი ფაიფურის ღერო გამოშვრილი წიბოებით. დაყენების სახეობის მიხედვით ღეროვანი იზოლატორები იყოფა შიგა და გარე დაყენების იზოლატორებად.

შიგა დაყენების ღეროვანი საყრდენი იზოლატორებს 6-დან 35 კვ ძაბვამდე გააჩნიათ კონუსური ფორმა ერთი ან ორი მცირე წიბოთი. იზოლატორი ტანის სიმაღლეს განსაზღვრავს ნომინალური ძაბვა, ხოლო მის

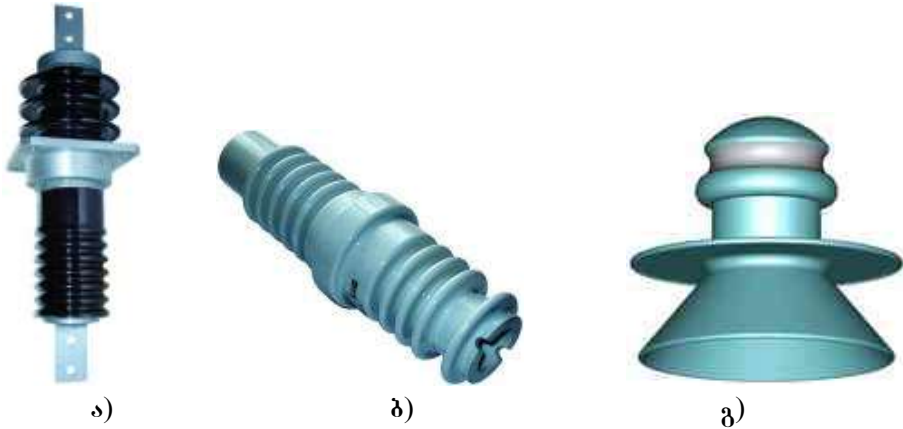
დიაპეტრსა და არმატურის სახეს – მინიმალური დასაშვები დატვირთვა. რაც უფრო დიდია დასაშვები დატვირთვა, მით უფრო მყარად უნდა იქნეს დამაგრებული იზოლატორი ფუძეზე.

გარე დაყენების ღეროვან საყრდენ იზოლატორებს ამზადებენ 10_110 კვ ძაბვაზე. მათ განსილულისაგან განსხვავებით გააჩნიათ უფრო ფართო წიბოები.

გარე დაყენების მანჭვალისებრი საყრდენი იზოლატორებს 6-35 კვ ძაბვაზე აქვთ ისეთი ფორმა, რომ წვიმის დროს სველდება მხოლოდ წემოდან, ქვემოდან ის ყოველთვის მშრალია. 10 კვ ძაბვამდე მანჭვალისებრი იზოლატორებს გააჩნიათ მონილითური ფაიფურის კორპუსი, ხოლო 10 კვ წემოთ აქვთ იგივე ფაიფურის კორპუსი, რომელიც შედგება ერთმანეთთან შეერთებული რამდენიმე ნაწილისაგან. ასეთი შეერთების დროს იზრდება იზოლატორის გამრღვევი ძაბვის სიდიდე და მექანიკური სიმტკიცე. ასეთი სახის იზოლატორები ფუძეზე მაგრდება თუჯის მანჭვალით მილტუჩასთან ერთად. წემოთ დენგამტარი ნაწილების დასამაგრებლად გათვალისწინებულია თუჯის ხუფი კუთხვილიანი სვრელებით.

გამაგალი იზოლატორების (ნახ.1.2) დანიშნულებაა ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების დახურული გამანაწილებელი მოწყობილობებისა და კომპლექტური გამანაწილებელი მოწყობილობების 10 კვ ძაბვამდე და 100 ჰვ სისწორემდე დენგამტარი ნაწილების გატარება და იზოლაცია.

შიგა დაყენების გამაგალი იზოლატორები გამოიყენება ტრანსფორმატორების ავზებიდან, წეთიანი და საჰაერო ამომრთველებიდან მაღალი ძაბვის სადენების გამოსაყვანად და აგრეთვე შენობის კედლებში გამაგალი სადენების იზოლაციისათვის. გარე დაყენების იზოლატორების დანიშნულებაა დახურული გამანაწილებელი მოწყობილობების ღია გამანაწილებელ მოწყობილობებთან ან ელექტროგადაცემის ხაზებთან დენგამტარი ნაწილების შეერთება და იზოლაცია.



ნახ. 1.2. გამაგალი იზოლატორები

- ა – კერამიკის არმირებული;
- ბ – კერამიკის არაარმირებული;
- გ – პოლიმერული

35 კვ ძაბვამდე შიგა დაყენების გამაგალ იზოლატორებს აქვთ დრუ ფაიფურის კორპუსი მცირე წიბოებით. გადახურვებსა და კედლებში იზოლატორების დასამაგრებლად მის შუა ნაწილში გათვალისწინებულია მილტუჩა, ხოლო ტორსებზე სადენების დასამაგრებლად – ლითონის ხუფი. 2000 ა დენამდე გამაგალ იზოლატორებს გააჩნიათ სწორკუთხოვანი განიგვეთის დეროები, ხოლო 2000 ა-ზე ზევით აქვთ სპეციალური კონსტრუქციის ხუფები, რომლებზეც მაგრდება დენგამტარი სალტეები.

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

ტრანსფორმატორებისა და ზეთიანი ამომრთველების გამაგალი იზოლატორების კორპუსის ჰაერზე მომუშავე ნაწილს აქვს უფრო ფართო წიბოები.

სახაზო იზოლატორების (ნახ.1.3) დანიშნულებაა საჰაერო გადაცემის ხაზებში, ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების გამანაწილებელ მოწყობილობებში სადენების დამაგრება და იზოლაცია. ისინი მზადდება ფაიფურისა და ნაწრთობი მინისაგან. კონსტრუქციის მხედვით ისინი იყოფიან მანჭვალისებრ და საკიდ იზოლატორებად.



ა)



ბ)

გ)



დ)



ე)

ვ)

ნახ. 1.3. სახაზო იზოლატორები

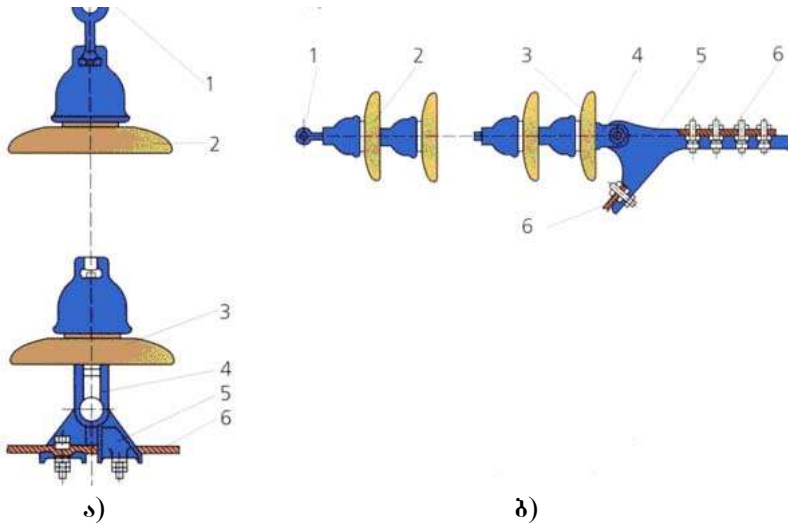
ა – მანჭგალისებრი, მინის; ბ – მანჭგალისებრი, ფაიფურის დაბალი ძაბვის; გ – მანჭგალისებრი, ფაიფურის მაღალი ძაბვის; დ – ჩამოსაკიდი, მინის; ე – ჩამოსაკიდი, ორფრთიანი, მინის; ვ – ჩამოსაკიდი პოლიმერის

მანჭგალისებრი იზოლატორები ძირითადად გამოიყენება 1 კვ ძაბვამდე საჰაერო ხაზებში, იშვიათად 6_35 კვ ძაბვაზე ისიც მცირე კვეთის სადენების

დროს. 6_10 კგ და ქვევით ძაბვაზე იზოლატორები მზადდება ერთელემენტისანი, ხოლო 20_35 კგ-ზე – ორრელემენტისანი. მანჭვალისებრი იზოლატორები საყრდენებზე მაგრდება მანჭვალის ან კაკეების საშუალებით. თუ საჭიროა, საიმედობის ამაღლების მიზნით ანკერულ საყრდენებზე ამაგრებენ არა ერთ, არამედ ორ და სამ მანჭვალისებრი იზოლატორს.

საკიდ იზოლატორებს კრებენ გირლანდებად. არსებობს დამჭერი და დამჭიმი გირლანდები. დამჭერ გირლანდებს ამონტაჟებენ საშუალებდო, ხოლო დამჭიმს – ანკერულ საყრდენებზე. იზოლატორების რაოდენობა გირლანდაში დამოკიდებულია ხაზის ძაბვაზე. მაგალითად, 35 კგ ძაბვის ლითონის ან რკინაბეტონის საყრდენებიანი საპარო ხაზის დამჭერ გირლანდაში უნდა იყოს სამი იზოლატორი; 110 კგ ძაბვის ხაზში – 6_8; 220 კგ-ზე – 10_14 და ა.შ.

საკიდი იზოლატორის კონსტრუქცია და გირლანდის აწყობის სქემა მოცემულია ნახ. 14-ზე, ხოლო აწყობილი გირლანდის სურათი ნახ. 15-ზე.



ნახ. 14. იზოლატორების გირლანდა

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

3 – ბოლო იზოლატორი; 4 – ორთათიანი საყურე;

5 – დამჭიმი მომჭერი; 6 – სადენი



**ნახ. 1.5. იზოლატორების ვირლიანდა
1.3. შეწყვანები**

მაღალვოლტიანი შეწყვანები (ნახ.1.6) წარმოადგენენ ფაიფურის გამაგალ იზოლატორებს, რომელთა შიგა დრუს გავლით გადის დენგამტარი ღერო და გამოიყენებიან ტრანსფორმატორების გრაგნილების ბოლოების გარეთ გამოსაყვანად და მათ ქსელში ჩასართავად.



ნახ. 1.6. მაღალვოლტაჟიანი შემყვანების სახეები

ისინი ყენდება ტრანსფორმატორის სახურავზე, იშვიათად ავზის გვერდით კედელზე. ტრანსფორმატორის შიგნით შემყვანი შეერთებულია გრაგნილთან, ხოლო გარეთ ელექტროქსელთან. გარდა ამისა ისინი შეადგენენ მაშუნტირებელი რეაქტორების, ზეთიანი ამომრთველების განუყოფელ ნაწილს და გამოიყენება აგრეთვე როგორც დახურული გამანაწილებელი მოწყობილობების დამოუკიდებელი ელემენტი. იგი გამოიყენება შენობაში და შენობის გარეთ არსებული ელექტროდანადგარების ერთმანეთთან შესაკრებლად.

თავის დანიშნულების მიხედვით შემყვანები იყოფა:

- შემყვანები ტრანსფორმატორებისათვის (ავტოტრანსფორმატორებისათვის);
- შემყვანები რეაქტორებისათვის ;
- შემყვანები ზეთიანი ამომრთველებისათვის;
- სახაზო შემყვანები;
- შინაგანი იზოლაციის მიხედვით ისინი იყოფიან;
- ქადალდ-ზეთიანი;
- მყარი;
- ზეთბარიერული;
- ელგაზური.

1.4. იზოლატორებისა და შემყვანების დიაგნოსტიკა

საკიდი და საყრდენი იზოლატორების დიაგნოსტიკის დროს, პირველ რიგში, გარეგანი დათვალიერებით მოწმდება ფაიფურის, არმატურის, ქიქურის მთლიანობა, არმირებისა და ნესტმედეგი საფარის წესიერულობა. ამის შემდეგ ელექტრომოწყობილობის გამოცდის ნორმების მიხედვით 2500 ვ მეგაომეტრით იზომება იზოლაციის წინააღობა. თითოეული ელემენტის იზოლაციის წინააღობა უნდა იყოს არანაკლებ 300 მომისა. თუ იზოლაცია არ აკმაყოფილებს ამ მოთხოვნებს და გარეგანი დეფექტები შესამჩნევი არ არის, მაშინ მომსახურე პერსონალის მიერ უნდა მოხდეს იზოლაციის გაწმენდა და გარეცხვა, რის შემდეგაც უნდა მოხდეს 1 წუთის განმავლობაში იზოლაციის გამოცდა სამრეწველო სისშირის აწვეული ძაბვით. გამოსაცდელი ძაბვის

მნიშვნელობები ერთეულემენტის იზოლატორებისათვის მოცემულია ცხრილში 1.1.

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 შეუსუბუქებული იზოლაციით, კვ	14	21	32	48	–	–

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

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

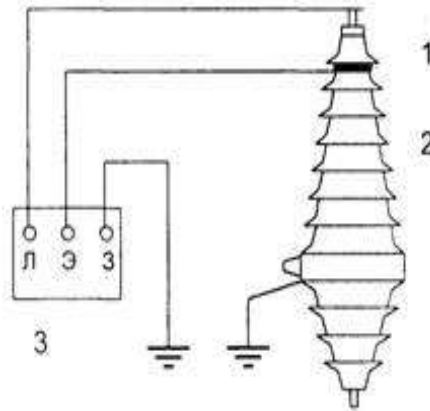
იზოლატორების დიაგნოსტიკისათვის ფართოდ გამოიყენება თბოვიზორული მეთოდი. რომელიც დაფუძნებულია დეფექტური ელემენტების ტემპერატურის ცვლილებაზე, რის გამოც იცვლება ინფრაწითელი გამოსხივების ინტენსივობა, რომელიც ფიქსირდება თბოვიზორული ხელსაწყოებით. ფაიფურის საკიდი და საყრდენი იზოლატორების დიაგნოსტიკისათვის საჭიროა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

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

პოლიმერული იზოლატორების დიაგნოსტიკისათვის, გარდა გარეგანი დათვალიერებისა, რეკომენდირებულია გამოიყენებულ იქნას ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი კონტროლის მეთოდების ურთიერთშერწყმა. ამასთანავე, ინფრაწითელი კონტროლის მეთოდი უნდა იყოს ძირითადი, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ დეფექტები დაზიანების საწყის ეტაპზე. ულტრაიისფერი მეთოდი კი იქნება დამატებითი, რომელიც გამოავლენს დეფექტებს იზოლატორის ძლიერი დაზიანების შემთხვევაში.

შემყვანებისა და გამავალი იზოლატორების დიაგნოსტიკის დროს, პირველ რიგში, გარეგანი დათვალიერებით მოწმდება ფაიფურის გარე მდგომარეობა, ანახლეჩებისა და ბზარების არარსებობა, არმატურის, საწოში

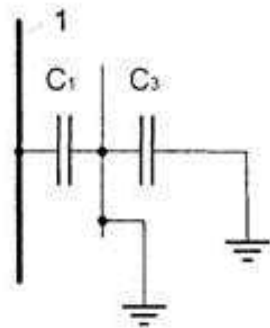
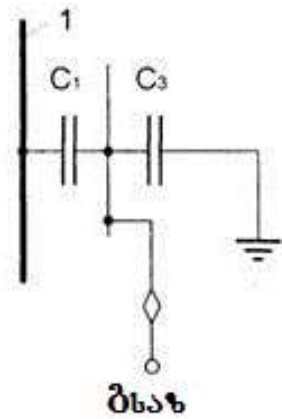
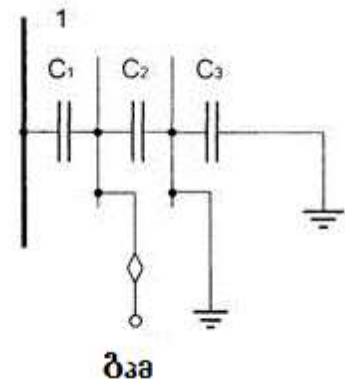
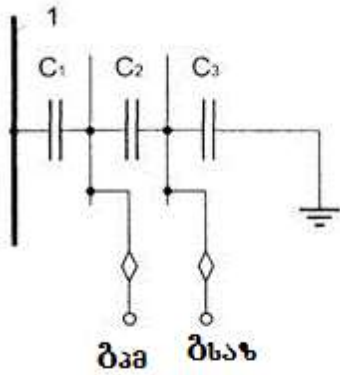
გამომყვანის ჩამამიწებელი სადენისა და პოტენციომეტრული მოწყობილობის წესიერულობა, ზეთის დონე საფართოებელში. შემყვანის გამოცდის წინ მისგან აიღება ზეთის სინჯი და მოწმდება ელექტრულ სიმტკიცეზე სტანდარტულ ზეთსარღვევში. ზეთის გამრღვევი ძაბვა 35_220 კვ კლასის შემყვანებისათვის უნდა იყოს არანაკლებ 40 კვ, ხოლო 330_500 კვ კლასის შემყვანებისათვის არანაკლებ 55 კვ.



ნახ. 1.7. შემყვანის იზოლაციის წინაღობის გაზომვის სქემა
 1 – ეკრანი-რგოლი; 2 – გამოსაცდელი გამომყვანი;
 3 – მეგაომმეტრი

1000_2500 გ მეგაომმეტრით აწარმოებენ ძირითადი და საზომი გამომყვანების იზოლაციის წინაღობის გაზომვას მილტუჩას მიმართ ნახ. 1.7-ზე მოყვანილი სქემით. გაზომილი წინაღობა უნდა იყოს არანაკლებ 1000 მომი. საზომი გამომყვანის იზოლაციის წინაღობის გაზომვისას უნდა მოიხსნას დამცავი გარსაცმი და ჩამამიწებელი სადენი. შემყვანის შეცდომით დაწუნების თავიდან აცილების მიზნით რეკომენდირებულია იზოლაციის წინაღობის გაზომვა გაწარმოთ ეკრანი-რგოლის დადებით (ნახ.1.7).

ქაღალდ-ზეთიანი იზოლაციის მქონე შემყვანის იზოლაციის წინაღობის გაზომვა წარმოებს ნახ.1.8-ზე წარმოდგენილი ზეთით ავსებული შემყვანის იზოლაციის ჩანაცვლების სქემებისა და ცხრილი 1.2-ში მოცემული მითითებების მიხედვით.



ნახ.1.8. ზეთით ავსებული შემყვანის იზოლაციის ჩანაცვლების სქემა:
 r_1 – შემყვანის ძირითადი იზოლაცია; r_2 – საზომი კონდენსატორის იზოლაცია; r_3 –
 ბოლო შემონაფენის იზოლაცია საზომი მილისის მიმართ; 1 – შემყვანის დენგამტარი
 ღერო; გაშ – პოტენციომეტრული მოწყობილობის გამომყვანი; გასზ – საზომი
 გამომყვანი.

ცხრილი 1.2. შემყვანების იზოლაციის წინააღმდეგობის გაზომვის სქემა

ჩანაცვლების სქემა (ნახ.1.8)	შემყვანის იზოლაციის გასაზომი უბანი	შეგაომეტრის მომჭერების შეერთება (ნახ.1.7)			შენიშვნა
		მომჭერი „1“	მომჭერი „3“	მომჭერი „3“	

1	2	3	4	5	6
ა	ჩ ₁	გ _{პა} -თან	1-თან	ჩამიწებულია	გ _{გა} .ჩამიწებ.
	ჩ ₁	გ _{პა} -თან	ჩამიწებულია	გ _{გა} -თან	1 ჩამიწებ.
	ჩ ₂	გ _{გა} -თან	გ _{პა} -თან	ჩამიწებულია	1 ჩამიწებ.
	ჩ ₂	გ _{პა} -თან	გ _{გა} -თან	1-თან	
	ჩ ₃		ჩამიწებულია	1-თან, გ _{პა} -თან	
	ჩ ₃	გ _{გა} -თან	ჩამიწებულია	გ _{პა} -თან	1 ჩამიწებ.
ბ	ჩ ₁	გ _{პა} -თან	1-თან	ჩამიწებულია	
	ჩ ₂		ჩამიწებულია	1-თან	გ _{გა} . ჩამიწებ. შემყვანის შიგნით
გ	ჩ ₁		1-თან	ჩამიწებულია	
	ჩ ₃		ჩამიწებულია	1-თან	
	ჩ ₁ + ჩ ₃		ჩამიწებულია	თავისუფალია	1 ჩამიწებ.
დ	ჩ ₁	1-თან	ჩამიწებულია	თავისუფალია	

შემყვანებისა და გამაგალი იზოლატორებისათვის, რომელთა ძირითადი იზოლაცია არის ზეთბარიერული, ქაღალდ-ზეთისა და ბაკელიტის, ასევე უნდა ჩატარდეს დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის *tgδ* გაზომვა. დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის მნიშვნელობებმა როგორც ძირითადი, ასევე საზომი კონდენსატორის იზოლაციისათვის არ უნდა გადააჭარბოს ცხრილი 1.3-ში ნაჩვენებ მნიშვნელობებს.

შემყვანებისა და გამაგალი იზოლატორებისათვის, რომელთაც გააჩნიათ სპეციალური გამომყვანი პოტენციომეტრული მოწყობილობისათვის, დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის *tgδ* გაზომვა სწარმოებს ძირითადი და საზომი კონდენსატორის იზოლაციისათვის. ერთდროულად წარმოებს ტეგადობის გაზომვა.

tgδ-ს გაზომვასთან ერთად უნდა გაიზომოს შემყვანის ტეგადობები: დენგამტარ ღეროსა და საზომ გამომყვანს; დენგამტარ ღეროსა და საზომ კონდენსატორს შორის; შემყვანის უკანასკნელ შემონაფენსა და შემაერთებელ მილის შორის;

შემყვანებისათვის, რომელთაც იზოლაციის შემონაფენის ბოლო ფენიდან გააჩნიათ საზომი გამომყვანი, დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის *tgδ* გაზომვა რეკომენდირებულია 3 კვ ძაბვის დროს.

ცხრილი 1.3. შემყვანებისა და გამაგალი იზოლატორების ძირითადი იზოლაციისა და საზომი კონდენსატორის იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგების

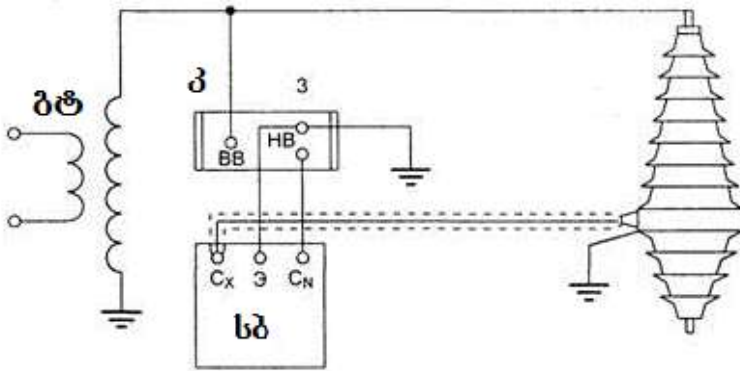
კუთხის ტანგენსის ტვ უდიდესი დასაშვები მნიშვნელობები + 20⁰ჩ ტემპერატურის დროს

გამოსაცდელი ობიექტის დასახელება და ძირითადი იზოლაციის სახე	დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი <i>tgd</i> , % ნომინალური ძაბვის დროს, კვ					
	3_15	20_35	60_110	150_220	330	500
ზეთაფსებული შემყვანები და გამაგალი იზოლატორები ზეთბარიერული იზოლაციით	–	3,0	2,0	2,0	1,0	1,0
ზეთაფსებული შემყვანები და გამაგალი იზოლატორები ქაღალდ-ზეთიანი იზოლაციით	–	–	1,0	0,8	0,7	0,5
შემყვანები და გამაგალი იზოლატორები ბაკელიტის იზოლაციით, მათ შორის ზეთაფსებული	3,0	3,0	2,0	–	–	–

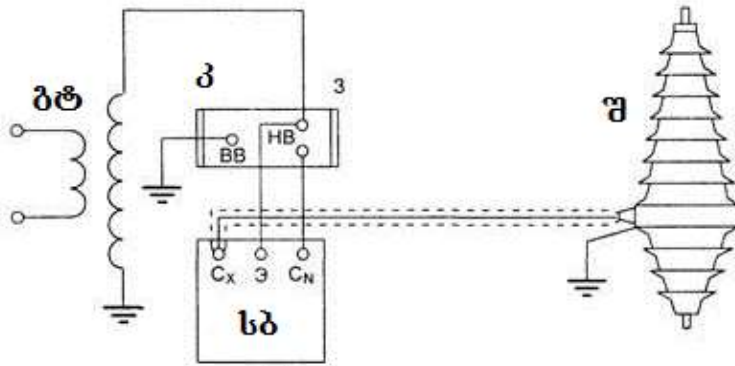
შემყვანებისა და გამაგალი იზოლატორების ქაღალდ-ზეთიანი იზოლაციის ბოლო ფენების მდგომარეობის შეფასებისათვის შეიძლება გავაკეთოთ ორიენტაცია დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის *tgd* საშუალო მნიშვნელობებზე: 110_115 კვ – 3 %; 220 კვ – 2 %; 330_500 კვ – 2 %.

tgd-ს გაზომვის დროს შემყვანების მდგომარეობის შეფასება უნდა სწარმოებდეს არა მარტო მისი აბსოლუტური მნიშვნელობით, არამედ წინა გაზომილ მნიშვნელობებთან შედარებით შემყვანების *tgd*-ს ხასიათისა და ტეგადობის ცვლილების გათვალისწინებით.

სხვადასხვა კონსტრუქციული შესრულების ზეთაფსებული შემყვანების დიელექტრიკული დანაკარგების რეკომენდირებული გაზომვის სქემები მოცემულია ნახ.1.9-ზე და ცხრილი 1.4-ში.



ა)



ბ)

ნახ. 1.9. შემყვანების იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტვ გაზომვის პრინციპული სქემა. ა) r_1 ტეგადობის გაზომვის ნორმალური სქემა; ბ) გადაბრუნებული სქემა r_2 და r_3 კონდენსატორების გაზომვისათვის; 1 – დენამტარი ღერო; გტ – გამოსაცდელი ტრანსფორმატორი; კ – ეტალონური კონდენსატორი; სბ – ცვლადი დენის საზომი ბოგირი; შ – გამოსაცდელი შემყვანი

ცხრილი 1.4. ზეთავსებული შემყვანების იზოლაციის ტვ -
განსაზღვრის სქემები

ჩანაცვლების ტეკადური სქემა	იზოლაციის ცაბის გასაზომი	ბოგირული სქემის სახე	საზომი ბოგირის მომჭერების შეერთება	შენიშვნა

			მომჭერი „ჩ ”	მომჭერი „ჩX”	მომჭერი „ჰ “	
ა	ჩ ₁	ნორმალური	1-თან	გაჰ-თან	ჩამიწებ.	გაჰ ჩამიწ.
	ჩ ₂	ნორმალური	გაჰ-თან	გაჰ-თან	ჩამიწებ.	იფივე
	ჩ ₁ + ჩ ₂	ნორმალური	1-თან	გაჰ-თან	ჩამიწებ.	იფივე
	ჩ ₃	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	გაჰ-თან	1-თან	—
ბ	ჩ ₁	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	1-თან	—	გაჰ ჩამიწ.
	ჩ ₁	ნორმალური	1-თან	გაჰ-თან	ჩამიწებ.	—
	ჩ ₂	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	გაჰ-თან	1-თან	—
	ჩ ₁ + ჩ ₂	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	1-თან	—	—
გ	ჩ ₁	ნორმალური	1-თან	გაჰ-თან	ჩამიწებ.	გაჰ გან- მიწებულია
	ჩ ₃	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	გაჰ-თან	1-თან	გაჰ გან- მიწებულია
დ	ჩ ₁	შებრუნებ.	ჩამიწებ.	1-თან	—	

ქაღალდ-ზეთიანი შემყვანებისათვის ძირითადი იზოლაციის ტე -სა და ტეკადობის გაზომვის გარდა აუცილებელია ჩ₂ საზომი კონდენსატორის იზოლაციისა და ჩ₃ უკანასკნელი შემონაფენის იზოლაციის შეფასება შემყვანის შემაერთებელი მილისის მიმართ.

ძირითადი იზოლაციის (ტეკადობა ჩ₁) დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი იზომება ნორმალური სქემით 10 კვ გამოსაცდელი ძაბვის დროს; საზომი კონდენსატორის ჩ₂ – შებრუნებული სქემით, 5_10 კვ ძაბვის დროს; ჩ₃ – შებრუნებული სქემით, 5 კვ ძაბვის დროს. იმ შემთხვევებში, როცა გვაქვს შემყვანის შემაერთებელი მილისის მიწისაგან იზოლირების საშუალება, მაშინ ჩ₂ ან ჩ₃ საზომი კონდენსატორის ტე იზომება ნორმალური სქემით. ნორმალური სქემით ჩ₂ ან ჩ₃ ტეკადობების გაზომვის დროს (ნახ.1.19.ა) ჩამიწება მოხსნება გასაზომი გამომყვანიდან და შემაერთებელი მილისიდან, ხოლო შებრუნებული სქემით გაზომვის დროს (ნახ.1.9.ბ) – მხოლოდ გასაზომი გამომყვანიდან.

ქაღალდ-ზეთიანი იზოლაციით ზეთსებული შემყვანების კონსტრუქცია უსრულებულია ისეთნაირად, რომ მაგალითად, 110 კვ შემყვანებისათვის უკანასკნელ საზომ შემონაფენსა და მილტუჩას შორის დადებულია ქაღალდის 2-3 ფენა (0,4_0,6 მმ), ხოლო დანარჩენი ნაწილი (10-11 მმ) ავსებულია ზეთით. ფაქტობრივად ზეთის ღრეჩო მერყეობს მნიშვნელოვან

საზღვრებში, ხოლო ზოგჯერ საერთოდ არ არის. ამიტომ ჩ₃ ტეგადობა ერთი ტიპის შექმვანებისათვის შეიძლება მერყეობდეს მნიშვნელოვან საზღვრებში.

შექმვანების იზოლაციის გაზომვა წარმოებს არანაკლებ +10°K ტემპერატურის დროს.

ძალურ ტრანსფორმატორებზე დაყენებული შექმვანების ტგ -ს გაზომვისას, ტრანსფორმატორის გრაგნილები ერთმანეთთან ელექტრულად უნდა იყოს შეერთებული, რათა გამორიცხული იქნეს გრაგნილების ინდუქციურობის გავლენა გაზომვის შედეგებზე. ასევე დაწვრილებით უნდა გაიზომოს შექმვანის ტემპერატურა, რადგან მის ქვედა ნაწილს აქვს ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა, ხოლო ზედა ნაწილს გარემოს ტემპერატურა. ამიტომ ზეთვსებული შექმვანებისათვის, რომლებიც დაყენებულია ძალურ ტრანსფორმატორებზე, შექმვანის ტემპერატურა შეიძლება შეგაფასოთ შემდეგი ფორმულით:

$$T_{შექმვ} = 0,34 T_{გარ.} + 0,66 T_{ზეთ.}$$

ხოლო ზეთთან ამომრთველებზე დაყენებული ზეთვსებული შექმვანებისათვის შექმვანის ტემპერატურად მიღებულია ამომრთველის ზეთის ტემპერატურა.

ტგ -ს გაზომვა რეკომენდირებული არ არის გაწარმოით 0_5°K ტემპერატურის დიაპაზონში, რადგან იზოლატორების დაორთქვლისა და სხვა ფაქტორების გამო მიიღება არაზუსტი შედეგი. უკიდურეს შემთხვევაში ზამთრის პერიოდში ტგ -ს გასაზომად უნდა მოხდეს იზოლაციის გათბობა +5°K ტემპერატურაზე მეტად.

იზოლაციის წინააღობის დ_{იზ} და ტგ -ს გაზომვის შედეგების დამაკმაყოფილებელი მნიშვნელობების დროს წარმოებს შექმვანების გამოცდა სამრეწველო სისშირის აწეული ძაბვით ფაიფურის იზოლატორისათვის 1 წთ-ის განმავლობაში და 5 წთ-ის განმავლობაში ორგანული მყარი მასალებისაგან დამზადებული იზოლატორებისათვის. გამოსაცდელი ძაბვების მნიშვნელობები იფიგეა, რაც საკიდი და საყრდენი იზოლატორების შემთხვევაში (ცხრილი 1.1).

შექმვანები და გამავალი იზოლატორები მიიჩნევა ვარგისად, თუ მათ არა აქვთ ხილული დაზიანებები და გაუძღეს ელექტრულ გამოცდებს გარდევვის გარეშე.

თუ ტგ -ს გაზომილი მნიშვნელობა აღემატება დასაშვებ ნორმას, მაშინ შექმვანს ან გამავალ იზოლატორს აშრობენ. იზოლატორის გაშრობა ხორციელდება საშრობ კამერაში 50_60°K ტემპერატურის დროს და

გროკლდება 5_6 საათის განმავლობაში. თუ გარეობის შექმნეგაც ტგ -ს მნიშვნელობა აღემატება დასაშვებ ნორმას, მაშინ ასეთი შექმნეგანი ან იზოლატორი დაწუნებული უნდა იქნეს.

1.5. იზოლატორების რემონტი

თუ იზოლატორების გაწმენდისა და გარეგანი დათვალიერების დროს ქიქურის ზედაპირზე აღმოჩნდა 1 სმ²-მდე ფართობისა და 1 მმ-მდე სიღრმის ბზარები და ანახლეკები, მაშინ იზოლატორს არ ცვლიან და დეფექტურ ადგილებს ფარავენ ბაკელიტის ან გლიფტალის ლაქით. თუ არმირება ამოიფშენა, მაშინ ის აღდგენილი უნდა იქნეს, რისთვისაც ფაიფურის ან მეტალის ზედაპირი უნდა გასუფთავდეს ქუჭყისა და ზეთის ლაქისაგან. ამოფშენილი მოცულობა უნდა ამოიფსოს საგონაზავით, რომელიც მომზადებულია 1 წილი პორტლანდცემენტისა და 1.5 წილი სილისაგან. ამ ნარევის 100 წილი აზელილი უნდა იქნეს 40 წილ წყალთან. ასეთი საგონაზავით შეიძლება ვისარგებლოთ 1_1.5 სთ-ის განმავლობაში.

თუ საჭიროა აღდგეს იმ იზოლატორების არმირება, რომლებიც ენებთან სატრანსფორმატორო ზეთს, მაშინ საგონაზავი უნდა მომზადდეს 3 წილი მურდასანგისა და 1 წილი ტექნიკური ვაზელინისაგან.

თუ იზოლატორებზე შემჩნეული იქნა დიდი ზომის ბზარები და ანახლეკები, მაშინ ისინი უნდა შეიცვალოს იმავე ზომის ახალი იზოლატორებით.

1.6. გამოიშები

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

გამოიშებს არ გააჩნიათ რკალჩამქრობი მოწყობილობანი და ამიტომ ისინი ძირითადად გამოიყენება დატვირთვის გარეშე და ძაბვის ქვეშ ან ძაბვის გარეშე მყოფი ელექტრული წრედების ჩართვა- ამოთვლისათვის და აგრეთვე გამოიშითან ერთ მთლიან კომპლექტში მყოფი ჩამამიწებლის დახმარებით ამოთვლილი უბნების ჩამიწებისათვის.

გამთიშებისადმი წაყენებული მოთხოვნები შექმდეში მდგომარეობს:

- გამთიშმა უნდა შექმნას წრედის ცხადი ხილული წყვეტა, რომელიც შეესაბამება დანადგარის ძაბვის კლასს;
- გამთიშების ამძრავებს უნდა ჰქონდეთ ჩართვა-ამორთვის მდგომარეობის დანების ხისტი ფიქსაციის მოწყობილობა. გარდა ამისა მათ უნდა გააჩნდეთ საიმედო საყრდენები, რომლებიც ზღუდავენ დანების მობრუნებას მოცემულზე მეტი კუთხით;
- გამთიშები უნდა ჩაირთოს და ამორთოს გარემოს გაუარესებელი პირობების (მაგ. ყინვიან ამინდში) დროსაც;
- საყრდენმა და წვევის იზოლატორებმა უნდა გაუძლოს სა-კომუტაციო ოპერაციების დროს წარმოშობილ მექანიკურ დატვირთვებს;
- გამთიშის მთავარ დანებს ჩამამიწებელი მოწყობილობის დანებთან უნდა გააჩნდეთ ბლოკირება, რათა გამოირიცხოს მათი ერთდროული ჩართვა.

1.7. გამთიშების კლასიფიკაცია და მოწყობილობა

6_10 კვ ძაბვის გამთიშების ცალკეული ტიპები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან: დაყენების სახეობის მიხედვით – შიგა და გარე დაყენების; პოლუსების მიხედვით – ერთპოლუსა და სამპოლუსა; დანის მოძრაობის ხასიათის მიხედვით – ვერტიკალურ-საბრუნის, ვერტიკალურ-ჩამრაზის და მოქანავე ტიპის.

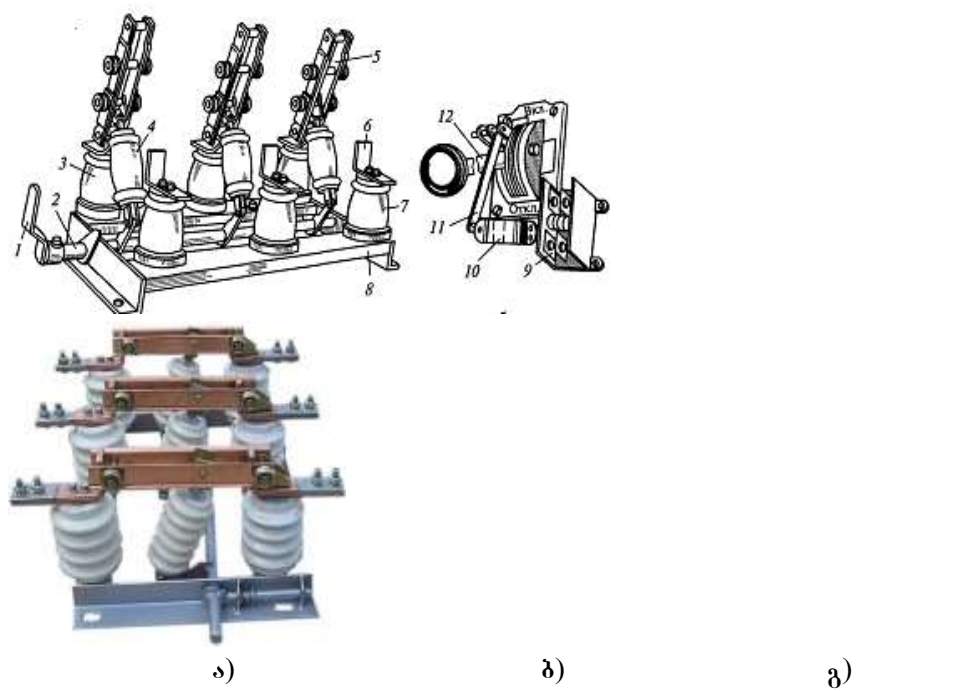
გამთიშების ჩართვისა და ამორთვისათვის გამოიყენება ხელის, ელექტროძრავიანი და პნევმატური ამძრავები. თავის მხრივ ხელის ამძრავები იყოფა ბერკეტის და ჭიანჭისხული გადაცემით. ბერკეტის ამძრავები შეიძლება დაყენებულ იქნეს როგორც ღია ასევე დახურულ გამანაწილებელ მოწყობილობებში. ასეთი ამძრავის სახელური გადაადგილდება ვერტიკალურ სიბრტყეში 120–150 გრადუსით. გამორთვისას სახელური გადმობრუნდება ქვევით, ხოლო ჩართვისას – ზევით. ხელის ამძრავები ყენდება იგივე საყრდენზე, რომელზეც დამონტაჟებულია გამთიში. ამძრავი იძლევა საშუალებას არასწორი ოპერაციების თავიდან აცილების მიზნით განხორციელდეს გამთიშის მექანიკური ან ელექტრული ბლოკირება. 35 კვ ძაბვამდე შიგა დაყენების ერთპოლუსა გამთიშები იმართება იზოლირებული შტანგებით. ელექტროძრავიანი ამძრავები შიგა და გარე დაყენების გამთიშებისათვის. მათ გააჩნიათ დილაკიანი მართვის პულტები დილაკებით: “ჩართულია”,

“ამორთულია” და “სდექ”. პნევმატური ამძრავები დაყენებულია უშუალოდ გამთიშის გასართთან, ამიტომ საწვევარის საჭიროება აღარ არის. პნევმატური ამძრავები გამოირჩევიან მდოვრე მუშაობით. მათ გამოიყენებენ იქ, სადაც გააჩნიათ შეკუმშული ჰაერის მოსამზადებელი დანადგარები. პნევმატური ამძრავების მართვა ხდება დისტანციურად ჩართვისა და ამორთვის ელექტრომაგნიტების დახმარებით.

ნახ. 1.10. ა-ზე ნაჩვენებია შიგა დაყენების 10 კგ ძაბვის სამშოლუსა ვერტიკალურ-ჩამრახვი ტიპის გამთიში, მისი ამძრავი (ნახ.1.10ბ) და ფოტო (ნახ.1.10. გ); ნახ. 1.11-ზე ქიანრახნიანი ხელის ამძრავი.

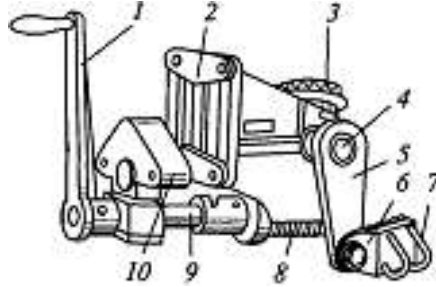
შიგა და გარე დაყენების გამთიშების კონსტრუქცია განსხვავდება მათი მუშაობის პირობებიდან გამომდინარე. გარე დაყენების გამთიშებს უნდა გააჩნდეთ ლიბყინულის დროს წარმოშობილი ყინულის ქერქის დაშლელი სამარჯვი. გარდა ამისა მათ გამოიყენებენ დატვირთვის მცირე დენების ამოსართავად, რისთვისაც მათ გააჩნიათ რკალჩამქრობი რქები.

შიგა დაყენების გამთიშები გამოიყენება სტაციონარულ და კომპლექტურ გამანაწილებელ მოწყობილობებში 10 კვ ძაბვამდე.



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

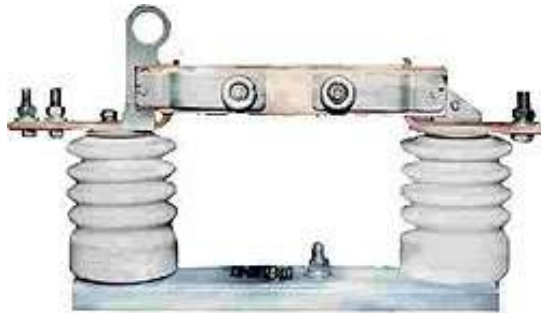
- 1 _ ბერკეტი; 2 _ ღერძი; 3 და 7 _ საყრდენი იზოლატორები; 4 _ მოძრავი იზოლატორი; 5 _ დანა; 6 _ უძრავი კონტაქტი; 8 _ ჩარჩო; 9 _ კონტაქტების ბლოკი; 10 _ ამორთულ მდგომარეობაში ამძრავის ბერკეტის საკეტი; 11 _ თამასა; 12 _ ბერკეტი.



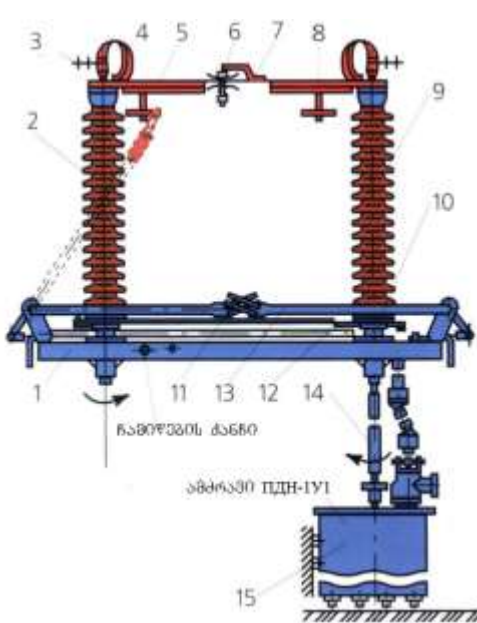
ნახ. 1.11. ჭიაზრახნიანი ხელის ამძრავი

- 1 _ მართვის სახელური; 2 _ უკანა საკისარი; 3 _ კბილანა; 4 და 9 _ ლილევი; 5 _ ბერკეტი; 6 _ თამასა; 7 _ ცაღული (“ზომუტი”); 8 _ ჭიაზრახნი; 10 _ კორპუსი.

ნახ. 1.12-ზე მოცემულია 10 კგ ძაბვის ერთბოლუსა გამთიში, ხოლო ნახ. 1.13-ზე გარე დაყენების 35, 110 და 220 კგ ძაბვის ჰორიზონტალურ-საბრუნე PHД3-2-110 ტიპის გამთიში.



ნახ. 1.12. 10 კგ ძაბვის ერთბოლუსა გამთიში



ა)



ბ)

ნახ. 1.13. გარე დაყენების 35, 110 და 220 კვ ძაბვის ჰორიზონტალურ- საბრუნო RH3-2-110 ტიპის გამთიშის ძირითადი ნაწილები (ა) და მისი ფოტო (ბ). 1 _ ძირი;

2 და 9 – იზოლატორების სვეტები; 3 – მომჭკერები;

4 – მოქნილი კაგშირი; 5 _ დანა; 6 _ თითისებრი ღამელები; 7 _ ნიჩაბი;

8 _ ჩამამიწებელი დანის კონტაქტი; 10 _ სვეტის საკისარი; 11 _ ჩამამიწებელი დანები; 12 _ ბერკეტი; 13 – საწვევარი; 14 _ ლილფი; 15 – ამპრაჰი

ძალოვანი ტრანსფორმატორების ნეიტრალის ჩამიწებისათვის გამოიყენება გარე დაყენების სპეციალური ერთპოლუსა ჩამამიწებლები ამპრაჰით, რომლის საწვევარები ჩამამიწებლიდან იზოლირებულია ფაიფურის იზოლატორებით.

გამთიშის ძირითად კვანძებს წარმოადგენენ:

- ჩარჩო, რომელზეც აკრეფილია ყველა დანარჩენი კვანძები;
- ჩარჩოზე უძრავად დამაგრებული საყრდენი ან გამაგალი იზოლატორები; საქუსლეზე დამაგრებული საბრუნო იზოლატორები, რომლებიც გამთიშის ჩართვისა და ამორთვის დროს თავისი ღერძის გარშემო მობრუნდებიან ამა თუ იმ კუთხით;
- საკონტაქტო სისტემა შედგება: ერთი ან ორი უძრავი კონტაქტისაგან; მოძრავი კონტაქტისაგან ე.წ. გამთიშის

დანისაგან; მოძრავი კონტაქტიდან უძრავ კონტაქტზე დენის გადაცემის მოწყობილობისაგან, რომელიც წარმოადგენს მცოცავი კონტაქტის ერთ ერთ სახეს ან მოქნილ კავშირს; ბერკეტისანი მექანიზმისაგან იზოლაციის საწვევართ, რომლის საშუალებითაც გამთიშის ჩართვისა და ამორთვის დროს ხორციელდება მოძრავი კონტაქტების გადაადგილება; ჩამიწების დანებისა და კონტაქტებისაგან, რომლებიც შეიჭრებიან ჩამიწების დანებში. ეს კონტაქტები მაგრდება ან უძრავ კონტაქტებზე, ან ძირითადი კონტაქტური სისტემის დანებზე.

მიმყვანი საღტეები (სადენები) მიერთებულია ან გამთიშის გამომყვან ბოლოებთან, რომლებიც წარმოადგენენ დამოუკიდებელ დეტალს, ან გაერთიანებულია უძრავ კონტაქტებთან.

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

საყრდენი იზოლატორების მექანიკური სიმტკიცის ამაღლება მიღწეულია ორი იზოლატორის პარალელურად დაყენებით.

გამთიშების გამოყენება გამათანაბრებელი და დატვირთვის მცირე დენების ამოსართავად

ენერგოსისტემებში ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ცდების საფუძველზე დადგენილია, რომ გამთიშებით შეიძლება ჩართოს და ამორთვის საჰაერო და საკაბელო ხაზების დამუხტვის, ძალოვანი ტრანსფორმატორების უქში სვლის (დამამაგნიტებელი), გამათანაბრებელი და მცირე დატვირთვის დენები. გამათანაბრებელი დენი გადის ელექტრულად დაკავშირებული ქსელის ორ წერტილს შორის და განპირობებულია ელექტრული კავშირის ჩართვის ან ამორთვის მომენტში ძაბვების სწვაობით ან დატვირთვის გადანაწილებით.

6_10 კვ ძაბვის დასურულ გამანაწილებელ 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 იძლევა საშუალებას ჩართვისა და ამორთვის დენი გაიზარდოს 1,5-ჯერ.

6_10 კვ ძაბვის გარე დაყენების სამხოლუსა მექანიკურ ამძრავიანი გამთიშებით დასაშვებია 70 ა-მდე სიდიდის გამათანაბრებელი და 15 ა-მდე სიდიდის დატვირთვის დენების ჩართვა და ამორთვა.

გამთიშები ხშირად აღჭურვილია სტაციონარული ჩამამიწებლებით, რაც იძლევა საშუალებას რემონტზე დაყენებულ მოწყობილობაზე არ მიგაერთოთ გადასატანი ჩამიწება, ამასთანავე გამორიცხავს გადასატანი ჩამიწების მიერთების პროცესისას უსაფრთხოების წესების დარღვევის შესაძლებლობას.

1.8. გამთიშებთან შესასრულებელი ოპერაციების ტექნიკა

გამანაწილებელ მოწყობილობებში მიერთების გამთიშების, რომელთაც თავიანთ წრედში გააჩნიათ ამომრთველი, ჩართვისა და ამორთვის ოპერაციები უნდა შესრულდეს ამომრთველის ამორთული მდგომარეობის შემოწმების შემდეგ.

გამთიშის ჩართვის ან ამორთვის წინ საჭიროა ვაწარმოთ გარეგანი დათვალიერება. გამთიშებს, ამძრავებს და ბლოკირების მოწყობილობებს არ უნდა ჰქონდეთ ისეთი დაზიანებები, რომლებიც ხელს შეუშლიან ოპერაციების შესრულებას. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს გამთიშის მაშუნტირებელი ზღუდარების არ არსებობას. რაიმე დეფექტის შემჩნევის შემთხვევაში ძაბვის ქვეშ გამთიშებთან უნდა შესრულდეს განსაკუთრებული სიფრთხილით და მხოლოდ გადართვებზე განკარგულების გამცემი პირის ნებართვით. აკრძალულია გამთიშებთან ოპერაციების ჩატარება, თუ იზოლატორებს გააჩნიათ ბზარები.

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

გამთიშების ამორთვის აწარმოებენ ნელა და ფრთხილად. პირველ რიგში აწარმოებენ ამძრავის სახელურის სასინჯ მოძრაობას, რათა დარწმუნდნენ საწვეის წესიერულობაში, იზოლატორების რყევისა და

დაზიანების არ არსებობაში. თუ დანების დაშორებისას აღიძრა რკალი მაშინ საჭიროა გამთიში დაუყონებლივ ჩაერთოს და რკალის წარმოშობის მიზეზის გარკვევამდე მასზე ოპერაციები აღარ გაწარმოთ.

ერთბოლუსა გამთიშებზე ოპერატიული შტანგების დახმარებით ოპერაციები უნდა გაწარმოთ იმ თანმიმდევრობით, რომელიც უზრუნველყოფს პერსონალის უსაფრთხოებას. დაგუშვით, პერსონალი შეცდომით შეუდგა დატვირთვის ქვეშ მყოფი გამთიშის ამორთვას. შერეული დატვირთვის დროს უფრო უსაფრთხოა საში გამთიშიდან პირველის ამორთვა, რადგანაც ამ შემთხვევაში 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 იქნება კვების წყაროს ძაბვის ქვეშ, ხოლო მეორე მხრივ გარკვეული დროის განმავლობაში მასზე მოქმედებს ორ ფაზაზე მომუშავე სინქრონული და ასინქრონული ძრავებისა და გამანაწილებელ ქსელებში დაყენებული კონდენსატორების მიერ აღძრული თითქმის ერთნაირი ემპ-ები.

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

რადგანაც გამთიშის როგორც მეორე დანის ამორთვა წარმოადგენს უფრო საფრთხეს, ამიტომ იგი შეძლებისდაგვარად უნდა იყოს გამთიშის დანარჩენი ფაზებიდან მოშორებით. ამიტომ გამთიშების ნებისმიერი განლაგების დროს პირველ რიგში უნდა ამოირთოს შუა ფაზის დანა. შემდეგ გამთიშების პორიზონტალურ რიგში განლაგების დროს რიგრიგობით ამორთავენ კიდურა დანებს. გამთიშების ვერტიკალურად განლაგების დროს ჯერ ამორთავენ ზედა დანას, ხოლო შემდეგ – ქვედას.

ერთბოლუსა გამთიშების ჩართვის ოპერაციები სრულდება უკუთანმიმდევრობით.

წრედებში, რომლებიც შეიცავენ ამომრთველებს ზამბარაიანი ამძრავით, ოპერაციები გამთიშებზე უნდა მონდეს 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 შესრულებელი პერსონალის პირადიუსაფროსობა

ძაბვის ქვეშ მყოფ გამთიშებზე ნებისმიერი ოპერაციების შესრულებისას ოპერაციის შესრულებელმა ამძრავის აპარატთან უნდა შეირჩიოს ისეთი ადგილი, რათა იზოლატორების შემთხვევით დაშლისა და ჩამოცვენის შემთხვევაში თავიდან აიცილოს მისალოდნელი ტრამპები, აგრეთვე ელექტრული რკალის აღძვრის შემთხვევაში დაიცვას თავი მისი პირდაპირი ზემოქმედებისაგან.

მოუდებელია ოპერაციის წარმოების მომენტში შეგნდოთ გამთიშის კონტაქტურ ნაწილებს. ამასთანავე ჩართვისა და ამორთვის ოპერაციების დასრულების შემდეგ გამთიშის მთავარი დანებისა და სტაციონარული ჩამამიწებლის დანების მდგომარეობის შემოწმება აუცილებელია, რადგან პრაქტიკაში ხშირად ყოფილა შემთხვევები, როცა მთავარი დანები ბოლომდე არ არის ჩართული, სტაციონალური ჩამამიწებლის ცალკეული ფაზების დანები არ არის ამორთული, დანები აცდენილია სატურჩეს და სხვა. ამიტომ გამთიშის თითოეული ფაზა სათითაოდ უნდა იქნეს შემოწმებული მიუხედავად იმისა, თუ 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 და დეფექტების გამოვლენისა და აღმოფხვრის მიზნით ყურადღებით დაათვალიერებენ მას. შემდეგ უნდა შემოწმდეს:

- გამთიშის მოძრავი და უძრავი კონტაქტების იზოლატორებზე და დენგამტარი გამაგალი 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;

- გამოთიშის უძრავი კონტაქტების სალტუებთან შეერთების ადგილზე კონტაქტის საიმედოობა. მომჭერი ქანჩის გარდა დაჭერილი უნდა იყოს წინაღქანჩით (“კონტრაგაიკა”);
- 0.05 მმ სისქის საცეცით უნდა შემოწმდეს გამოთიშის მოძრავი და უძრავი კონტაქტების შესების სიმჭიდროვე, რომელიც უნდა გავიდეს არაუმეტეს 5_6 მმ სიღრმეზე. სიმჭიდროვის ცვლილება მიიღწევა გამოთიშის მოძრავ კონტაქტზე არსებული სპირალური ზამბარის მოჭერით. კონტაქტის სიმჭიდროვე უნდა იყოს ისეთი, რომ შეზიდვის ძალვა 600 ა-მდე დენის გამოთიშებისათვის არ უნდა აღემატებოდეს 100-200 ნიუტონს;
- სამფაზა გამოთიშის დანების ჩართვის ერთდროულობა. დანების ჩართვის არაერთდროულობა არ უნდა აღემატებოდეს 3 მმ-ს. რეგულირება მიიღწევა ცალკეული ფაზების სამართის და საწვევარის სიგრძის ცვლილებით. გამოთიშის დანა ჩართულ მდგომარეობაში უძრავი კონტაქტის ფუძიდან უნდა იყოს დაშორებული არაუმეტეს 5 მმ-ისა;
- გამოთიშის ბლოკ-კონტაქტების ჩართვის მომენტი. ჩართვის პროცესში გამოთიშის ბლოკ-კონტაქტის წრედი უნდა ჩართოს დანის სატურესთან მიანლოებისას (დასაშვებია დანების სატურესთან მიანლოება 5 გრადუსით). გამორთვის შემთხვევაში – დანა მოშორებული უნდა იქნეს სატურედან მისი სრული სვლის 75 %-ით. რეგულირება მიიღწევა ბლოკ-კონტაქტის საწვევარის სიგრძის ცვლილებითა და ექვსწახნაგიან ლილვზე საკონტაქტო საყელურის მობრუნებით;
- ჩამამიწებელი დანების ლილვის გამოთიშის კარკასთან მოქნილი კავშირის ფორმირების მთლიანობა და ჩამამიწებელი სალტეს შეერთება გამოთიშთან. გამოთიშის ჩარჩოსა და ჩამამიწებელი სალტეს ზედაპირების საიმედოდ შესაერთებლად ქანჩისათვის განკუთვნილი ნახვრეტის გარშემო ზედაპირს გააპირალებენ, წაუსვამენ ვაზელინის თხელ ფენას და შეაერთებენ ქანჩით. კოროზიის თავიდან აცილების მიზნით, ქანჩის გარშემო ადგილი უნდა შეიღებოს;
- გამოთიში და ჩამამიწებელი დანების ლილვის მქანჩიკური ბლოკირების მუშაობის მკაფიოობა. გამოთიშისა და ამძრავის მონახუნე ნაწილებს ფარავენ უყინავი საპონით, ხოლო საჭიროების

შემთხვევაში წინასწარ წმენდენ ბენზინში დასველებული ჩვრით, გაასუფთავებენ ზუმფარის ქაღალდით, მოაშორებენ უანგს და ღებავენ;

- გამოიშის სატუჩისა და დანის კონტაქტის ადგილის ზედაპირს ასუფთავებენ ფოლადის რბილი ჯაგრისით და ფარავენ ვაზელინის ან უცინავი საპონის თხელი ფენით.

კაპიტალურად შეკეთებულმა გამოიშმა უნდა გაიაროს გამოცდა.

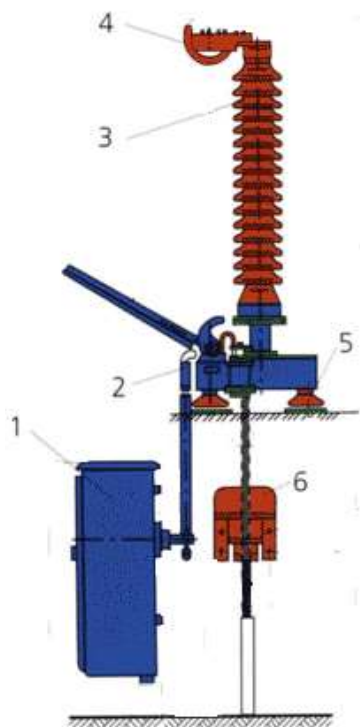
1.11. მოკლედშემრთველები

მოკლედშემრთველი წარმოადგენს ელექტრულ აპარატს, რომლის დანიშნულებაცაა ძალოვან ტრანსფორმატორებში შინაგანი დაზიანების დროს ელექტრომოძარაგების ქსელებში სწრაფად შექმნას ხელიგონური მოკლედ შერთვა, რაც გამოიწვევს ამომრთველების ამორთვას. კვებაზე ხაზზე ძაბვის მოხსნის შემდეგ განმაცალკეებლის საშუალებით განაშლითებენ დაზიანებულ ტრანსფორმატორს, ხოლო ხაზს ჩართავენ მუშაობაში ავტომატური განმეორებითი ჩართვით.

მოკლედშემრთველები გამცალკეებელთან ერთად გამოიყენება ქვესადგურების გამარტივებულ სქემებში ძვირადღირებული ძალოვანი ამომრთველების მხარეზე. ამგვარი შეცვლა საშუალებას იძლევა დაზოგოვი იქნას მნიშვნელოვანი ფულადი სახსრები, რადგანაც ძალოვანი ამომრთველების დირებულება ძალიან ძვირია. რაც უფრო მეტია მიერთებები ქვესადგურზე და რაც უფრო მაღალია ძაბვა მაღალ მხარეზე, მით უფრო შესაძლებელია ხდება გამარტივებული სქემების გამოყენების სარგებლიანობა. ძირითადად გამარტივებულმა სქემებმა ფართო გამოყენება ჰპოვა 35, 110 კვ ძაბვებზე. მოკლედშემრთველები ყენდება ჩამიწებულ ნეიტრალიან ქსელებში ერთ ფაზაზე, იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელებში – ორ ფაზაზე. მოკლედშემრთველების ჩართვა ხდება ავტომატურად, ხოლო გამორთვა- ხელით.

თანამედროვე პირობებში მოკლედშემრთველების გამოყენება შეზღუდულია იმ ქვესადგურებით, სადაც ისინი დაყენებულია. ამჟამად მათი წარმოება აღარ ხდება, რადგან ქვესადგურის გამარტივებულ სქემებს გააჩნიათ ნაკლები საიმედოობა და ქვესადგურების ძვირადღირებული მოწყობილობების დაზიანების დიდი ალბათობა, ვიდრე ძალოვან ამომრთველებთან სქემებს.

მოკლედშემოთველის მოწყობილობა და მოქმედების პრინციპი. ნახ. 1.14-ზე მოცემულია K3-110 ტიპის მოკლედშემოთველისა და მისი ამძრავის კონსტრუქცია.



ა)

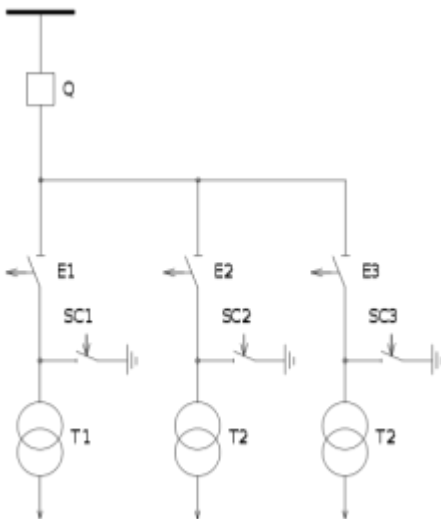
ბ)

ნახ. 1.14. K3 – 110 ტიპის მოკლედშემრთველის შემაღლებელი ნაწილები (ა) და მისი ფოტო ამძრავის გარეშე (ბ). 1 – ამძრავი; 2 – საწვევარი; 3 – იზოლატორის სვეტი; 4 – უძრავი კონტაქტი; 5 – იზოლატორი; 6 – დენის ტრანსფორმატორი; 7 – მოძრავი დანა

110_220 კვ ძაბვის ქსელებში მოკლედშემრთველები სრულდება ერთპოლუსიანი, ხოლო 35 კვ ძაბვის ქსელებში – ორპოლუსიანი.

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

მოკლედშემრთველის გამორთულ მდგომარეობაში ამძრავის ზამბარები მომართულია და მზად არის მოქმედებისათვის. მოკლედშემრთველის ჩართვისათვის დაზიანებული ტრანსფორმატორის დაცვა მიაწვდის ოპერატიულ დენს ჩართვის ელექტრომაგნიტს, რომელიც საცემელი ბურკეტების სისტემებით იმოქმედებს საკეტელაზე და დანა ჩართვება. დრო, ელექტრომაგნიტის ჩართვაზე ბრძანების გაცემის მომენტიდან მოკლედშემრთველის კონტაქტების სრულ ჩართვამდე, შეადგენს 0,35 წმ-ს.



მოკლედჩამრთველის მოქმედების პრინციპი შედეგში მდგომარეობს: ტრანსფორმატორზე (თ1) (ნახ. 1.15) ავარიის შემთხვევაში მასზე დაყენებული დაცვა მიაწოდებს ძაბვას შესაბამისი მოკლედშემრთველის (შჩ1) ჩართვის კოჭას და მოკლედშემრთველი ჩართავს თავის კონტაქტებს, რითაც შექმნის მიწასთან ხელოვნურ მოკლედ შერთვას. ამ მოკლედ შერთვაზე რეაგირებას მოახდენს მაგისტრალური საჰაერო გადაცემის ხაზის დაცვა და სათაო ამომრთველის () დაზიანებით გაითიშება მიკლი

ნახ. 1.15. სატრანსფორმატორო ქვესადგურის გამარტივებული სქემა

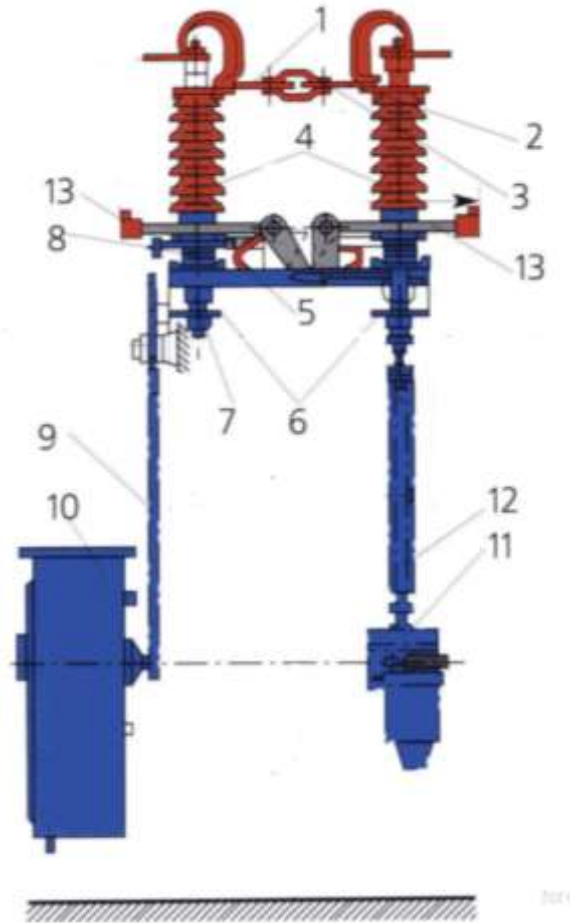
ქვესადგური. დროის მცირე მონაკვეთის შემდეგ ხაზზე იმუშავებს ავტომატური განმეორებითი ჩართვა და ჩართავს სათაო ამომრთველს. ავტომატური განმეორებითი ჩართვის ამუშავებამდე ამუშავდება დაზიანებული ტრანსფორმატორის განმაცალკეველები (1) და ამორთავს მას ქსელიდან. ამგვარად, თითოეულ მიერთებაზე ცალკეული ამომრთველის გამოყენების გარეშე შესაძლებელია გამოირთოს დაზიანებული უბანი და ქვესადგური დარჩეს მუშაობაში.

1.12. განმაცალკეებლები

განმაცალკეებელი წარმოადგენს უდენო მაღალი ძაბვის ელექტრული წრედის ცალკეული უბნების ავტომატურად გამოსართველ საკომუტაციო აპარატს. თავისი კონსტრუქციით ისინი მცირედ განსხვავდებიან გამთიშებისაგან. მათი საკონტაქტო სისტემა გათვლილი არ არის დატვირთვის ქვეშ ოპერაციებისათვის. განმაცალკეებლების ძირითადი დანიშნულებაა ელექტრული წრედის დაზიანებული უბნის ყველა მხრიდან ამომრთველებით ამორთვის შემდეგ სწრაფად განაცალკევის ეს უბანი. განმაცალკეებლის დანების მართვა ხორციელდება ამძრავით, რომელიც უზრუნველყოფს ავტომატურ, დისტანციურ და ადგილობრივ ამორთვას, აგრეთვე ხელით ჩართვას. ამორთვის პროცესი გრძელდება ამორთვის იმპულსის მიწოდებიდან 0.5_0.6 წმ-ის განმავლობაში. ნახ.1.16-ზე მოცემულია OD3 – 2-35 ტიპის განმაცალკეებლის შემადგენელი ნაწილები და მისი ფოტო.

განმაცალკეებლები გამოიყენება ისეთ სატრანსფორმატორთა ქვესადგურებში, რომელთაც მაღალ მხარეზე არ გააჩნიათ ძალოვანი ამომრთველები. ასეთ ქვესადგურებში განმაცალკეებლებთან ერთად ჩვეულებრივ ყენდება მოკლედშემრთველები, რომელთა დანიშნულებაა, სწრაფად შექმნან ხელოვნური მძლავრი მოკლედ შერთვა, რომლებიც შემდეგ ამომრთვებიან სათაო ამომრთველებით. მოკლედშემრთველების ამორთულ მდგომარეობაში ყოფნისას მისი ამძრავი მომართულია და მზად არის ჩართვისათვის. რელეური დაცვის მოწყობილობიდან იმპულსის მიწოდების დროს ელექტრომაგნიტი გაანთავისუფლებს ჩამრთველ ზამბარას და მოკლედ შემრთველი ჩაირთვება. განმაცალკეებელი ჩაირთვება იმ მომენტში, როცა წრედში მოკლედ შერთვის დენის გავლა შეწყდება. განმაცალკეებლის სწორი ამუშავებისათვის ამძრავში გათვალისწინებულია ბლოკირება,

რომელიც გამორთვის ნებას რთავს მოკლედ შეერთველის წრედში დენის გაქრობის შემდეგ.



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

განმაცალკეებლები მზადდება 35,110 და 220 კვ ძაბვებზე. იგი წარმოადგენს ორსვეტიან აპარატს (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. განმაცალკევებლის ჩართვის დროს დანის ბოლო შედის ლამელის კონტაქტში, რომელიც დამაგრებულია მოპირდაპირე დანის ბოლოზე.

განმაცალკევებლის ამორთვა ხდება სვეტებს შორის მითაგსებულ საწვევარზე დაყენებული და ზემოდან დამცავი გარსაცმით დამაგრებული ორი ზამბარის შეკუმშვისას დაგროვილი ენერჯის ხარჯზე. გამომრთველი ზამბარების მოპირდაპირე მხარეს სვეტებს შორის მითაგსებულ საწვევარზე დაყენებულია რეზინის ბუფერი, რომელიც მოქმედებს განმაცალკევებლის მოძრაობის ნაწილების გაჩერების მომენტში. განმაცალკევებლის ჩართვისათვის ამძრავიდან დაწოლა გადაეცემა ბერკეტების სისტემის საშუალებით. მისი ჩართვა ხდება ხელით, მისასხსნელი სახელური. სახელური მიბრუნებული უნდა იქნეს საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგე მიმართულებით 35-40 ბრუნით. განმაცალკევებლის ამორთვა ხდება დისტანციურად ან ავტომატურად.

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

1.13. გამთიშების, მოკლეღემერთგელებისა და განმაცალკევებლების დიაგნოსტიკა

დიაგნოსტიკის დროს პირველ რიგში ტარდება გარეგანი დათვალიერება, სადაც ყურადღება უნდა მიექცეს კონტაქტური შეერთებისა და აპარატების იზოლაციის მდგომარეობას. კონტაქტური შეერთებები წარმოადგენს გამთიშებისა და განმაცალკევებლების ყველაზე საპასუხისმგებლო და სუსტ ნაწილს. გაჭუჭყიანების, დაჟანგვისა და სუსტი მოჭერის დროს კონტაქტები შეიძლება არა მხოლოდ გადახურდეს, არამედ დაიწვას კიდევ. გახურების ნიშნების შემჩნევისას სწარმოებს გახურების ტემპერატურის შემოწმება. თუ გახურების ტემპერატურა აჭარბებს დასაშვებს, მაშინ გამთიშები საჭიროა გარემონტდეს.

გამთიშების, განმაცალკეებლებისა და მოკლედშემთველების იზოლატორების ზედაბირები უნდა იყოს სუფთა. გაჭუჭყიანებული ზედაბირები უამინდობის პირობებში იწვევენ იზოლატორების გადაფარვას.

დათვალიერებისას ყურადღება უნდა მიექცეს, რომ იზოლატორებს არ გააჩნდეთ გრძივი და რგოლური ბზარები, აგრეთვე დაზიანებები არმატურაში და ცემენტის ნაკერებში. ზედაბირული დეფექტის შემჩნევისა, რომლებიც ამცირებენ იზოლატორის მექანიკურ და დიელექტრიკულ სიმტკიცეს, აპარატი უნდა გამოვიყვანოთ სარემონტოდ.

მოკლედშემთველის ამუშავების შემდეგ ქვესადგურის დათვალიერების დროს ყურადღება უნდა მიექცეს არა მარტო ტრანსფორმატორების მდგომარეობას, არამედ თვით მოკლედშემთველის საწვევარებისა და მაიზოლარებელი ჩასმების მთლიანობას, რომელთა დაზიანება წარმოადგენს მოკლედშემთველის თვითნებურად ჩართვის ძირითად მიზეზს.

განმაცალკეებლებისა და მოკლედშემთველების მუშაობაში მტყუნებანი ხშირად ხდება ამძრავის მექანიზმების უწყისივრობების, გაჭუჭყიანებისა და გახეხვის, მართვისა და ბლოკირების წრედებში დეფექტების გამო. ამიტომ ამძრავების მომსახურეობის დროს უნდა ჩატარდეს დაწვრილებითი დათვალიერება.

გარეგანი დათვალიერების შემდეგ უნდა მონდეს ორგანული მასალისაგან დაშლადებული საწვევარების იზოლაციის წინაღობის გაზომვა 2500 ვ მეგაომეტრით. იზოლაციის წინაღობები უნდა იყოს არანაკლებ ცხრილი 1.5-ში მოყვანილი მნიშვნელობებისა.

უნდა გაიზომოს ერთ- ან მრავალელემენტის სვეტების თითოეული იზოლატორის წინაღობა. იგი უნდა იყოს არანაკლებ 300 მომი. ამის შემდეგ უნდა ჩატარდეს იზოლატორის გამოცდა სამრეწველო სიხშირის აწეული ძაბვით. კერამიკული იზოლატორების გამოცდის დრო 1 წუთია, ხოლო მყარი ორგანული მასალისაგან დაშლადებული იზოლატორებისა – 5 წუთი. საყრდენ-დეროვანი იზოლატორების ელექტრული სიმტკიცე ძალიან მაღალია, ამიტომ მათი ელექტრული გამოცდა აუცილებელი არ არის, ხოლო მექანიკური სიმტკიცე 35-220 კგ ძაბვის გამოთიშებისა და განმაცალკეებლები-სათვის მოწმდება დუნვაზე. მრავალელემენტის მანჭკაღისებრი 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 ზევით ძაბვაზე, აგრეთვე გამოიშვებისათვის ნომინალური დენით 1000 ა და ზევით ნებისმიერ ძაბვაზე მოწოდება მუდმივი დენით წინაღობის გაზომვით. წინაღობების მნიშვნელობები უნდა იყოს არაუმეტეს ქვემოთ მოყვანილ ცხრილი 1.6-ში ნაჩვენებია.

ცხრილი 1.6

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

დინამომეტრით უნდა შემოწმდეს გამოიშვებისა და განმაცალკევებლების მოძრაობის დანის გამოწვევის ძალვა. დინამომეტრი უნდა მოვდით საკონტაქტო წერტილში. გაზომვის შედეგად მიიღება ძალვა, რომლის დროსაც მოძრაობი კონტაქტი გამოდის უძრავიდან. არასწორი შედეგის თავიდან ასაცილებლის მიზნით, გამოიშვის კონსტრუქციისა და დაყენებიდან გამომდინარე, ძალა უნდა მოედოს მკაცრად ჰორიზონტალურად ან ვერტიკალურად. ძალვის მინიმალური მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილი 1.7-ში.

ცხრილი 1.7

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

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

გამოიშვების, მოკლედ შემოწმდებისა და განმაცალკევებლების საბოლოო შეფასებისათვის, რომელთაც გააჩნიათ ელექტრონი ამძრაობი აღარმოებენ მრავალჯერად ჩართვასა და გამორთვის ოპერატიული დენის ნორმალური ძაბვისა და მისი 80, 90 და 110%-ის დროს.

1.14. განმმუხტველები

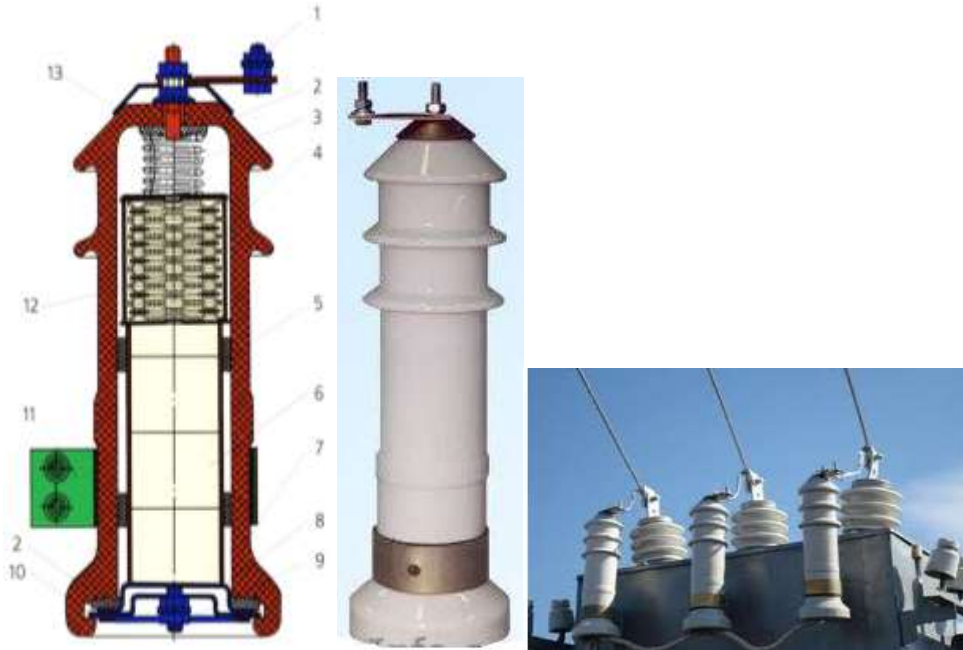
განმმუხტველები გამოიყენება ჭექა-ქუხილისა და ელექტრონული წრედების დროს წარმოშობილი გადაძაბვების შეზღუდვის მიზნით, რომლებიც ზემოქმედებენ ელექტრო გადაცემის ხაზის იზოლაციაზე ან ელექტროსადგურის მოწყობილობაზე.

განმმუხტველები არის ორი სახის: ვენტილური და მილისებრი.

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

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

თავისი დანიშნულების მიხედვით ვენტილური განმმუხტველები იყოფა: ელექტრომოწყობილობის ატმოსფერული გადაძაბვებისაგან დამცავი; მანქანებისა და მოწყობილობების ატმოსფერული და ხანმოკლე შიგა გადაძაბვებისაგან დამცავი და წვევის ელექტრომოწყობილობების გადაძაბვებისაგან დამცავი. ნახ. 1.17.ა-ზე ჭრილში მოცემულია _10 ტიპის ვენტილური განმმუხტველი, ნახ. 1.17.ბ-ზე მისი ფოტო, ხოლო ნახ. 1.17.გ-ზე სატრანსფორმატორო ქვესადგურზე დამონტაჟებული სახით. იმისი ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი.



ნახ.1.17. -10 ტიპის გენტილური 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 - ჩამაშივებელი სარჩები; 10 _ მეტალის სუგმენტი; 11 - სამაგრი ცალული; 12 _ განმმუხტველის სანაპერწკლო შუალედი; 13 _ ხუფი

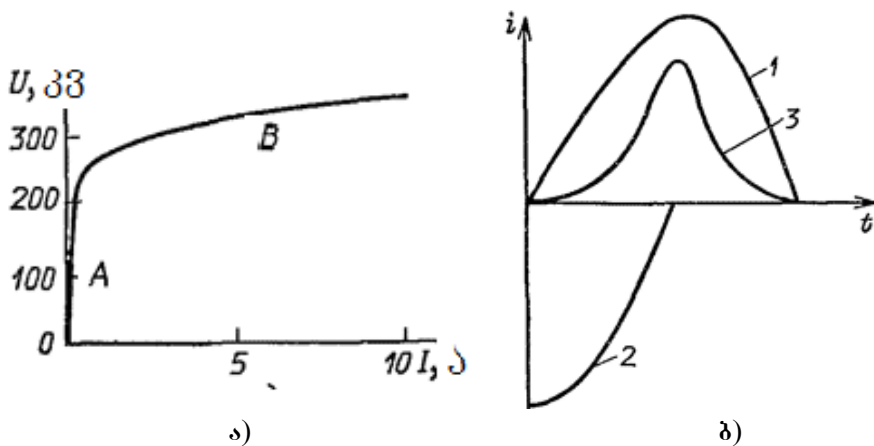
განმმუხტველი შედგება ორი ძირითადი კვანძისგან: სანაპერწკლო შუალედის ბლოკისაგან და ვილიტის დისკოების სვეტისაგან (მუშა წინაღობა), რომლებიც მოთავსებულია ოზონომედეგი რეზინით შემჭიდროებულ ჰერმეტიკული ფაიფურის კორპუსში. მრავალჯერადი საჰაერო შუალედი შედგება რამდენიმე მიმდევრობით შეერთებული ერთეული შუალედებისაგან, რომლებიც მოთავსებულია ქაღალდ-ბაკელიტის ბუდეში. თითოეული საჰაერო შუალედი შედგება ორი ფიგურული საყელურისაგან, რომელთა შორის მოთავსებულია მიკანიტის რგოლები. საჰაერო შუალედების მთელი ბლოკი მოთავსებულია კორპუსის ზედა ნაწილში და დაჭერილია სპირალური ზამბარით. მუშა წინაღობა შედგება ვილიტის დისკოების ნაკრებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან ჩართულია მიმდევრობით და გააჩნიათ გენტილური თვისებები: მოდებული ძაბვის გაზრდით ვილიტის

გამტარობა მკვეთრად იზრდება ხოლო ძაბვის შემცირებით – მკვეთრად მცირდება. განმმუხტველის შემყვანს აქვს სპეციალური ყური ჭანჭიკით მის ჩამოსაკიდებლად, ხოლო მეორად დასამაგრებლად გამოიყენება მეტალოკონსტრუქციის ცალკეი. მაღალი ძაბვის ნაზის ფაზის გამტარი ფორფიტის გავლით საჰაერო შუალედთან შეერთებულია ზემოდან, ხოლო ჩამამიწებელი გამტარი უშუალოდ ან მუშა წინაღობასთან ელექტრული კონტაქტის მქონე ამუშავეების რეგისტრატორის გავლით – ქვემოდან.

ნორმალურ რეჟიმში საჰაერო შუალედები ქსელისაგან გამოყოფილია მუშა წინაღობით. გადაძაბვების აღდგრისას საჰაერო შუალედები გაიზღვევა და ქსელი შეერთდება მიწასთან ვილიტის წინაღობის გავლით. საჰაერო შუალედის გარღვევის პირველ მომენტში ვილიტის დისკოებზე მოდებული იქნება მაქსიმალური გადაძაბვა და ამ დროს მათი გამტარობა იქნებ უდიდესი. მიწასთან განმუხტვის შედეგად ქსელის ძაბვა მცირდება და დისკოების გამტარობაც მცირდება.

ვილიტის რეზისტორის ტიპური ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი მოცემულია ნახ. 1.18.ა-ზე. მცირე დენების დროს წინაღობა დიდია და დენის ზრდით ძაბვა წრფივად იზრდება (უბანი). დიდი დენების დროს წინაღობა მკვეთრად მცირდება და ძაბვა თითქმის არ იზრდება (უბანი).

ნახ.1.18. ბ-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 ამსუბუქებს ელექტროდებს შორის რკალის ქრობის პროცესს.



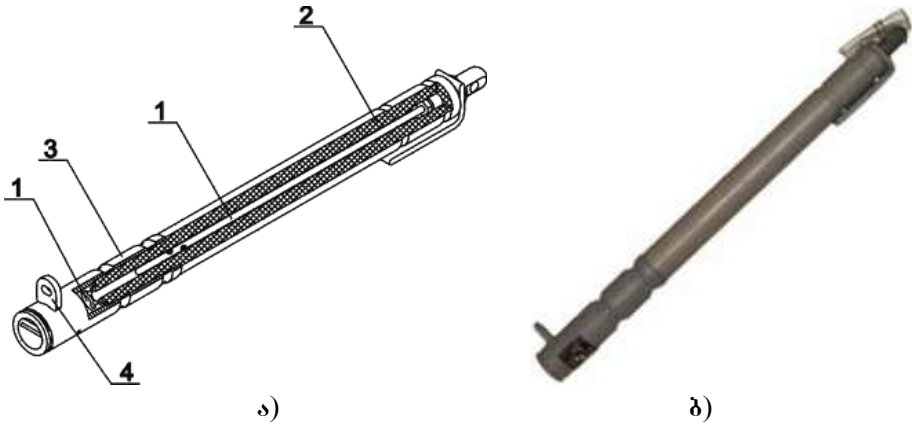
ნახ. 1.18. ჩ -10 ტიპის ვენტილური განმმუსტგელის ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი. 1 _ 50 ჰც სისშირის წყაროს ძაბვა; 2 _ ინდუქციური წინაღობით განსაზღვრული დენის მრუდი; 3 _ მუშა წინაღობით განსაზღვრული დენის მრუდი

მუშა რეჟისტორები მზადდება 0,1_0,15 მ დიამეტრისა და 20_60 მმ სისქის დისკოს სახით, რომლებიც ერთმანეთთან მყარად დაკავშირებულია თხევადი მინით. გამრღვევი ძაბვის შექცირების მიზნით დისკოების რიცხვი შეიძლება შექცირდეს. დენის გავლის დროს დისკოების ტემპერატურა იმატებს. დიდი ამპლიტუდისა და მცირე (ათეული მიკროწამი) ხანგრძლივობის იმპულსური დენების გავლის დროს რეჟისტორები ვერ ასწრებენ განურებას მაღალ ტემპერატურამდე. სამრეწველო სისშირის მცირე დენების ხანგრძლივად გავლისას რეჟისტორების ტემპერატურამ შეიძლება გადააჭარბოს დასაშვებ სიდიდეს, დისკოები კარგავენ თავის ვენტილურ თვისებებს და განმმუსტგელი გამოდის მწყობრიდან. 100 მმ დიამეტრის დისკოს დენის იმპულსის დასაშვები ამპლიტუდა არის 10 კა 40 მკწმ ხანგრძლივობით. იმპულსური დენის გავლის შემდეგ განმმუსტგელში იწყებს გავლას სამრეწველო სისშირის თანხმლები დენი. ამ დენის ნულოვან მნიშვნელობასთან მიახლოებისას ვილიტის წინაღობა მკვეთრად იზრდება და განმმუსტგელი მზად არის შემდგომი მუშაობისათვის.

1.15. მილისებრი განმმუსტგელები

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

ელექტროგადაცემის ხაზების დენგამტარ ნაწილებთან მილისებრი განმმუსტგელების ჩართვა ხდება გარე სანაპერწკლო შუალედით. მილისებრი განმმუსტგელები, როგორც წესი, უზრუნველყოფენ 7_8 წარმატებულ ამოქმედებას, რის შემდეგაც იგი უნდა შეიცვალოს. ნახ. 1.19-ზე მოცემულია PTB-10-0, 5/2, 5 V1 ტიპის მილისებრი განმმუსტგელის ქრილი და საერთო სახე.



ნახ.1.19. მილისებრი განმმუხტველი ჭრილში (ა) და საერთო სახე (ბ).
 1 – მეტალის ელექტროდები; 2 – ვინილასტის მილი; 3 – მეტალის დაბოლოება; 4 – მომჭერი

PTB-10-0, 5/2, 5 Y1 ტიპის განმმუხტველი კონსტრუქციულად წარმოადგენს ვინილასტის მილში (2) მოთავსებული მეტალის ორი ელექტროდის (1) მიერ შედგენილ დახურულ სანაპერწკლო შუალედებიან აპარატს. ერთი ელექტროდის ბოლო მომჭერის (4) საშუალებით შეერთებულია დია დაბოლოებასთან. განმმუხტველების დამაგრება სორციელდება ცალუდების დახმარებით.

ნორმალური მუშაობის დროს მილისებრი განმმუხტველი გამოყოფილია ხაზისაგან საჰაერო შუალედით. გადაძაბვების გაჩენის დროს გაირღვევა სანაპერწკლო შუალედები და იმპულსური დენი გადავა მიწაში. იმპულსური დენის გავლის შემდეგ განმმუხტველში მიედინება სამრეწველო სისქის თანმხლები დენი. არმაგენერირებელი მასალისაგან დამზადებული გარსაკრის ვიწრო არხში ელექტროდებს შორის არსებულ შუალედში აინთება რკალი. გარსაკრის შიგნით აიწეკვს წნევა. ჭარმოქმნილი აირებს შეუძლიათ გამოვიდნენ რგოლურ ელექტროდში არსებული სვრელით, როდესაც დენი მი-აღწეკვს ნულოვან მნიშვნელობას განმმუხტველიდან გამომავალი აირებით შიგა სანაპერწკლო შუალედის გავლით მოხდება რკალის ჩაქრობა. ჩამამიწებელ ელექტროდს გააჩნია ბუფერული მოცულობა, სადაც გროვდება შეკუმშული აირის პოტენციალური 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 შეადგენს 10 კა, ხოლო ვინილბლასტის გარსაკრისათვის – 20 კა. 50 ჰც სიხშირის თანმხლები დენის მნიშვნელობა დამოკიდებულია განმმუნტგველის განლაგების ადგილზე და ენერგოსისტემის მუშაობის რეჟიმიდან გამომდინარე იცვლება ფართო დიაპაზონში. ამიტომ საჭიროა განმმუნტგველის დაყენების ადგილზე ცნობილი იყოს მოკლედ შერთვის დენების მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობა. განმმუნტგველის მინიმალური დენი განისაზღვრება მილის ქრობითი უნარით. რაც უფრო ნაკლებია გამოსაბოლოქვი არხის დიამეტრი და რაც უფრო მეტია მისი სიგრძე, მით უფრო ნაკლებია გათიშვის დენის ქვედა ზღვარი. ამასთანავე დიდი დენების დროს მილში აღიმურება მაღალი წნევა, ამიტომ არასაკმარისი მექანიკური სიმტკიცის მილის დროს შეიძლება მოხდეს განმმუნტგველის დაშლა. დღეისათვის გამოშვებულია მაღალი სიმტკიცის ვინილბლასტის განმმუნტგველები 20 კა-მდე გამორთვის დენით.

მილისებრი განმმუნტგველების მუშაობას თან ახლავს ძლიერი ხმოვანი ეფექტი აირების გამოტყორცნით. აირების გამოტყორცნის ზონას აქვს კონუსის ფორმა დიამეტრით 3,5 და სიმაღლით 2,2 მ, ამიტომ განმმუნტგველის განლაგებისას საჭიროა ამ ზონაში არ მოხდეს მაღალი პოტენციალის მქონე ელემენტები.

1.16. ვენტილური განმმუნტგველების დიაგნოსტიკა

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

თუ მილტურნა შეერთებების ჭანჭიკების თავები და ქანჩები შეუდებავია, მაშინ მილტურნას სახურავების ზედაპირზე შეიძლება გამოჩნდეს ჟანგის ნადგენთი, რომელიც შექმნის დენის გატარების გზას, რამაც შეიძლება

მიგვიყვანოს განმმუხტველის ზედაბირის გადაფარვამდე. ასეთი განმმუხტველები უნდა გამოირთოს და მათი ზედაბირი უნდა გაიწმინდოს.

საშიშროებას წარმოადგენს განმმუხტველის გარშემო მაღალი ბალახი, რომელმაც შეიძლება დააშუქოს მისი ქვედა ელემენტები. განმმუხტველის იზოლაციის გაჭუჭყიანების შემთხვევაში იგი უნდა გამოირთოს და გაიხეოს, ხოლო ბალახი მოითიბოს. ბალახის მოსპობის ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს განმმუხტველის დაყენების ზონაში ნიადაგის ქიმიური დამუშავება.

ექსპლუატაციის გამოცდილება აჩვენებს, რომ განმმუხტველების შიგნით შეიძლება იყოს დაზიანებები: მაშუნტირებელი რეზისტორების წრედის გაწყვეტა, მიმდგრებოთ შეერთებული რეზისტორების დისკების დანესტიანება და სხვა. ასეთი სახის დაზიანებები ჩვეულებრივ გლინდება პროფილაქტიკური გამოცდებისას.

ამავდროულად, განმმუხტველის შიგნით დაზიანების პროცესის განვითარების დროს შეიძლება აღიძრას განმმუხტველებისათვის არადაძმანსიათებელი ხმაური, რომლებიც შეიძლება შემჩნეული იქნას მოსმენით.

განმმუხტველებზე ყველა სახის სამუშაოები ჩატარებული უნდა იქნეს კიბე-პწკალიდან. მისადგმელი კიბის გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს ფაიფურის სახურავის გატყენვა.

განმმუხტველის მიერთებების ჩამოწება უნდა მოხდეს სტაციონარული ჩამამოწებლით, ხოლო მისი არქონის შემთხვევაში განმმუხტველის ახლოს დაყენებული გადასატანი ჩამამოწებლით.

განტილური განმმუხტველების იზოლაციის საერთო და ცალკეული ელემენტის წინააღობის გაზომვა უნდა მოხდეს 2500 გ მეგაომეტრით. Π სერიის განმმუხტველის საერთო წინააღობა უნდა იყოს არანაკლებ 5000 მომი.

ჩ სერიის განმმუხტველი აიწყოთა ცალკეული ელემენტებისაგან სვეტის სახით. ძაბვის შედარებით თანაბარი განაწილების მიზნით რეკომენდირებულია განმმუხტველის აწყოთა ერთი ჯგუფის ელემენტებისაგან. ნაკლები წინააღობის ელემენტები უნდა განლაგდეს ძაბვის ქვეშ მყოფ სადენთან (სალტესთან) ახლოს, ხოლო დიდი წინააღობის ელემენტი – ფუნდამენტის ფილასთან ახლოს.

ჩ სერიის განმმუხტველის ცალკეული ელემენტების წინააღობები იყოფა ექვს ჯგუფად. თითოეული ჯგუფის წინააღობა მეგაომებში მოცემულია ცხრილი 1.8-ში.

ჯგუფის ნომერი	ჩ -33	ჩ -20	ჩ - 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

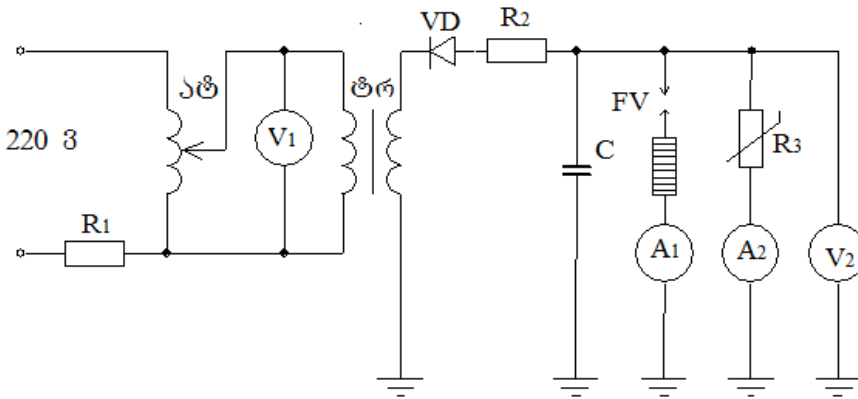
– 6, – 10, – 15, – 20 ტიპის განმმუსტვებლები შედგებიან ერთი ძირითადი ელემენტისაგან და აქვთ წინააღობის მნიშვნელობები მეგაომებში შემდეგი საზღვრებში; – 6 -100 – 250 მომი; – 10 -170- 550 მომი; – 15 - 600 – 2000 მომი, – 20 - 1000 - 10000 მომი. – 35 ტიპის განმმუსტვებელი შესდგება ორი ძირითადი ელემენტისაგან წინააღობით 600–2000 მომი; Γ -110 ტიპის განმმუსტვებელი შესდგება სამი Γ – 150 - ოთხი, Γ – 220- ექვსი, Γ – 330 - რვა, Γ – 400 - ათი, Γ – 500 – თორმეტი ძირითადი ელემენტისაგან წინააღობით 400–2500 მომი (ჯგუფების მიხედვით: ბირველი – 400 – 700 მომი, მეორე – 700 – 1000 მომი, მესამე – 1000 1500 მომი, მეოთხე – 1500 – 2500 მომი).

კომბინირებული განმმუსტვებლები შესდგებიან: – 330 Π -17 ელემენტისაგან (11 ძირითადი, 3 გენტილური, 3 სანაპერწკლო); – 400Π - 21 ელემენტისაგან (13 ძირითადი, 4 გენტილური, 4 სანაპერწკლო), – 500 – 27 ელემენტისაგან (17 ძირითადი, 5 გენტილური, 5 სანაპერწკლო). ამ განმმუსტვებლების გენტილური ელემენტების წინააღობებია $(5_{-55}) \times 10^{-3}$ მომი, სანაპერწკლო ელემენტების - 300 – 1600 მომი, ძირითადი ელემენტების – 120 – 500 მომი (ბირველი ჯგუფი - 120 – 250 მომი, მეორე ჯგუფი - 250 – 350 მომი, მესამე ჯგუფი – 350 – 500 მომი).

განმმუსტვებლების გამტარობის (გაუნვის) დენის მნიშვნელობის გაზომვა წარმოებს ნახ. 1.20-ზე წარმოდგენილი სქემით.

გენტილური განმმუსტვებლების გამტარობის დენები დამოკიდებულია კვების წყაროს დაბგაზე, ამიტომ გამტარობის დენების გაზომვის დროს გამართული დაბგის კონტროლი უნდა გაწარმოთ მაღალი დაბგის მხრიდან კილოვოლტმეტრით ან გაზომვით გამტარობის დენები მოცემული ტიპის განმმუსტვებლებისათვის დაგრაღირებული ეტალონური ელემენტის

დახმარებით. ამისათვის გამტარობის დენების გაზომვის სქემაში გამოსაცდელი განმმუხტველის მაგიერ ჩადგამენ ეტალონურ ელემენტს (ჩ -2), მარეგულირებელი მოწყობილობის დახმარებით ზრდიან გამოსაცდელ ძაბვას იმ მნიშვნელობამდე, რომლის დროსაც გამტარობის დენი ტოლია მოცემული ტიპის განმმუხტველის გამტარობის დენის საშუალო ნორმირებული მნიშვნელობისა. შემდეგ სქემაში ეტალონური ელემენტის მაგიერ ჩადგამენ გამოსაცდელ განმმუხტველს და გაზომავენ მისი გამტარობის დენს იმავე საცდელ ძაბვაზე. თუ ამ დროს გამტარობის დენი შეესაბამება ნორმას, მაშინ განმმუხტველის ელემენტი აკმაყოფილებს მოთხოვნებს. ეტალონური ელემენტის დაგრადუირება თითოეული ტიპის განმმუხტველისათვის წარმოებს ცალ-ცალკე.



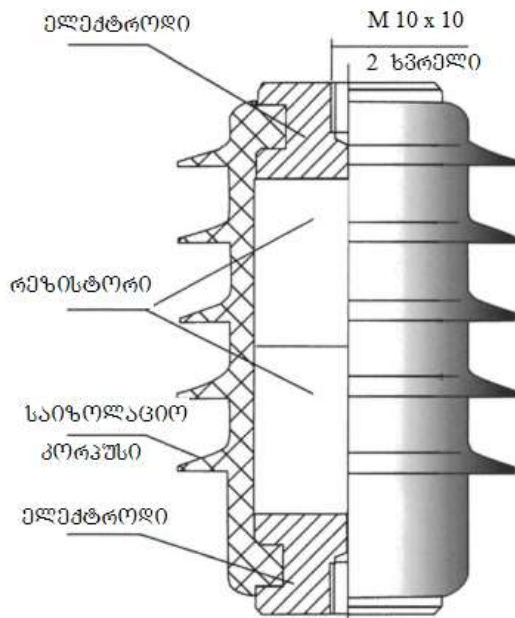
ნახ. 120. განმმუხტველის გამტარობის დენის გაზომვის სქემა. R_1 - დამცავი რეზისტორი; ატ - ავტოტრანსფორმატორი; ტრ - გამოსაცდელი ტრანსფორმატორი; V_1 - ვოლტმეტრი; - გამმართველი; I_2 - დენშემზღუდვი რეზისტორი; R_3 - დამატებითი რეზისტორი არაწრფივი ფოლტამპერული მახასიათებლით; ჩ - გამოსწორებელი კონდენსატორი; V - გამოსაცდელი განმმუხტველი; 1 და 2 - მიკროამპერმეტრები; V_2 - კილოვოლტმეტრი V_1 ვოლტმეტრის დაგრადუირებისათვის; I_2 - დენშემზღუდვი რეზისტორის წინააღობა (კომი) აირჩევა ბირობიდან I_2 გამოსაცდ. (კვ)/0,1

გამრღვევი ძაბვისა და გამტარობის დენის მნიშვნელობები მოცემულია განმმუხტველების საბასბორტო მონაცემებში.

1.17. გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველები

გადაძაბვების არაწრფივი შემწლედგელები (ნახ. 1.21) მიეკუთვნება მაღალი ძაბვის აპარატებს და გამოიყენება ელექტრომოწყობილობების ყველა სახის გადაძაბვისაგან დაცვის მიზნით, რომლებიც შეიძლება აღიძვრას სამრეწველო სიხშირის ცვლადი დენის საშუალო და მაღალი კლასის ძაბვების ელექტრულ ქსელებში. ეს აპარატები ხასიათდებიან კარგი საექსპლუატაციო თვისებებითა და საიმედოობით. ვენტილური განმმუხტველებისაგან განსხვავებით მათ არ გააჩნიათ სანაპერწკლო შუალედები.

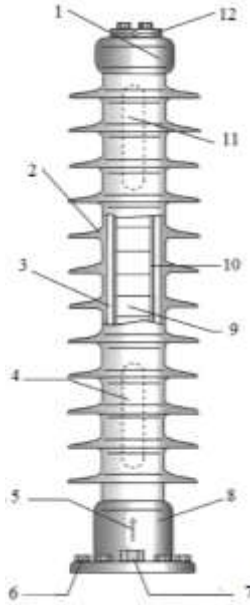
ამ შემწლედგელების მოქმედების პრინციპი დამყარებულია თუთიის ჟანგის არაწრფივი ფოლტამპერული მანასიათებლის გამოყენებაზე. შემწლედგელზე ნომინალური ძაბვის მოდების დროს მასში გამაგალ დენს აქვს ტევადობითი ხასიათი და ძალიან მცირეა. გადაძაბვების აღძვრის დროს შემწლედგელში გამაგალი დენი ზეგავისებურად იზრდება და შეიძლება მიაღწიოს რამდენიმე ათას ამპერს. დენის იმპულსის გავლის შემდეგ, რომელიც განპირობებულია შემწლედგელზე ძაბვის გაზრდით, მისი იზოლაცია აღსდგება და გამაგალი დენი დაუბრუნდება თავის ნომინალურ ათეულობით მიკროამპერ მნიშვნელობას. ნახ. 1.21-ზე მოცემულია ОПН/ТЕ - 35,110, ხოლო ნახ.1.22-ზე – ОПН 27-220 ტიპის გადაძაბვის არაწრფივი შემწლედგელი ჭრილში და საერთო სახით.



ა)

ბ)

ნახ. 1.21. OPH/TE -35,110 ტიპის გადაძაბვის არაწრფივი შეშლუდველი ჭრილში (ა) და საერთო სახე (ბ): 1 და 4 – ელექტროდი;



ა)

ბ)

ნახ. 1.22. OPH 27-220 ტიპის გადაძაბვის არაწრფივი უეშლუდგელი ჭრილში (ა) და საერთო სახე (ბ): 1 – ზედა მილტურა; 2 – გარე იზოლაცია; 3 – მინაებოქსიდის ცილინდრი; 4 და 11 – დამცავი მოწყობილობა;

- 5 – გამონაბოლქვის მიმართულების მარკერი; 6 – სამაგრი ჭანჭიკი;
 7 – ჩამიწების ჭანჭიკი; 8 – ქვედა მილტუნა; 9 – რეზისტორი;
 10 – შიგა იზოლაცია; 12 – საკონტაქტო მომჭერი

გადაძაბვის არაწრფივი შექმლუდგელები, რომლებმაც უნდა შეცვალონ გენტილური განმმუსტგელები, შეიძლება დაყენებული იქნეს მათთან ერთად ერთ ელექტროდანადგარზე. ამიტომ გადაძაბებისაგან დაცვის სისტემის რეკონსტრუქცია შეიძლება მოხდეს თანდათანობით.

გადაძაბების არაწრფივი შექმლუდგელების უპირატესობებია:

- კონსტრუქციის სიმარტივე და მაღალი საიმედოობა;
- განმმუსტგელებთან შედარებით გადაძაბების უფრო ღრმა შეზღუდვა;
- საიზოლაციო კორპუსის გარე გაჭუჭყიანებისადმი შედეგობა;
- შინაგანი გადაძაბვის შეზღუდვის უნარი;
- პოლიმერულ კორპუსიანი შექმლუდგელების დიდი ფეთქებადუსაფრთხოება;
- განმმუსტგელებთან შედარებით მცირე მასა და გაბარიტები;
- შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მუდმივი დენის ქსელებში.

შექმლუდგელები აირჩევა მისი დაყენების ადგილზე ცხრილი 1.9-ში მოცემული მუშა ძაბვების მიხედვით.

ცხრილი 1.9

ელექტრომო- წყობილობის ძაბვის კლასი, კვ	ელექტრომო- წყობილობის უდიდესი მუშა ძაბვა, კვ	ელექტრული ქსელის ნომინა- ლური ძაბვა, კვ	ელ.ქსელის 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

გადაძაბების შექმლუდგელი არჩეული უნდა იქნეს ელექტრო-
მოწყობილობის უდიდესი მუშა ძაბვის მიხედვით. შემდეგ მხედველობაში
მიღებული უნდა იქნეს მიწასთან ერთფაზა მოკლედ შერთვის დენი და მისი
ხანგრძლივობა, გადაძაბების სავარაუდო ხანებში, შინაგანი გადაძაბების
ჯერადობა, ქსელის სტრუქტურა და მისი ელემენტების მახასიათებლები.

ძალიან ტრანსფორმატორების ქეჩა-ქუნილის დროს წარმოშობილი გადაძაბვებისაგან დასაცავად შემზღუდველები დაყენებული უნდა იქნეს საკომუტაციო აპარატამდე და ტრანსფორმატორის შემყვანიდან ქვესადგურის ჩამამიწებელ მოწყობილობასთან მიერთებული უნდა იქნეს უმოკლესი გზით (ნახ.1.23).



ნახ.1.23. გადაძაბვების

შემზღუდველის

დაყენება ტრანსფორმატორზე

პროფილაქტიკურ გამოცდებს. შემზღუდველის მუშაობის ნორმატიული ხანგრძლივობის ვადაა 25 წელი, ხოლო ექსპლუატაციის საგარანტიო ვადაა 5 წელი.

ტრანსფორმატორთან ერთად ერთ უჯრედში დაყენების დროს რეკომენდირებულია შემზღუდველი დაყენდეს მცველებამდე, რომ იმპულსური დენის გავლის დროს თავიდან ავიცილოთ მცველების გადაწვა.

შემზღუდველი, როგორც წესი, დასაცავ მოწყობილობასთან მიერთებულია პარალელურად “ფაზა_მიწა” სქემით, ამასთანავე, შემზღუდველის მიერთება ჩამამიწების სალტესთან სორციელდება ხისტად ქანჩის საშუალებით, ხოლო ფაზურ სალტესთან – უმოკლესი გზით, არანაკლებ ნმმ² განიგვეკეთის ერთპარღვიანი სპილენძის სადენით ან არანაკლებ 16 მმ² განიგვეკეთის ალუმინის სადენით.

ზღუდველები არ ექვემდებარებიან ღში არ მოითხოვენ აწეული ძაბვით

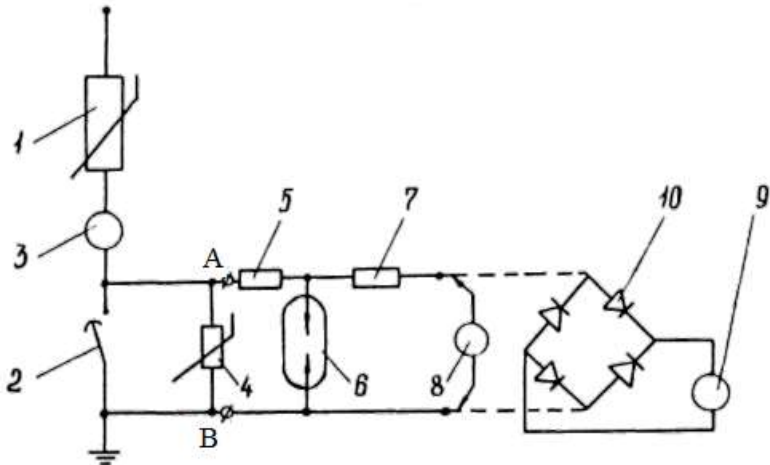
1.18. გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველების დიაგნოსტიკა

გადაძაბვების არაწრფივი შემზღუდველების დიაგნოსტიკა მცირედ განსხვავდება განმმუნტველების დიაგნოსტიკისაგან.

პირველ რიგში ტარდება გარეგანი დათვალიერება კვანტილური განმმუხტველების მსგავსად. შემდეგ 2500 ვ მეგაომეტრით იზომება იზოლაციის წინააღობა და გამტარობის დენი. ელემენტის იზოლაციის წინააღობა უნდა იყოს არანაკლებ 7000 მომი.

სანაპერწკლო შუალედის არ არსებობის გამო ნორმალურ რეჟიმში რეზისტორში ყოველთვის გადის მცირე სიდიდის გამტარობის დენი, რაც იწვევს თუთიის ოქსიდის კერამიკის დაძველებას. ამიტომ ექსპლუატაციის დროს სისტემატიურად უნდა შემოწმდეს გამტარობის დენის მნიშვნელობები და არ დაგუშვათ მისი გაზრდა იმ მნიშვნელობამდე, რომელიც გამოიწვევს რეზისტორების თბურ გარღვევასა და მწყობრიდან გამოსვლას.

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



ნახ.1.24. გადაძაბვების შემზღუდველის გამტარობის დენის გაზომვის სქემა მუშა ძაბვის ქვეშ. 1 - გადაძაბვების შემზღუდველი; 2 - ჩამოწების დანა; 3 - ამუშავების რეგისტრატორი; 4 - დამცავი არაწრფივი რეზისტორი; 5 და 7 - რეზისტორები MЛT -2, 15 კომი; 6 - განმმუხტველი -350; 8 - ცვლადი დენის მილიამპერმეტრი; 9 - მუდმივი დენის მილიამპერმეტრი; 10 - დიოდი 10 მა დენზე. - გასაზომი სქემის ჩასართავი მომჭურები

გამოსაცდელი ძაბვა ОПН-110 ტიპის შემზღუდველებისათვის შეადგენს 73 კვ, ხოლო ყველა დანარჩენი ტიპისათვის - 75-100 კვ. გამტარობის დენი არ უნდა აღემატებოდეს საბაზორტო მონაცემებს 20%-ზე მეტად, პრაქტიკულად - 1 მა-ს. უდიდესი დასაშვები გამტარობის დენის მნიშვნელობები შემზღუდველის ტიპების მიხედვით მოყვანილია ცხრილი 1.7-ში.

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

ОПН_500 და ОПНИ-500 ტიპის შემზღვეველების 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 გამანაწილებელ მოწყობილობებში, კომპლექტური გამანაწილებელი მოწყობილობებში დენგამტარი ნაწილების იზოლაციისა და დამაგრებისათვის გამოყენებული ფაიფურის საყრდენ-დეროვანი იზოლატორებისა და რეზერვის იზოლატორების მექანიკური მდგომარეობის კონტროლისათვის, როგორც ძაბვის მოხსნით, ასევე ძაბვის მოუხსნელად გამოიყენება მობილური ინდიკატორული კომპლექსი МИК_1 (ნახ.1.25). მისი გამოყენება შეიძლება ნებისმიერ ამინდში, გარდა ჭექა-ქუხილისა – 30 გრადუს ტემპერატურამდე.

იზოლატორების მექანიკური მდგომარეობის კონტროლის განხორციელებისათვის ინდიკატორს გააჩნია რეგისტრაციის ბლოკი, რომელიც უზრუნველყოფს ინფორმაციის გადაცემას პენსონალურ კომპიუტერზე. რომელზეც გადაცემული ინფორმაციის მიღება დამუშავებისათვის დაყენებულია სპეციალიზირებული პროგრამების პაკეტი. ბლოკზე დარეგისტრირებული ინფორმაცია გადაეცემა საკონტროლო პუნქტს, სადაც დიაგნოსტიკური მანასიათებლების მიღების მიზნით მუშავდება სპეციალური პროგრამით და მიღებული შედეგების ანალიზით მსჯელობენ იზოლატორის მუშა უნარიანობაზე. ბლოკს შეუძლია საკუთარ მახსოვრობაში შეინახოს არანაკლებ 1000 ვაზომვის შედეგი.



ნახ. 1.26. ავუსტუკურ-ემისიური კონტროლის ხელსაწყო ПАК- 3М

საყრდენ-დეროვანი იზოლატორების დიაგნოსტიკის საქმეში დიდ გამოყენებას პოულობს აგრეთვე აკუსტიკურ-ემისიური კონტროლის ხელსაწყო ПАК-3М (ნახ. 1.26). იგი წარმოადგენს კომპაქტურ, გადასატან, ინდიკატორული ტიპის, ორარხიან ხელსაწყოს, რომელიც იძლევა გამოთქმის პოლუსების ერთდროულად ორი იზოლატორის კონტროლის საშუალებას. ხელსაწყო იჭერს, აძლიერებს და გადაამუშავებს აკუსტიკურ-ემისიურ სიგნალებს და ციფრულ ტაბლოზე გამოიტანს ამ სიგნალების აქტივობის მიმდინარე მნიშვნელობებს. კონტროლის ჩატარების შედეგად ხელსაწყო ასახავს იზოლატორების აკუსტიკურ-ემისიურ მახასიათებლებს და ავტომატურად იღებს გადაწყვეტილებას იზოლატორების შემდგომი ექსპლუატაციისათვის გარვისიანობის შესახებ “ნორმა” ან “დეფექტი”.

აკუსტიკურ-ემისიური მეთოდი დაფუძნებულია განვითარებადი ბზარების მქონე მასალაში გენერირებული აკუსტიკური სიგნალების რეგისტრაციაზე. რეგისტრაციის შედეგად განისაზღვრება ბზარების პარამეტრები, ხოლო შემდეგ მათი რაოდენობა და ნაკეთობაში დეფექტების განვითარების ხარისხი. საშიში ბზარების განვითარება, რომელსაც მიყვავართ იზოლატორის ტენვამდე, შეიძლება აღმოვაჩინოთ კაიზერის ეფექტის დახმარებით, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ კარგი ხარისხის ნაკეთობაში ორმაგი შექანიკური დატვირთვისას მეორე ციკლში აკუსტიკურ-ემისიური აქტივობა პრაქტიკულად ხულის ტოლია, ხოლო მზარდი ბზარის არსებობისას – დიდა.

საყრდენ-დეროვანი იზოლატორების მდგომარეობის კონტროლი ტარდება შემდეგი თანმიმდევრობით: წინდაწინ აირჩევა საცდელი დატვირთვა, რომელიც ტოლი უნდა იყოს მოცემული ტიპის იზოლატორის მინიმალური დამშლელი დატვირთვის 40%-ის ან კონკრეტული პირობებიდან გამომდინარე – ცოტათი უფრო მცირე. გამოთქმის პოლუსების ორ იზოლატორის წყდა მილტუჩებზე ამაგრებენ მოსაჭიმი მოწყობილობას, ხოლო

ფაიფურებზე აკუსტიკურ-ემისიურ გადამწოდებს. აბრუნებენ მოსაჭიში მოწყობილობის საგალ სრახსს და იზოლატორებზე მოქმედ ძალვას ზრდიან დასაშვებ მნიშვნელობამდე. ამ მნიშვნელობას იჭერენ 60 წმ-ის განმავლობაში. შემდეგ დატვირთვას ამცირებენ არჩეულ საცდელ მნიშვნელობამდე. მიღწეულ მუდმივ საცდელ დატვირთვაზე ხელსაწყო ანალიზს უკეთებს ჯამურ აკუსტიკურ-ემისიურ აქტივობას და იღებს გადაწყვეტილებას იზოლატორის გარგისიანობის შესახებ.

მაღალი (110 კგ) ძაბვის საყრდენ-დეროვანი იზოლატორების მდგომარეობის კონტროლის თანამედროვე ხელსაწყოს წარმოადგენს აკუსტიკური კონტროლის ხელსაწყო МЕТАКОН – ЭКСПРЕСС -110 (ნახ. 1.27). ხელსაწყო გამოიყენება 110 კგ ძაბვის ფაიფურის საყრდენ-დეროვანი იზოლატორების ოპერატიული დიაგნოსტიკისათვის. იგი საშუალებას იძლევა გამოკვლეული იქნას 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. 1.27. აკუსტიკური კონტროლის ხელსაწყო
МЕТАКОН _ ЭКСПРЕСС _110

სხვა ხელსაწყოებთან შედარებით მისი ძირითადი უპირატესობებია: ხელსაწყო ფარგისაა 110 კგ ძაბვაზე განკუთვნილი ფაიფურის ნებისმიერი ტიპის საყრდენ-ღეროვანი 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 არ აღემატება 5 წთ-ს; გამოცდის შედეგები ინახება ხელსაწყოს მენსიურებაში, შეიძლება გადაცემული იქნეს კომპიუტერზე, (რაც იძლევა საშუალებას თვალყური ვადევნოთ თითოეული იზოლატორის მდგომარეობას რამდენიმე წლის განმავლობაში) და დაიბეჭდოს აქტის სახით.

1.20. მაღალვოლტიანი დნობადი მცველები

სასოფლო ელექტრულ დანადგარებში მაღალ ძაბვაზე გამოიყენება ПКТ, ПKH და ПBT ტიპის მცველები.

ПКТ ტიპის მცველები კვარცის სილით (ნახ.1.28) მზადდება 6_35 კვ ძაბვაზე და 40–400 ა ნომინალურ დენზე. ფართო ვაგრცელება ჰპოვა ПКТ -10 ტიპის მცველებმა 10 კვ ძაბვაზე, რომლებიც ყენდება 10/0,38 კვ ძაბვის სასოფლო სატრანსფორმატორო ქვესადგურებზე მაღალი ძაბვის მხარეს.



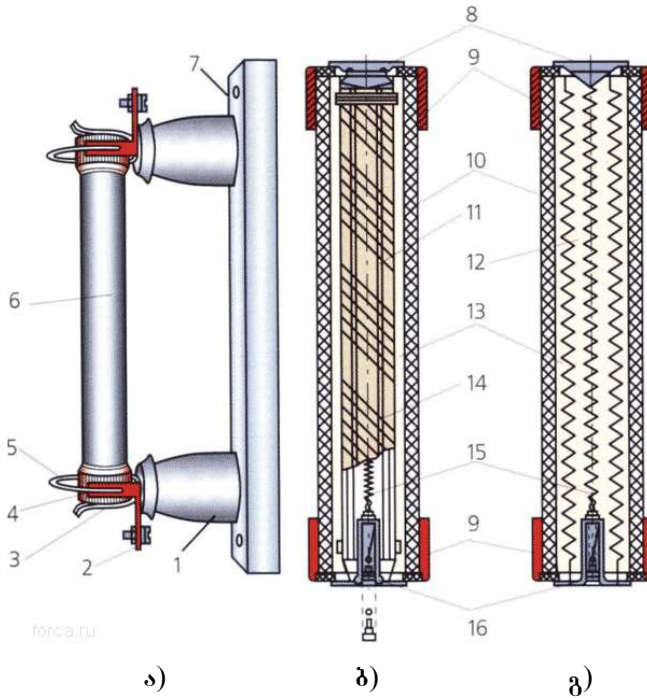
ნახ.128. PKT ტიპის მცველები

ნახ. 1.29.ა-ზე ნაჩვენებია PKT ტიპის მცველი დამონტაჟებულ მდგომარეობაში. ცოკლზე (მეტალის ჩარჩო) დამაგრებულია ორი საყრდენი იზოლატორი. მცველის მასრა თითბერის სუფებით ჩადგმულია საკონტაქტო მოწყობილობაში და ჩაჭერილია ჩამკეტი. ჩამკეტი გათვალისწინებულია იმისათვის, რომ მოკლედ შერთვის დროს გამაგალი დიდი დენების გამოსაღწევა ელექტროდინამიურმა 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 აგებული ფაიფურის მილისაგან, რომელიც არმირებულია თითბერის სუფებით და სახურავით.

დნობად სადგმელს ამზადებენ მოვერცხლილი სპილენძის მავთულისაგან.

7,5 ა-მდე ნომინალური დენის დროს გამოიყენება წიბოვან კერამიკულ გულარაზე 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 – დამზარე დნობადი სადგმელი; 16 – ამუშავების მაჩვენებელი

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

გადაძაბვების შესამცირებლად, რომლებიც შეიძლება აღიძრას რკალის სწრაფად ქრობის დროს კვარცის მარცვლებს შორის არსებულ ვიწრო არსებში (ხვრელებში), გამოყენებულია სხვადასხვა კვეთის სადგმელები. ეს უზრუნველყოფს რკალის ქრობის ხელოვნურ გაჭიანურებას.

მცველის მასრა გერმეტიზირებულია. ფაიფურის მილის კვარცის სილით ავსების შემდეგ სახურავის ზვრელს გულდასმით მიაჩნიავენ. 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 ზამბარათი. როცა მცველი ამუშავდება, მუშა სადგმელთან ერთად გადაიწვება ფოლადის სადგმელიც, რადგან მასში გაივლის მთლიანი დენი. შედეგად მაჩვენებელი 16 განთავისუფლდება ზამბარასაგან და ამოვარდება მილიდან.

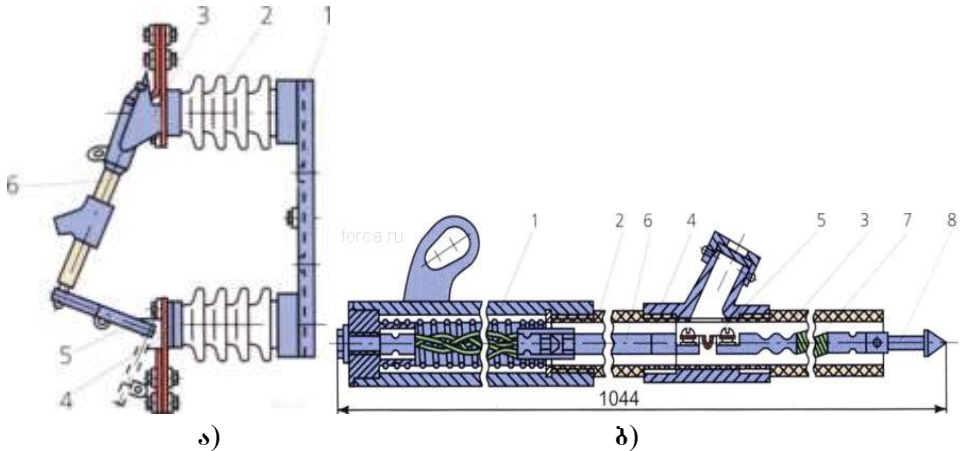
PKH (ძველი სახელწოდება PKT) ტიპის მცველები (ნახ. 1.31) გამოიყენება ძაბვის მზომი ტრანსფორმატორების დაცვისათვის. ზემოთ განხილული PKT ტიპის მცველებისაგან განსხვავებით მათ აქვთ კონსტანტანის დნობადი სადგმელი, რომელიც დაზვეულია კერამიკის გულარაზე. ასეთ სადგმელს გააჩნია უფრო მაღალი კუთრი წინაღობა. მაღალი კუთრი წინაღობა და სადგმელის მცირე კვთი უზრუნველყოფს დენშემზღუდავ ეფექტს.



ნახ. 1.31. PKH ტიპის მცველი

PKH ტიპის მცველები შეიძლება დაყენებული იქნენ დიდი მოკლედ შერთვის სიმძლავრეების (1000 მკა) მქონე ქსელებში. გაძლიერებული PKHY ტიპის მცველებისათვის გამოსართავი სიმძლავრის სიდიდე საერთოდ შეუზღუდავია. PKH ტიპის მცველებს PKT ტიპის მცველებთან შედარებით გააჩნიათ მცირე ზომები და არ არიან აღჭურვილი ამუშავების მაჩვენებლით. დნობადი სადგმელის გადაწვის შესახებ შეიძლება ვიმსჯელოთ ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეულ წრედში ჩართული მზომი ხელსაწყოების ჩვენებების მიხედვით.

გამოსაბოლოვეი PBT ტიპის (ძველი სახელწოდება – სასროლი PCH ტიპის) მცველები მზადდება 10–110 კგ ძაბვაზე (ნახ.1.32). ისინი გამოიყენება ღია გამანაწილებელ მოწყობილობებში. სოფლის ელექტრულ ქსელებში ფართოდ გამოიყენება PBT–35 ტიპის მცველები 35/10 კვ ძაბვის ტრანსფორმატორების დაცვისათვის.



ნახ.1.32. PBT- 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 – დენგამტარი ღერო; 13 – მოქნილი გამტარი; 14 – დაბოლოება

მცველის მასრის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს ვინილასტისაგან დამზადებული აირმაგენერირებელი მილი. მილის შიგნით მოთავსებულია მოქნილი სადენი, რომელიც ერთი ბოლოთი შეერთებულია მასრის მეტალოს თავში მოთავსებულ დნობად მცველთან, ხოლო მეორე ბოლოთი საკონტაქტო ბუნიკთან.

მცველის მასრა განლაგებულია ცოკოლზე დამაგრებულ ორ საყრდენ იზოლატორზე. მასრის თავი ზედა იზოლატორზე ჩაჭერილია სპეციალური დამჭერით. ქვედა იზოლატორზე დამაგრებულია საკონტაქტო დანა სპირალური ზამბართი, რომელიც ცდილობს მოაბრუნოს დანა ღერძის გარშემო და დააყენოს საწყის მდგომარეობაში. დანა გადაბმულია მასრის საკონტაქტო ბუნიკთან. ამ ტიპის მცველებში გამოიყენებულია თუთიის დნობადი სადგმელები, 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 შერთვის დროს ჯერ გადნება სპილენძის, ხოლო შემდეგ ფოლადის სადგმელი.

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

სადგმელის გადნობის შემდეგ წარმოშობილი რკალის მოქმედებით ვინილასტის მილის კედლები ინტენსიურად გამოჰყოფენ აირებს. წნევა მილში აიწევს და იარის ნაკადი ქმნის მძლავრ გრძივ შებერვას, რომელიც აჭრობს რკალს. მასრის ქვედა ნახვრეტში გაფარვარებული აირების გამოტყორცნას თან ახლავს სროლის ხმა.

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

წარმოება უშუალოდ გამოსაბოლოებელია ПБТ – 35 МУ 1 ტიპის მცველს. ამ მცველის მასრას, ზემოთ განხილულსაგან განსხვავებით გააჩნია ლითონის მილაკი (განტოტება), მასში დაყენებულია სპილენძის სარქველი, რომელიც ხურავს განტოტების განივ შესაბურ ხვრელს. მოკლედ შერთვის დიდი დენების დროს, როცა ინტენსიურად ვითარდება რკალი, წნევა მასრაში სწრაფად იზრდება და გამოაგდებს სარქველს, რის შედეგადაც განტოტების ხვრელი გაიღება. მცირე დენების მიერ წარმოქმნილი რკალის ქრობის დროს ეს ხვრელი რჩება ჩაკეტილი, 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 მიზანია 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 უზრუნველყოფს რელეური დაცვის ამოქმედების დროს დნობადი სადგმელის წრედის გაწყვეტას ამძრავის მოქმედებით. როცა მოხდება მოკლედ შერთვა, რელეური დაცვა ამოქმედდება და ამძრავის მოქმედების შედეგად საკონტაქტო დანა მოქნილ კავშირთან ერთად გადაადგილდება ქვემოთ. ამ დროს მასრის შიგნით მოთავსებული

საკონტაქტო სისტემა გაითიშება. რკალის ჩაქრობის დანარჩენი პროცესები რჩება იგივე. მოკლედ შერთვის დიდი დენების დროს მართული მცველის დნობადი სადგმელი გადაიწვეება უფრო ადრე, ვიდრე ამუშავდება რელეური დაცვა.

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 გაწარმოთ გარეგანი დათვალიერება და დაგრწმუნდეთ იზოლატორისა და მაღალი ძაბვის მცველების მასრების ტორცებზე თითბერის სუფების არმატურის მთლიანობაში. გაბზარული საყრდენი იზოლატორები და მასრები უნდა შეიცვალოს, ხოლო დარღვეული არმატურა უნდა აღსდგეს.

უნდა შემოწმდეს თითბერის სუფების ან დანების საკონტაქტო ზედაპირების შეხების სიმჭიდროვე მზამბარავ კონტაქტებთან. თუ საჭიროა უფრო მჭიდრო შემოწმდეთ, მაშინ საკონტაქტო მომჭერები და რკინის კაფი უნდა მოიკეცოს. თუ საკონტაქტო მომჭერების სპილენძმა გახურებისაგან დაკარგა დრეკადობა, მაშინ კონტაქტები უნდა შეიცვალოს.

მცველების ამუშავების მაჩვენებელ ცილინდრული გამოწვევრზე ხელის დაჭერით მოწმდება მასრაში შიგნით და გარეთ მისი მოძრაობის სიმუხუქე. მცველი, რომლის ამუშავების მაჩვენებელმა რემონტის შემდეგ არ შეიძინა გადაადგილების სიმუხუქე, უკეთესია შეიცვალოს, ხოლო თუ არა გვაქვს სარეზერვო მცველი, მაშინ ძველი მცველი დავტოვოთ მუშაობაში, რადგანაც მაჩვენებლის დეფექტი გავლენას ვერ მოახდენს მისი გამორთვის უნარიანობაზე.

გარდა ამისა, უნდა შემოწმდეს მცველის საღტეებთან 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 ძაბვასთან და გადატვირთვის დასაშვებ დენთან.

ქსელის ძაბვასთან შედარებით ნაკლები ნომინალური ძაბვის მცველის გამოყენების დროს 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 გამანაწილებელი მოწყობილობების საკონტაქტო შეერთებებსა და საჰაერო ხაზებში

როგორც ცნობილია, დანიშნულების, კონსტრუქციის, მასალების შეერთების სერვის, გამოყენების არესა და სხვა ფაქტორების მიხედვით განასხვავებენ ჭანჭიკებით, შედუღებით, მირჩილვით, დაწნესვითა და დაგრესვით კონტაქტურ შეერთებებს.

შედუღებით კონტაქტური შეერთების დეფექტები. შედუღებით შესრულებული კონტაქტური შეერთების ექსპლუატაციის დროს დეფექტების აღძვრის მიზეზი შეიძლება იყოს: მოცემული პატრამეტრიებიდან გადახრა, შემოჭრები, ბუშტები, შეუდუღებლობა, ბზარები, გაუკეთებელი კრატერები, სადენების გადაწვა, შემაერთებელი სადენების არათანადერძელობა, დაბოლოებების არასწორი არჩევა, შეერთებებში დამცავი საფარის არარსებობა და სხვა.

თერმული შედუღების ტექნოლოგიამ ვერ უზრუნველყო დიდი კვთის (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 ნახვევების გადაწვა, შეუდუღებლობა, ჩამჯდარი ფუჭვილები და წიდა. შედეგად მცირდება შედუღებით შეერთების მექანიკური სიმტკიცე, რასაც დაყვავართ ნაანგარიშეგზე უფრო მცირე დატვირთვამდე და ანკერული საყრდენის მარყუჟში სადენის გაწყვეტამდე ან გადაწვამდე.

ანკერული საყრდენების მარყუჟებში შედუღების დეფექტებს მათი ექსპლუატაციის მცირე ვადების დროს მიყვავართ 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 ვიბრაციულ 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 ერთ ხერხს წარმოადგენს შეერთების წინააღმდეგ გაზომვა მუდმივი დენით. კონტაქტური შეერთების წინააღმდეგ მინიმალური სიდიდის კრიტერიუმად მიღებულია მთლიანი სადენის ეკვივალენტური უბნის წინააღმდეგ. დაწნეხილი შეერთება ითვლება ექსპლუატაციისათვის ვარგისად, თუ მისი წინააღმდეგ არაუმეტეს 1,2-ჯერ აღემატება მთლიანი სადენის ეკვივალენტური უბნის წინააღმდეგ.

მაერთებლის დაწნეხისას მისი წინააღმდეგ მკვეთრად მცირდება, მაგრამ წნევის გაზრდით სტაბილური ხდება და უმნიშვნელოდ იცვლება. მაერთებლის წინააღმდეგ ძლიერ მგრძობიარეა დასაწნეხი სადენების საკონტაქტო ზედაპირების მდგომარეობის მიმართ. საკონტაქტო ზედაპირებზე აღუმინის ოქსიდის არსებობა იწვევს მაერთებლის კონტაქტური წინააღმდეგ მკვეთრ ზრდას და მომატებულ სიბრტყეს გამოყოფას.

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

ჭანჭიკებით კონტაქტური შეერთების დეფექტები. ჭანჭიკების დახმარებით შესრულებული კონტაქტური შეერთებებს ყველაზე ხშირად გააჩნიათ დეფექტები საყელურის გარეშე სპილენძისა და აღუმინის შეერთების, თუმცა ზამბარების არარსებობის, აგრესიულ ან ნესტიან გარემოში აღუმინის დაბოლოების უშუალოდ ელექტრომოწყობილობის სპილენძის გამოყვანებთან მიერთების, ჭანჭიკების არასაკმარისად მოჭერის დროს და სხვა.

დიდი დენების (3000 ა და მეტი) დროს აღუმინის საღებების ჭანჭიკებით კონტაქტურ შეერთებას აქვს ექსპლუატაციაში არასაკმარისი სტაბილურობა. თუ 1500 ა-მდე დენების დროს კონტაქტური შეერთებები 1_2 წელიწადში მოითხოვენ ჭანჭიკების ერთხელ გადაჭერას, ანალოგიური შეერთებები 3000 ა და ზემოთ ყოველწლიურად საჭიროებენ საკონტაქტო ზედაპირების გაწმენდას და გადაჭერას. ასეთი ოპერაციის საჭიროება

დაკავშირებულია იმასთან, რომ ალუმინისაგან დამზადებულ, დიდ დენებზე განკუთვნილ სალტესადენებში კონტაქტური შეერთების ადგილზე უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ოქსიდის აფსკის წარმოქმნის პროცესი. ოქსიდის წარმოქმნის პროცესს ხელს უწყობს ფოლადის ჭანჭიკისა და ალუმინის სალტეს წარმოქმნის სხვადასხვა ტემპერატურული კოეფიციენტი. სალტესადენში მოკლედ შეერთვის ან ცვლადი დატვირთვის დენების გაგლისას, განსაკუთრებით დიდი სიგრძის სალტესადენში, აღიგნება ვიბრაცია და ხდება ალუმინის სალტეს საკონტაქტო ზედაპირის დეფორმაცია. ამ შემთხვევაში სალტეების ორი საკონტაქტო ზედაპირის მომჭიმავი ძალვა სუსტდება და მათ შორის არსებული საპონის ფენა ორთქლდება. ოქსიდის აფსკის წარმოქმნის შედეგად კონტაქტების შენების ფართობი, ანუ კონტაქტური წერტილების რიცხვი და სიდიდე, რომელშიც გადის დენი, მცირდება. ამასთან ერთად იზრდება მათში 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 მეტალის წვეთი, რომელიც ტემპერატურის შემდგომი გაზრდით დუღდება და კონტაქტური შეერთების გარშემო სივრცე იონიზირდება, რამაც გამანაწილებელ მოწყობილობაში შეიძლება გამოიწვიოს მრავალფაზა შეერთვა. მაგნიტური ძალების მოქმედების შედეგად რეალი შეიძლება გადაადგილდეს გამანაწილებელი მოწყობილობის სალტეს გასწვრივ, რაც მიგვიყვანს უძძიმეს შედეგებამდე.

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

კონტაქტური შეერთების გარდამავალი წინაღობის თანდათანობითი გაზრდა ხდება დროის განსაზღვრულ მომენტამდე, რის შემდეგაც ხდება

კონტაქტური ზედაბირების მკვეთრი გაუარესება ინტენსიური სითბოს გამოყოფით, რაც დამახასიათებელია კონტაქტური შეერთების აგარიული მდგომარეობით.

დაგრეხვით შესრულებული კონტაქტური შეერთების მტყუნებანი ძირითადად განპირობებულია მონტაჟის დეფექტით. სადენების არასრული დაგრეხვას მიჟყავართ მაერთებლიდან სადენის გაწევასთან და მის გაწყვეტასთან. იზოლაციისაგან გაუსუფთავებელი სადენები ქმნიან დიდ გარდამაგალო წინაღობას, რის შედეგადაც მაერთებელში ხდება სადენის გაღახურება და გადაწვა.

თავი 2. მაღალი ძაბვის ამომრთველები და მათი დიაგნოსტიკა

2.1. მაღალი ძაბვის ამომრთველები, მათი დანიშნულება და კლასიფიკაცია

მაღალი ძაბვის ამომრთველი წარმოადგენს ნებისმიერი ქვესადგურის ძირითად საკომუტაციო აპარატს, რომლის გამართულ მუშაობაზეც უმრავლეს შემთხვევაში დამოკიდებულია მომხმარებელთა უწყვეტი და საიმედო ელექტრომომარაგება. იგი გამოიყენება დენების ჩართვისა და გამორთვისათვის ელექტრული წრედების ყველა საექსპლუატაციო რეჟიმში: ნომინალური დატვირთვის, ძალოვანი ტრანსფორმატორების უქმი სვლის, ხაზებისა და სალტეების დამუხტვის დენების ჩართვა-გამორთვის, მოკლედ შერთვის დენების გამორთვისათვის, აგრეთვე ელექტრული დანადგარების სქემების ცვლილების დროს. ამ აპარატის დამახასიათებელი თავისებურებაა რეალჩამქრობი მოწყობილობის შემცველობა, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალი ძაბვის წრედების გათიშვის დროს აღძრული რეალის ჩაქრობას.

ჩაკეტილი ელექტრული წრედის გათიშვის დროს დაშორებულ კონტაქტებს შორის აღიძვრება ელექტრული რეალი. რეალი წარმოიშვება 0,5 ა დენისა და 15 ვ ძაბვის დროსაც კი. მისი ხანგრძლივობა დამოკიდებულია წრედის პარამეტრებსა და რეალური შუალედის დეიონიზაციის პირობებზე. რეალში ერთდროულად ხდება იონიზაციის პროცესი (მუნტის თავისუფალი გადამტანების – ელექტრონებისა და დადებითად დამუხტული იონების წარმოქმნა) და დეიონიზაციის (მუნტის თავისუფალი გადამტანების დეიონიზაციის) პროცესი. რეალი იწვის მანამ, სანამ დეიონიზაციის პროცესი არ განდება უფრო ინტენსიური, ვიდრე იონიზაციისა. მაშასადამე, რეალის სწრაფად ჩაქრობისათვის საჭიროა დეიონიზაციის პროცესის გაძლიერება, რადგანაც რეალის არხში ტემპერატურა აღწევს 4000°K და ინტენსიურად მიმდინარეობს აირის გარემოს თერმული იონიზაცია.

დიდდენობიანი ელექტრული წრედების გათიშვისათვის შექმნილია ამომრთველი აპარატები, რომელთაც გააჩნიათ შემდეგი სახის რეალჩამქრობი მოწყობილობები:

- აირებით შებერვა, სადაც რეალის არხში გარედან შემოდის ჰაერი ან რეალჩამქრობი კამერაში მოთავსებული მინერალური ზეთიდან,

ორგანული მინიდან ან ფიბრადან რკალის ტემპერატურის მოქმედების შედეგად გამოყოფილი გაზი. რკალის გავლით ჰაერის ან გაზის გავლა იწვევს რკალის ჩაქრობას;

- მაგნიტური შებურვის შედეგად რკალის შეტაცება ვიწრო ნგრელში. საიზოლაციო მასალისაგან დამზადებული ნგრელის კედლებში ხდება მუსტების ნეიტრალიზაცია, რკალის გაცივება და ჩაქრობა;
- რკალის დანაწევრება მოკლე რკალებად. რკალის თითოეულ მოკლე უბანზე აღიფრება ძაბვის ვარდნა, რის შედეგადაც რკალში გამოყოფილი ენერგია არასაკმარისია მისი წვისათვის.

მუშაობის თითოეულ რეჟიმს გააჩნია თავისებურება, რომელიც განისაზღვრება იმ წრედის პარამეტრებით, რომელშიც დაყენებულია ამომრთველი. მუშაობის მძიმე რეჟიმად ითვლება მოკლედ შერთვის დენების გათიშვა, როცა ამომრთველი განიცდის მნიშვნელოვანი სიდიდის ელექტროდინამური ძალებისა და მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებას. შედარებით მცირე დამაგნიტებისა და ხაზების დამუსტვის დენების გათიშვასაც აქვს თავისი განსაკუთრებულობა, დაკავშირებული საშიში კომუტაციური გადაძაბვების აღძვრასთან, რაც წარმოადგენს ამომრთველის მუშაობის უმძიმეს რეჟიმს.

ეს ამომრთველები წარმოადგენენ რთულ კონსტრუქციას, რომლებიც იმართებიან ელექტრომაგნიტური, ზამბარიანი, პნევმატური 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 საპასუხისმგებლო აპარატია. ამომრთველის მტყუნების შემთხვევაში ვითარდება აფარია, რასაც მიყვავართ დარღვევებამდე და დიდ მატერიალურ დანაკარგებამდე, რაც დაკავშირებულია ელექტროენერჯისა და აქედან გამომდინარე, მსხვილი სამრეწველო საწარმოების მუშაობის შეწყვეტასთან. ამასთან დაკავშირებით ამომრთველისადმი წაყენებული მოთხოვნებია:

ა) **მაღალი საიმედოობა.** აფარიის რეჟიმებში ამომრთველში გადიან 300 კა—მდე დენები. ამიტომ მოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლის თავიდან აცილების მიზნით აფარიის რეჟიმების ლიკვიდაცია უნდა მოხდეს მინიმალურ

დროში. მაღალი საიმედობის მიღწევა დაკავშირებულია დიდ სიძნელეებთან, რადგან ამომრთველში მიმდინარეობს რთული პროცესები, რომლებიც არ ექვემდებარებიან მთლიან მათემატიკურ აღწერას.

საიმედობისადმი მოთხოვნა ერთ ერთი უმნიშვნელოვანესია, რადგანაც ამომრთველის საიმედო მუშაობაზე დამოკიდებულია ენერგოსისტემის მუშაობა და აქედან გამომდინარე მომხმარებელთა ელექტრომომარაგების საიმედობა. საიმედობა რეგლამენტირებულია. რიცხობრივად იგი შეიძლება გამოისახოს შეუფერხებელი მუშაობის ან მტყუნებათა ინტენსივობის ალბათობით. ამომრთველის მუშაობის ხანგრძლივობის ვადა უნდა იყოს არანაკლებ 20 წელი.

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

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

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

ბ) სწრაფქმედება. სწრაფქმედებისადმი 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 შეადგენს 2 პერიოდს ანუ 0,04 წმ-ს.

გ) რევიზიებს შორის გადების გაზრდა. ამომრთველის გამოყვანა მუშა მდგომარეობიდან რევიზიისა და რემონტისათვის დაკავშირებულია დიდ სიძნელეებთან, რადგან ან უნდა გადავიდეთ გამანაწილებელი მოწყობილობის სხვა სქემაზე ან უბრალოდ გამოვართოთ მომხმარებელი. ამასთან დაკავშირებით ამომრთველს უნდა შეეძლოს რევიზიისა და რემონტის გარეშე რაც შეიძლება მოკლედ შერთვის დაენების ბევრჯერ გათიშვა. თანამედროვე ამომრთველებს შეუძლიათ რევიზიის გარეშე მოახდინონ მოკლედ შერთვის დაენების ათამდე გათიშვა. ამომრთველის გამორთვას არ უნდა ახლდეს ალისა

და გავარჯარებული გაზების გამოტყორცნა, რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს გამანაწილებელი მოწყობილობის იზოლაციის გადაფარვამდე.

დ) ატმოსფერული ზემოქმედებისადმი შედეგობა. ამომრთველებს, რომლებიც გათვლილია ღია გამანაწილებელ მოწყობილობებში სამუშაოდ, უნდა შეეძლოთ გაუძლონ ატმოსფერულ ზემოქმედებებს: ტენიანობის აწევას, წვიმას, თოვლს, ლიბყინულს, გარე იზოლაციის გაჭუჭყიანებას, ქარს, მიწისძვრას.

სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით მაღალი ძაბვის ამომრთველები ხასიათდებიან შემდეგი პარამეტრებით:

- ნომინალური ძაბვა U_{nom} , (ქსელის ძაბვა, რომელზეც მუშაობს ამომრთველი);
- ნომინალური დენი I_{nom} , (ჩართულ ამომრთველში გამავალი დენი, რომლის დროსაც მას შეუძლია მუშაობა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში);
- ამორთვის ნომინალური დენი I_0 U_{nom} – მოკლედ შერთვის უდიდესი დენის მოქმედი მნიშვნელობა, რომელიც შეუძლია ამორთვის ამომრთველმა მუშა ძაბვის უდიდესი მნიშვნელობის დროს თბერაციის მოცემულ ციკლსა 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 1 – ამორთვის თბერაცია – $t_{უღ}$ – ჩართვის თბერაცია – 180 წმ – მყისი ამორთვის თბერაცია; ციკლი 2: ამორთვის თბერაცია - 180 წმ – ჩართვის თბერაცია – 180 წმ – მყისი ამორთვის თბერაცია, სადაც $t_{უღ}$ – ამომრთველისათვის გარანტირებული მინიმალური უდენო პაუზა (დრო რეალის ჩაქრობიდან შემდგომი ჩართვისას დენის გავლამდე) აგჩ დროს. ამ დროის მნიშვნელობა ჩვეულებრივი აგჩ – დროს შეადგენს 0,3–1,2 წმ, ხოლო სწრაფმოქმედი აგჩ-ს დროს – 0,3 წმ-ს. მდგრადობა გამჭოლი მოკლედ შერთვის დენების დროს, რომლებიც ხასიათდებიან თერმული მდგრადობის I_{th} დენებითა და წღვრული გამჭოლი დენით;

- ჩართვის ნომინალური დენი – ეს არის მოკლედ შერთვის დენი, რომელიც მოცემულ ციკლში, ნომინალური ძაბვის დროს, შესაბამისი ამძრავით, კონტაქტების შეუდუღებლად და სხვა დაზიანების გარეშე შეუძლია ჩართოს ამომრთველმა;
- ამომრთვის საკუთარი დრო – დროის შუალედი გამომრთვაზე ბრძანების მიწოდების მომენტიდან რეალჩამქრობი კონტაქტების დაშორების დაწყების მომენტამდე;

დანიშნულების მიხედვით მაღალვოლტიანი ამომრთველები იყოფიან:

- ქსელური ამომრთველები 6 კვ და მეტ ძაბვაზე. ისინი გამოიყენებიან ელექტროულ წრედებში (გარდა ელექტროული მანქანებისა და ელექტროთერმული დანადგარების წრედებისა) და მათი დანიშნულებაა ნორმალურ პირობებში დენის გატარება და კომუტაცია, აგრეთვე დენის გატარება მოცემული დროის განმავლობაში და კომუტაცია ისეთ მოცემულ არანორმალურ რეჟიმში, როგორცაა მოკლედ შერთვა;
- გენერატორული ამომრთველები 6 დან 20 კვ ძაბვამდე. ისინი გამოიყენებიან ელექტროული 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., ფილადსადნობი, მადანთერმულ და სხვა სახის) წრედებში. მათი დანიშნულებაა დენის გატარება და კომუტაცია, როგორც ნორმალურ პირობებში, ასევე სხვადასხვა საექსპლუატაციო რეჟიმებსა და მოკლედ შერთვის დროს;
- სპეციალური დანიშნულების ამომრთველები.

დაყენების სახეობის მიხედვით ამომრთველები იყოფიან:

- საყრდენი, რომელთაც მიწაზე გააჩნიათ საყრდენი ტიპის ძირითადი იზოლაცია;
- საკიდი, რომელთაც მიწაზე გააჩნიათ საკიდი ტიპის ძირითადი იზოლაცია;

- კედლის, რომელიც დამაგრებულია დახურული გამანაწილებელი მოწყობილობის კედელზე;
- გამოსაგორებელი, რომელთაც გააჩნიათ სამარჯვები გამანაწილებელი მოწყობილობის უჯრედიდან გამოსაგორებლად;
- კომპლექტურ გამანაწილებელ მოწყობილობებში ჩასაშენებელი.

განლაგებისა და კლიმატური შესრულების კატეგორიების მიხედვით:

- არსებობს შენობის შენობა და გარეთ გათბობისა და ვენტილაციის სხვადასხვა პირობებით განლაგების ხუთი კატეგორია;
- გეოგრაფიული ადგილმდებარეობის მიხედვით ამომრთველები მზადდება ექვსი კლიმატური შესრულებით (У, ХЛ, ТВ, ТС, Т, О).

მაღალგოლტიანი ამომრთველების მწარმოებლები. მაღალი ძაბვის ამომრთველების მსგავსი მწარმოებლების რიცხვი არც თუ ისე დიდია, რაც განპირობებულია 1980–2000 წლებში წარმოების შეწყვეტითა და შთანთქმებით. გადაცემის ქსელებისა და გამანაწილებელი მოწყობილობების მაღალგოლტიანი ამომრთველების ძირითად მწარმოებლებს წარმოადგენენ:

, რევა თ& , შიემენს, თოსჰიბა, იტსუბისჰი, შცჰნიედერ ლექტრიც და ატონ. რუსეთში 110–220 კვ ქსელებისათვის ელგაზური ამომრთველების მსგავს მწარმოებელს წარმოადგენს Энергомашкорпорация. აგრეთვე აწარმოებენ 35 კვ ძაბვამდე გამანაწილებელი ქსელებისათვის ვაკუუმურ ამომრთველებს.



ნახ. 2.1. ელექტრული რკალი

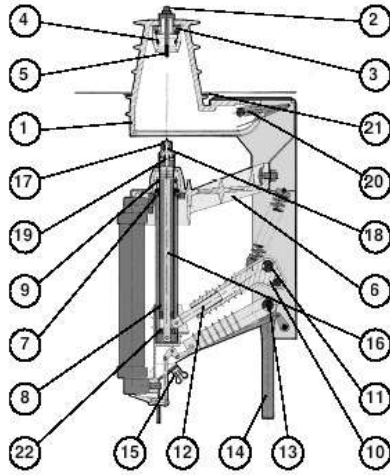
უსარგებლოა.

ელექტრულ წრედში მაღალი ძაბვისა და დიდი დენების დროს მაღალი ძაბვის ამომრთველების ძირითად პრობლემას წარმოადგენს კონტაქტების გათიშვის დროს წარმოქმნილი რკალური განმუხტვის ჩაქრობა (ნახ. 2.1). თუ ელექტრულ წრედში მოკლედ შეერთვის დენი აღმოჩნდება ამომრთველის დასაშვებ დენზე მეტი, მაშინ სისტემას არ შეუძლია ჩააქროს რკალი და ამომრთველი ამ შემთხვევაში

რკალის ჩაქრობის გარემოს მიხედვით განასხვავებენ: საჰაერო, ზეოიან, ელგაზურ, ვაკუუმურ და ელექტრომაგნიტურ ამომრთველებს.

2.2. საჰაერო ამომრთველები

საჰაერო ამომრთველი წარმოადგენს ელექტრულ აპარატს, რომელშიც კონტაქტების ჩართვა და ამორთვა, ასევე ელექტრული რკალის ჩაქრობა ხდება შეკუმშული ჰაერის საშუალებით. საჰაერო ამომრთველებში შეკუმშული ჰაერის წნევა მერყეობს 4-დან 60 ატმოსფერომდე. შეკუმშული ჰაერი ასრულებს ორ ფუნქციას – რკალის ქრობისა და ამომრთველის მექანიზმებით მართვის. ხოლო 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 წერსზე, ამომრთველის მართვის სისტემაზე, მაშუნტირებელი რეზისტორებისა და ძაბვის გამყოფების არსებობაზე და სხვა.

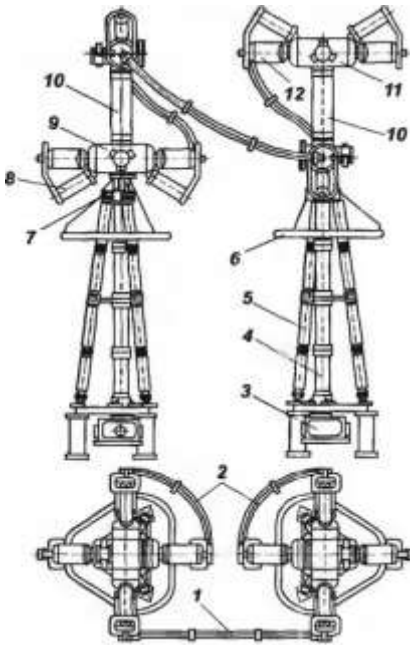


ა)

ბ)

ნახ.2.2. Iშ ღჩ ტიპის დატვირთვის საპარო ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა და საერთო სახე: 1 _ ზედა იზოლატორი რკალმქრობი კაპერიო; 2 _ ზედა გამომყვანი; 3 _ ზედა უძრაგი კონტაქტი; 4 _ საკონტაქტო ბუდე; 5 _ რკალური კონტაქტის ღერი; 6 _ ქვედა იზოლატორი; 7 _ ქვედა გამომყვანი; 8 _ უძრაგი საკონტაქტო ცილინდრი; 9 _ ქვედა მიმართველი ბუდე; 10 _ მთავარი ამძრავის ბერკეტი; 11 _ მთავარი ამძრავი ლილვი; 12 - მზიგავი; 13 - ჩამამიწებელი გამთიშის ამძრავის ლილვი; 14 _ ჩამამიწებლის გამთიში; 15 _ ჩამამიწებელი გამთიშის უძრაგი კონტაქტი; 16 _ მიმართველი ცილინდრი; 17 _ საქშენი; 18 _ მოძრაგი კონტაქტი; 19 _ ღერი; 20 - მექანიკური საფარი; 21 _ მომჭერი რგოლი; 22 - ამორტიზატორი

კონსტრუქციულად საჰაერო ამომრთველი შედგება სამი ძირითადი ელემენტისაგან: რეზერვუარი შეკუმშული ჰაერის მარაგით, რკალმქრობი მოწყობილობა და ელექტრობუნებური ამძრავი. ნახ. 2.2-ზე წარმოდგენილია I შ დხ 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 ჩამიწებულენეიტრალიანი წრედების კომუტაცია. ნახ.2.3-ზე მოცემულია BB5-330E ტიპის საჰაერო ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა, ხოლო ნახ.2.3-ზე – საერთო ხედი.



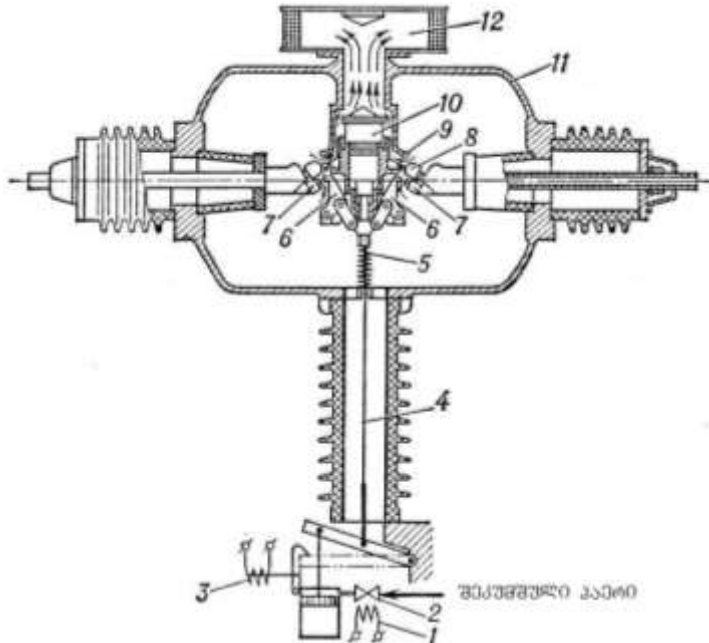
ა)

ბ)

ნახ.2.3. BB5-330E ტიპის საჰაერო ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა (ა) და საერთო ხედი (ბ): 1 და 2 – სალტეები; 3 – ბოლუსის მართვის კარადა; 4 – იზოლატორების ცენტრალური კოლონა; 5 – საყრდენი იზოლატორები; 6 – ეკრანი; 7 – მილისი; 8 და 12 – მთავარი კონტაქტები; 10 – საშუალებო იზოლატორი; 9 და 11 – რკალმქრობინ გამყრები

35 კვ ზევით საჰაერო ამომრთველებში რკალმქრობი მოწყობილობა და მისი კონტაქტები განლაგებულია უშუალოდ შეკუმშულ ჰაერიან

რეზერვუარში, რომელიც გათიშულ კონტაქტებს შორის ქმნის საჭირო ელექტრულ სიმტკიცეს (ნა.2.4). გათიშვის დროს მოძრავ 6 და უძრავ 7 კონტაქტებს შორის აღიფრება ელექტრული რკალი. ერთდროულად გაიღება სარქველი 10 და შეკუმშული ჰაერი საქშენი 9 და აირსარინი არხის 12 გავლით გამოდის რეზერვუარიდან 11. რკალმიმღებ ელექტროდებზე 8 დაუბერავს შეკუმშული ჰაერის ნაკადი და რკალი ქრება. სარქველი 10 იხურება და შეკუმშული ჰაერი წყვეტს გამოსვლას ატმოსფეროში.



ნახ.2.4. დახურულ განმაცალკეებელიანი 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 – აირსარინი არხი

ერთ რეზერვუარში ჩვეულებრივ განლაგებულია 2 მიმდევრობითი წყვეტა, რომლებიც ერთობლიობაში ქმნიან ე.წ. მოდულურ რკალჩამქრობ ელემენტს (მოდულს). კონსტრუქციისა და შეკუმშული ჰაერის წნევის მისეღვით ერთი მოდულით შეიძლება გათიშოს 110_250 კგ ძაბვის წრედი. დიდი ძაბვების ამომრთველები შედგებიან რამდენიმე მიმდევრობით შეერთებული და ერთდროულად მოქმედი მოდულებისაგან.

BB5 სერიის ამომრთველების მოდულების რაოდენობა შეადგენს: 110 კგ ძაბვის დროს – ერთი; 220 კგ – ორი; 330 კგ – ოთხი; 500 კგ – ექვსი; 750 კგ – რვა, ხოლო მსხვილმოდულიან ამომრთველებში (BB5K, 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 აქვთ მთავარი და რეკალჩამქრობი კონტურები. ამომრთველის ჩართულ მდგომარეობაში დენის ძირითადი ნაწილი ვადის ღიად განლაგებულ მთავარ კონტაქტებში. ამომრთველის ამორთვისას პირველად გაითიშება მთავარი კონტაქტები, რის შემდეგაც მთელი დენი ვაივლის მეორე კამერაში მოთავსებულ რეკალჩამქრობ კონტაქტებში. ამ კონტაქტების განრთვის მომენტში რეზერვუარიდან პირველ კამერაში მიეწოდება შეკუმშული ჰაერი, იქმნება მძლავრი შებერვა, რომელიც აქრობს რეკალს. შებერვა შეიძლება იყოს განივი და გრძივი. გათიშულ მდგომარეობაში კონტაქტებს შორის საჭირო საიზოლაციო შუალედი რეკალჩამქრობ კამერაში იქმნება კონტაქტების საკმარისი დაშორების გზით ან ღიად განლაგებული სპეციალური განმაცალკეებლით. განმაცალკეებლის გამორთვის შემდეგ შეწყდება კამერაში შეკუმშული ჰაერის მიწოდება და რეკალჩამქრობი კონტაქტები ჩაიკეტება.

ასეთი კონსტრუქციული სქემით შესრულებული ამომრთველები მზადდება შიგა დაყენებისათვის 15 და 20 კგ ძაბვაზე და 20000 ა დენზე (სერია BB7), აგრეთვე 35 კგ ძაბვაზე (BB9 – 35- 20/1600Y3).

ღია დაყენებისათვის განკუთვნილ ამომრთველებში რეკალჩამქრობი კამერა განლაგებულია ფაიფურის იზოლატორის შიგნით, ამასთანავე 35 კგ ძაბვაზე საკმარისია გვქონდეს ერთი გაწყვეტა ფაზაზე, ხოლო 110 კგ-ზე – ორი გაწყვეტა ფაზაზე. განსწავება ამ ორ კონსტრუქციას შორის მდგომარეობს იმაში, რომ 35 კგ ამომრთველში საიზოლაციო შუალედი იქმნება რეკალჩამქრობ კამერაში, ხოლო 110 კგ და ზევით ამომრთველებში რეკალის ჩაქრობის შემდეგ გაითიშება განმაცალკეებელი კონტაქტები და განმაცალკეებლის კამერა მთელი გათიშული მდგომარეობის განმავლობაში რჩება შევსებული შეკუმშული ჰაერით. ამ დროს რეკალჩამქრობ კამერაში შეკუმშული ჰაერი არ მიეწოდება და კონტაქტები არ ჩაიკეტება. რაც უფრო მაღალია ნომინალური ძაბვა და გამოსართავი სიმძლავრე, მით უფრო მეტი წყვეტები უნდა გვქონდეს ფაზაზე რეკალჩამქრობ კამერასა და

განმაცალკეებულში (მაგ. 330 კგ – რვა; 500 კგ – ათი). რამდენიმე რკალჩამქრობი მოწყობილობის დახმარებით ელექტრული რკალის ჩაქრობის მრავალჯერადი წყვეტის ხერხით მიიღწევა თითოეულ მათგანზე ძაბვის ჯერადი შექცევება.

საჰაერო ამომრთველების ღირსებები: ფეთქებად- და ხანძარ-უსაფრთხოება; სწრაფქმედება და სწრაფადმოქმედი აგჩ-ს განხორციელების შესაძლებლობა; მაღალი გამორთვის უნარიანობა; ხაზის ტეგადური დენების საიმედო გამორთვა; რკალჩამქრობი კონტაქტების მცირე ცვეთა; რკალჩამქრობ კამერებთან ადვილად შედწევის შესაძლებლობა; მსხვილი კვანძებისაგან გარე და შიგა დაყენებისათვის ვარგისი სერიების შექმნის შესაძლებლობა.

საჰაერო ამომრთველების ნაკლოვანებები: საკომპრესორო დანადგარის საჭიროება; მთელი რიგი დეტალებისა და კვანძების რთული კონსტრუქცია; შედარებით მაღალი ღირებულება; ჩაშენებული დენის ტრანსფორმატორის დაყენების სიმძლე.

2.3. საჰაერო ამომრთველების დიაგნოსტიკა

საჰაერო ამომრთველების დიაგნოსტიკის დროს პირველ რიგში, უნდა ჩატარდეს გარეგანი დათვალიერება. გარეგან დათვალიერებისას მოწმდება საჰაერო ამომრთველის ყველა ფაზის მდგომარეობა სასივანლო ნათურებისა და მანომეტრების ჩვენებების მიხედვით. ყურადღება უნდა მიექცეს საჰაერო ამომრთველის საერთო მდგომარეობას, ჰაერის გაჟონვას (მოსმენით), რკალჩამქრობი კამერებისა და განმაცალკეებულების იზოლატორების, მაშუნტირებელი რეზისტორებისა და ძაბვის ტეგადური გამყოფების, საყრდენი სვეტებისა და მაიზოლირებელი საჭიმების სიმძლეეს, აგრეთვე იზოლატორების ზედაპირების სისუფთავეს. უნდა შემოწმდეს საღტეებისა და აპარატების მომჭერების კონტაქტური შეერთების გახურების ხარისხი.

გამანაწილებელ კარადებში დაყენებული მანომეტრების მიხედვით მოწმდება ჰაერის წნევა ამომრთველების რეზერვუარებში და მისი მიწოდება ვენტილაციაზე. 2 მზა წნევაზე გათვლილი ამომრთველის წნევა აგჩ-თი მუშაობის დროს უნდა იყოს 1,9 – 2,15 მზა ფარგლებში, ხოლო აგჩ-ს გარეშე 1,6 – 2,1 მზა ფარგლებში. ამომრთველი არ უნდა მოდიოდეს მოქმედებაში ჰაერის წნევის ნაჩვენები მნიშვნელობების ქვემოთ დაწვევისას. ამ მიზნით მართვის სქემაში გათვალისწინებულია ბლოკირება, რომელიც ხელს უშლის

თბერაციის ჩატარებას. 1,6 მპა-ს ქვემოთ წნევის დროს ერთი რომელიმე მანომეტრი გათიშავს ჩართვა-გამორთვის წრედს, ხოლო მეორე 1,9 მპა-ს ქვემოთ წნევის დროს აგრ-ს წრედს გადართავს გამორთვაზე.

დიდი მნიშვნელობა 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 ნაწებს შორის. ჰაერის ნარჯის რეგულირება ხდება რედექტორული სარქველის ზედა ნაწილში მოთავსებული სრანხით.

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.

გარეგანი დათვალიერების დროს ვიზუალურად მოწმდება რეზინის შემჭიდროებების მთლიანობა რკალმქრობი კამერების, განმაცალკეებლებისა და მათი საყრდენი სვეტების იზოლატორების შეერთებებში, რადგან გამოყენებულ რეზინის შემჭიდროებებს არ გააჩნიათ საკმარისი პლასტიკურობა და დროთა განმავლობაში იზრდება მათი ნარჩენი დეფორმაცია. დაზიანების მქონე ამომრთველებთან თბერაცია არ დაიშვება.

ექსპლუატაციის პროცესში საჰაერო ამომრთველების მომსახურება მოიცავს შემდეგ ღონისძიებებს: თვეში 1_2-ჯერ ამომრთველების რეზერვუარებიდან უნდა მოცილდეს დაგროვილი კონდენსატი. ამავე პერიოდულობით უნდა შევუბერთ მუშა წნევის შეკუმშული ჰაერით. შებერვის პერიოდულობის დაუცველობას გარემო ტემპერატურის უცარი ცვლილებისას მიყვავართ ამომრთველის რეზერვუარებში ნესტის კონდენსაციასთან და ჰაერგამანაწილებელ ქსელში ცინულის წარმოშობასთან.

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

2.4. ზეთიანი ამომრთველები

ზეთიან ამომრთველებში კონტაქტებს შორის წარმოშობილი რკალი იწვის სატრანსფორმატორო ზეთში. რკალის ენერჯის ზემოქმედებით ზეთი იშლება და წარმოშობილი აირები და ორთქლი გამოიყენება მისი ქრობისათვის. დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის ხერხის მიხედვით განასხვავებენ ორი სახის ზეთიან ამომრთველს: აგზიანი და მცირეზეთიანი. ორივე სახის ამომრთველში რკალის შუალედის დეიონიზაციის მეთოდები ერთნაირია. განსხვავება მხოლოდ ზეთის რაოდენობასა და კონტაქტური სისტემის ჩამოწებული კორპუსისაგან იზოლაციაშია. აგზიან ამომრთველებში დენგამტარი ნაწილები ერთმანეთისა და მიწისაგან იზოლირებულია ზეთის საშუალებით, რომელიც მოთავსებულია მიწასთან შეერთებულ ფოლადის აგზში. მცირეზეთიან ამომრთველებში დენგამტარი ნაწილების იზოლაცია ერთმანეთისა და მიწისაგან წარმოებს მყარი დიელექტრიკებისა და ზეთის საშუალებით.

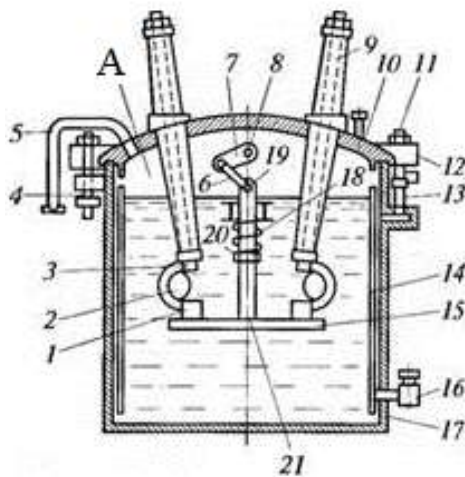
ზეთიანი ამომრთველები ხასიათდებიან ნომინალური დენითა და ძაბვით. გარდა ამისა საჭიროა ვიცოდეთ გამორთვის დენის სიდიდე და ამ დენის გამორთვის შემთხვევაში ძაბვის აღდგენის სიჩქარე. ეს სიდიდეები მოცემულია ამომრთველებზე დამაგრებულ საქარსნო ფინიშიებზე.

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

2.5. აგზიანი ზეთიანი ამომრთველები

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

აგზიანი ზეთიანი ამომრთველი შესრულებულია ფოლადის აგზისაგან 17, რომელშიც ჩასხმულია სატრანსფორმატორო ზეთი. აგზის ქვედა ნაწილში, რომელიც შიგნით იზოლირებულია სპეციალური ფანერით 14, მოთავსებულია ზეთის გამოსაშვები ონკანი 16. ზეთის დონე კონტროლდება ზეთის მაჩვენებელი მილის 13 საშუალებით. აგზიან მილტუჩებით 12 და ქანჭიკებით 11 დამაგრებულია თუჯის სახურავი 10. გამაგალი იზოლატორები 9 ჩაშვებული და დამაგრებულია აგზის შიგნით. ამ იზოლატორებში გატარებულია დენგამტარი დეროები რომელთა ბოლოებზე დამაგრებულია უძრავი კონტაქტები 3. აგზის სახურავის ქვეშ შექმნილია ბუფერული საპაკე-რო ზონა , რომლიდანაც ჰაერი გაზსარინი მილის 5 საშუალებით გარეთ გამოიდევენება.



ა)

ბ)

ნახ.2.5. BM3-6-200-1,25 ტიპის ერთაგზიანი ზეთიანი ამომრთველი (ა) და მისი კონსტრუქციული სქემა (ბ): 1 – მოძრავი კონტაქტი; 2 – გაზის ბუშტულა; 3 – უძრავი კონტაქტი; 4 – ჭანჭიკი; 5 – გაზსარი მილი; 6, 7 და 19 – მრუდხარა-ბარბაცა მექანიზმის საწვეარა; 8 – ლილეგი; 9 – გამაგალი იზოლატორი; 10 – სახურავი; 11 – ჭანჭიკი; 12 – მილტუნა; 13 – ზეთის მაჩვენებელი მილი; 14 – ფანერი; 15 – ტრაფერსი; 16 – ზეთის გამოსაშვები ონკანი; 17 – ფოლადის აგზი; 18 – გამომრთველი ზამბარა; 20 – მიმართველი; 21 – შტანგა; – ბუფერული სივრცე

ზეთიანი ამომრთველის ჩართვა გამორთვა ხდება ამძრავით, რომელიც ზემოქმედებს ამომრთველის ლილეგზე 8. ჩართვისას ლილეგი მრუდხარა-ბარბაცა მექანიზმის საწვეარების 6, 7, 19 დახმარებით მობრუნდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით და მიმართველი 20 აწევს საკონტაქტო ტრაფერსს 15, რომლებზეც დამაგრებულია ამომრთველის სამი ფაზის მოძრავი კონტაქტები. მოძრავი კონტაქტები ჩაიკეტება გამაგალი იზოლატორების დენგამტარი ნაწილების ბოლოებზე დამაგრებულ უძრავ კონტაქტებთან. ამ დროს გამომრთველი ზამბარა 15 შეიკუმშება და ჩართულ მდგომარეობაში ამომრთველი დაჭერილია ამძრავის მექანიკური საკეტით.

გამორთვის დროს ამძრავი გადაწევს საკეტს. გამომრთველი ზამბარის 18 მოქმედებით შტანგა 21 გადაადგილდება ქვევით და კონტაქტები 3 და 1 ერთმანეთს დაშორდებიან. მათ შორის აღიფრება რკალი, ხოლო მათ გარშემო – აირის ბუშტულები 2, რომლებიც შედგებიან ზეთის დაშლის პროდუქტებისაგან (70% წყალბადი, 20% ეთილენი). ბუშტულის წნევა შეადგენს 0,2-0,4 მპა-ს. წყალბადს გააჩნია დიდი თბოგამტარობა და მაღალი ელექტრული სიმტკიცე, რაც გამოიყენება რკალის ჩასაქრობად. წარმოქმნილი აირები გაივლიან ზეთის ფენას და გადადიან ბუფერულ სივრცეში.

აირებმა ზეთის ფენაში გავლის დროს უნდა მოასწონონ გაცივება, სხვაგვარად შესაძლებელია მათი სწრაფი გამონეთება და ბუფერულ სივრცეში წყალბადისა და ჟანგბადის შეერთების დროს წარმოქმნას მგრვინავი ნარევი.

ზეთის ძალიან დიდი რაოდენობის დროს შეიძლება მოხდეს მისი გადმოდგრა აგზიდან მილის 5 გავლით. ამიტომ საჭიროა ზეთის დონისა და ხარისხის მუდმივი კონტროლი. ასევე გამაგალი იზოლატორების ზედაპირის

სისუფთავე, რომლებზედაც შეიძლება მოხდეს გამორთვის დროს წარმოქმნილი ნახშირისა და მეტალის გაღლიბილი ნაწილაკების დაგროვება.

გამორთვისას რეალი რამდენჯერმე აღდგება და ქრება. ამიტომ ავზიანი ამომრთველების გამორთვის დრო ძალიან დიდია (0,15_0,2 წმ). ამაში გამოინატება ამ ტიპის ამომრთველების მუშაობის ერთ-ერთი უარყოფითი მხარე, რის გამოც მას ძირითადად იყენებენ 6 კვ ძაბვამდე. ასევე იგი ზეთის დიდი მოცულობის გამო არის ფეთქებადსაშიში.

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

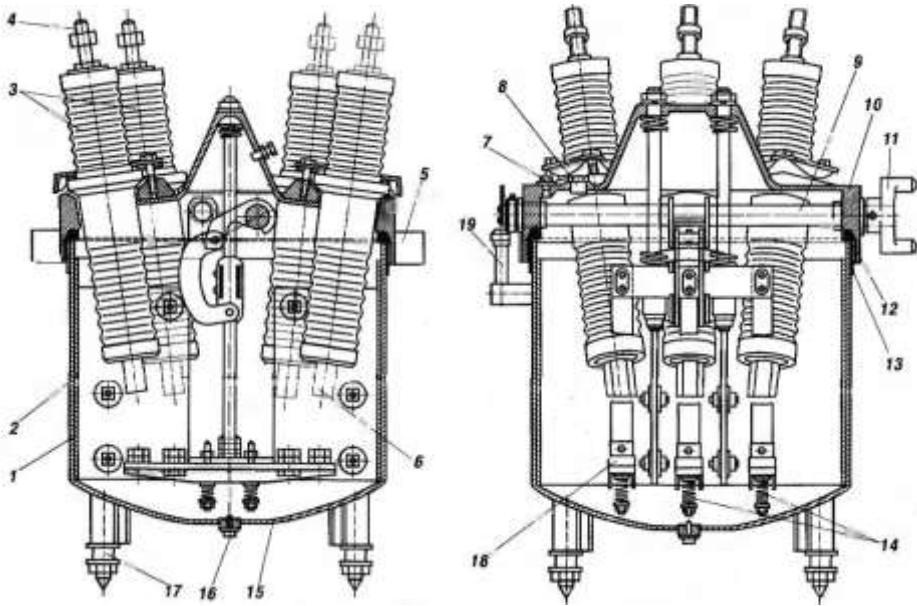
ამომრთველის ავზი 1 შესრულებულია ფურცლოვანი ფოლადისაგან და აქვს ცილინდრული ფორმა. ავზის კორპუსთან გარედან მიდრეკებულია თათები ამომრთველის სახურავთან 10 დამაგრებისათვის. ავზის ზედა ნაწილში არის ფერსო, რომლის ქვემოთაც მიდრეკებულია ნიბელი მასზე მიმაგრებული ზეთის მაჩვენებლით 19. ავზის კედლების იზოლაცია 2 და ფაზათაშორისი გადაღობვები დამზადებულია ელექტრომუყაოსაგან. ავზს გააჩნია მოწყობილობა ამომრთველის აფეთქების თავიდან აცილების მიზნით. იგი შედგება თხელკედლიანი მილების ნაჭრებისაგან, რომლებიც ჩამოცმულია სარქვებზე 17, რომლებიც ავზს ამაგრებენ ამომრთველის სახურავთან.



ნახ. 2.6. 35 კვ ზეთიანი ამომრთველის საერთო სახე

სახურავს 10 გააჩნია ოთხი კორძი 5 ამომრთველის დამჭერ კონსტრუქციაზე დასამარებლად. სახურავზე დაყენებულია ექვსი გამაგალი იზოლატორი 3, რომელთა შიგნით გატარებულია დენგამტარი ღეროები 4 და აირსარინი. სახურავის ქვეშ განლაგებულია ამომრთველის ამძრავი მექანიზმი. სახურავის კორძებში ჩანრახნილია ფოლადის სარჭები 17.

ამომრთველის კონტაქტები ტარსულია. მოძრავი კონტაქტები 18 შედგებიან სპილენძის სალტეებისაგან. სალტის ქვეშ გადებულია Π-სებრი ფორმის ფოლადის ცოკოლი და ისინი დამაგრებულია საიზოლაციო მასალისაგან დამზადებულ შტანგაზე. სალტისა და ცოკოლის შუა ნაწილში არის ორი ნახვრეტი, რომლებშიც შედიან შტანგის დაბოლოებებში ჩანრახნილი სარჭები. თითოეულ სარჭზე ერთი მეორეზე ჩამოცმულია ორი ზამბარა. მოძრავ კონტაქტებს სარჭებთან არა აქვთ ხსტი შეერთება და შეუძლიათ გადაადგილდნენ მათზე და შეკუმშონ ზამბარა. ეს ზამბარები უზრუნველყოფენ მოძრავ და უძრავ კონტაქტებს შორის საჭირო კონტაქტურ დაწნევას.



ნახ.2.7. 10 კვ ზეთიანი ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა. 1 – აგზი; 2 – აგზის იზოლაცია; 3 – ფაიფურის იზოლატორები; 4 – დენგამტარი ღერო; 5 – კორძი; 6 – უძრავი კონტაქტი; 7 – ხრახნი; 8 – ზეთის ჩასასხმელო ხვრელის საცობი; 9 – ამომრთველის ლილვი; 10 – სახურავი; 11 – ამომრთველის ამძრავთან შესაერთებელი ჩანგალი; 12 – შემამჭიდროებელი საფენი; 13 – ფერსო; 14 – ზამბარა; 15 – აგზის

ფსკერი; 16 – ზეთის გამოსაშვები ზვრელის საცობი; 17 – სარჭი; 18 – მოძრაგი კონტაქტები; 19 – ზეთის დონის მაჩვენებელი

ამომრთველის ამძრაგი მექანიზმი ლილვის ბრუნვით მოძრაობას გარდაქმნის მოძრაგი კონტაქტების სწორხაზოვან მოძრაობად.

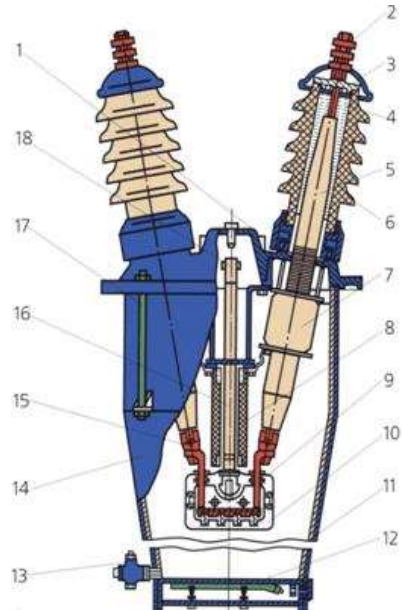
ამ ამომრთველებში რკალის ქრობის პროცესი ხდება შექმნილია ელექტრული რკალი, რომელსაც აქვს მაღალი ტემპერატურა შლის მის გარშემო არსებულ ზეთს აირად. აღიძვრება ორი მიმდევრობით ჩართული რკალი. თითოეული ამ რკალის გარშემო ექმნება აირის ბუშტულა, რომელშიც წნევა აღწევს 10_12 ატმ. და განდევნის აირს აგზის სახურავსა და ზეთის ზედაპირს შორის არსებულ საჰაერო ბალიში. საჰაერო ბალიში იკავებს აგზის მოცულობის 20_30%-ს და იცავს ამომრთველს აფეთქებისაგან დიდი დენებით გამოწვეული ზეთის დონის აწევის დროს.

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

ნახ.2.8-ზე წარმოდგენილია 35 კვ ძაბვის ზეთიანი ამომრთველის საერთო სახე და მისი ერთი ფაზის ქრილი.



ა)



ბ)

ნახ.2.8. 35 კვ ძაბვის ზეთიანი ამომრთველის საერთო სახე (ა) და მისი ერთი ფაზის ქრილი (ბ): 1 – ფოლადის სახურავი; 2 – საკონტაქტო გამოძეგანი; 3 – სახურავი; 4

– ყინვაგამძლე მასტიკა; 5 – ბაკელიტის მილისი; 6 – შემყვანის ფაიფურის საფარი; 7 – დენის ტრანსფორმატორი; თ -35; 8 – მიმართველი მილისი; 9 – უძრავი კონტაქტი; 10 – ამომრთველის რკალმქრობი კამერა; 11 – საიზოლაციო ელექტრომუყაო; 12 – ზეთის გამათბობელი; 13 – ზეთის გამოსაშვები ონკანი; 14 – პოლუსის ავზი; 15 – შემყვანის დენგამტარი დერო; 16 – შტანგა; 17 – მოსაჭიმი სარჭი; 18 – ამძრავი მექანიზმი

6-10 კვ დანადგარებში გამოიყენებდნენ БМБ_10, БМЭ-6, БМЭ-10, BC _10 ტიპის ამომრთველებს. ამჟამად მათ ცვლიან მცირეზეთიანი და ელვაზური ამომრთველებით. ავზიანი ამომრთველები ხასიათდებიან კონსტრუქციის სიმარტივით, რამაც განაპირობა მათი ფართო გამოყენება. მარტივი ამომრთველებისაგან განსხვავებით მათ გააჩნიათ რკალმქრობი კამერები.

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

ავზიანი ზეთიანი ამომრთველის უარყოფითი მხარეებია: ფეოქებად- და ხანძარსაშიშროება; ავზსა და შემყვანებში ზეთის დონისა და მდგომარეობის პერიოდული კონტროლის საჭიროება; ზეთის დიდი მოცულობა (მაგ. Y_220 ტიპის ამომრთველში სამივე პოლუსზე საჭიროა 27000 კვ ზეთი), რაც განაპირობებს მის შესაცვლელად დროის დიდ დანახარჯებს; ზეთის დიდი მარაგის საჭიროება; შიგა დაყენებისათვის გამოუყენებლობა; სწრაფადმოქმედი აგრ-სათვის უვარგისია; მეტალის დიდი დანახარჯები, დიდი მასა, მოუხერხებელია გადასატანად, მონტაჟისა და გაწყობისათვის.

2.6. მცირეზეთიანი ამომრთველები

მცირე ზეთიანმა (ქოთნიანმა) ამომრთველებმა ფართო გავრცელება პპოვეს 6, 10, 20, 35, 110 კვ ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების დახურულ; 6, 10 და 35 კვ კომპლექტურ და 35, 110 და 220 კვ ღია გამანაწილებელ მოწყობილობებში. ერთ ერთი სახის (ВРМ - 10 ტიპის) მცირეზეთიანი ამომრთველი მოცემულია ნახ. 2.9-ზე.

მცირე ზეთიან ამომრთველებში ზეთი ძირითადად გამოიყენება როგორც რკალმქრობი გარემო და ნაწილობრივ გათიშულ კონტაქტებს შორის იზოლაციისათვის. დენგამტარი ნაწილების ერთმანეთისა და ჩამიწებული კონსტრუქციებისაგან იზოლაცია ხორციელდება ფაიფურის ან სწვა სახის

მყარი მაიზოლირებული მასალისაგან. შიგა დაყენების ამომრთველის კონტაქტები მოთავსებულია ფოლადის აგზაკში (ქოთანში) და ამის გამო უწოდებენ მათ “ქოთნაანს”. 35 კვ და ზემოთ ძაბვებზე განკუთვნილ ზეთიან ამომრთველებს გააჩნიათ ფაიფურის კორპუსი.

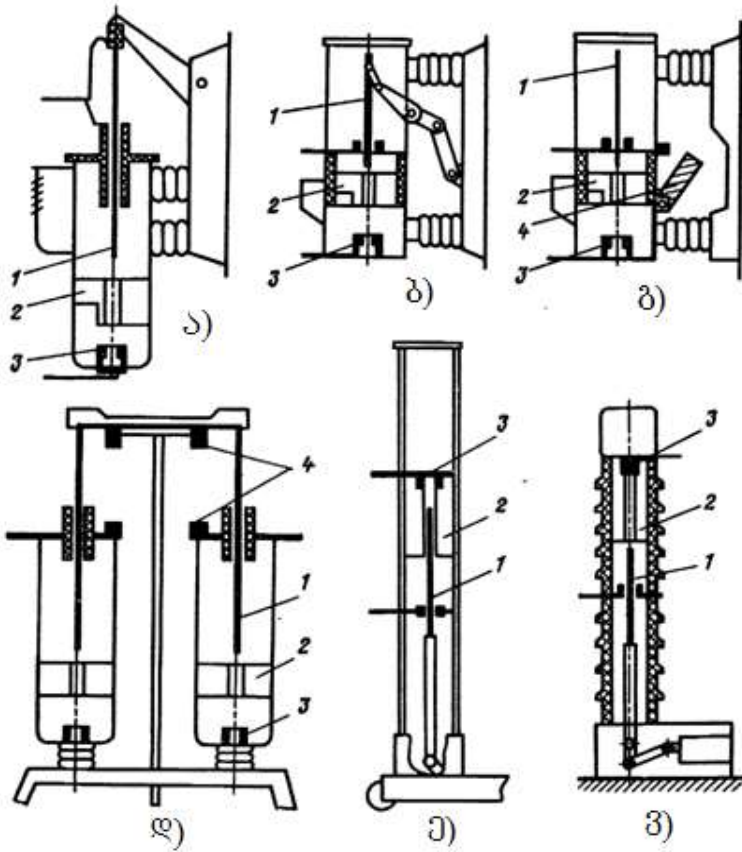


ნახ. 2.9. მცირეზეთიანი ამომრთველები

ამომრთველის მოქმედების პრინციპი დამყარებულია კონტაქტების გათიშვის დროს 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 რკალმჭრობ მოწყობილობაში იღებს განსაზღვრულ მიმართულებას და აქრობს რკალს.

ყველაზე უფრო დიდი გამოყენება აქვთ 6-10 კგ ძაბვის კიდული ტიპის ВМП სერიის ამომრთველებს (ნახ.2.10. ა, ბ, გ). ამ ამომრთველებში კორპუსი დამაგრებულია ფაიფურის იზოლატორებზე ყველა სამივე პოლუსისათვის საერთო ჩარჩოზე. თითოეულ პოლუსში გათვალისწინებულია კონტაქტების ერთი წყვეტა და რკალმჭრობი 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 რკალმჭრობი კონტაქტები – მეტალის ავზაკის შიგნით. დიდი გასათიში დენების დროს თითოეულ პოლუსს გააჩნია ორი რკალმჭრობი წყვეტა. ამ სქემით სრულდება МГГ და МГ სერიის ამომრთველები 20 კგ ძაბვამდე ჩათვლით. მასიური გარე მუშა კონტაქტები 4 საშუალებას იძლევა დამზადდეს ამომრთველები დიდ ნომინალურ დენებზე (12000 ა-მდე).



ნახ. 2.10. მცირეხუთიანი $BMPI$ სერიის ამომრთველების კონსტრუქციული სქემები: 1 – მოძრავი კონტაქტი; 2 – რკალმქრობი კამერა; 3 – უძრავი კონტაქტი; 4 – მუშა კონტაქტები

ნახ. 2.10-ზე მოცემულია მცირეხუთიანი ამომრთველების კონსტრუქციული სქემები.

გამოსაწევი უქსრულების კომპლექტური გამანაწილებელი მოწყობილობებისათვის სპეციალურად დამუშავებულია და მზადდება BK სერიის მცირეხუთიანი სვეტიანი ამომრთველი (ნახ.2.10.ე). 35 კგ და ზემოთ სვეტიანი ამომრთველების კორპუსი მზადდება ფაიფურისაგან და ავსებულია ზეთით (ნახ.2.10.გ). 35 და 110 კგ ამომრთველებში გათვალისწინებულია ერთი გაწყვეტა ფაზაზე, უფრო დიდ ძაბვებზე – ორი და მეტი გაწყვეტა.

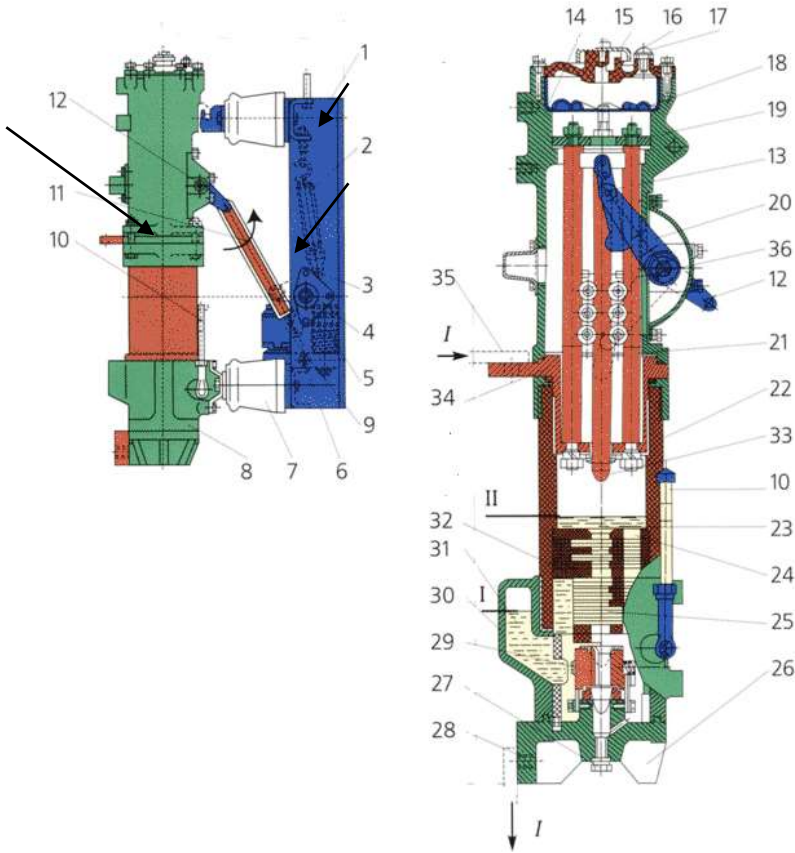
$BMPI$ სერიის ამომრთველები ფართოდ გამოიყენება 6-10 კგ ძაბვის დახურულ კომპლექტურ გამანაწილებელ მოწყობილობებში. ისინი

გათვლილია 630–3150 ა ნომინალურ და 20 და 31,5 კა გამორთვის 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.

ნახ. 2.11-ზე მოცემულია БМП–10 ტიპის მცირეზეთიანი ამომრთველის მოწყობილობის სქემა; ნახ. 2.12-ზე – როზეტული კონტაქტის მოწყობილობის სქემა, ხოლო ნახ.2.13-ზე – რკალმჭრობ კამერაში რკალის ქრობის პროცესის სქემა.

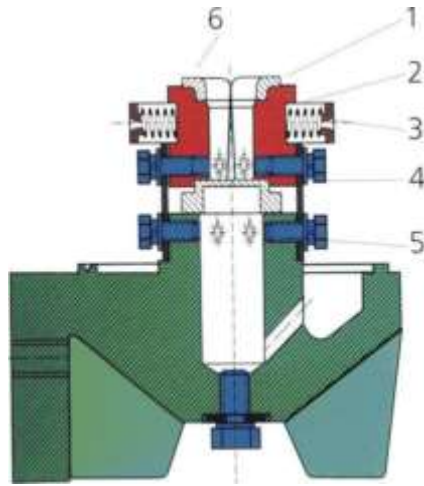
ამომრთველის პოლუსები დამონტაჟებულია შედუღებულ ჩარჩოზე. ჩარჩოს შიგნით განლაგებულია ამძრავის საერთო ლილვი ბერკეტებით, გამომრთველი ზამბარები, ზამბარიანი და ზეთიანი დემპერები. ჩარჩოზე დაყენებულია საყრდენი იზოლატორები, რომლებზეც დაყენებულია პოლუსები, ხოლო პოლუსებს შორის – საიზოლაციო ტიხარები.

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

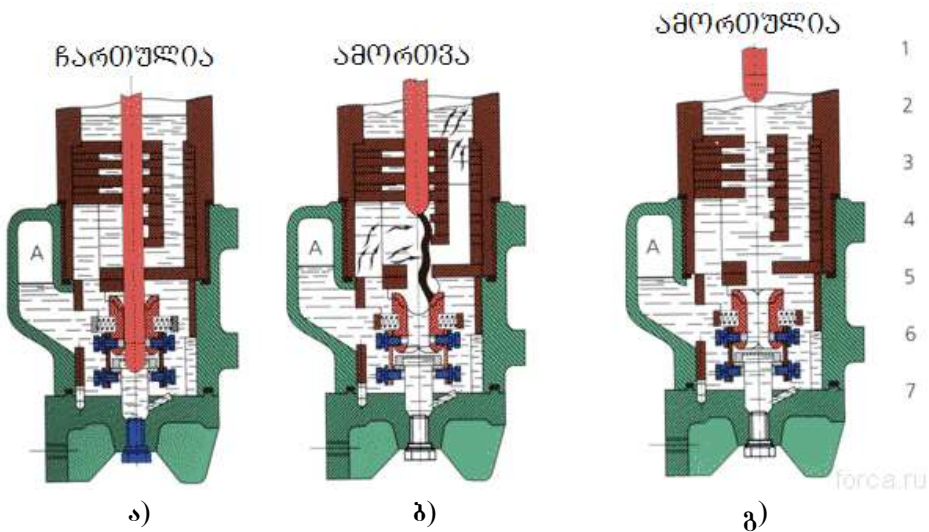


ნახ.2.11. ВМПИ – 10 ტიპის მცარეზეთიანი ამომრთველის მოწყობილობის სქემა:

ა) გარე ხელი; ბ) ამომრთველის ფაზის კრილი; 1 – ფოლადის ჩარჩო; 2 – გამომრთველი ზამბარა; 3 – ორზარა ბერკეტი; 4 – ამომრთველის ლილვი; 5 – ზამბარიანი დემფერი; 6 – ჩამიწების ჭანჭიკი; 7- საყრდენი იზოლატორი; 8 – ფაზის აგზაკი; 9 – ზეთიანი დემფერი; 10 – ზეთის მარცვანბელი; 11 – იზოლირებული საწვეარი; 12 – ბერკეტი; 13 – გამმართველი მექანიზმი; 14 – ზეთგამომყოფი; 15 – აირის გამოსასვლელი არხი; 16 – სახურავი; 17 – ზეთის ჩასასხმელი ნახგრეტის საცობი; 18 – ზეთგამომყოფის ნახგრეტი; 19 – კორპუსი; 20 – ბერკეტი; 21 – საკონტაქტო დერო; 22 – მინაეპოქსიდის ცილინდრი; 23 – კამერის ცენტრალური არხი; 24 – გვერდითი გამოსახოლქვი არხი; 25 – რკალმქრობი კამერა; 26 – ფაზის ქვედა სახურავი; 27 – ზეთის გამოსაშვები საცობი; 28 – გამომყვანი სალტი; 29 – უძრავი კონტაქტი; 30 – ქვედა მილტუნი; 31 – ბუფერული სიგრცე; 32 – ზეთის ჯიბე; 33 – მოძრავი კონტაქტი; 34 – ზედა გამომყვანი; 35 – მომყვანი სალტი; 36 – დენის ამრთველი გორგოლაჭები



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



ნახ.2.13. რკალქრობ კამერაში რკალის ქრობის პროცესის სქემა. 1 - მოძრავი კონტაქტი; 2 - ზეთის ჯიბე; 3 - გამოსაბოლქვი არხი; 4 - მინაემბოქსიდის ცილინდრი; 5 - როზეტული კონტაქტი; 6 - ქვედა მილტუნი; 7 - ფაზის სახურავი; A - საჭაერო ბუფერი

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

მოძრავი კონტაქტიდან (სანთლიდან) მიმმართველ დეროებზე დენის გადასვლა ხდება მოძრავი კონუსური გორგოლაჭების გავლით. ისინი აწყობილია წყვილად და ზამბარებით მიჭერილია სანთლებთან და მიმმართველ დეროებთან. საკონტაქტო წნევა არ რეგულირდება. გარდამავალი წინაღობის შემცირების მიზნით მიმმართველი დეროების, გორგოლაჭების, როზეტული კონტაქტების ფირფიტების (ლამელების) ზედაპირები მოვრცხლილია. კონტაქტების ელექტრული რკალის მოქმედების მიმართ მდგრადობისა და მუშაობის ხანგრძლივობის გადის გაზრდის მიზნით, სანთლის მოსახსნელი დაბოლოება და როზეტული კონტაქტების ფირფიტების ბოლოები მოპირკეთებულია რკალმდევი მეტალოკერამიკით.

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

ზეთის დემბერის დანიშნულებაა ამომრთველის გამორთვის დროს დარტყმის შეზღუდვა, ხოლო ზამბარიანი დემბერისა – დარტყმის შეზღუდვა ჩართვის დროს. გარდა ამისა, დემბერის ზამბარა ზრდის ძაღვას ამომრთველის გამორთვისას და ამადლებს კონტაქტების გათიშვის სიჩქარეს. იზოლირებული ცილინდრის შიგნით როზეტული კონტაქტების თავზე დაყენებულია რკალმქრობი კამერა.

ელექტრული რკალის ქრობის დროს რკალმქრობი კამერიდან გამოვარდნილი სატრანსფორმატორო ზეთი მიისწრაფვის ზემოთ. ზეთის ნაწილი მიადწევს ზეთგამყოფამდე მიუხეობება მასზე და ჩამოედინება ქვემოთ აირები ზვრელის გავლით გადიან ზეთგამყოფამდე და შემდეგ სახურავში არსებული არხის გავლით გარეთ გამოიფრქვევიან. სახურავი დამზადებულია საიზოლაციო მასალისაგან, რომელსაც გააჩნია ხრახნიანი საცობით დახურული ზეთის ჩასახსნელი ნახვრეტი. პოლუსის ქვედა მიღტურჩას გააჩნია ზეთის მაჩვენებელი, რომლის დანიშნულებაა პოლუსში ზეთის დონის კონტროლი. მინის მიღზე არის ორი ნიშნული, 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

35 კვ და ზევით ძაბვაზე მცირე-ზეთიანი ამომრთველების კონსტრუქციის დახვეწა ნომინალური დენებისა და გამორთვის უნარიანობის 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 რეკლამქრობი მოწყობილობები და მართვის მექანიზმები. ზეთავსებული სვეტები ჰერმეტიკულია.

მათში ზეთის ზემოთა სივრცე შევსებულია აზოტით, რომელიც იმყოფება მუდმივი წნევის (0,5_1 მპა) ქვეშ. წნევა იქმნება ამომრთველის მუშაობაში შეყვანის წინ და ეს წნევა შენარჩუნდება მთლიან რემონტამდე.

2.7. ზეთიანი ამომრთველების დიაგნოსტიკა

ზეთიანი ამომრთველების დიაგნოსტიკა იწყება გარეგანი დათვალიერებით, რომლითაც მოწმდება თითოეული ამომრთველის მდგომარეობა სასიგნალო მოწყობილობის ჩვენების მიხედვით და ამ ჩვენების შესაბამისობა ოპერატიულ სქემაზე გამოსახულ მდგომარეობასთან. მოწმდება აგრეთვე შემყვანების ფაიფურის სახურავების ზედაპირების, იზოლატორებისა და საწვევარების მდგომარეობა, დამცავი სარქველების მემბრანების მთლიანობა და აირსანირიდან ზეთის გამოსვლის არ არსებობა. ზეთის გაჟონვის კვალი შედეგების ნაკერებში, გასართებში, ონკანებში. სმენით განსაზღვრავენ ამომრთველში ტკაცანისა და ხმაურის არ არსებობას. თერმთაფსკის ფერის

მისევეთ განსაზღვრავენ 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 დაუყონებლივ გარემონტდეს.

მათ გამართულ მუშაობას უნდა მიექცეს განსაკუთრებული ყურადღება, 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 შეკეთების დროს საჭირო ხდება ზეთის შეცვლა ახალი მინერალური ზეთით, ხოლო თუ პროფილაქტიკიდან პროფილაქტიკამდე მონდა ზეთიანი ამომრთველის 5-5 ავარიული გამორთვა, ზეთის საიზოლაციო თვისებების საგრძნობლად შემცირების გამო საჭირო ხდება მისი შეცვლა. 110_220 კვ მომუშავე ზეთიანი ამომრთველების ზეთის გამრღვევი ძაბვის დასადგენად სინჯი აღებული უნდა იქნას პროფილაქტიკურ შეკეთების დროს. შედეგების ანალიზის შემდეგ საჭიროა მიღებული იქნას სათანადო გადაწყვეტილება ზეთის გაშრობის ან შეცვლის შესახებ.

პროფილაქტიკური შეკეთების დროს უნდა შემოწმდეს რკალჩამქრობის ყველა დეტალი. მოძრავი ნაწილების იზოლაციას აკონტროლებენ მისი წინაღობის მეგაომეტრით გაზომვით. იზოლაცია ითვლება დამაკმაყოფილებლად თუ 3_10 კვ ამომრთველებისათვის შეადგენს 100 მომ; 15_150 კვ ძაბვისათვის 5000 მომ. ზეთიანი ამომრთველის ელექტრომაგნიტების ჩართვა უნდა ხდებოდეს ნომინალური ძაბვის 80_110%-ს დროს, ხოლო გამორთვა 65_125%-ს დროს.

რკალჩამქრობი მოწყობილობების იზოლაციის მდგომარეობა მოწმდება შემყვანების დიელექტრიკული კარგების ტვ მისევეთ, ეს სიდიდე ძირითადად განსაზღვრავს მყარი იზოლაციის ტენიანობას და ზეთის დიფექტიანობას, რაც საბოლოოდ განსაზღვრავს აქტიურ და ტიკადური დენების ფარდობას. საჭიროების შემთხვევაში რკალჩამქრობის შიდა იზოლაციის გაშრობას ახდენენ დემონტაჟის გარეშე 90_100°ჩ ტემპერატურის ჰაერის დაბერვით 30_40 სთ განმავლობაში. გაშრობა შესაძლებელია აგრეთვე რკალჩამქრობის შიდა სივრცეში 1000 ვატ ნათურის ანთების 8_10 სთ განმავლობაში რის შედეგადაც იგი შეივსება მშრალი ტრანსფორმატორის

ზეითით. საჭიროა ამომრთველის კონტაქტების გარდამავალი წინაღობის გაზომვა.

ამ წინაღობის სიდიდე ყველა სახის ამომრთველებისათვის ნორმალურ მდგომარეობაში უნდა იყოს 100_350 კომ ფარგლებში, თუ ეს სიდიდე გადაზრდილია, საჭიროა სათანადო ღონისძიების ჩატარება მის შესამცირებლად.

ამომრთველების ამძრავი მექანიზმების კინეტიკური სქემის დათვალიერებისას, საჭიროა დაფრწმუნდეთ შეუძლია თუ არა ამომრთველის ამძრავს მოკლე ჩართვისას გამორთვის წრედი, იმ შემთხვევაშიც თუ ჩამრთველი მექანიზმი აგრძელებს მის მოქმედებას ჩართვის მიმართულებით. საჭიროა პერიოდულად შემოწმდეს ჩამრთველი მექანიზმის მოქმედება სამი სწავდასწავა სიდიდის ძაბვის დროს 1.15; 1; 0.8 ნომ. ყველა ამ სიდიდის დროს ჩამრთველი უნდა ჩართოს და გამორთვის სამჯერ. 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 ზეითიანი ამომრთველის მუშა მდგომარეობაში ჩაყენებისა და მუშა მდგომარეობაში ჩართული ამომრთველების საკონტროლო მდგომარეობაში ჩაყენების შესაძლებლობას. საჭიროა შემოწმდეს დაცვის სისტემის ეფექტიანი მოქმედება ზეითიანი ამომრთველების საკონტროლო მდგომარეობაში ყოფნისას. შემოწმდეს ხმოვანი სიგნალიზაციის წრედების წესრიგში ყოფნა და ავარიულად გამორთვის მიზეზების გიზუალურად მჩვენებელი წრედებისა და აპარატურის ქმედითუნარიანობა.

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

ცხრილში 2.1 მოცემულია ზეითიანი ამომრთველების აპარატურის გარე იზოლაციის საგამოცდო ძაბვები.

ცხრილი 2.1 ზეითიანი ამომრთველების აპარატურის გარე იზოლაციის საგამოცდო ძაბვები

მუშა ძაბვა მმ	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

მოლიანად აკრეფილი და რეგინირებული ზეთიანი ამომრთველი გაწყობის წინ მოწმდება შემონტაჟე პერსონალის მიერ კონტაქტების ერთდროულად ჩართვა-ამორთვაზე. მათ მიერვე იზომება მოძრავი ნაწილის სვლის სიდიდე, კონტაქტების მოჭყრილობა და ხელის სიდიდე ჩართვის დროს. ამომრთველის ზეთი ავსებამდე იზომება ორგანული მასალისგან დამზადებული მოძრავი და მიმართველი ნაწილების იზოლაციის წინაღობა, ავზის იზოლაციის, დამჭერი სარჭების და რკალჩამქრობი მოწყობილობის იზოლაციის წინაღობა $g_{\text{ზ}}$, ამისათვის ამორთულ ამომრთველზე ჩართავენ მეგაომეტრს ერთი მხრივ ტრავერსით, ხოლო მეორე მხრივ ავზზე. ზეთის ჩამოსხმის შემდეგ ზომავენ მოძრავი ნაწილის იზოლაციის წინაღობას ამომრთველის ჩართული მდგომარეობის დროს. გაზომვა წარმოებს 2500 ვ მეგაომეტრით. იზოლაციის წინაღობა უნდა იყოს: 10კვ-მდე მუშა ძაბვის დროს არანაკლებ 1000 მომი; 15_150კვ – არანაკლებ 3000 მომი, 220 კვ და ზევით – არანაკლებ 5000 მომი. ცალკე მოწმდება ავზის იზოლაციის წინაღობა. ამისათვის მის ზედაპირზე ზედა და ქვედა ნაწილებში მოედება დროებითი ელექტროდები და მასთან შეერთდება მეგაომეტრის გამტარები.

თუ გაზომვის შედეგები ნაკლებია დასაშვებზე საჭიროა გაიზომოს $g_{\text{ზ.ა}}$ წინაღობა ამორთულ ამომრთველზე გამომყვანების დამოკლებით. ამ შემთხვევაში მოძრავი ნაწილების იზოლაციის წინაღობა განისაზღვრება ამომრთველის ჩართულ ($g_{\text{ზ.ჩ}}$) და ამორთულ ($g_{\text{ზ.ა}}$) მდგომარეობაში მიღებული გაზომვის შედეგების მიხედვით ფორმულით

$$g_{\text{ზ}} = g_{\text{ზ.ჩ}} \times g_{\text{ზ.ა}} / (g_{\text{ზ.ა}} - g_{\text{ზ.ჩ}})$$

თუ ამ შემთხვევაში იზოლაციის წინაღობა ნაკლებია ნორმით დადგენილზე, მაშინ აგზის იზოლაცია ექვემდებარება გაშრობას. ამპრაგის მეორადი წრედის იზოლაციის წინაღობა იზომება 1000 ვ მეგაომეტრით და უნდა იყოს არანაკლებ 1000 მომი.

წყეთიანი ამომრთველების შემყვანები გამოიცდება მათი ამომრთველზე დაყენებამდე. დაყენების შემდეგ სწარმოებს იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის $tg\delta$ გაზომვა მთლიანად აკრეფილ ამომრთველზე ნახ. 2.15-ზე მოცემული ავტომატური საზომი ხელსაწყოთი ან $tg\delta$ -ს საზომი სხვა ხელსაწყოებით.

თუ $tg\delta$ -ს მნიშვნელობა აღემატება დასაშვებს, მაშინ აწარმოებენ გაზომვას აგზის იზოლაციის გამორიცხვით, რისთვისაც ჩამოუშვებენ აგზს, გადმოასხამენ წყოს, დაამოკლებენ რკალსაქრობ კამერებს, თუ ამ შემთხვევაში შემყვანების იზოლაციის $tg\delta$ შემცირდება 4%-ზე მეტად, მაშინ ამომრთველის შიდა იზოლაცია ექვემდებარება გაშრობას. წყოს განმეორებითი ჩასხმის შემთხვევაში სწარმოებს იზოლაციის წინაღობის შემოწმება 2500 ვ მეგაომეტრით და $tg\delta$ გაზომვა ჩართული და ამორთული ამომრთველების დროს. იზოლაციის წინაღობა და დიელექტრიკული დანაკარგები ორივე შემთხვევაში უნდა იყოს ერთნაირი. გამოსაცდელი ძაბვა მიეწოდება თითოეული ფაზის ორივე შემყვანს.



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

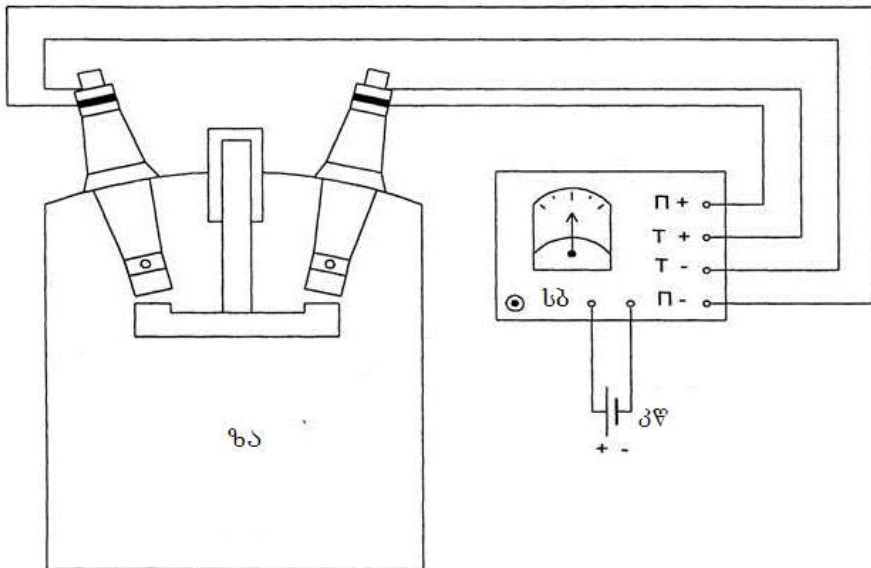
აწეული ძაბვით ზეთიანი ამომრთველის იზოლაციის გამოცდა წარმოებს სამრეწველო სისშირეზე 1 წუთის განმავლობაში ცხრილი 2.2-ში მოცემული ძაბვებით.

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

მეორადი წრედებისა და ამძრავი გრაგნილების იზოლაცია გამოიცდება 1000ვ ძაბვაზე 1 წუთის განმავლობაში.

საკონტაქტო სისტემის რეგულირების მნიშვნელოვან მახასიათებელ სიდიდეს წარმოადგენს მისი წინაღობა მუდმივი დენის მიმართ. მისი გაზომვა ხდება ცალკეული ფაზების მიხედვით ამომრთველი მუშა კონტაქტების თითოეული წყვილისათვის ნახ. 2.16.- ზე მოცემული სქემის მიხედვით $\Phi - 415$ ტიპის მიკროომეტრით, $- 239$ მუდმივი დენის ორმაგი ბოგირით ან ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით. წინაღობის სიდიდეები უნდა შეესაბამებოდეს ცხრილი 2.3-ს მონაცემებს.



ნახ. 2.16. ამომრთველის კონტაქტური სისტემის წინაღობის მუდმივი დენით

გაზომვის სქემა: ზა -ზეთიანი ამომრთველი; სბ - საზომი ბოგარი;
კწ - კვების წყარო

ზეთიანი ამომრთველებისა და მისი ამძრავის სწორი რეგულირების ძირითად შესამოწმებელ სიდიდეს წარმოადგენს ჩართვა-გამორთვის სიჩქარე. აღნიშნული შემოწმება სწარმოებს ზეთით მთლიანად გაფსებულ ზეთიან ამომრთველზე, არანაკლებ +10⁰ჩ ტემპერატურაზე; ჩართვისა და გამორთვის ელექტრომაგნიტის გრაგნილის ბოლოებზე ოპერატორული დენის ნომინალურ დაბვაზე, აგრეთვე ჩართვის ელექტრომაგნიტის მოძქერებზე 0.8 ნომ და ამორთვის ელექტრომაგნიტებზე 0.65 ნომ დაბვაზე.

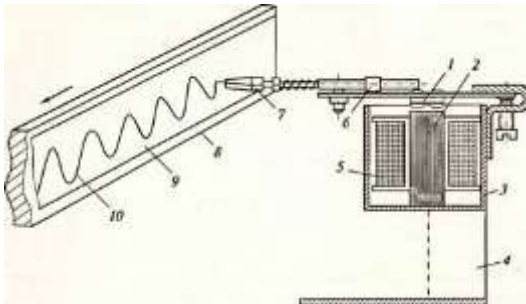
ცხრილი 2.3. ზეთიანი ამომრთველის ფაზების წინააღობები

ამომრთველის ტიპი	ნომინალური დაბვა, კვ	ნომინალური დენი, ა	ამომრთველის ფაზის წინააღობა, მკომი
ВМП-10; ВМП-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
		200	350
		600	150
სხვა ტიპები	3-10	1000	100
		2000	75
		6000	15; 300*
		2000	30; 250*
МГГ-20	20	3000	20; 250*
		600	550
		630	310;9
ВМ-35жВБ-35жВМД-35	35	3200	55;14**
		3200	55;14**
ჩ-35	35	600	500
ВМТ-110;МКП-110	110	1000	130
ВМ-125	110	600	500

BMT-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. * _ რკალმქრობი კონტაქტები;
 ** _ ერთი კამერა;
 *** _ მოძრავი კონტაქტები.

ამომრთველის სიჩქარის მახასიათებლები უნდა შეესაბამებოდეს ცხრილი 2.4-ში მოცემულ სიდიდეებს.



ა)

ბ)

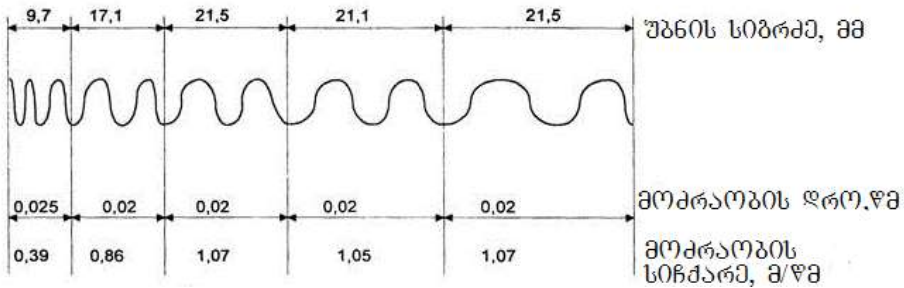
ნახ.2.17. ვიბროგრაფი ВЭ -1 (ა) და ვიბროგრაფის გადაღება (ბ): 1 – სადგარი; 2 – კორპუსი; 3 – გრაგნილი; 4 – გულარა; 5 – ღუზა; 6 – ფოლადის ზამბარა; 7 – საწერი მოწყობილობა; 8 – ხის თამასა; 9 – ქაღალდის ლენტა; 10 – ვიბროგრაფი

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

ცხრილი 2.4. ზეთიანი ამომრთველის სიჩქარის მახასიათებლები

ამომრთველის ტიპი	ამძრავის ტიპი	კონტაქტების მოძრაობის სიჩქარე		
		რკალ-ჩამქრობი	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
ჩ-35	ПЭ-31	2.4/1.2	-	3.0/1.8
ВМ-35; ВМП-35	Пჩ-10	-/1.0	-	1.7/2.0
МГ-20	Пჩ-31	2.0/1.8	-	2.1/2.0
МГ-10	Пჩ-31	2.5/1.8	-	2.5/2.0
МГГ-10	ПЭ-2	1.4/2.1	-	1.7/3.0
ВМГ-133	Пჩ-10	2.8/2.0	-	2.8/3.0
ВМП-10	ПЭ-11	3.5/3.0	-	4.5/4.2

ვებროგრამა (ნახ.2.18) ექვემდებარება გაშიფვრას. ამისათვის ვებროგრამა დაიყოფა რამდენიმე უბნად, რომელთა სიგრძე თითოეულ შემთხვევაში დამოკიდებულია ვებროგრამის სიგრძეზე.



ნახ. 2.18. ამომრთველის ვებროგრამა და მისი დამუშავება

ვებროგრამის უბნებად დაყოფის შედეგ თითოეული მათგანისათვის მათი სიგრძე ზუსტად იზომება მილიმეტრებიანი სახაზავით ან მილიმეტრული ქაღალდის ზოლით, ხოლო ტრავერსის მოძრაობის დრო განისაზღვრება რნევათა პერიოდების რიცხვით უბანზე, საშუალო სიჩქარე მოცემულ უბანზე (ნახ. 2.18) განისაზღვრება ფორმულით:

$$V_{\text{საშ.}} = \frac{u_b}{t}, \text{ მ/წმ,}$$

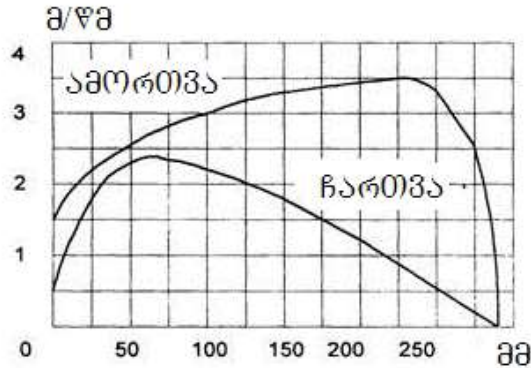
სადაც u_b – უბნის სიგრძეა; t – უბანზე რაგერის მოძრაობის დრო (წმ).
 რადგანაც ვიბროგრამის ვიბრაციის რხევათა სიხშირე ტოლია 100 ჰც, ამიტომ ერთი პერიოდის შესაბამისი დრო ტოლია 0,01 წმ-ის, ხოლო n რაოდენობის სინუსოიდის შესაბამისი დრო იქნება $n \times 0,01$ წმ.

ტრაგერის სვლის რომელიმე წერტილში სიჩქარის განსაზღვრისათვის გამოითვლება საშუალო სიჩქარე ამ წერტილის მიმდებარე ორი პერიოდის ინტერვალში, ფორმულით:

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

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

$$V_{\text{საშ.}} = f(\)$$



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

ყველა მრუდისათვის რეკომენდირებულია შევუთავსოთ კოორდინატთა სათავის მდგომარეობა “ჩართულია.” ამომრთველის რეგულირება ითვლება დამაკმაყოფილებლად, თუ სიჩქარის მიღებული მნიშვნელობები საქარხნო მონაცემებისგან არ განსხვავდება 15%-ით წინააღმდეგ შემთხვევაში რეგულირება ხდება თავიდან და იხილება ტრაგერის მოძრაობის სიჩქარე.

დროის ათვლისათვის გამოიყენება ელექტრონული წამწამი, მილიწამწამი ან ოსცილოგრაფი. რადგანაც ელექტრონულ წამწამს აქვს დიდი ცდომილება (0.05წმ), ამიტომ სწრაფმოქმედი ამომრთველის შემოწმებისათვის ძირითადად გამოიყენება მილიწამწამი 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 უნდა იყოს გამორთვის დროს ამძრავის გრაფილის ძაბვის არანაკლებ 35% და არა უმეტეს 65%.

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

მხედველობაში მიიღება, რომ ამძრავის ამუშავების პროცესში იცვლება გრაფილის ინდუქტივობა და შესაბამისად დ და -ის თანაფარდობა, შემოწმებისათვის რეკომენდირებულია სქემა რესტატით. ამომრთველის დამამთავრებელი გამოსცდის დროს ანდენენ მრავალჯერად ჩართვა გამორთვის ნომინალური ძაბვის 110. 100. 90. 80%-ის დროს. ძაბვის თითოეულ მნიშვნელობაზე გასინჯვა ხდება 3_5ჯერ.

2.9. ელევაზური ამომრთველები

ელევაზური ამომრთველები თანამედროვე მაღალვოლტიანი ამომრთველების ერთ ერთი სახეა. ელევაზი წარმოადგენს ინერტულ გაზს, რომლის სიმკვრივე 5-ჯერ აღემატება ჰაერის სიმკვრივეს. ელექტრული სიმტკიცე 2-3 ჯერ მაღალია ჰაერის სიმტკიცეზე; 0,2 მზა წნევის დროს ელევაზის ელექტრული სიმტკიცე შეესაბამება ზეთის სიმტკიცეს. ელევაზურ ამომრთველებში რკალის ქრობა ხორციელდება დიდი სიჩქარით მოძრავი მაღალი რკალმქრობი თვისებების მქონე ელევაზის (ექვსფტორიანი გოგირდის შ 6) გაცივების ხარჯზე, რომელიც გამოიყენება როგორც მაიზოლირებელი გარემო.

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

ნახ. 2.20-ზე წარმოდგენილია ფირმის ზოგიერთი სახის ელევაზური ამომრთველი.



а)

б)

в)



დ)

ე)

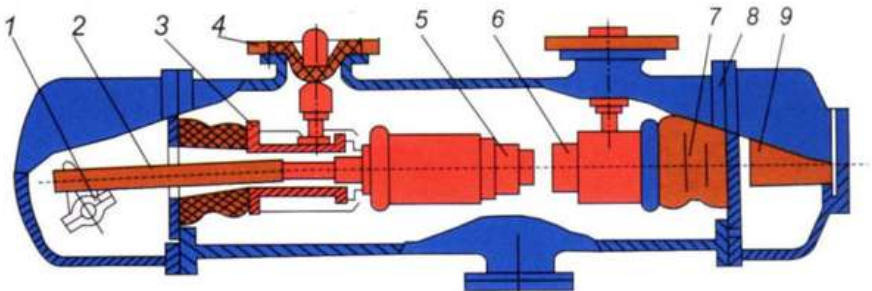
ვ)

ნახ.2.20. ფორმის ელევგაზური ამომრთველები: ა – 6 კგ; ბ – 10 კგ;
გ – 35 კგ; დ – 110_220 კგ; ე – 330 კგ; ვ – 500 კგ

ელევგაზურ ამომრთველებში გამოიყენება რკალის ქრობის ორი პრინციპი. ერთი პრინციპი მდგომარეობს ელევგაზის მაღალი წნევის არედან დაბალი წნევის არეში გადადინების ეფექტის გამოყენებაში, რის შედეგადაც გამორთვის დროს კონტაქტებს შორის აღძრული რკალი ცივდება. ამ დროს ელევგაზის ოხევად მდგომარეობაში გადასვლის თავიდან ასაცილებლად, რომლის დროსაც უარესდება რკალმქრობი თვისება, მაღალი წნევის აგზი საჭიროა გაფათობით არანაკლებ +10⁰ჩ ტემპერატურამდე, რისთვისაც გამოიყენება სპეციალური სისტემა.

მეორე პრინციპი არის ავტოკომპრესორული, სადაც გამოიყენება თვით რკალმქრობ კამერაში კომპრესორული მოწყობილობის მიერ შექმნილი წნევის ვარდნა. ამისათვის ამომრთველი ივსება 0,6 მპა წნევის ელევგაზით. ამ დროს უზრუნველყოფილია მისი მოქმედების საიმედობა – 40⁰ჩ ტემპერატურამდე. კომპრესორული მოწყობილობა კონსტრუქციულად დაკავშირებულია აპარატის მოძრავ კონტაქტთან და ქმნის წნევის ვარდნა 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 შექმნილებულ იქნას ამომრთველის ამძრავის სიმძლავრე, რკალჩამქრობი კონტაქტების ცვეთა, ამაღლდეს ამომრთველის მექანიკური და ელექტრული რესურსები.

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



ნახ.2.21. 110 კვ ძაბვის ელევგაზური ამომრთველის ბოლუსის კონსტრუქციული სქემა გამორთული მდგომარეობის დროს. 1 – ლილვი; 2 – საიზოლაციო საწვევარი; 3 – ეკრანი; 4 – დისკოსებრი იზოლატორი; 5 და 6 – მოძრავი და უძრავი კონტაქტები; 7 – საყრდენი იზოლატორი;

8 – გარსაცმი; 9 – მშთანთქმელი ფილტრი

ამომრთველი წარმოადგენს ჰერმეტიკულ ალუმინის კორპუსს 8, რომელშიც ჩამონტაჟებულია რკალმქრობი მოწყობილობა (110 კვ ძაბვის ამომრთველში ერთი წყვეტით). ყველა ტიპისა და პრინციპის ამომრთველში ელევგაზი ერთდროულად ასრულებს იზოლაციისა და რკალქრობის ფუნქციას. რკალმქრობი მოწყობილობა დამაგრებულია რეზერვუარში იზოლატორებზე 7. ამომრთველის გამომყვანები გადიან იზოლატორებში და ჰერმეტიზებულია. კონტაქტები როსეტული შესრულებისაა ზამბარაიანი ლამპლებით. რკალმქრობი მოწყობილობის მოძრავი ნაწილი 5 გადაადგილდება ამძრავის ჩანგალთან 3, ბერკეტთან 11 და ლილვთან 1 შეერთებული საიზოლაციო საწვევარს 2 საშუალებით. რკალმქრობი მოწყობილობის მოძრავი ნაწილის საფუძველს წარმოადგენს ცილინდრი, რომლის ბოლოზე დააგრებულია მთავარი მოძრავი დგუში და დრუ ჭკოკი (რომელიც დამაგრებულია საიზოლაციო საწვევარზე 2) ლამპლის მოძრავი კონტაქტით.

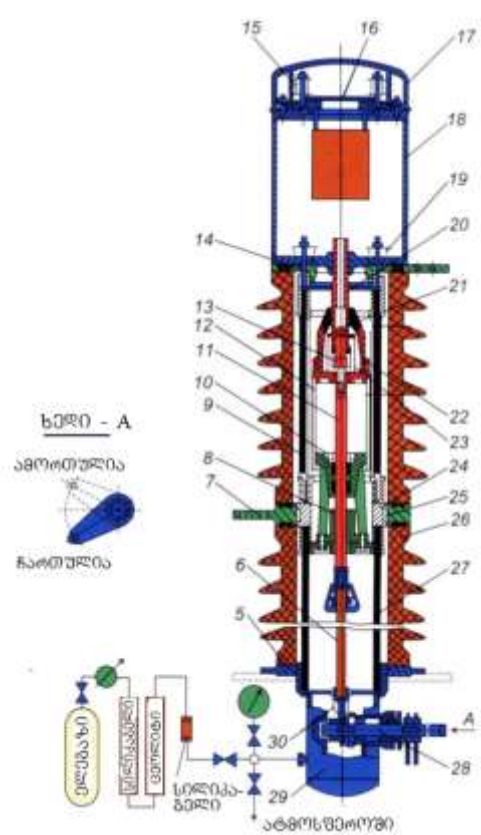
რკალმქრობი მოწყობილობის უძრავ ნაწილს, გარდა ცილინდრის დგუშისა, აქვს რკალმქრობი და ლამპლის დენგამტარი კონტაქტები. ეს კონტაქტები გარდამავალი კორპუსის გავლით დაკავშირებულია ერთერთი დენის ტრანსფორმატორის გამოსავალი ლამპლის კონტაქტთან. დენის გადასვლა უძრავი დგუშიდან მოძრავ ცილინდრზე ხორციელდება დგუშში მისრიალე კონტაქტებით. დენის გზა ჩართული ამომრთველის დროს გადის რკალმქრობი მოწყობილობის უძრავი კონტაქტიდან 6 მოძრავი კონტაქტისაკენ 5. რეზერვუარის ფსკერზე მოთავსებულია მშთანთქმელი ფილტრი 9, რომელიც ემსახურება ნარჩენი ტენისა და ელევგაზის დაშლის პროდუქტების შთანთქმას.

ნახ.2.22-ზე წარმოდგენილია მთლიანად БЭ-27,5 ტიპის ელევგაზური ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა.

6 და 10 კვ ძაბვებზე განკუთვნილ ამომრთველებში, გარდა რკალის ელევგაზურ გარემოში ბრუნვის პრინციპისა, გამოყენებულია ავტოკომპრესიის პრინციპი, რაც კომპლექსში ქმნის რკალის საიმედო ჩაქრობის პირობებს. 35 და 110 კვ ძაბვის ამომრთველებს გააჩნიათ ბოლუსზე თითო კამერა, ხოლო

220 კგ-ზე – ორი კამერა. გარდა ამისა, დამუშავებულია ამომრთველის კონსტრუქციები ორი და სამი მიმართულებით. ასეთი აპარატი ცვლის ორ ან სამ ამომრთველს. რაც ქვესადგურში მათი დაყენებისას იძლევა მნიშვნელოვან ეკონომიას.

გამორთვის დროს ამძრავი გადაადგილებს მოძრავ სისტემას ქვევით. ამ დროს ელევანთი შეიკუმშება უძრავ დეგუშსა და საქშენს შორის არსებულ მოცულობაში. როგორც კი კონტაქტები იწყებს გათიშვას მოძრავ და უძრავ კონტაქტებს შორის აღიძვრება რკალი და იმავედროულად მილისებრი კონტაქტებიდან იწყება შებურვბა. მოძრავი სისტემის შექმდგომი სვლისას მილისებრი კონტაქტები გამოდიან საქშენიდან და იქმნება ელევანთის ძლიერი ნაკადი, რომელიც აქრობს რკალს. რკალის ჩაქრობისას ელევანთის დაშლის შედეგად წარმოიშვება მცირე რაოდენობის დაშლის პროდუქტები, რომლებიც შთაინთქმება სპეციალური ფილტრებით.



ნახ. 2.22. БЭ -27,5 ტიპის ელევგაზური ამომრთველის კონსტრუქციული სქემა: 1 – ელევგაზის ბალონი; 2 – რედუქტორი; 3 და 4 – ფილტრები; 5 – კორპუსი; 6 – იზოლირებული საწვევარი; 7 – ქვედა საკონტაქტო გამომყვანი; 8 და 23 – მოძრავი კონტაქტების როზეტები; 9 და 27 – ებოქსიდის ცილინდრები; 10 – დგუში; 11 – მოძრავი საკონტაქტო დერო; 12 – ჭიქა; 13 – რკალჩამქრობი კონტაქტი; 14 – ზედა საკონტაქტო გამომყვანი; 15 – ზამბარა; 16 – სარქველი; 17 – ხუფი; 18 – თაგი; 19 – ზამბარა; 20 – ამომრთველის უძრავი კონტაქტი; 21 – საქშენი; 22 – ჭიქა; 24 – კორპუსი; 25 – საკონტაქტო გორგოლაჭები; 26 – ფაიფურის საფარი; 28 – ამომრთველის ლილვი; 29 – ჰერმეტიკული ქვეში; 30 – სახელური

2.10. ვაკუუმური ამომრთველები

უკანასკნელ წლებში აღსანიშნავია ვაკუუმური კომუტატორების ინტენსიური გამოყენება 6_35 კვ ძაბვის არეში ვაკუუმური კონტაქტორების, დატვირთვის ამომრთველების, კომპლექტური გამანაწილებელი მოწყობილობების ვაკუუმური ამომრთველების შექმნის საქმეში. ეს განპირობებულია მისი უდავო უპირატესობებით სხვა ტიპის ამომრთველებთან შედარებით: მაღალი სწრაფქმედება, სრული ფეთქებად- და ხანძარუსაფრთხოება, ეკოლოგიური სისუფთავე, ტემპერატურის ფართო დიაპაზონი (-70° - $+ 200^{\circ}$ K), მაღალი საიმედობა, მინიმალური საექსპლუატაციო დანახარჯები, მინიმალური გაბარიტული ზომები და წონა, დარტყმითი და ვიბრაციული დატვირთვისადმი მაღალი მდგრადობა, მაღალი ცვეთამედეგობა, დიდი საკომუტაციო რესურსი, მცირე ენერგომომხარება თერმული ძაბვის სალტეებიდან, მკორადი წრედების მკვებავი თერმული ძაბვის ფართო დიაპაზონში გამოყენების შესაძლებლობა, ექსპლუატაციის მთელი ხნის განმავლობაში არ საჭიროებს მომსახურებას.

მაღალ ძაბვებზე ვაკუუმის გამოყენებით რკალის ჩაქრობის პრინციპში დიდი ხანია ცნობილია, მაგრამ მისი პრაქტიკული რეალიზაცია შესაძლებელი გახდა ტექნიკური შესაძლებლობების გამოვლენის 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 მთავარ ნაწილს წარმოადგენს რკალჩამქრობი კამერა. ნახ.2.23-ზე ნაჩვენებია სხვადასხვა ფორმის ნიერ წარმოებული ვაკუუმური ამომრთველების საერთო სახე.



ა)



ბ)



გ)



დ)



ე)



გ)



ს)



თ)



ო)

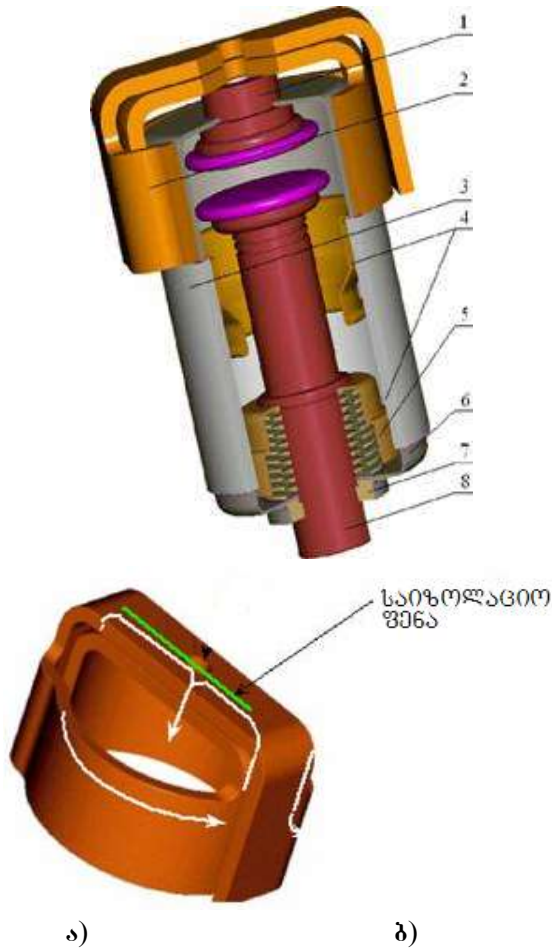
ნახ.2.23. სგადასსგა ფირმის ნიერ წარმოებული გაკუუბური ამომრთველებს საერთო სახე. ა - 4,16 კვ; ბ - შცხნიდერ ლეცტრიც - 6 კვ; გ - Таврида Электриკ

- 10 კგ; დ – Астер Электро - 10 კგ; ე – ყუნდაი ჰეაგე ინდუსტრიეს - 10 კგ; გ – შიემენს - 110 კგ; ზ – ჩრომპტონ რეაგეს -10 კგ;
- თ – Элвест – 35 კგ ; ი – Элвест – 110 კგ

ნახ.2.24.ა-ზე ნაჩვენებია სცჰნიედერ ლეცტრიც-ის ფირმის ვოლის სე-რიის 10 კგ ვაკუუმური ამომრთველის რეკალჩამქრობი კამერის ქრილი.

კამერა მუშაობს შემდეგნაირად: უძრავი 1 და მოძრავი 8 კონტაქტები ჩართულია გარე დენურ მომჭერებთან. კონტაქტების გათიშვის დროს ვაკუუმურ კამერაში აღიძვრება ელექტრული რეალი, რომელიც წარმოადგენს კონტაქტების მეტალის ორთქლის მიერ შექმნის გამტარ გარემოს. რეალის ჩაქრობა ხდება ვაკუუმურ რეკალჩამქრობ კამერაში, რომელიც შედგება კერამიკული ცილინდრის 3 შიგნით დაყენებული საკომუტაციო კამერისაგან 4. უძრავი კონტაქტი 1 საყრდენი იზოლატორის საშუალებით მყარად მიერთებულია ამომრთველის კორპუსთან, ხოლო მოძრავი კონტაქტი 8 –ამომრთველის ამძრავთან. ვაკუუმურ კამერაში მოძრავი კონტაქტის სვლა განპირობებულია მეტალის სილფონით 5 და შეადგენს 8 მმ-ს.

კონტაქტების დაშორების შემდეგ ელექტრული რეალი ქრება დენის ბირველივე ნულოვანი მნიშვნელობის დროს. კომუტირებული დენის ელექტრული რეალის მიერ შექმნილი მეტალის ორთქლი რეალის ჩაქრობიდან რამდენიმე მიკროწამის განმავლობაში კონდენსირდება კონტაქტების ზედაპირზე და ამ დროს კარგავს თავის დენგამტარ თვისებას. ძალიან მცირე რაოდენობით კი კონდენსირდება საკომუტაციო კამერის 4 ზედაპირზე, რომელიც იცავს კერამიკულ ცილინდრს 3 გამტარი მეტალის ფენით დამტვრიანებისაგან და უნარჩუნებს მას საიზოლაციო თვისებებს.



ნახ.2.24. ვაკუუმური რეკლამპრობი კამერის საერთო სახე (ა) და კამერაში მაგნიტური ველის შექმნის პრინციპი (ბ). 1 – უძრაგი კონტაქტი; 2 – გარე სფია; 3 – კერამიკული ცილინდრი; 4 – საკომუტაციო კამერა (ეკრანი); 5 – მეტალის სილფონი; 6 – მილტუნა; 7 – მოძრაგი კონტაქტის მიმართველი; 8 – უძრაგი კონტაქტი

10 კა გამორთვის დენებისათვის ელექტრული რეალი თანაბრად ნაწილდება კონტაქტების ზედაპირებზე. უფრო დიდი დენების შემთხვევაში ელექტრული რეალი ვაკუუმურ კამერაში თავმოყრილია ერთ წერტილში. კონტაქტების თერმული გადატვირთვის თავიდან აცილების მიზნით 40 კა-მდე მოკლედ შერთვის დენების დროს ამომრთველში გამოყენებულია კამერა აქსიალური მაგნიტური ველით (სისტემა). ამ სისტემის იდეაა, რომ ამომრთველის უძრაგი კონტაქტის სისტემაში იყოს ერთი სფია (ნახ.2.24.ბ),

რომელიც შექმნის აქსიალურ მაგნიტურ ველს. ეს მაგნიტური ველი დენის ნებისმიერი სიდიდის შემთხვევაში კონტაქტების ზედაპირზე რკალს დაიჭერს თანაბარგანაწილებულად.

კამერების მოძრაობი კონტაქტები იმართება საერთო ამძრავით, იზოლირებული საწეარების დახმარებით და გამორთვისას გადაადგილდებიან 8 მმ-ზე, რაც საშუალებას იძლევა მიღწეულ იქნეს გამორთვის მაღალი სიჩქარე.

დადებით თვისებებთან ერთად ვაკუუმურ ამომრთველებს გააჩნიათ ნაკლოვანებებიც. ვაკუუმური ამომრთველების საკონტაქტო სისტემა მოთავსებულია დრმა ვაკუუმში, რომლის ელექტრული სიმტკიცე ბევრად აღემატება ატმოსფერული წნევის დროს ჰაერის სიმტკიცეს. რკალის ქრობა ხდება დენის პირველივე ნულოვან მნიშვნელობაზე გაგლის დროს რკალის არედან გარემოცველ გარემოში დამუხტული ნაწილაკების დიფუზიის შედეგად. რკალი აინთება მეტალის კონტაქტების ორთქლის იონიზაციის შედეგად. სხვანაირად არ იქნებოდა, რადგან ვაკუუმში თავისუფალი მუხტები არ არსებობენ. კონტაქტების გათიშვისას კონტაქტების ზედაპირების კვებით მცირდება და ტემპერატურა იზრდება და შესაბამისად ხდება მეტალის გადნობა და აორთქლება. დამპროექტებლები ცდილობენ ამომრთველის საკონტაქტო სისტემაში გამოიყენონ ძნელადდნობადი მასალები, მაგრამ ჯერჯერობით ოპტიმალური მასალა არ მოიძებნა.

2.11. ელევგაზური და ვაკუუმური ამომრთველების დიაგნოსტიკა

ელევგაზური ამომრთველების დიაგნოსტიკის დროს, პირველ რიგში, მოწმდება მათი საერთო მდგომარეობა: გარე ზედაპირების სისუფთავე, ელექტრული განმუხტვების, ტკაცანისა და ვიბრაციის ხმების არ არსებობა. მოწმდება ვენტილაციის მუშაობა, ჰაერის ტემპერატურა გამანაწილებელი მოწყობილობის შენობაში, რომელიც არ უნდა იყოს 5⁰ჩ-ზე ნაკლები. მოწმდება ამომრთველების პნემატური ამძრავების რეზერვუარებში შეკუმშული ჰაერის წნევა. იგი უნდა იყოს 1,6_2,1 მპა ფარგლებში. ყურადღება უნდა მიექცეს რეზერვუარების ჩამამიწებელი სადენების მდგომარეობას.

ელევგაზური ამომრთველების შემოწმებისას ყურადღება უნდა მიექცეს ამომრთველების რეზერვუარებში ელევგაზის წნევას, რათა თავიდან ავიცილოთ ელევგაზის გაუონვა და შესაბამისად, საიზოლაციო შუალედებში

ელექტრული სიმტკიცის შემცირება. წნევის შემოწმება ხდება მანომეტრის ჩვენების მინედვით და სიმკვრივის მზომით. როცა გარემოს ტემპერატურა იცვლება დიდ ფარგლებში, მაშინ წნევის გაზომვა მიუღებელია და ამ შემთხვევაში სიფნალიზაციის სპეციალური მოწყობილობები აფრთხილებენ პერსონალს ელევაზის უცვარი გაჟონვის შესახებ.

ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში პრეტიკულად შეუძლებელია მიღწეულ იქნეს რეზერვუარების აბსოლუტური ჰერმეტიზაცია, ამიტომ გარდაუვალია ელევაზის გაჟონვა, რომელიც წლის განმავლობაში არ უნდა აღემატებოდეს მთელი მასის 3%. წნევის ნომინალური მნიშვნელობიდან გადახრისას საჭიროა მიღებულ იქნეს ზომები რეზერვუარების ელევაზით შესავსებად. ელევაზის დაწვეული წნევის დროს ამომრთველებზე ოპერაციები დაუშვებელია. პერსონალს უნდა ახსოვდეს, რომ ელევაზი ჰაერზე 5-ჯერ მძიმეა და გაჟონვის დროს გროვდება იატაკისა და დაწვეულ ადგილებში (სარდაფებში, ტრანშეებში, საკაბელო არხებში). ასეთ ადგილებში მყოფმა პერსონალმა შეიძლება იგრძნოს ჟანგბადის უკმარისობა და ხუთვა. შენობაში სუფთა ელევაზის კონცენტრაციის უსაფრთხო დონედ ითვლება 0,1%, ხოლო ხანმოკლე დროის განმავლობაში – 1%-მდე. ელევაზის დიდი კონცენტრაციის მქონე გარემოში ადამიანმა შეიძლება უცრად დაკარგოს გრძნობა, ამის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა სუფთა ჰაერის მიწოდება. ამიტომ გამანაწილებელი მოწყობილობების ისეთ შენობებში, სადაც შემჩნეულია ელევაზის გაჟონვა, სამუშაოების წარმოება უნდა მოხდეს ჩართული ვენტილაციის დროს ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გამოყენებით, რადგან ამომრთველის რეზერვუარის გაწვის შემთხვევაში ატმოსფეროში გამოიფრქვევა ელექტრული რკალით ელევაზის დაშლის პროდუქტები. დაშლის პროდუქტები შეიცავენ აქტიურ მაღალტოქსიკურ ფტორიდებსა და გოგირდის შენაერთებს. ეს ქიმიური შენაერთები გაზობრივ და მყარ მდგომარეობაში ადამიანისათვის ძლიერ საშიშია.

ვაკუუმური ამომრთველების შემთხვევაში მოწმდება იზოლატორების 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 მანასიათებლების, როგორცაა: მთავარი და რკალჩამქრობი კონტაქტების სვლა, ჩართვისა და გამორთვის დროს საკონტაქტო ღეროების მოძრაობის სიჩქარე (სიჩქარის მანასიათებლები), ამომრთველის დენგამტარის

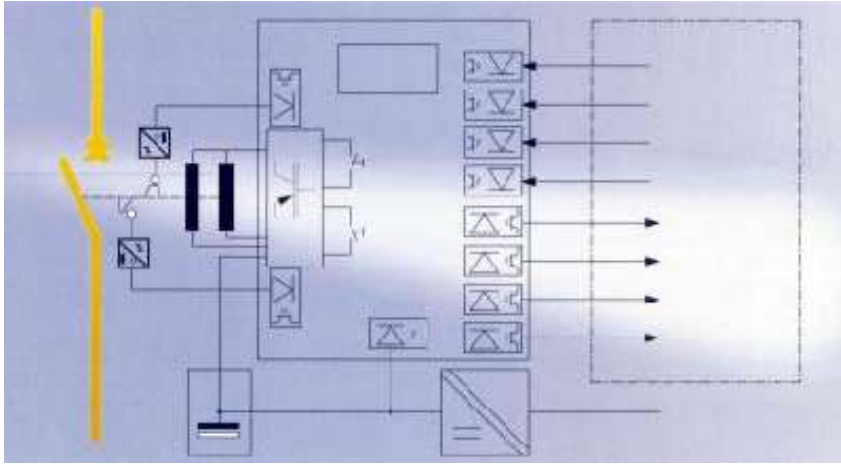
სრული წინაღობა, იზოლაციის წინაღობა, ჩართვისა და გამორთვის დროის განსაზღვრა და მათი შედარება საქარნხო მონაცემებთან, შემოწმება არ მოითხოვება. რის გამოც ვაკუუმური ამომრთველები არ მოითხოვენ კაპიტალურ, მიმდინარე, საშუალო და რიგგარეშე რემონტებს, აგრეთვე მთელი მუშაობის ხანგრძლივობის განმავლობაში, რომელიც ტოლია 25 წლისა და მეტის, არ საჭიროებს ტექნიკური მდგომარეობის შემოწმების ჩატარებას რადგანაც ქარხანა-დამამზადებლის მიერ ჩადებულია დიდი მექანიკური რესურსი.

2.12. თანამედროვე ვაკუუმური ამომრთველები, რომლებიც არ მოითხოვენ ტექნიკურ მომსახურებას

ბირველ ვაკუუმურ ამომრთველს, რომელშიც გამოყენებულია ჩამოსასხმელი ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერების კომბინაცია, წარმოადგენს V 1 ტიპის ამომრთველი (ნახ.2.25.ა). იგი არ საჭიროებს ტექნომსახურებას, რადგან მას გააჩნია მაგნიტური ამძრავი და ელექტრონული მმართველი მოწყობილობა, ხოლო დამხმარე გადამრთველი მოწყობილობის მაგიერ აქვს გადამწოდები. მათი ფუნქციები იმდენად საიმედოა, რომ მათი არსებობის შესახებ შეიძლება დაფივიწყოთ.

ამომრთველში ბირველად არის გამოყენებული ახალი კონსტრუქციის ბოლუსები. ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერები (ნახ. 2.25.ბ) ბოლუსური ნაწილის კომპლექტთან ერთად ქმნიან ინტეგრირებულ ბლოკს. ეს მიღწეული იქნა ჩამოსხმის სპეციალურად დამუშავებული ტექნოლოგიის გამოყენების გზით, რომლის დროსაც ვაკუუმური რკალჩამქრობი კამერა უშუალოდ არის მოთავსებული ეპოქსიდის ფისში და ქმნის ამომრთველის ბოლუსურ ნაწილს. რის გამოც თავიდანვე გამოირიცხულია ჩამრთველ ელემენტზე გარეშე ზეგავლენა.

გადართვა ხდება ერთი რომელიმე კოჭის ადგენების დროს იმ მომენტში, როცა მიწიდვის ძალა გადააჭარბებს მუდმივი მაგნიტების დამჭერ ძალას.

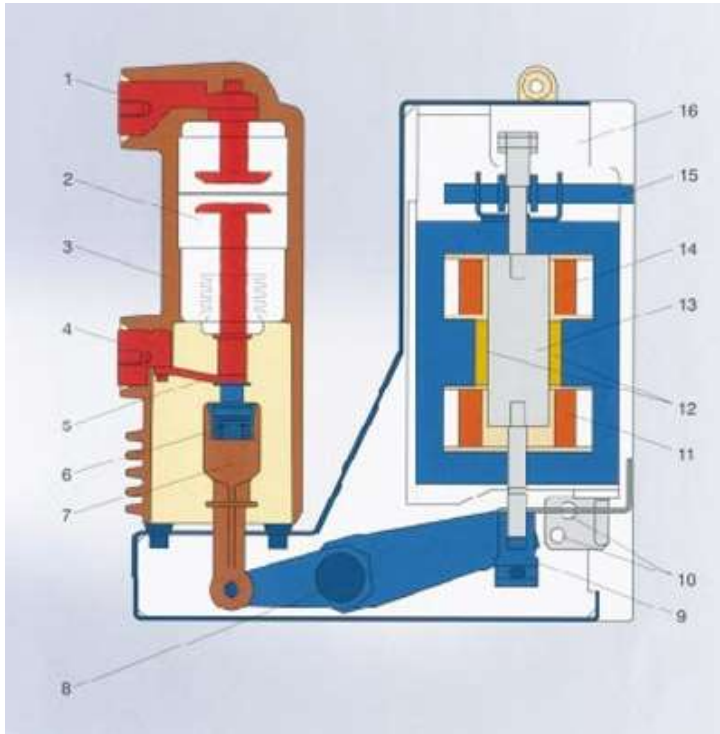


ნახ.2.26. ამომრთველის მართვის სისტემა

ამძრავის მაგნიტური კონტურის მახასიათებლები დაპროექტებულია იმგვარად, რომ ღუნას შეუძლია სახელურიან ლილვთან ერთად იმოქმედოს რეალჩამქრობი კამერის მოძრაგ კონტაქტზე. მმართველი ძალის შექმნისა და გადატანის ასეთი ხერხი გამოიყენება ცვეთას. რის გამოც შეიძლება გაწარმოთ ძალიან დიდი რაოდენობის გადართვები და შეიძლება ითქვას, რომ ტექნიკური მომსახურეობა 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-ის განმავლობაში მათანაბრებელი კონტურის კვებისათვის.

ნახ.2.27-ზე წარმოდგენილია V 1 ტიპის ვაკუუმური ამომრთველის მოწყობილობა.



ნახ.2.27. V 1 ტიპის გაკუუმური ამომრთველის მოწყობილობა: 1 – ზედა საკონტაქტო მომჭერი; 2 – გაკუუმური რკალჩამქრობი კამერა; 3 – მილისი ებოქსიდის ფისით; 4 – ქვედა საკონტაქტო მომჭერი; 5 – მოქნილი შეერთება; 6 – საკონტაქტო ზამბარა; 7 – საინჰოლაციო შემაერთებელი საწეგარი; 8 – ლილვი საწეგარით; 9 – აწევის მომართვა; 10 – ამომრთველის მდგომარეობის დეტექტირების გადაძწოდი; 11 – ჩამრთველი კოჭი; 12 – მუდმივი მაგნიტი; 13 – მაგნიტის ღუზა; 14 – ამომრთველი კოჭა; 15 – საგარით ხელით გამორთვის მექანიზმი; 16 – მაგნიტური ამძრავის მეტალის გარსაცმი

დეტალების დაწვრილებითი არჩევა და საიმედო კონსტრუქცია იძლევა მაქსიმალური საიმედობის გარანტიას ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ბირობების გათვალისწინებით.

სისტემის შემაღლენელ ნაწილს წარმოადგენს გარეშე მხრიდან კომპლექტური იზოლაცია. იგი აღჭურვილია შინაგანი საკუთარი კონტროლის მართვის ელექტრონული სისტემით. ამომრთველის მართვის სისტემის კონცეფცია რაიმე დამხმარე გადართვების გარეშე საშუალებას იძლევა მექანიკური საბოლოო მდგომარეობის დეტექტირებისათვის გამოყენებული იქნას ინდუქციური უკონტაქტო გადაძწოდები, რომლებიც რეაგირებენ

მიხსლოებაზე. ამ გადამწოდებმა პრაქტიკაში გაიარეს შემოწმება და ჩართულნი არიან 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 ფუნქციონალური საიმედობის მონიტორინგს.

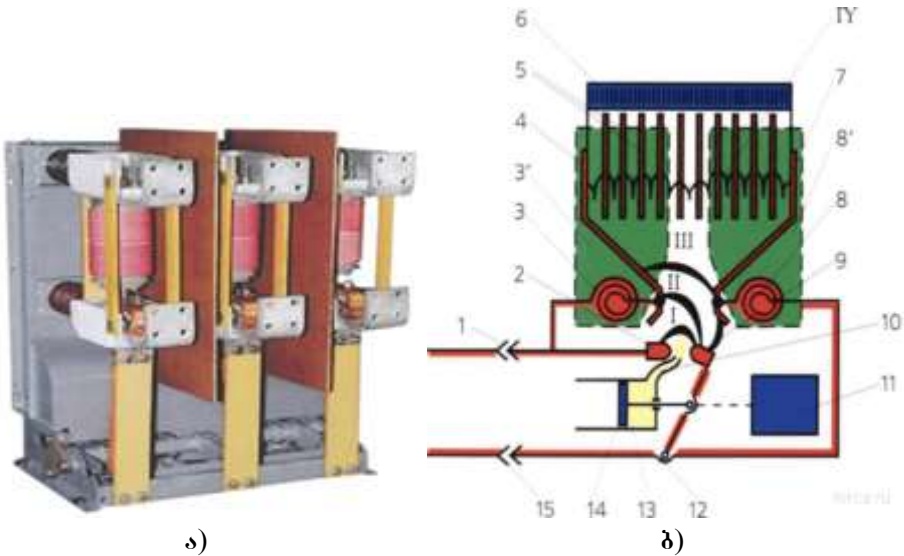
2.13. ელექტრომაგნიტური ამომრთველები

ელექტრომაგნიტური ამომრთველები რკალის ჩაქრობისათვის არ მოითხოვენ არც ზეთსა და არც შეკუმშულ ჰაერს, რაც განაპირობებს მათ უპირატესობას სხვა ტიპის ამომრთველებთან შედარებით. ზეთის არ არსებობა ამარტივებს მათ ექსპლუატაციას და ხდის მას მთლიანად ფეთქებად- და ხანძარუსაფრთხოდ. ამ ტიპის ამომრთველების ძირითადი უარყოფითი თვისებაა ის, რომ მათი გამოყენება შეიძლება მხოლოდ 6_15 კგ ძაბვაზე. ამჟამად მათი გამოშვება არ ხდება.

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

ვიწროხვრელიანი კამერის მქონე ელექტრომაგნიტურ ამომრთველებში რკალი ქრება ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებით (მაგნიტური დაბერვით) საიზოლაციო კამერის კედლებს შორის ვიწრო ხვრელში მისი გაწვლვისა და ინტენსიური გაციების შედეგად. მაგნიტური ველი იქმნება დენის გამორთვის პროცესში რკალმქრობ კოჭებში გავლის დროს. ამ დროს ხდება ინტენსიური თბომასაგაცვლა რკალს, გარშემო აირსა და რკალქმრობი კამერის კედლებს შორის, რის გამოც იქმნება ხელსაყრელი პირობები რკალის ჩაქრობისათვის. ამომრთველის ჩართული მდგომარეობის დროს მაგნიტური შებურვის კოჭები 3 და 8 დაშუნტებულია. კონტაქტების გათიშვისას წარმოქმნილი რკალი დენგამტარი კონტურის ელექტროდინამიური ძაღვისა და თბური ნაკადების შედეგად გადაადგილდება ზევით და ჩართავს კოჭებს, შეიქმნება განივი მაგნიტური ველი, რომელიც მოახდენს რკალის შემდგომ გაწვლვას და რკალი ქრება გაწვლვისა და სხვადასხვა კონფიგურაციის საიზოლაციო ფორფიტებთან, მეტალის (დეიონურ) მესერთან (რომელშიც

რკალი იხლიჩება რამდენიმე მიმდევრობით შეერთებულ მოკლე რკალებად) შესებისა და გაციების 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 – ამპრაგი; 12 – ღერძი; 13 – ცილინდრი; 14 – დგუში; I, II, III და IV – რკალის მდგომარეობა ჩაქრობის დროს

2.14. ამომრთველების ღირსებები და ნაკლოვანებები

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

დავიწყოთ ყველაზე ძველი, 6-10 კვ ძაბვის მცირეწიტიანი ამომრთველებით. მათი ძირითადი ღირსებებია: შედარებით დაბალი ფასი, სწავლასა და კვანძების უნივერსალურობა. ასეთი ამომრთველები გამოირჩევიან კონსტრუქციის სიმარტივით, ხშირად მათ არეუმონტებენ რეკონსტრუქციის

დროს, როცა დაგეგმილი არ არის უჯრედის შეცვლა. ზოგიერთი მოდელი შეიძლება დაყენებულ იქნას როგორც ღია, ასევე დახურულ გამანაწილებელ მოწყობილობებში. უნიფიცირებული კვანძების გამოყენებით სხვადასხვა ძაბვაზე ამომრთველების სერიის შექმნის საშუალება.

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

ვაკუუმური ამომრთველები აბსოლუტურად ხანძარ- და ფეთქებადუსაფრთხოა, ნებისმიერი ტემპერატურის დროს ინარჩუნებენ თავის შრომისუნარიანობას, გააჩნიათ ნომინალურ დენებზე ჩართვა- გამორთვის დიდი რესურსი, აგრესიულ გარემოში ექსპლუატაციის შესაძლებლობა, კომუტაციის მაღალი სიჩქარე და განმეორებითი ჩართვისათვის მზადყოფნა. ეს არის ამომრთველების ყველაზე სუფთა ტიპი, არ აჭუჭყიანებს გამანაწილებელ მოწყობილობებსა და გარემოს, მუშაობს უნმაუროდ, გააჩნია ექსპლუატაციის მცირე ხარჯები: იზოლაციის გაწმენდა, ამძრავის მიმდინარე რემონტი და რკალჩამქრობი კამერების იშვიათი შეცვლა დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს. მცირე გაბარიტები და მათი ნებისმიერად განლაგების შესაძლებლობა საშუალებას იძლევა შევამციროთ გამანაწილებელი მოწყობილობის ზომები.

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

ელეგანური ამომრთველები ვაკუუმური ამომრთველების მსგავსად მთლიანად ხანძარ- და ფეთქებადუსაფრთხოა და ხშირად ურთიერთშეცვლადია. გააჩნიათ მაღალი გამორთვის უნარიანობა. ისინი შეიძლება დაყენებულ იქნას როგორც ღია, ასევე დახურულ გამანაწილებელ მოწყობილობებში. გააჩნია რკალჩამქრობი მოწყობილობის ხანგრძლივი მუშაობის ვადა.

ამ ამომრთველების ექსპლუატაციის სირთულეს წარმოადგენს ელევგაზი, რომელიც ძვირია და გარდა ამისა მომსახურებისას გაწმენდის, შეკვებისა და გადატუმბვისათვის მოითხოვს სპეციალურ მოწყობილობას.

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

მაგრამ მათ გააჩნიათ რთული რეკალჩამქრობი კამერა. მცირედ გამოიყენება ღია გამანაწილებელ მოწყობილობებში და შეზღუდულია ნომინალური ძაბვა, როგორც წესი გამოიყენება 6-10 კვ დროს.

2.15. ამომრთველების მექანიკური ნაწილების დიაგნოსტიკა

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

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

ცნობილია, რომ ამომრთველების ხანგრძლივი ექსპლუატაციის შედეგად იზრდება მათი მგრძობიარობა ცვეთის ფაქტორების მიმართ, რასაც მიყვაროთ დეფექტების განვითარების სინქარის ზრდასთან. ამიტომ მრავალი წლის მანძილზე გამოყენებული, მკაფიოდ რეკლამენტრებული ტექნიკური და სარემონტო მომსახურების სისტემა ვერ უზრუნველყოფს ასეთი

დანადგარის საიმედო მუშაობას. გაცვეთილმა ამომრთველმა მორიგი რემონტის შემდეგ შეიძლება უბრალოდ “გერ მიადწიოს” გეგმით გათვალისწინებულ შემდგომ რემონტამდე. საზღვარგარეთ უკვე საკმაოდ დიდი ხანია წარმატებით მუშა ძაბვის ქვეშ ამომრთველების ტექნიკური მდგომარეობის უწყვეტი კონტროლი (მონიტორინგი). ეს საშუალებას იძლევა დროულად მივიღოთ ინფორმაცია აღძრული უწყისეობის შესახებ და საჭიროების შემთხვევაში გეგმიური რემონტიდან გადავიდეთ არაგეგმიურზე. ყურადსაღებია, რომ ასეთი სისტემები მოითხოვენ დიდ დანახარჯებს და გამართლებულია მხოლოდ საპასუხისმგებლო თბიქტებისათვის, მაგალითად სისტემაში შემაჯავლი ქვესადგურების ამომრთველებისათვის.

მხედველობაში იღებენ რა ზემოთმოყვანილ გარემოებებს, საწარმოების სულ უფრო დიდი რიცხვმა დაიწყო ამომრთველების ტექნიკური მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის მიღების ხერხების გამოყენება და განვითარება ბეროდული გამოკვლევების ჩატარების გზით. ამ გამოკვლევების თავისებურებას წარმოადგენს გამოკვლევებს შორის მცირე ინტერვალი და კომპლექსური ხასიათი. კომპლექსურობა გამოხატება საჭირო ინფორმაციის მისაღებად კონტროლის მეთოდებისა და საშუალებების სწავლასწავგვარობაში. გამოკვლევების ეკონომიური ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით უბერატესობა უნდა მიეცეს კონტროლის იმ მეთოდებსა და საშუალებებს, რომლებიც გვამდევენ საშუალებას:

1. მივიღოთ ინფორმაცია ამომრთველის ექსპლუატაციიდან გამოყვანის გარეშე. მაგალითად, კონტაქტების გარდამავალი წინაღობის შემოწმების თბოვიზორულ მეთოდს; ზეთშევისებული შემყვანების დიელექტრიკული მახასიათებლების კონტროლს მაღალი ძაბვის ქვეშ და სხვა;
2. მიღებულ იქნეს ინფორმაცია ამომრთველის დაშლის, ზეთის ჩამოსხმის, მაშუნტირებული რეზისტორების გამორთვისა და სხვა გარეშე. მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ამომრთველის დაუშლელად დინამიკაში დროითი მახასიათებლების, სვლისა და სიჩქარის კონტროლი ხელსაწყოთა დახმარებით;
3. ერთბაშად კონტროლის ქვეშ მოვაქციოთ ამომრთველის რამდენიმე კვანძი ან გავაკონტროლოთ კვანძის რამდენიმე მახასიათებელი;
4. გავაცნობიეროთ დაზიანება განვითარების ადრეულ სტადიაზე;

5. მივიღოთ განზოგადოებული 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 რეგისტრაციასა და ანალიზზე. ასეთი აზრის გაგრძელებას ხელი შეუწყო ვიბრაციული მეთოდის შთაბეჭდილება წარმატებებმა მბრუნავი მანქანების: ელექტროძრავების, გენერატორების, ვენტილატორების და სხვათა დიაგნოსტიკის საქმეში. წარმატებები ბირველ რიგში განპირობებული იყო იმით, რომ სხვადასხვა უწყისიფორების შემთხვევებში დიდი მოცულობით ჩატარებული ექსპერიმენტალური გამოკვლევების საფუძველზე კონკრეტული ტიპის მანქანებისათვის რეგისტრირებულ ვიბრაციებში მოძებნილ იქნა მკაფიო დიაგნოსტიკური ნიშნები.

ამომრთველების ვიბროდიაგნოსტიკის შემთხვევებში ასეთი მოცულობის სამუშაოები არ ჩატარებულა და არც არის გასაკვირი, თუ მხედველობაში მივიღებთ ამომრთველების ტიპების და მათი უწყისიფორების მრავალსახეობას. შექმნილი იქნა მხოლოდ ხელსაწყოები ვიბრაციის რეგისტრაციისათვის და კრიტერიუმების განსაზღვრისათვის; შედგენილ იქნა რაღაც მათემატიკური აპარატი, რომელიც გარკვეული აღბათობით ზოგადად ახასიათებდა ამომრთველის მექანიკურ მდგომარეობას (რესურსს). ასეთი მიდგომის ხარვეზს წარმოადგენს კრიტერიუმების უტყუარობის შემოწმების სიძნელე და ამომრთველის ცალკეული კვანძებისა და ელემენტების დეფექტების მიმართ დაბალი მგრძობიარობა.

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

ამ მეთოდის პრინციპული განსხვავება ვიბროდიაგნოსტიკურ მეთოდთან შედარებით მდგომარეობს იმაში, რომ ვიბროდიაგნოსტიკური მეთოდის გამოყენების დროს ინფორმაცია მიიღება ირიბი გზით, მექანიკური პროცესების თანხმლები ვიბრაციების მისხედვით. მოცემულ შემთხვევაში ინფორმაცია მიიღება უშუალოდ მექანიკური პროცესიდან. ცხადია, რომ მეთოდი

შემთხვევაში სასარგებლო ინფორმაციის მოცულობა უფრო დიდია, ხოლო გარეშე ფაქტორებით გამოწვეული დამახინჯებები (ვიბროდიაგნოსტიკის დროს ამომრთველის ფუნდამენტის მასალამ: ფოლადი ან ბეტონი შეიძლება შეცვალოს ვიბრაციის სპექტრი) მცირეა და ინტერპრეტაციის შედეგები მარტივი და უტყუარია.

მეთოდის ძირითადი დებულებები:

1. ამომრთველის მექანიზმი წარმოდგენილი უნდა იქნეს ცალკეული რგოლებისაგან (ამძრავი, ბერკეტები, საწევარი, ტრაფერსები 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 ცვლილებაც (დეფექტი) (მაგალითად, ფოლხვის გაზრდა, ზამბარის მოშვება, სრიალის ხახუნის გაზრდა) კი მაშინვე ტოვებს თავის კვალს ჯამურ გრაფიკზე. განსაკუთრებულ გამონაკლისს წარმოადგენს ტიპის ამომრთველის მექანიზმები, რადგან მათში გამოყენებულია მოქნილი კავშირები – პოლისპასტები და პროცესის მარეგისტრირებელი გრაფიკი არ ექვემდებარება ანალიზს.
2. რგოლების ნაწილს (მაგ., დემფერებს, რკალჩამქრობი მოწყობილობის უძრავ კონტაქტებს და სხვა) არ გააჩნიათ ხისტი კავშირი დანარჩენ მექანიზმებთან, მაგრამ უკურეაქციის ხარჯზე ამ რგოლების ურთიერთქმედება აგრეთვე აისახება პროცესის გრაფიკზე.
3. მექანიზმის კინემატიკურ წრედში გადაადგილების გადამწოდის დაყენების ადგილს არ წაეყენება მკაცრი მოთხოვნები. წრფივი გადაადგილების გადამწოდი პროცესის შესახებ ინფორმაციას იღებს კინემატიკური წრედის გამოსასვლელზე, ხოლო კუთხური გადაადგილების გადამწოდი – მის შესასვლელზე. შემდეგ ის გადაიტყვევს გადამცემ ფუნქციად მის გამოსასვლელზე. ამასთანავე მექანიზმში ხისტი კავშირების გამო ამ შემთხვევას არ მიყვაროთ გრაფიკებში პრინციპულ განსხვავებამდე.
4. ამომრთველის მექანიზმის რეგულირებისა და მისი მუშაობის შეფასების დროს კოორდინატებად ჩვეულებრივ გამოიყენებენ ტრაფერსის ან მოძრავი კონტაქტის სვლას. ამავე კოორდინატით შეიძლება წარმოვიდგინოთ ამომრთველის მექანიზმის მთელი მუშაობა და მისი ნაწილების ურთიერთქმედება. უფრო მეტიც, ერთი და იგივე ტიპისა და

სწავლას სწავლა ეგზეგეტიკის ამომრთველების გრაფიკების სვლის გასწავროვ გაშლას მიყვაროთ ერთსა და იმავე მასშტაბთან, რაც აადვილებს მათ შედარებას ეტალონთან – გამართული ამომრთველის გრაფიკთან. ამიტომ ანალიზის დროს სვლის 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 სინქარეზე. სინქარის მახასიათებელი უნდა გაანალიზდეს როგორც სვლის ან დროის ფუნქცია. ამ დროს “სვლა” ან “დრო” კოორდინატით განისაზღვრება ურთიერთქმედების დაწყების მომენტი, ხოლო “სინქარის” კოორდინატით მისი სიდიდე.
6. სწავლას რგოლების ურთიერთქმედება შეხედულება პროცესის ცალკეული უბნებით (მაგ. გამომრთველი ზამბარა ენერჯიას გადასცემს პროცესის დასაწყისში; დემფერი მოქმედებაში შედის პროცესის ბოლოს და ა.შ.). ამიტომ ვიცით რა ამომრთველის კონსტრუქცია, მთელი გრაფიკი უნდა დაყვით უბნებად, სადაც თვალნათლივ გამოჩნდება კონკრეტული რგოლის გავლენა, რაც საშუალებას მოგვცემს მოვანდინოთ შემჩნეული დეფექტების ლოკალიზება და იდენტიფიცირება.
7. ოპერაციებში “გამორთვა” და “ჩართვა” იცვლება ურთიერთმოქმედი რგოლების შემადგენლობა, მათი ურთიერთქმედების რიგი და სწვა. რგოლების დეფექტები ამ ოპერაციებში სწავლასწავარად მუდგანდება, რაც განაპირობებს ჩართვისა და გამორთვის პროცესების გრაფიკების რეგისტრაციისა და ანალიზის საჭიროებას.
8. ანალიზისათვის სირთულეს წარმოადგენს რამდენიმე რგოლის გავლენის დროში შედგების შემთხვევა, რადგანაც გაურკვეველია რომელი რგოლია მათ შორის დეფექტიანი. აქ შესაძლებელია სწავლასწვა ხერხით მიდგომა. თუ რგოლებს გაანჩათ სწავლასწვა მახასიათებლები, მაშინ მათი ურთიერთშენიღბული მოქმედება შესაძლებელია მხოლოდ სვლის შეხედულებულ უბანზე. თუ რგოლები იდენტურია და კინემატიკურ წრედში ჩართულია პარალელურად, როგორც მაგალითად ამომრთველის სამი პოლუსი, ამ შემთხვევაში მათი სწორი ფუნქციონირების ძირითადი

პირობაა მათი მუშაობის სინქრონულობა. რომელიმე პოლუსის მუშაობის არასინქრონულობა მაშინვე მჟღავნდება მეორე პოლუსზე მიღებულ გრაფიკზე. თუ გადავიღებთ სამივე პოლუსის გრაფიკებს და მათ ერთმანეთზე დავადებთ, მაშინ უფრო დარწმუნებით განვსაზღვრავთ დეფექტურ რგოლს.

პროცესის რეგისტრაციის აპარატურა. მექანიკური პროცესების რეგისტრაცია მოსახერხებელია ჩატარდეს ხელსაწყოებით: PKB / M5H, PKB / M6H, PKB / M7, PKB / Y3. ვაკუუმური ამომრთველებისათვის ექსპლუატაციის პროცესში მოითხოვება მხოლოდ დროითი მახასიათებლების კონტროლი. სიჩქარის მახასიათებლები შეფასდება მოძრავი კონტაქტის მიერ განსაზღვრული უბნის გავლის დროის მისედვით. ეს დრო მოიცემა ამომრთველის კომპლექტში არსებული სპეციალური საკონტაქტო გადამწოდით. გადამწოდი შეიძლება ჩაერთოს სამი პოლუსიდან ნებისმიერ ერთ ერთზე.

ხელსაწყოთა კომპლექტში შედიან პრეციზიული ციფრული გადამწოდები გადაადგილების მაღალი დაშვებებით: 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, 0-360⁰ დიაპაზონზე და 0,09⁰ დაშვებით. ხელსაწყო საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ სამი სახის გრაფიკი: $V = f(t)$, $\omega = f(t)$, $V = f(s)$, სადაც V – მოძრაობის სიჩქარეა, ω – სვლა, t – დრო. დრო ფიქსირდება ყოველი 100 მკმ-ის შემდეგ, ხოლო სიჩქარე გამოითვლება არაუმეტეს 4% ცდომილებით.

გადამწოდები გათვლილია იმ ადგილებში დასამაგრებლად, სადაც დასაწყისში გათვალისწინებულია სიჩქარის მახასიათებლების გადაღება. ამგვარად, წრფივი გადაადგილების გადამწოდი მაგრდება შტანგის დამჭერზე, ხოლო კუთხური გადაადგილების გადამწოდი – ამძრავის ლილვის შეყრილზე. კუთხური გადაადგილების გადამწოდის გამოყენების დროს ამძრავის ლილვის კუთხური მოძრაობის მნიშვნელობა ხელსაწყოთა პროცესორის მიერ გადაანგარიშდება ამომრთველის კინემატიკურ სქემაში მოძრავი კონტაქტის წრფივი გადაადგილების მნიშვნელოვნად, რომელიც მუდმივად ინახება მქსნიერებაში.

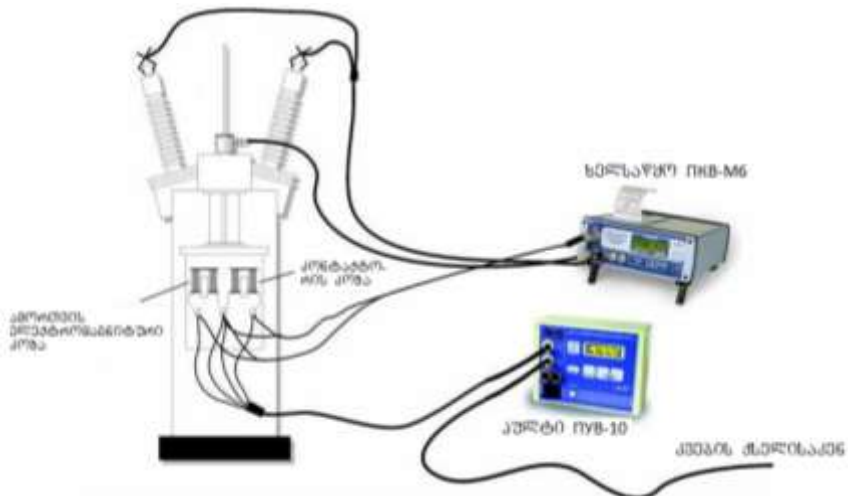
მექანიკური პროცესის ასეთი დაწვრილებითი წარმოდგენა იძლევა მხოლოდ ამომრთველის ვარგისიანობაზე ზოგად წარმოდგენას. ამ დროს დარეგისტრირებული, პროცესის სრული გრაფიკი კი შეიცავს ინფორმაციას

ამომრთველის მექანიზმების ცალკეული კვანძებისა და ელემენტების მდგომარეობის შესახებ. გრაფიკული ინფორმაციის ფასი კიდევ უფრო იზრდება ადამიანის ტვინის შესანიშნავი უნარის გამო, რომელსაც შეუძლია სწრაფად დაამუშაოს და გამოიცნოს ამომრთველის მდგომარეობის ხარისხობრივი შეფასება, ისევე როგორც რა გრაფიკის ფორმის სტანდარტულიდან მცირე გადახრის დროსაც, რაც მოითხოვება დეფექტის გაჩენის შემთხვევისათვის.

ხელსაწყო PKB/M6H საშუალებით გაზომილი და გამოთვლილი მახასიათებლები ჩაშენებული თერმობრენტერით იბეჭდება ცხრილურ და გრაფიკულ სახეში.

ნახ.2.29-ზე ნაჩვენებია PKB/M6H ხელსაწყოთა და ПУВ/10 პულტის მაღალვოლტაჟიანი წყითან ამომრთველთან მიერთების სურსი (ხელსაწყოთა ინსტრუქციით), რომელთა მიხედვითაც გადაიღება ქვემოთ მოცემული მახასიათებლები.

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



ნახ.2.29. PKB/M6H ხელსაწყოთა და ПУВ/10 პულტის მაღალვოლტაჟიანი ამომრთველთან მიერთების სურსი

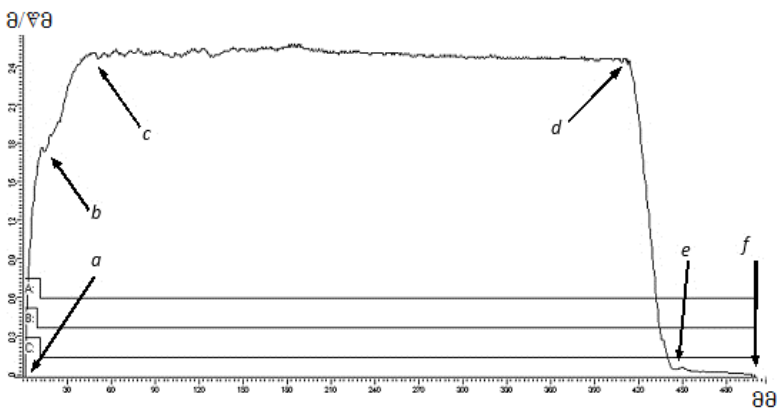
გრაფიკების ანალიზის მაგალითები. მეთოდის ილუსტრაცია მოგანდინოთ MKП–110 M ტიპის ზეთიანი ამომრთველის , , ჩ პოლუსების კონტაქტებზე გადაღებული ჩართვა-ამორთვის სინქარის მანახიათებლების გრაფიკებზე, რომლებიც მოცემულია ქვემოთ.

მაგალითი 1. ნახ.2.30-ზე მოყვანილია გამართული ამომრთველის გამორთვის პროცესის გრაფიკი. ამ გრაფიკზე შეიძლება გამოვყოთ ხუთი უბანი, რომლებიც აღნიშნულია ისრებითა და ასოებით: მოძრაობის დაწყებიდან ბ წერტილამდე – უბანი აბ; უბნები ბც; ცდ; დე და ეფ.. თუ გრაფიკს გავშლიდით დროში, მაშინ გრაფიკზე გამოჩნდებოდა კიდევ ერთი უბანი: იმპულსის ბრძანების გაცემის მომენტიდან მოძრაობის დაწყებამდე – უბანი ა (ეს უბანი კარგად ჩანს ნახ. 2.30-ზე).

გაგანალიზოთ თითოეულ უბანზე მიმდინარე პროცესები:

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

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



ნახ.2.30. გამართული ამომრთველის გამორთვის პროცესის გრაფიკი

უბანი bc. კონტაქტების ზამბარებმა შეწყვიტეს მუშაობა და შედგომა გაქანება შტანგისა ტრავერსთან ერთად ხდება რკალჩამქრობი მოწყობილობისა გამომრთველის ზამბარების მოქმედების შედეგად.

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

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

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

მოყვანილი სიჩქარის გრაფიკის მიხედვით შეიძლება შევაფასოთ კონტაქტების, რკალჩამქრობი მოწყობილობისა და გამომრთველი ზამბარების მუშაობა. ზეთიანი ბუფერისა და მიმართველი მოწყობილობის მუშაობა. გარდა ამისა, ვიცით რა შტანგის სვლა ტრავერსთან ერთად *a* წერტილიდან გაჩერებამდე (8მ მმ მოყვანილი გრაფიკზე), შეესაბამება ზეთიანი ბუფერის მუშაობას და ვიცით აგრეთვე, რომ შტანგის დამაგრების ღერძის ცენტრისათვის და ზეთიანი ბუფერის ჭოკის შესების წერტილისათვის მხარეულების მხარეთა თანაფარდობა შეადგენს დაახლოებით 2:1 და შეიძლება დაგვასკვნათ, რომ ამ უბნზე ზეთიანი ჭოკის სვლა დაახლოებით შტანგის ტრავერსთან ერთად სვლის ნახევარის ტოლია (43 მმ).

მაგალითი 2.

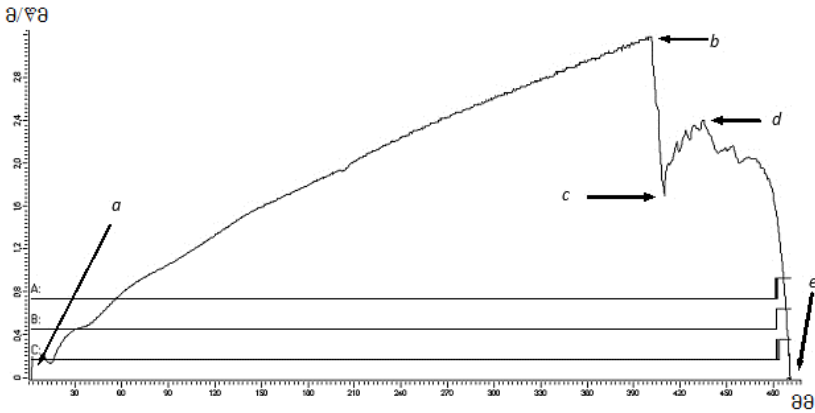
ნახ.2.31-ზე მოცემულია გამართული ამომრთველის ჩართვის პროცესის გრაფიკი. აქაც შეიძლება გამოვყოთ აგრეთვე სუთი უბანი. ამ უბნებზე მიმდინარე პროცესები შემდეგია:

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

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

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

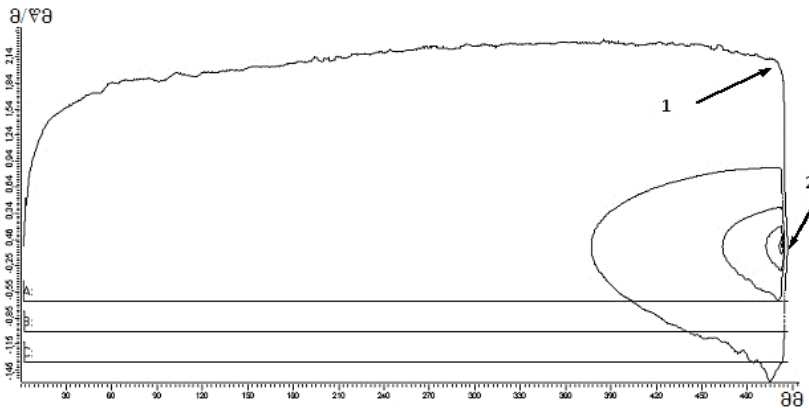
უბანი cd. გრძელდება ელექტრომაგნიტური ძრავის ტრავერსის გაქანება, მაგრამ ტრავერსი უკვე მოძრაობს შტანგასთან და რკალჩამქრობი მოწყობილობების მოძრავ კონტაქტებთან ერთად.



ნახ. 2.31. გამართული ამომრთველის ჩართვის პროცესის გრაფიკი

უბანი *de*. ამ უბანზე მუშაობას წყვეტს ელექტრომაგნიტური ამძრავი. ხდება გამომრთველი რკალჩამქრობი მოწყობილობისა მოძრავ კონტაქტებთან ერთად *e* წერტილში შტანგა ტრავერსთან ერთად ჩერდება.

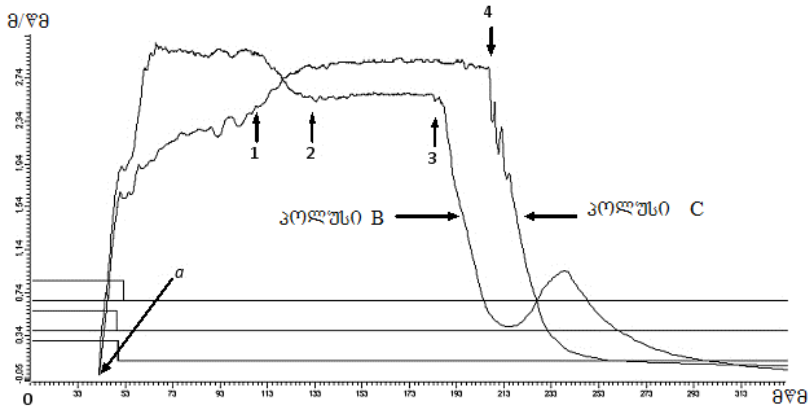
მაგალითი 3. ნახ.2.32-ზე მოცემულია ზეთიანი ბუფერის დაზიანების მქონე ამომრთველის გათიშვის პროცესის გრაფიკი.



ნახ.2.32. ზეთიანი ბუფერის დაზიანების მქონე ამომრთველის გათიშვის პროცესის გრაფიკი

როგორც ამ გრაფიკიდან ჩანს, ზეთიანი ბუფერის დაზიანების მქონე ამომრთველში ხდება მხრეულის მკვეთრი დარტყმა ბუფერზე და შტანგა ტრავერსთან ერთად გაჩერებამდე ასრულებს მრავალჯერად უკუ მოძრაობას, რის გამოც წარმოიშვება სპირალი 1-2.

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



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

აქ მოყვანილი გრაფიკები მოწმობენ იმაზე, რომ საერთო ამძრავის მქონე ამომრთველის ორი პოლუსის შტანგები ტრავერსებთან ერთად მოძრაობენ ერთმანეთისაგან ძლიერ განსხვავებული სიჩქარეებით. ეს კი შესაძლებელია პოლუსებს შორის დიდი ფოლნგის (“ლუფტის”) დროს.

მოძრაობის დაწყების შემდეგ ჩ პოლუსის, რკალმქრობი მოწყობილობის ან გამომრთველი ზამბარების ცუდი მდგომარეობის გამო, შტანგა ტრავერსთან ერთად მოძრაობს ნაკლები სიჩქარით, ვიდრე პოლუსისა. ამ დროს პოლუსებს შორის აიარჩევა ფოლნგა. წერტილის 1 შესაბამის დროში პოლუსებს შორის ხდება მოძრავი მასების ურთიერთქმედება. ერთი შტანგა ტრავერსთან ერთად იღებს ამჩქარებელ იმპულსს, ხოლო მეორე – მამუნრუჭებულს. ამ მომენტიდან ხდება ტრავერსების მოძრაობის სიჩქარის ცვლილება. წერტილი 2 შესაბამის დროში შტანგებს მოძრაობის სიჩქარეები სტაბილური ხდება, მაგრამ ერთმანეთისაგან მაინც განსხვავებულია. ფოლნგა აიარჩევა სწრაფი მიმართულებით. წერტილი 3 შესაბამის დროში პოლუსის შტანგა ტრავერსთან ერთად იწყებს დამუნრუჭებას ზეთიანი ბუფერით, ხოლო ჩ პოლუსის შტანგა განაგრძობს მოძრაობას მნიშვნელოვანი სიჩქარით. წერტილი 4 შესაბამის დროში ხდება მოძრავი მასების ურთიერთქმედება. ჩ პოლუსის შტანგა ტრავერსთან ერთად იღებს მამუნრუჭებულ იმპულსს, ხოლო პოლუსისა – ამჩქარებულს. ჩ პოლუსის დამუნრუჭების უბანზე

ინტენსიური ზემოქმედების შედეგად პოლუსის დამუხრუჭების უბანზე გაჩნდა სიჩქარის ნახტომები.

ამავე ნახაზზე კარგად ჩანს, რომ ოა უბანი – ბრძანების დაწყების მომენტიდან მოძრაობის დაწყებამდე. დროის ამ ინტერვალში ამძრავის მიერ ხდება “გამორთვა” ბრძანების დამუშავება. ა წერტილში ბრძანების დამუშავება მთავრდება. დროის ამ ინტერვალის ხანგრძლივობით შეიძლება განისაზღვროს “დამნაშავე” ამომრთველის გამორთვის დროის დაყოფნაში. თუ დროის ეს ინტერვალი აჭარბებს განსაზღვრულ სიდიდეს (გამართულ მდგომარეობაში მყოფი ამომრთველის გრაფიკთან შედარებით), მაშინ გამორთვას აყოფნებს ამძრავი. წინააღმდეგ შემთხვევაში ამძრავი ნორმალურად მუშაობს და გამორთვის პროცესის გაჭიანურების მიზეზის დასადგენად გაანალიზებული უნდა იქნეს ამომრთველის სიჩქარული მახასიათებლები.

2.16. ამომრთველების დიაგნოსტიკის ხელსაწყოები და სისტემები

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

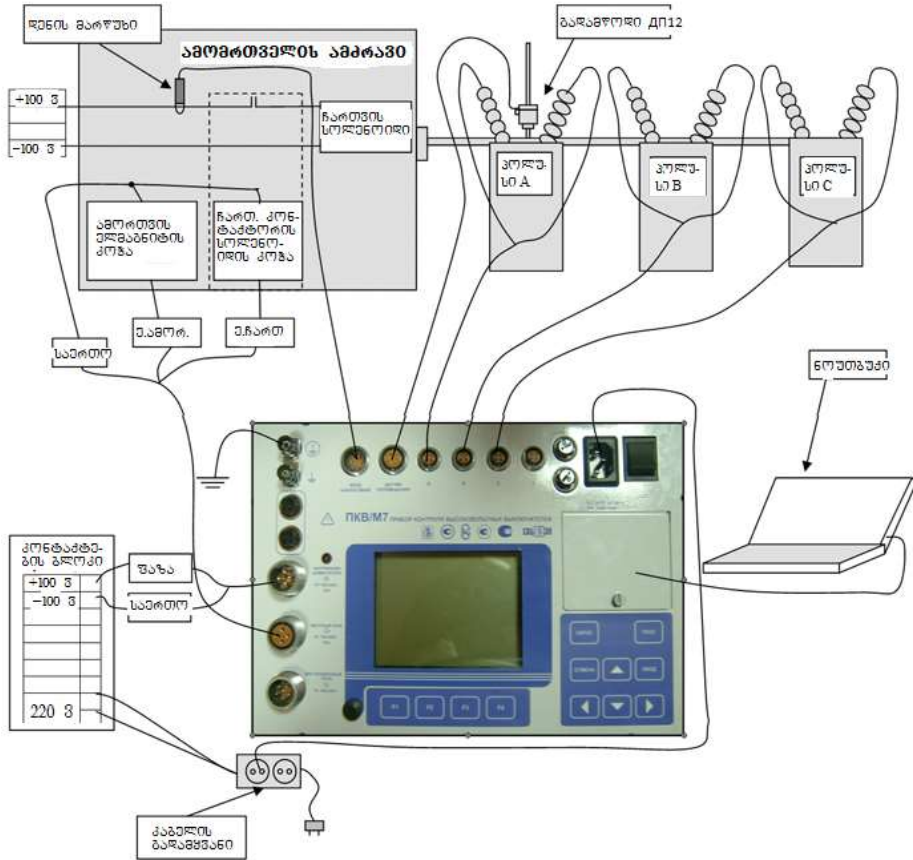
მაღალფოლტიანი ამომრთველების კონტროლის ხელსაწყო PKB/M7 შ -თი. ეს ხელსაწყო (ნახ.2.34) გამოიყენება ზეთიანი, ელევანური, ვაკუუმური და ელექტრომაგნიტური ამომრთველების დაუშლელად კონტროლისათვის, რომელთაც გააჩნიათ 4 წყვეტის წერტილამდე. ასევე მოკლედ ამომრთველებისა და განმამხოლოებლების კონტროლისათვის.



**ნახ.2.34. მაღალვოლტიანი ამომრთველების კონტროლის
ხელსაწყო PKB/M7 შ -თი**

ხელსაწყო აღჭურვილია უნივერსალური ანალოგური შესასვლელით რეალურ დროში ძაბვისა და წინაღობის რეგისტრაციისათვის. მასთან შეიძლება ჩაირთოს ელექტრონიკური ამომრთველის საშტატო რეზისტორული გადამწოდი, რომელიც არის ხელსაწყოს კომპლექტაციაში სანაზო და კუთხური გადაადგილების გადამწოდებთან ერთად და რომლებიც საშუალებას იძლევიან გადაღებული იქნეს სიჩქარის მანასიათებლები ყველა ტიპის ამომრთველისათვის საქარნო მოთხოვნების თანახმად.

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



ნახ.2.35. PKB/M7-ის ზეთიან ამომრთველზე ტიბური ჩართვის სქემა

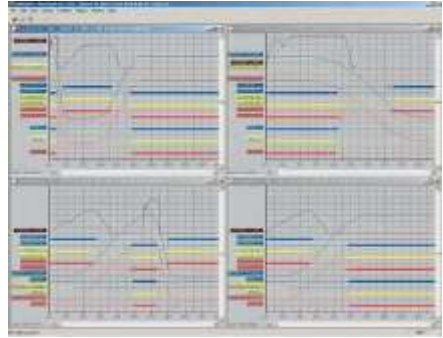
სელსაწყოს ფუნქციები არსებითად გაფართოებულია სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის საფუძველზე. საკომუტაციო აპარატის ყველა მანქანათმშენებელი იზომება დინამიკაში მისი ჩართვისა და გამორთვის დროს.

ამომრთველის დროითი ციკლის საზომი სისტემა თ 1600 (ნახ.2.36.ა) ზომავს ამომრთველის დროით ციკლს (800 კგ-მდე). დროის არხები იჭერენ მთავარი და სხვა დამხმარე კონტაქტების ჩართვისა და გამორთვის დროს. არხები დამოუკიდებელია და ამიტომ შეიძლება გაიზომოს ამომრთველის კამერაში მიმდევრობით შეერთებული კონტაქტების დროითი მანქანათმშენებლები მათი განრთვის გარეშე. სელსაწყო შეიძლება აღჭურვილი იქნეს ხანგრძლივი კონტროლის ფუნქციით.

#



ა)



ბ)

ნახ.2.36 ამომრთველის დროითი ციკლის საზომი სისტემა თ 1600 (ა) და პროგრამული უზრუნველყოფა ჩ კუ

თ 1600 ბლოკში ჩადგმული 61 მოდულით შეიძლება გადადებულ იქნას კონტაქტების სვლა, სიჩქარე, დენი, ძაბვა და სხვა. აგრეთვე შესაძლებელია კონტაქტების დინამიური წინაღობისა და ვიბრაციის გაზომვა და ანალიზი.

სისტემაში ჩამონტაჟებული პრინტერი რამდენიმე წამის შემდეგ ცხრილების ან გრაფიკების (ნახ.2.36.ბ) სახით ბეჭდავს შედეგებს. გრაფიკების დეტალური ანალიზისათვის შესაძლებელია მრუდის რომელიმე უბნის გადიდება. მას გააჩნია კომპიუტერთან კავშირის საშუალებები. პროგრამული უზრუნველყოფა ჩ საშუალებას იძლევა ამომრთველების ტესტირება მოვასდინოთ სწრაფად და საიმედოდ.

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 ზედდებით შეიძლება დაუყონებლივ შედარდეს წინა ტესტირების შედეგებთან და ეტალონურ გაზომვებთან. შედეგები შეიძლება შენახული იქნეს კომპიუტერის დისკზე ისე, რომ სხვადასხვა დროს მიღებული შედეგები შეგადართო ერთმანეთს. ამგვარად შეიძლება თვალყური ვადევნოთ ამომრთველის მდგომარეობის თანდათანობით ცვლილებას.

ამომრთველის გაკუუმური კამერის ტესტირება VI დ (ნახ.2.37.ა) გამოიყენება ამომრთველების გაკუუმური კამერის მდგომარეობის შემოწმებისათვის. ამ ხელსაწყოს მუშაობის საფუძველს წარმოადგენს

დამოკიდებულება გამრღვევ ძაბვასა და ვაკუუმის ხარისხს შორის. ხელსაწყო ძალიან მარტივი გამოსაყენებელია – მწვანე ნათურა გვიჩვენებს, რომ კამერა წესრიგშია, ხოლო წითელი – უწესიერია.



ა)



ბ)

გ)

ნახ.2.37. ვაკუუმური კამერის ტესტერი VI დ (ა), კვების წყარო 10 (ბ) და მიკროომმეტრი 200 (გ)

კვების წყარო (ნახ.2.37.ბ) უზრუნველყოფს რეგულირებად მუდმივ ძაბვას 24-დან 250 ვ-მდე, საფეხურებით: 24, 48, 110, 250 ვ. ამომართველის კოჭების შესამოწმებლად. გააჩნია ცალკე გამოსასვლელი მუდმივი დენის ელექტროძრავების კვებისათვის 24–250 ვ ფარგლებში, საფეხურებით: 30, 40, 70, 90, 185, 200, 250 ვ; აქვს ცვლადი ძაბვის გამოსასვლელი 24–250 ვ დიაპაზონში.

მიკროომმეტრი 200 (ნახ.2.37.გ) გამოიყენება ამომართველების, განმაცალკეებლების, მცველების დანებიანი კონტაქტებით, სალტე და სახაზო შეერთებების და სხვა კონტაქტების წინაღობის გასაზომად. ხელსაწყო მუშაობა დაფუძნებულია მიკროპროცესორულ გაზომვებზე და შედეგების შენახვასე

შინაგანი პროგრამა საშუალებას იძლევა შევასრულოთ ცალკეული ტესტი ან ტესტების სერია და შედეგები შევინახოთ. დენის ტრანსფორმატორების სწრაფი და მოხერხებული განმავიწყებისათვის გამოიყენებულია ცვლადი დენის გამოსასვლელი. გააჩნია წინაღობის გაზომვის ორი დიაპაზონი: 0_1999 მკომი; 0_19,99 მკომი.

თავი 3. მოკლე ცნობები ტრანსფორმატორების შესახებ

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

მოვლენა, რომელიც საფუძვლად დაედო ელექტრული ტრანსფორმატორის მოქმედებას აღმოჩენილი იქნა 1831 წელს ინგლისელი ფიზიკოსის მაიკლ ფარადეის მიერ ელექტრობის დარგში კვლევების ჩატარების დროს. ამ კანონის აღმოჩენიდან 45 წლის შემდეგ რუსი პაფლე იაბლოჩკოვის მიერ დაბატონებული იქნა პირველი ტრანსფორმატორი გახსნილი გულარით, ხოლო 1884 წელს ინგლისელი ძმების ჯონი და ედუარდ გობკინსონების მიერ შექმნილი იქნა ჩაკეტულ გულარიანი ტრანსფორმატორი რომელიც შეიცავდა თანამედროვე ტრანსფორმატორების თითქმის ყველა ძირითად ელემენტს.

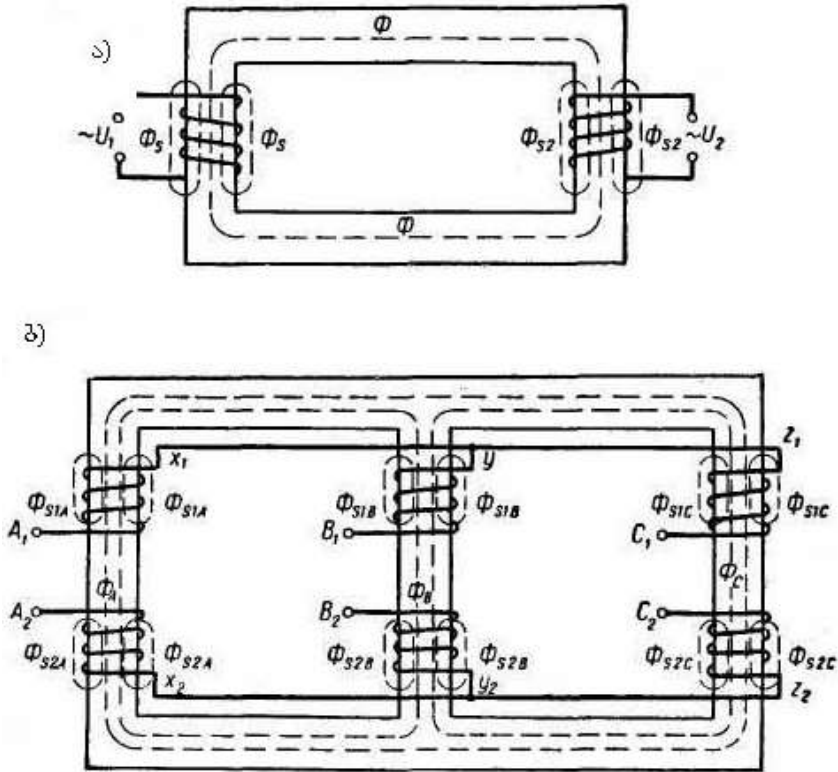
თანამედროვე ძალური ტრანსფორმატორი წარმოადგენს რთულ მოწყობილობას, რომელიც შედგება სხვადასხვა სახის კონსტრუქციული ელემენტების დიდი რაოდენობისაგან, რომლებიც ამა თუ იმ სახით გავლენას ახდენენ მის მუშაობაზე.

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

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

თანამედროვე ტრანსფორმატორები მცირედ განსხვავდებიან XIX საუკუნის დასაწყისის ტრანსფორმატორებისაგან. ისინი ისევე შედგებიან იზოლირებული ფირფიტებისაგან და სპილენძის გამტარებისაგან დამზადებული გრაგნილებისაგან. თანამედროვე ტრანსფორმატორები თავის წინამორბედებს სიმძლავრის მიხედვით 500-ჯერ აღემატებიან. მათი სიმძლავრე აღწევს 1 მლნ კვტ-ზე მეტს, ხოლო ძაბვის მიხედვით 15-ჯერ აღემატებიან და შეუძლიათ იმუშაონ 1150 კვ ძაბვის დროს. ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა მერყეობს 25- დან 50 წლამდე; მათი მასა ერთეულოვან

სიმძლავრეზე გაანგარიშებით შემცირდა დაახლოებით 10-ჯერ, ხოლო მარგი ქმედების კოეფიციენტი გადააჭარბა 99%-ს.



ნახ.3.1. ერთფაზა (ა) და სამფაზა (ბ) ტრანსფორმატორების მაგნიტური ნაკადების შეკვრის გზები

მოკლედ განვიხილოთ ძალური ტრანსფორმატორის მუშაობის პრინციპი. ტრანსფორმატორში გამტარისაგან დახვეულ გრაგნილს, რომელიც მიერთებულია კვების წყაროსთან და ქმნის მაგნიტურ ველს, პირველადი ეწოდება. მეორე გრაგნილს, რომელშიც ამ ველის მოქმედებით აღიძვრება ელექტრომომდრავებელი ძალა (ემძ) და მიერთებულია ელექტროენერჯის მომხმარებელთან, ეწოდება მეორეული.

ტრანსფორმატორის მუშაობა დაფუძნებულია ორ ბაზისურ პრინციპზე:

1. დროში ცვალებადი ელექტრული დენი ქმნის დროში ცვალებად მაგნიტურ ველს (ელექტრომაგნიტიზმი);
2. მაგნიტური ნაკადის ცვლილება გრაგნილში იწვევს ელექტრომომდრავებელი ძალის (ემძ) აღიძვრას (ელექტრომაგნიტური ინდუქცია).

თუ პირველად გრაგნილს ჩაერთავთ ცვლადი დენის წრედში (ნახ.3.1.ა), მაშინ მასში გაივლის ცვლადი დენი და მაგნიტოგამტარში ანუ გულარაში შექმნის ცვლად მაგნიტურ ნაკადს. გულარის გავლით შეკრული მაგნიტური ნაკადი განჭოლავს მეორეული გრაგნილის სვიებს და დააინდუქციონებს მასში ინდუქციის ემპს. თუ მეორეული გრაგნილის ბოლოებზე მიგაერთებთ ელექტროენერჯის რაიმე მიმღებს, მაშინ ინდუქციონებული ემპ-ის მოქმედებით მეორეულ გრაგნილში მიმღების გავლით გაივლის დენი. ეს დენი თავის მხრივ, ქმნის მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც პირველად გრაგნილში გამავალი დენის მიერ შექმნილი მაგნიტური ნაკადის საწინააღმდეგეა.

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

რკინის გულარა წარმოადგენს ყველა თანამედროვე ძალური ტრანსფორმატორის განუყოფელ ნაწილს, ხოლო სპილენძი და ალუმინი მათი დაბალი ელექტრული წინააღობის გამო იყვნენ და რჩებიან გრაგნილების დასამზადებელ მასალად.

იდეალური ტრანსფორმატორის პარამეტრები მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია გულარას თვისებებზე, სახელდობრ, ამ დარგში იქნა მიღწეული ყველაზე დიდი პროგრესი. გულარას დასამზადებელი მასალის მნიშვნელოვანი თვისებაა მაგნიტური შეღწევადობა, მაგნიტური გაჟღენთვა, ელექტრული წინააღობა და დანაკარგები ჰისტერეზისზე. მაგნიტური შეღწევადობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც მაგნიტურ ველში მოთავსებული მასალაში წარმოქმნილი მაგნიტური ძალხაზების

რაოდენობა. მაგნიტური გაულენტვა ეს არის მაგნიტური მასალის მდგომარეობა, რომლის დროსაც მისი დამაგნიტება აღწევს ზღვრულ მნიშვნელობას. ეს ორი თვისება განსაზღვრავს გულარას ძალურ მახასიათებლებს.

ტრანსფორმატორში ადგილი აქვს ენერგიის დანაკარგებს, რომელთა სიდიდე დამოკიდებულია მის კონსტრუქციის ხარისხზე და „სატრანსფორმატორო რკინის“ მასალაზე (ელექტროტექნიკურ ფოლადზე). დანაკარგები ფოლადში ძირითადად გამოწვეულია გულარის გაზურებით, ჰისტერეზისითა და გროვალური დენებით. ისეთ ტრანსფორმატორში, სადაც „რკინა“ მონოლითურია, დანაკარგები მნიშვნელოვნად მეტია, ვიდრე იმ ტრანსფორმატორში, სადაც გულარა შედგება მრავალი სექციისაგან, რადგან ამ შემთხვევაში მცირდება გროვალური დენები. პრაქტიკაში მონოლითური გულარები არ გამოიყენება. ტრანსფორმატორის მაგნიტოგამტარში დანაკარგების შემცირებისათვის სატრანსფორმატორო ფირფიტები მზადდება სპეციალური ხარისხის სატრანსფორმატორო ფოლადისაგან, რომელსაც დამატებული აქვს სილიციუმი. სილიციუმი ამადლებს რკინის კუთრ წინაღობას ელექტრული დენის მიმართ. ერთმანეთისაგან იზოლაციის მიზნით ფირფიტები დაფარულია ლაქით.

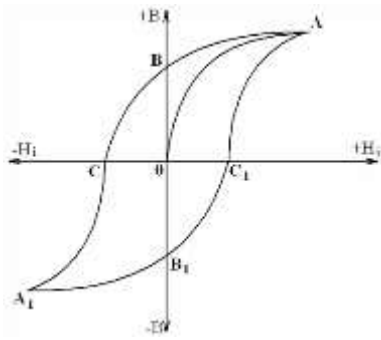
გულარას მასალას ელექტრული წინაღობა მნიშვნელოვანია იმდენად, რამდენადაც ის საშუალებას იძლევა შემცირდეს გროვალური დენებით გამოწვეული დანაკარგები.

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

ტრანსფორმატორების გულარების სრულყოფის მთელი ისტორიის მანძილზე ჩატარებული საინჟინრო კვლევების ძირითადი მიზნები იყო მაგნიტური შეღწევადობის, გაულენტვის წერტილისა და ელექტრული წინაღობის ამადლება და ჰისტერეზისზე დანაკარგების შემცირება. ამ გამოკვლევებში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მრუდი, რომელიც გრაფიკულად აღწერს დამოკიდებულებას დასამაგნიტებელი მასალის ისეთ თვისებებს შორის როგორცაა მაგნიტური შეღწევადობა, მაგნიტური

გაჟღერნოვან და ჰისტერეზისი. ეს მრუდი წარმოადგენს მაგნიტური ველის ინდუქციასა და დაძაბულობას შორის დამოკიდებულების გრაფიკს. ცვლადი დენის თითოეული ციკლის დამახასიათებელ მრუდს აქვს შ ახოს ფორმა შევიწროებადი ბოლოებით (ნახ.3.2). მისი დახრის კუთხე შეესაბამება მაგნიტური შეღწევადობის სიდიდეს; ის ზედა წერტილი (), რომელშიც მრუდი სწორდება შეესაბამება გაჟღერნოვის წერტილს, ხოლო $ABCA_1B_1C_1A$ მრუდით შემოსაზღვრული ფართობი შეესაბამება ჰისტერეზისს.

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



ნახ.3.2. ჰისტერეზისის მარყუვი

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

ექსპლუატაციის ვადის ზრდასთან ერთად იზრდება დანაკარგები ჰისტერეზისზე.

1900 წლიდან გულარას მასალის მუშა მახასიათებლები მეცნიერული კვლევების შედეგად მნიშვნელოვნად იქნა გაუმჯობესებული.

ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის ელემენტები, რომლებშიც ვადის ელექტრული დენი (გრაგნილები, გამომყვანები და სხვა) და რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებულია განსაზღვრული სქემით, ქმნიან ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის ჩამოწეული ნაწილებისაგან იზოლირებულ ელექტრულ წრედს. საინჟინერო დეტალები შესრულებულია

სხვადასხვა სახის მყარი საინჟინერო მასალებისაგან: მუყაოს, ქაღალდის, ხის, გეტინაქსისა და სხვა. ზეთიან ტრანსფორმატორებში ჩასხმულია სატრანსფორმატორო ზეთი.

მაგნიტოგამტარი მასზე ჩამოცმულ გრაგნილებთან ერთად წარმოადგენს ტრანსფორმატორის აქტიურ ნაწილს, ხოლო დანარჩენი ელემენტები – პასიურ ნაწილს. გრაგნილების სხვადასხვა ნაწილების შეერთება ერთმანეთთან და გადამრთველებთან ხდება გამომყვანების საშუალებით.

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

ტრანსფორმატორების გრაგნილების ქსელზე მისაერთებლად გამოყენებულია შემყვანები, რომლებიც შედგება დენგამტარი ნაწილებისაგან (დეროები ან მილები), ფაიფურის საფარისაგან და საყრდენი მილტუჩისაგან. შემყვანები მაგრდება ავზის სახურავზე ან კედელზე. ამ დროს მისი ქვედა ნაწილი მოთავსებულია ავზის შიგნით ზეთში, ხოლო ზედა ნაწილი ავზის გარეთ ჰაერში. ზეთით ავსებულ შემყვანებს გააჩნიათ 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 სვიათა რიცხვის შეფარდებას მეორეული გრაგნილის სვიათა რიცხვთან ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ეწოდება. ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი გამოისახება ფორმულით:

$$= \frac{\Phi_1}{\Phi_2}$$

სადაც Φ_1 – პირველადი გრაგნილის სვიათა რიცხვია, ხოლო Φ_2 – მეორეული გრაგნილის.

ჩვეულებრივ, პირველადი და მეორეული გრაგნილების ძაბვები სხვადასხვაა. თუ პირველადი ძაბვა ნაკლებია მეორეულზე, მაშინ ტრანსფორმატორს ეწოდება ამამადლებელი და <1 , ხოლო თუ მეტია – დამადაბლებელი და >1 . ჩვეულებრივ ნებისმიერი ტრანსფორმატორი შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც ამამადლებელ, ისე დამადაბლებელ ტრანსფორმატორად. ამამადლებელი ტრანსფორმატორები გამოიყენება შორს

მანძილზე ელექტროენერჯის გადასაცემად, ხოლო დამადაბლებელი – მომხმარებლებს შორის ელექტროენერჯის გასანაწილებლად.

ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციის დროს იქმნება მისი კოეფიციენტის ცვლილების (ანუ დაზიანების რეგულირების) საჭიროება. დაზიანების რეგულირება ერთი სახის ტრანსფორმატორებში ხდება ქსელიდან გამორთვის შექმნის, ხოლო სხვა სახის ტრანსფორმატორებში – დატვირთვის ქვეშ.

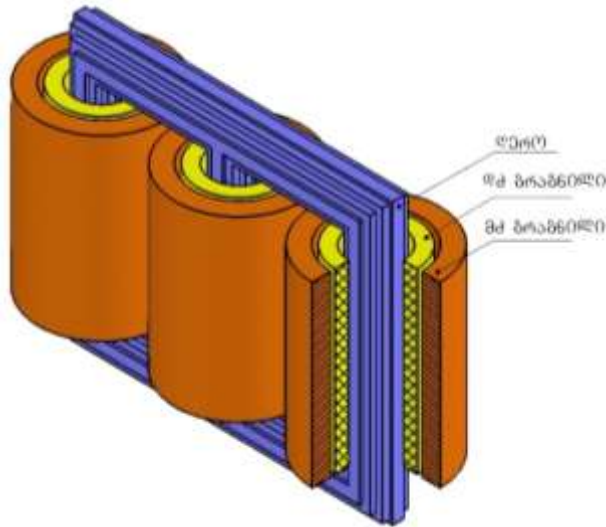
ერთფაზა ტრანსფორმატორებს გამოიყენებენ საყოფაცხოვრებო ხელსაწყო-დანადგარებში, დენისა და დაზიანების საზომ ტრანსფორმატორებად; ინდუქციური, მადანთერმული, ფეროსადნობი და სხვა ელექტროდუმილებს კვებისათვის. ძალიან ტრანსფორმატორები ბუნებრივი ზეთის გაცივებით (ნახ.1.3.ა) გამოიყენება რკინიგზებზე ავტობლოკირებისა და სიგნალიზაციის აპარატურის კვებისათვის. ასეთ ტრანსფორმატორებში გათვალისწინებულია დაზიანების რეგულირება. ერთფაზა ტრანსფორმატორები გამოიყენებულა 6, 10, 27 და 35 კვ დაზიანების 0,63–10 კვა სიმძლავრით. ზემოთაღნიშნული ერთფაზა ტრანსფორმატორებს 750 კვ მაღალ დაზიანების აგებენ მსხვილი თბო და ჰიდროელექტროსადგურებისა და დამადაბლებელი ქვესადგურებისათვის. ამასთანავე ელექტროენერჯის გადაცემისათვის არ გამოიყენებენ ერთფაზა ცვლად დენს. ამ მიზნისათვის ფართო გამოიყენება ჰვოვა 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

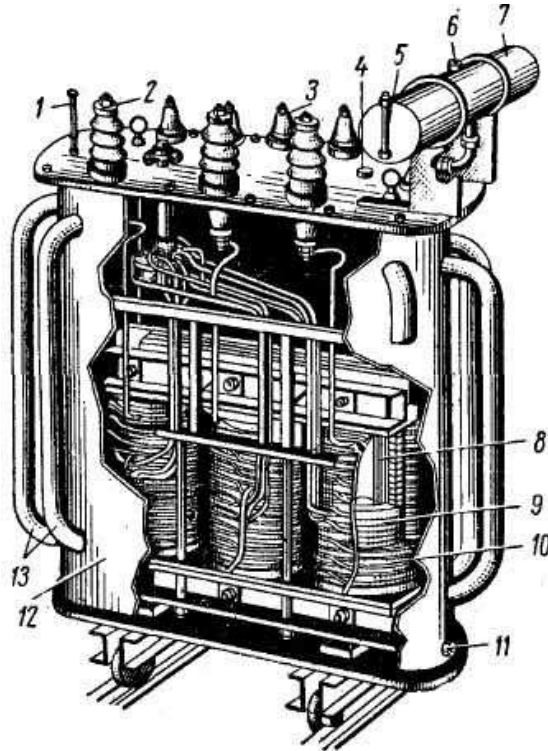
გრაგნილები შეერთებულია სამფაზა სისტემაში ვარსკვლავად (ნახ.3.1.ბ) ან სამკუთხედად. სწორედ ამგვარად მუშაობენ მსხვილ ელექტროსადგურებში დაყენებული მძლავრი ერთფაზა ტრანსფორმატორები. ისინი პირველადი გრაგნილებით ჩართულნი არიან გენერატორის შესაბამის ფაზებთან; მათი მეორეული გრაგნილები შეერთებულია ვარსკვლავად და ჩართულნი არიან საჰაერო გადაცემის ხაზის შესაბამის ფაზებთან. უმრავლეს შემთხვევაში სამფაზა ტრანსფორმატორი წარმოდგენილია ერთ მთლიანობაში (ნახ.3.3, ბ). ასეთი ტრანსფორმატორის მაგნიტოგამტარი შედგება სამი ღეროსაგან, რომლებიც ზემოდან და ქვემოდან ჩაკეტილია უღლებით (ნახ.3.4.).



ნახ.3.4. სამფაზა ტრანსფორმატორის გრაგნილების მაგნიტოგამტარზე განლაგების სქემა

თითოეულ ღეროზე ჩამოცმულია ერთი პირველადი და ერთი მეორეული გრაგნილი. პირველადი გრაგნილები შეერთებულია ვარსკვლავად ან სამკუთხედად, ასევე შეერთებულია მეორეული გრაგნილები. ღერო გრაგნილებით წარმოადგენს ერთფაზა ტრანსფორმატორს. ამიტომ ყველაფერი ის, რაც ზემოთ იყო თქმული ერთფაზა ტრანსფორმატორზე მთლიანად ვრცელდება სამფაზა ტრანსფორმატორის თითოეულ ფაზაზე. ნახ.3.4-ზე ნაჩვენებია სამფაზა ტრანსფორმატორის გრაგნილების მაგნიტოგამტარზე განლაგების სქემა, ხოლო ნახ.3.5-ზე მოყვანილია სამფაზა ტრანსფორმატორის მოწყობილობა.

სამფაზა ტრანსფორმატორის თითოეულ ღეროში პირველად გრაგნილში გამაგალი დენის მიერ აღიფრება მაგნიტური ნაკადი. თითოეული პირველადი გრაგნილი მიეკუთვნება სამფაზა სისტემის ერთ რომელიმე ფაზას, ამიტომ გრაგნილებში გამაგალი დენი, ისევე როგორც მოდებული ძაბვები სამფაზაა და აქედან გამომდინარე, მაგნიტური ნაკადებაც სამფაზაა, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ დაძრულნი არიან 120° -ით.



ნახ.3.5. სამფაზა ტრანსფორმატორის მოწყობილობა: 1 – თერმომეტრი; 2 – მაღალი ძაბვის გრაგნილის შეწყვანი; 3 – დაბალი ძაბვის გრაგნილის შეწყვანი; 4 – აგზში ზეთის ჩასასხმელის საცობი; 5 – ზეთის მარგენებელი; 6 – საფართოებელში ზეთის ჩასასხმელის საცობი; 7 – საფართოებელი; 8 – მაგნიტოგამტარი; 9 – დაბალი ძაბვის გრაგნილი; 10 – მაღალი ძაბვის გრაგნილი; 11 – ზეთის გამოსაშვები საცობი; 12 – ზეთის აგზი; 13 – ზეთის გაციების რადიატორები

ყველა ზემოთ მოყვანილი მიეკუთვნება სამფაზა ორგრაგნილა ტრანსფორმატორებს, რომელთაც თითოეულ ღეროზე გააჩნიათ ორი გრაგნილი – პირველადი და მეორეული. ასეთ ტრანსფორმატორს შეუძლია გარდაქმნას ერთი სიდიდის ძაბვა მეორე სიდიდის ძაბვად. მაგრამ ბევრ

შემთხვევაში ეს საკმარისი არ არის. ძალიან ხშირად საჭირო ხდება გვექონდეს
ორი მეორეული ძაბვა, მაგალითად, 110/35/10 კვ.

3.2. ტრანსფორმატორის ნომინალური მონაცემები და ტექნიკური მახასიათებლები

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

ტრანსფორმატორის ძირითადი მონაცემები და მახასიათებლები
ნაჩვენებია საქარხნო ფირფიტაზე. ფირფიტა დამაგრებულია
ტრანსფორმატორის აგზეზე. მასზე ნაჩვენებია შემდეგი პარამეტრები:
ტრანსფორმატორის ტიპის აღნიშვნა; ფაზათა რიცხვი; სისშირე, ჰც; დაყენების
სახე (შიგა თუ გარე); ნომინალური სიმძლავრე, კვ; სამგრაგნილიანი
ტრანსფორმატორისათვის თითოეული გრაგნილის სიმძლავრე; გრაგნილების
შეერთების სქემა და ჯგუფი; ძაბვა ნომინალურ საფეხურზე 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 ცხრილი 3.1-ში მოყვანილ ჯგუფებად
(გაბარიტებად).

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

გაცივების მიხედვით ტრანსფორმატორები იყოფიან: მშრალ, ზეთიან და
არაწვადი თხევადი დიელექტრიკით.

საერთო დანიშნულების ტრანსფორმატორების ასოით აღნიშვნებში
გვხვდება შემდეგი აღნიშვნები: – ავტოტრანსფორმატორი; ან თ –
ერთფაზა ან სამფაზა; – დაბალი ძაბვის განლექილი გრაგნილით; –
გაცივების სახე: ჰაერის ბუნებრივი გაცივებით ან ზეთის ბუნებრივი
ცირკულაციით; ДЦ – ჰაერის ან ზეთის იძულებითი ცირკულაცია; Ц –
წყლისა და ზეთის იძულებითი ცირკულაცია; НДЦ და НЦ – ზეთის
მიმართული დინება ДЦ და Ц სისტემებში; Т გაცივების სახის აღნიშვნის

შემდეგ – სამგრაგნილა ტრანსფორმატორი; H – დატვირთვის ქვეშ დაბვის რეგულატორით; C – საკუთარი მოხმარების.

ცხრილი 3.1. ძალური ტრანსფორმატორების სიმძლავრეთა დიაპაზონები და კლასები

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

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

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

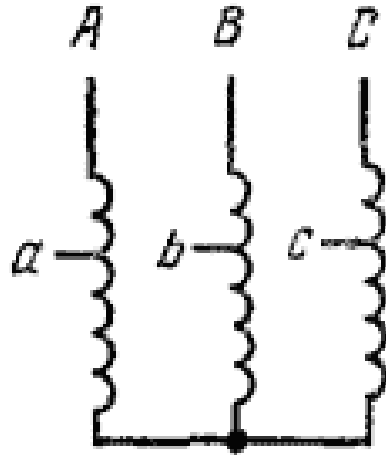
3.3. ავტოტრანსფორმატორები

ავტოტრანსფორმატორები წარმოადგენენ ქვესადგურების ძალურ დანადგარებს, რომელთა დანიშნულებაა ქსელში დაბვის დონის ცვლილება.

ავტოტრანსფორმატორი ტრანსფორმატორის ვარიანტია, რომელშიც პირველადი და მეორეული გრაგნილები პირდაპირ არის შეერთებული და ერთმანეთთან აქვთ არა მართო ელექტრომაგნიტური, არამედ ელექტრული კავშირიც და ელექტრული ენერჯიის 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 უპირატესობას წარმოადგენს მაღალი მქკ, რადგან სიმძლავრის მხოლოდ ნაწილი ექვემდებარება გარდაქმნას – ეს არსებითად მნიშვნელოვანია, როცა შემაგალი და გამომავალი ძაბვები ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდებიან. მათ უარყოფით მხარედ ითვლება პირველად და მეორეულ წრედებს შორის ელექტრული იზოლაციის არარსებობა. სამრეწველო ქსელებში, სადაც ჩამიწებული ნულოვანი სადენის არსებობა აუცილებელია, ამ ფაქტორს მნიშვნელობა არა აქვს, მაგრამ მნიშვნელოვანია, რომ ნაკლებია ფოლადის ხარჯი გულარისათვის, სპილენძის ხარჯი გრაგნილებისათვის, მცირე წონა და გაბარიტები, დაბალი დირებულება. განსაკუთრებით ეფექტურია ავტოტრანსფორმატორის გამოყენება იმ შემთხვევაში, როცა მეორეული ძაბვა დიდად არ განსხვავდება პირველადისაგან.

ექსპლუატაციაში ფართო გამოყენება ჰპოვეს ავტოტრანსფორმატორებმა 220 კვ და ზემოთ ძაბვაზე (ნახ.3.6.ა). ისინი ძირითადად, როგორც წესი, მზადდება სამგრაგნილა, რომელთაც გარდა ელექტრულად შეერთებული გრაგნილისა გააჩნიათ მაგნიტურად შეერთებული გრაგნილიც. ჩვეულებრივ ეს გრაგნილი დაბალი ძაბვისაა, რომელთანაც შეიძლება მიერთებული იქნას გენერატორი (ელექტროსადგურებში), სინქრონული კომპენსატორი (ქვესადგურებში) ან შეიძლება გამოყენებული იქნას ადგილობრივი მომხმარებლების კვებისათვის 35 კვ ძაბვამდე. ნახ.3.6.ბ-ზე მოცემულია სამფაზა ავტოტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა. ქსელიდან კვება მიეწოდება A, B, C. შემყვანებზე, ხოლო დაბალი ძაბვა მოიხსნება ა, ბ, ც გამომყვანებიდან. სამფაზა ავტოტრანსფორმატორებში გამოიყენება მხოლოდ გრაგნილების ვარსკვლავა შეერთება.



ა) ბ)
 ნახ.3.6. ავტოტრანსფორმატორის საერთო ხედი (ა) და
 პრინციპული სქემა (ბ)

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. ვარსკვლავა 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 , ან D), რომლის დროსაც ფაზის გრაგნილები მიმდევრობით არის შეერთებული და ქმნიან რგოლს (ან სამკუთხედს).
3. ზოგჯერ უხეშად შეერთება (პირობითი აღნიშვნა D).

ტრანსფორმატორის პირველადი, მეორეული და მესამეული მხარეების გრაგნილები შეიძლება შეერთებულნი იქნენ ზემოთმოცვანილი ნებისმიერი ხერხით.

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

ვარსკვლავად შეერთებულ გრაგნილს გააჩნია ის უპირატესობა, რომ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის რეგულირების გადართვა შეიძლება გათვალისწინებული იყოს ნეიტრალურ ბოლოზე, სადაც ასევე შეიძლება განლაგებული იქნეს ხვიათა რიცხვის გადამთველი.

ვარსკვლავა შეერთება გამოიყენება ტრანსფორმატორის ერთ მხარეზე, მეორე მხარე შეერთებული უნდა იყოს სამკუთხედად, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, თუ ვარსკვლავა შეერთების ნეიტრალი დაგეგმილია ელექტრომომარაგებისათვის. გრაგნილის სამკუთხედად შეერთება უზრუნველყოფს ამპერსების ბალანსს ნეიტრალსა და ვარსკვლავა შეერთების თითოეულ ფაზაში გამაგალი ნულოვანი თანმიმდევრობის დენისათვის, რაც იძლევა ნულოვანი თანმიმდევრობისათვის სრული წინაღობის მისაღებ სიდიდეს.

გრაგნილების სამკუთხედად შეერთების გარეშე ნულოვანი თანმიმდევრობის დენს მივყავართ გულარაში ნულოვანი თანმიმდევრობის დენების ველამდე. თუ გულარას გააჩნია სამი დერო, მაშინ მოცემული ველი უდლიდან უდლამდე შეადწევს აგზის კედლების განჭოლვით, რაც იწვევს სითბოს გამოყოფას. ჯავშნიანი ან ხუთ დეროიანი გულარის შემთხვევაში, მოცემული ველი შეადწევს გვერდით დეროებს შორის და ნულოვანი თანმიმდევრობის სრული წინაღობა საგრძნობლად მოიმატებს, რის შედეგადაც მიწასთან გარდევვის შემთხვევაში წარმოქმნილი დენი იქნება ისეთი სუსტი, რომ დამცავი რელე ვერ ამუშავდება.

სამკუთხა შეერთების დროს თითოეულ ფაზურ გრაგნილში გამაგალი დენი $\sqrt{3}$ -ჯერ ნაკლებია ფაზაში გამაგალ დენზე, მაშინ როცა ვარსკვლავა შეერთების დროს თითოეულ ფაზურ გრაგნილში გამაგალი ნაზური დენი ტოლია ქსელის ნაზში გამაგალი დენისა. მეორე მხრივ, სამკუთხა შეერთების დროს ვარსკვლავა 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.

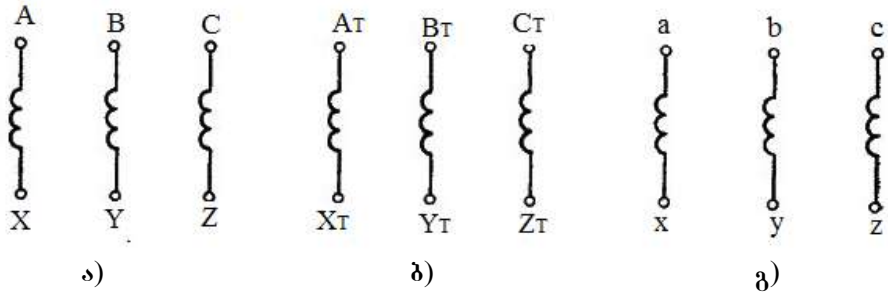
გრაგნილების სამკუთხა შეერთება იძლევა დენის მესამე რიგის ჰარმონიკების სამკუთხედის შიგნით ცირკულირების საშუალებას. დენის მესამე რიგის ჰარმონიკები საჭიროა გულარაში მაგნიტური ინდუქციის ნაკადისა და აღძრული ძაბვის სინუსოიდური ფორმის დამახინჯების თავიდან აცილების მიზნით. მესამე რიგის სინუსოიდურ დენებს ყველა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

დამამაგნიტებელი დენის შემადგენლობაში დენის მესამე რიგის ჰარმონიკების ნაკლებობამ შეიძლება მიგვიყვანოს აღძრული ძაბვის ფორმის მნიშვნელოვან დამახინჯებამდე იმ შემთხვევებში, თუ გულარას გააჩნია 5 დერო ან შესრულებულია ჯაგშნიან ვარიანტში. სამკუთხედად შეერთებული ტრანსფორმატორის გრაგნილი ასწორებს მოცემულ დარღვევას, რადგანაც სამკუთხედად შეერთებული გრაგნილი უზრუნველყოფს ჰარმონიული დენების მიღევას.

გამანაწილებელი ტრანსფორმატორების მაღალი ძაბვის მხარეზე გრაგნილების სამკუთხედად შეერთების დროს ნომინალური სიმძლავრის მისაღწევად საჭიროა დენი შეიძლება აღმოჩნდეს ძალიან მცირე სიდიდის, ხოლო გრაგნილისათვის საჭირო სადენის კვეთი მეტად მოუხერხებელია ქარხნული დამზადებისათვის. ამგვარ შემთხვევებში მაღალი ძაბვის გრაგნილი შეერთებული უნდა იქნეს ვარსკვლავად, ხოლო მეორეული გრაგნილი – ზოგჯერ სხვაგვარად. ნულოვანი თანმიმდევრობის დენები, რომლებიც ცირკულირებენ ზოგჯერ სხვაგვარი შეერთების ორ განშტოებაში, ერთმანეთს აბალანსირებენ, დაბალი მხარის ნულოვანი თანმიმდევრობის სრული წინააღობა ძირითადად განისაზღვრება გრაგნილის ორ განშტოებას შორის არსებული მაგნიტური ველის ფანტვის ნაკადით და წარმოადგენს ძალიან მცირე სიდიდეს.

სტანდარტებით დადგენილია გრაგნილების, მათი ერთმანეთთან შეერთების სქემებისა და ასოითი აღნიშვნების პირობითი გრაფიკული გამოსახულებანი. მაღალი ძაბვის ფაზური გრაგნილების საწყისები აღნიშნებიან დიდი ლათინური ასოებით: , ჩ; ხოლო ბოლოები – X, , ძ ასოებით. ფაზების თანმიმდევრობა , ჩ მიღებულია აითვალოს მარცხნიდან მარჯვნივ, თუ ტრანსფორმატორს შევხვდებით მაღალი ძაბვის გამომყვანების

მზრიდან. დაბალი ძაბვის გრაგნილების საწყისები აღნიშნებიან პატარა ლათინური ასოებით – ა, ბ, ც; ხოლო მათი ბოლოები – ხ, ყ, ზ-ით. სამგრანდიანი ტრანსფორმატორებისათვის საშუალო ძაბვის გრაგნილის საწყისები აღნიშნებიან ასოებით „, „, ჩ„ ხოლო ბოლოები – X„ „, ძ„ ასოებით. ნახ.3.7-ზე მოცემულია გრაგნილების პირობითი გრაფიკული და ასოითი აღნიშვნები.



ნახ.3.7 გრაგნილების პირობითი გრაფიკული და ასოითი აღნიშვნები:

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

გრაგნილების შეერთების ჯგუფები. ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების ჯგუფები განისაზღვრება მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ერთსახელა ხაზურ (მაგალითად, — და —ა ან — და —ა) ემპებს შორის არსებული ფაზათა ძვრით.

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

ჯგუფების (შესაბამისად ძვრის კუთხის) აღნიშვნისათვის ტრადიციულად გამოიყენება საათის ციფერბლატის მაგალითი. რადგანაც ძვრის კუთხე იცვლება 0°-დან 360°-მდე და ძვრის ჯერადობა შეადგენს 30°, 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 შესაბამება ტრანსფორმატორის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ერთსახელა ხაზური ემპების 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 – ვარსკვლავად ან სამკუთხედად.

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

მაღალი ძაბვის გრაგნილის ნაზური ემპ-ის ვექტორს შეუთავსებენ საათის წუთების ისარს და დააყენებენ უძრავად ციფრ 12 (0)-ზე. დაბალი ძაბვის გრაგნილის ნაზური ძაბვის ვექტორს შეუთავსებენ საათის ისარს და დააყენებენ საათის ციფერბლატის იმ ციფრზე, რომელიც განსაზღვრავს შეერთების ჯგუფს. ამასთანავე ისრებს შორის კუთხე ტოლია ერთსახელა ნაზურ ემპ-ებს შორის არსებული ძვრის კუთხის.

სახელმწიფო სტანდარტი ითვალისწინებს სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორების დამზადებას, რომელთა გრაგნილების შეერთების სქემები და ჯგუფებია: / -0; /Δ -11; /Δ -11; /ძ -11; Δ/ -11; Δ/Δ - 0.

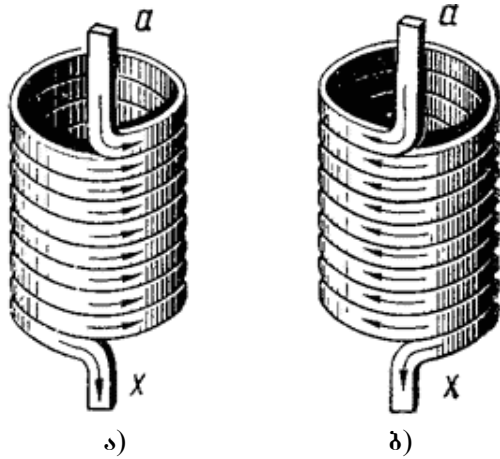
პირველი აღნიშვნა შეესაბამება მაღალი ძაბვის, ხოლო მეორე – დაბალი ძაბვის გრაგნილს.

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

3.5. ვექტორული დიაგრამების პრაქტიკული სისტემა

შეერთების სქემებისა და ჯგუფების პრაქტიკული მნიშვნელობა ძალიან დიდია. ორი ან სამი ტრანსფორმატორის პარალელური მუშაობის ერთერთი ძირითადი პირობაა, რომ ყველა ისინი მიეკუთვნებოდნენ გრაგნილების შეერთების ერთსა და იმავე ჯგუფს.

გრაგნილების შეერთების ჯგუფების თეორიაში გამოყენებული ვექტორული აღნიშვნის პრაქტიკული სისტემა მოითხოვს გრაგნილების დაზვევის მიმართულების ცოდნას. არსებობს გრაგნილების დაზვევის ორი მიმართულება – მარცხენა და მარჯვენა. ამ მიმართულებების განსხვავებისათვის საჭიროა შეთანხმება, თუ რა ითვლება გრაგნილების საწყისად. გრაგნილების მთელი რიგი ტიპებისათვის, მაგალითად, ცილინდრული და ხრახნულისათვის ითვლება, რომ გრაგნილის საწყისი მდებარეობს იქ, სადაც მეგრავნილე აწყობს პირველ ხეივანს.



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

თუ ნებისმიერი ტიპის კოჭას (გრაგნილს) დახვედავთ ზემოდან საწყისის მხრიდან და თუ ამ დროს გამტარების დახვევის მიმართულება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულების საწინააღმდეგოა, მაშინ ითვლება, რომ კოჭა მარცხენა დახვევისაა (ნახ.3.8.ა). თუ გამტარების დახვევის მიმართულება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულების თანხვედნილია, მაშინ კოჭა მარჯვენა დახვევისაა.

თუ ნებისმიერი ტიპის კოჭაზე დახვევის მიმართულების შეუცვლელად კვებას მივიყვანთ არა საწყისზე, არამედ ბოლოზე, მაშინ ჩინჩის ღეროს დამაგნიტება მონდება უკუმიმართულებით, ვიდრე მაშინ, როცა კვება მიეწოდება კოჭის საწყისს. აქედან გამომდინარე, საწყისისა და ბოლოს მარკირების შეცვლა იდენტურია დახვევის მიმართულების საპირისპიროდ შეცვლისა. თუ კოჭას ჩამოვაცმევთ ღეროზე ისეთნაირად, რომ კოჭის საწყისი

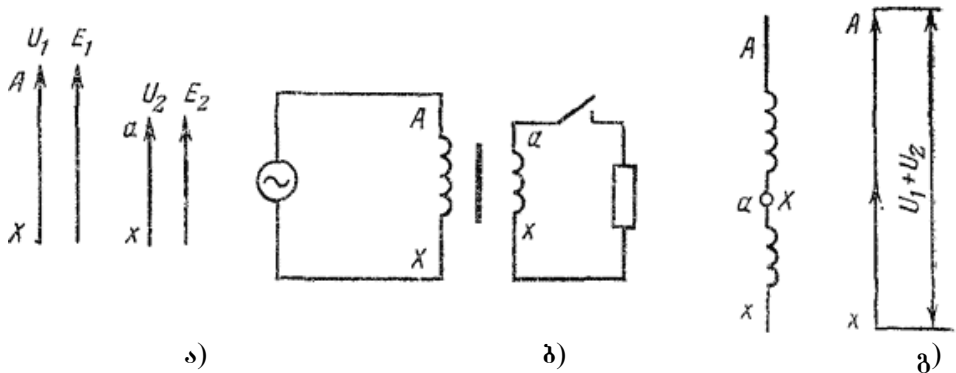
ადმოჩნდება ქვევით, ხოლო ბოლო X – ზევით და ახლა კვებას მივიყვანთ კოჭის ზედა გამომყვანთან, ანუ ჩავთვლით, რომ X არის საწყისი, მაშინ ღეროს დამაგნიტების მიმართულება დარჩება უცვლელი. ამგვარად, კოჭის გადაბრუნება და იმაგდროულად მისი ბოლოების მარკირების შეცვლა არ ცვლის კოჭის დახვევის მიმართულებას.

ექსპტორული აღნიშვნების პრაქტიკული სისტემა გამომდინარეობს იქედან, რომ ცნობილი უნდა იყოს ორივე გრაგნილის დახვევის მიმართულება ერთნაირია თუ სხვადასხვაა. აღნიშვნების თეორიული სისტემებისაგან განსხვავებით, პრაქტიკულ სისტემებში ითვლება, რომ პირველადი 1 და

მეორეული 2 ძაბვებისა და აღძრული 1 და 2 ემძ-ების ვექტორებს აქვთ 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 დაწვებული X და შესაბამისად x ბოლოდან და a საწყისებისაკენ (ნახ.3.9.ბ).

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

ერთფაზა ტრანსფორმატორებისათვის ვექტორული აღნიშვნების პრაქტიკულ სისტემას მივყავართ დასკვნამდე, რომელიც შეიძლება ადვილად შემოწმდეს პრაქტიკაში. თუ გრაგნილებს გააჩნიათ ძაბვები 1 და 2 და ამასთანავე ორივე გრაგნილი ერთნაირად არის დახვეული, მაშინ ვექტორები 1 და 2 უნდა იყოს პარალელური და ერთნაირად მიმართული (ნახ.3.9.ა). ორივე გრაგნილის წრედში შემოვლა უნდა ვაწარმოთ X და შესაბამისად x ბოლოებიდან (ნახ.3.9.ბ) ამ შემთხვევაში მიღებულია, რომ ვექტორული დიაგრამა აგებულია დროის იმ მომენტისათვის, როცა და a წერტილებს აქვთ უფრო მაღალი პოტენციალი, ვიდრე X და x წერტილებს. ცნადა, რომ თუ გრაგნილები დახვეული იქნება სხვადასხვაგვარად, მაშინ ასეთი შეკრება მოგვცემს 1 და 2 ძაბვების სხვაობას.

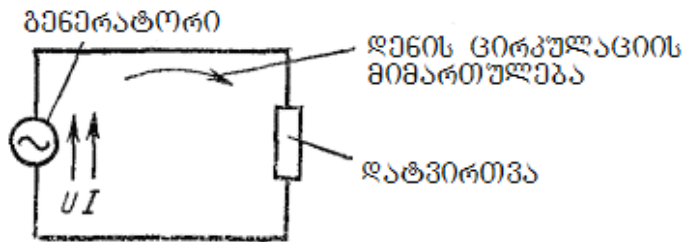


ნახ.3.9. ვექტორული აღნიშვნების პრაქტიკული სისტემა: ა – მაღალი და დაბალი ძაბვების ვექტორები; ბ – ერთფაზა ტრანსფორმატორის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების სქემები; გ – ერთნაირად დახვეული გრაგნილების ძაბვების შეკრება

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

ამგვარად, ვექტორული აღნიშვნების პრაქტიკული სისტემა მოითხოვს არა მხოლოდ დროითი (ამპლიტუდა და ფაზა), არამედ სივრცითი სიდიდეების დაზუსტებასა და ძაბვისა და დენის ვექტორების აღნიშვნებს შორის კავშირს. ძაბვის ვექტორისათვის საჭიროა დაგადგინოთ, რომელ მახასიათებელ წერტილს, გრაგნილის საწყისსა თუ ბოლოს დროის პირობითად მოცემულ მომენტში აქვს უფრო მაღალი პოტენციალი და შესაბამისად ავირჩიოთ ძაბვის ვექტორის მიმართულება. დენისათვის საჭიროა დაგადგინოთ ელემენტარულ კონტურში 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 მიმართული ვექტორებით, თუ ორივე გრაგნილს აქვს დახვევის ერთი და იგივე მიმართულება და მხედველობაში არ მიიღება დამამაგნიტებელი დენები. დენების ეს მიმართულება შეესაბამება ლენცის კანონს.



ნახ.3.10. კონტურის კანონიკური ფორმა

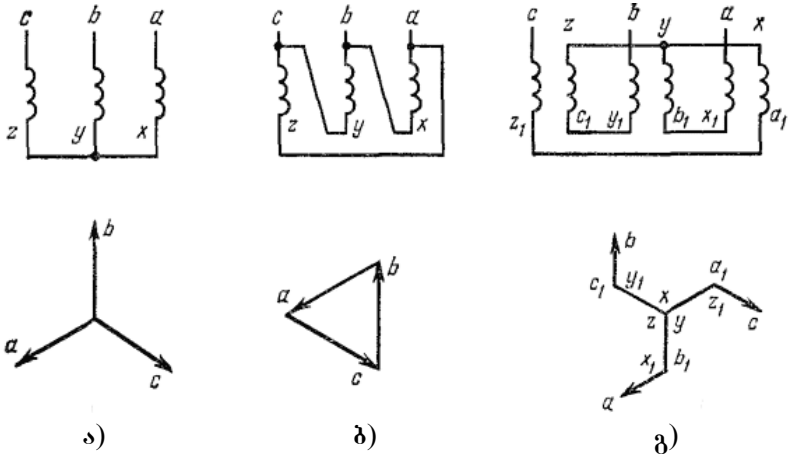
ტრანსფორმატორებისათვის, ისევე, როგორც ყველა ინდუქციურად დაკავშირებული წრედისათვის საჭიროა კიდევ ერთი სივრცითი ნიშანი – მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების დახვევის მიმართულებები.

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 ნახ.3.11-ზე. ზოგჯერ სქემისათვის შტოებს შორის არსებული შეერთებების მეტი თვალსაჩინოებისათვის შემოტანილია ცალკეული შტოების საშუალებით მომჭერების აღნიშვნები: $a_1-x_1, b_1-y_1, c_1-z_1$ (ნახ.3.11გ).

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

გ. სსგადასსგა მიმართულებით დასვეული კოჭების რკალები აღინიშნებიან სსგადასსგა მსარეს მიმართული რკალების სისტემით. ამ შემთხვევაში შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ მაღალი ძაბვის გრაგნილს აქვს მარჯვენა დასვევა, თუ მას დავაკვირდებით ზემოდან მომჭერიდან. დაბალი ძაბვის გრაგნილს აქვს მარცხენა დასვევა, თუ მას დავაკვირდებით ა მომჭერიდან. მოხერხებულობისათვის გრაგნილების საწყისებს განალაგებენ ზემოთ და სსგადასსგა სასკელიანი გრაგნილების მისაღებად ერთ გრაგნილს დაასვევენ მარჯვენა, ხოლო მეორეს მარცხენა მიმართულებით. ზოგზაგურ სქემაში უფრო მოსახერხებელია ორივე გრაგნილი დასვეული 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 ვექტორული დიაგრამები: ა – ვარსკვლავა შეერთება; ბ – სამკუთხა შეერთება; გ – ზოგზაგური შეერთება

ყველა სქემაში რეკომენდირებულია, რომ ფაზათა თანმიმდევრობა დაინახოს ისე, რასაც სინამდვილეში ადგილი აქვს მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილებისათვის, თუ მათ დავაკვირდებით ამ გრაგნილების განშტოებების მხრიდან. ამის გათვალისწინებით მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ფაზათა თანმიმდევრობა უნდა იყოს ისეთი, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ.3.11.გ-ზე. ეს პირობა მნიშვნელოვნად აადვილებს მონტაჟის დროს სქემის აწყობის სისწორეს.

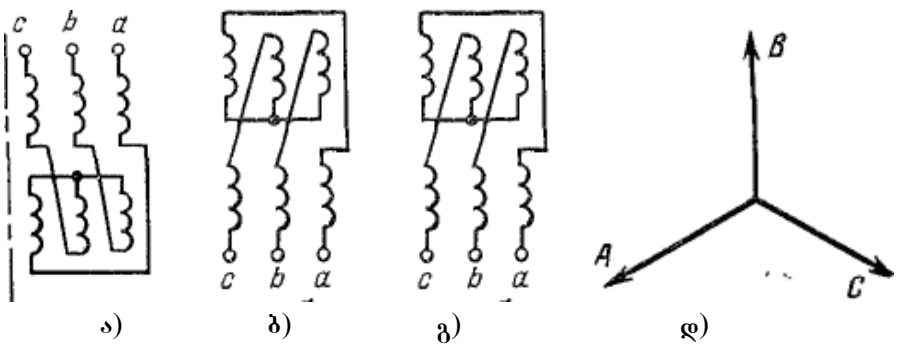
ეს პირობითობა შემოღებულია იმიტომ, რომ ცნობილია შეერთების სქემების შესრულებისას შეცდომების დიდი რაოდენობა. იმის გამო, რომ

თეორიულ სქემებში მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების ფაზათა თანმიმდევრობა ერთნაირად იყო მიღებული, მაშინ როცა დაბალი ძაბვის მხარეს ფაზათა თანმიმდევრობა სულ სხვაა, თუ დაბალი ძაბვის გრაგნილს შექმნედავთ მისი განშტოებების მხრიდან.

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

ზოგჯერ შეერთების სქემა (ნახ.3.11.გ) შესრულებულია სამონტაჟო სქემის შესაბამისად, როცა ზოგჯერ ორივე შტოს ან₁ და ხ₁ და ა.შ. აქვთ დახვევის ერთნაირი მიმართულება და განლაგებულია დეროს მთელ სიგრძეზე. ეს სქემა ყველაზე მეტად წააგავს ზოგჯერ შეერთების ფაქტური შესრულების სქემას.

ყველაზე ხშირად გამოყენებულ ზოგჯერ სქემებში ცალკეული შტოები განლაგებულია ერთმანეთის ქვეშ დეროს მთელ სიმაღლეზე (ნახ.3.12), რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს დაბნელობამდე და გრაგნილის ზოგჯერ სქემა პრაქტიკულად სწორად ვერ შევასრულოდ. ზოგჯერ შტოების განლაგება ორი კოჭის სახით დეროს ნახევარ სიმაღლეზე არ გამოიყენება, რადგან ამ დროს მნიშვნელოვნად იზრდება ფანტვის ნაკადი და დამატებითი დანაკარგები.



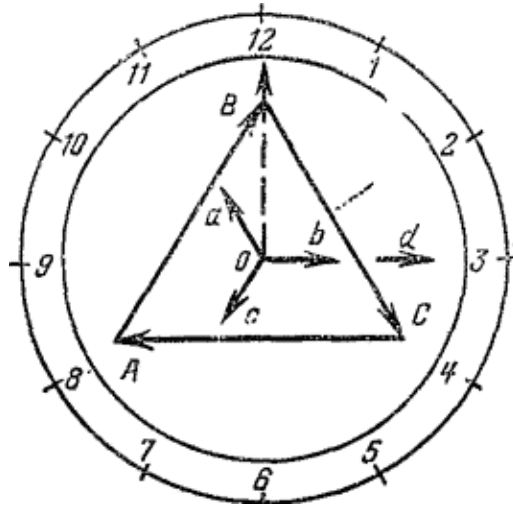
ნახ.3.12. დაბალი ძაბვის ზოგჯერ შეერთების სქემის ვარიანტები
3.6. საბათური აღნიშვნა

გრაგნილების შეერთების სქემებიდან გამომდინარე დაბალი და მაღალი ძაბვის ვექტორების სისტემა შეიძლება დაძრულნი იყვნენ ერთმანეთის მიმართ.

ნახ.3.13-ზე მოცემულია სამკუთხედი ვარსკვლავზე შეერთების სქემის ვექტორული დიაგრამა. მაღალი ძაბვის გრაგნილების სამკუთხა სქემის

შეაბამისი ფაზური ძაბვის ვექტორი გავლებულია სისტემის „სიმძიმის ცენტრიდან“, შეთავსებულია საათის წუთების ისართან და დაყენებულია.

დაბალი ძაბვის ობ ვექტორი მაღალი ძაბვის ერთსახელა 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 წიგწაგი ვექტორული აღნიშვნების ერთი სისტემის (ა,ბ,ც) მობრუნების კუთხე მეთრე სისტემის (, ზ) მიმართ ყოველთვის 30° -ის ჯერადია. იმავედროულად საათის ისარი დ, რომელიც გავლებულია ვექტორების სისტემის „სიმძიმის ცენტრიდან“ დაბალი ძაბვის ერთსახელა ვექტორის (მოცემულ შემთხვევაში ობ ვექტორის) წვეროს გავლით, გვიჩვენებს შეერთების ჯგუფის საათურ აღნიშვნას. ნახ. 3.14-ის თანახმად შეერთების ჯგუფი შეიძლება ჩაითვალოს 3 სთ-ის ტოლად. ე.ი. ამ შემთხვევაში ჩვენ გვაქვს შეერთების ჯგუფი / -3. როგორც საათის ციფერბლატიდან ჩანს და ობ ძაბვის ვექტორებს შორის კუთხე 90° -ია. დანარჩენი ვექტორების წვეროებიც და ა, ჩ და ც ერთმანეთის მიმართ დაძრულნი იქნებიან 90° -ით იმავე მხარეზე, როგორც და ბ ფაზების ვექტორების წვეროები.

ნახ.3.13-ზე მაღალი ძაბვის გრაგნილისათვის არჩეულია სამკუთხეა შეერთება. ერთი სისტემის ვექტორების მეთრის მიმართ წანაცვლების საჩვენებლად აღებულია მაღალი ძაბვის სამკუთხედად შეერთებული სქემის

არა ნაზური ძაბვის AB ვექტორი, არამედ ამ შეერთების შესაბამისი ფაზური ძაბვის OB ვექტორი.

ტრანსფორმატორის გრაგნილები შეიძლება დასვეული იყვნენ ერთნაირად ან სხვადასხვაგვარად. ამიტომ ერთფაზა ტრანსფორმატორებს შეიძლება ჰქონდეთ შეერთების ორი ჯგუფი. პირველ შემთხვევაში ერთი მიმართულებით დასვეული გრაგნილებისათვის ითვლება, რომ გრაგნილების შეერთების ჯგუფია 0 და აღინიშნება 1/1 – 0-ით, ხოლო სხვადასხვა დასველების შემთხვევაში შეერთების ჯგუფია 6 და აღინიშნება 1/1 – 6-ით. საათური აღნიშვნა (0 და 6) ამ შემთხვევაშიც განისაზღვრება სამფაზა სქემების ანალოგურად.

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

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

გრანდების შეერთების ჯგუფები		ტანდემის დიაგრამა		პირობ. აღნიშვნა
მძ	დძ	მძ	დძ	
				y/y_n-0
				$y/A-11$
				$y_n/A-11$
				y/Z_n-11
				A/y_n-11
				$A/A-0$

ნახ.3.14. სამფაზა ტრანსფორმატორის გრანდების შეერთების ჯგუფები და მათი ვექტორული დიაგრამები. 1, 4, 5 შემთხვევებში გრანდების დახვევა ერთნაირია, ხოლო 2, 3, 6 შემთხვევებში – სხვადასხვაა. ისრებით ნაჩვენებია გრანდების ემპების მიმართულება

3.7. ტრანსფორმატორის მუშაობის რეჟიმები და მარგი ქმედების კოეფიციენტი

ანსებობს ტრანსფორმატორის მუშაობის სამი რეჟიმი: უქმი სვლის, დატვირთვისა და მოკლედშერთვის 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 რეჟიმიცაა;

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 სიმძლავრეა, 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 მომჭყრეები ჩართულია ქსელის ერთსახელა სადენებთან (სალტკებთან).

ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობა მონერნებული და ეკონომიურია. შეიძლება დავაყენოთ ერთი დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორი, რომლის სიმძლავრე საკმარისი იქნება ნებისმიერი შესაძლო დატვირთვისათვის, მაგრამ 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 წარმოადგენს სიმძლავრის უსარგებლო დანაკარგებს მაგნიტოგამტარში. მომხმარებელი შეიძლება შეეგუოს ამ დანაკარგებს ტრანსფორმატორის სრული დატვირთვის დროს. მაგრამ ნაწილობრივი დატვირთვის დროს, 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 ტრანსფორმატორებით. ტრანსფორმატორებს რთავენ პარალელურად. პარალელურად მუშაობის დროს მათი მაღალი ძაბვის გრაგნილები მიერთებულია საერთო მკვებაჟ ქსელთან, ხოლო დაბალი ძაბვის გრაგნილები – ელექტროენერჯის მიმღებების ელექტრომომარაგების საერთო ქსელთან, მაგრამ დროის ყოველ მომენტში ძაბვის ქვეშ იმყოფება ტრანსფორმატორების მინიმალური საჭირო რაოდენობა. თუ დატვირთვა იზრდება, მაშინ დამატებით ჩართავენ ახალ ტრანსფორმატორებს, ხოლო როცა დატვირთვა მცირდება, მაშინ ტრანსფორმატორების ნაწილს გამორთავენ. ამგვარად, მომუშავე ტრანსფორმატორების რიცხვი ყოველთვის შეესაბამება დატვირთვას.

რადგანაც ერთი ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დანაკარგები ყოველთვის ნაკლებია ვიდრე ყველა ტრანსფორმატორის ჯამური უქმი სვლის დანაკარგები, ამიტომ მათი პარალელურად მუშაობის უპირატესობა ცნადია.

უმეტეს შემთხვევაში ფოლადში დანაკარგების ეკონომია მოკლე დროში გამოისყიდის ტრანსფორმატორების შესაძენად დახარჯულ თანხებს და ამასთანავე თავიდან იქნება აცილებული ერთი ტრანსფორმატორის გადატვირთვა და სხვა ტრანსფორმატორების დაუტვირთაობა.

იმისათვის, რომ თავიდან იქნეს აცილებული შეცდომები პარალელური ჩართვის დროს თითოეული ტრანსფორმატორისათვის სიმძლავრისა და მაღალი მხარის ძაბვის მიხედვით სტანდარტებით დადგენილია მოკლედ

შერთვის დაბვის განსაზღვრული მნიშვნელობა. მაგალითად, 10 კგ დაბვისა და 400 კგა სიმძლავრისა ტრანსფორმატორებისათვის მოკლედ შერთვის დაბვა $\delta = 4,5\%$; იგივე სიმძლავრისა და 35 კგ დაბვის დროს $\delta = 6,5\%$; 2500 კგა სიმძლავრისა და 10 კგ დაბვის დროს $\delta = 5,5\%$; ხოლო 35 კგ დაბვის დროს $\delta = 6,5\%$;

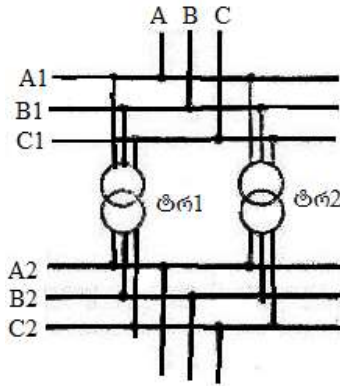
პრაქტიკული შესრულების დროს სტანდარტით დაშვებული პარალელურად ჩაირთოს ტრანსფორმატორები, რომელთა მოკლედ შერთვის დაბვები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან არაუმეტეს 10%.

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

პარალელური მუშაობის დროს ტრანსფორმატორების უკეთ გამოყენების მიზნით საჭიროა დატვირთვები მათ შორის განაწილებული იქნეს სიმძლავრეთა პირდაპირპროპორციულად. ეს მიიღწევა გრაგნილების ერთნაირი შეერთების ჯგუფებით, ნომინალური პირველადი და მეორეული დაბვებისა და მოკლედ შერთვის დაბვების ტოლობით.

პირველი პირობის დარღვევა იწვევს ტრანსფორმატორის გრაგნილებს შორის დიდ გამათანაბრებელ დენებს, რომლებსაც მიყვავართ მათ ზედმეტ გადახურებამდე. ნომინალური პირველადი და მეორეული დაბვების ტოლობას მიყვავართ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების ტოლობამდე, რომლებიც, დიდი სიდიდის გამათანაბრებელი დენების თავიდან აცილების მიზნით, ერთმანეთისაგან არ უნდა განსხვავდებოდნენ მათი საშუალო მნიშვნელობის 5%-ზე მეტად.

ნახ.3.15-ზე მოცემულია სამფაზა ტრანსფორმატორების პარალელურად მუშაობაში ჩართვის სქემა.



ნახ.3.15. სამფაზა ტრანსფორმატორების პარალელურად მუშაობაში ჩართვის სქემა

ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობის დროს მათ მოკლედ შერთვის დაბეჭდვის საშუალო მნიშვნელობებს შორის განსწვავება დასაშვებია 10%, რადგანაც ამ სიდიდეებს შორის განსწვავება იწვევს იმ ტრანსფორმატორის გადატვირთვას, რომლის მოკლედ შერთვის დაბეჭდვის მნიშვნელობა ნაკლებია, გარდა ამისა რეკომენდირებულია პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორის სიმძლავრეებს შორის შეფარდება არ აღემატებოდეს 3:1-ს.

პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორების U_1 და U_2 დატვირთვების განაწილება ექვემდებარება განტოლებას

$$U_1/U_2 = (U_{1\text{ნომ}}/U_{2\text{ნომ}})X(\alpha_2/\alpha_1)$$

სადაც $U_{1\text{ნომ}}$ და $U_{2\text{ნომ}}$ – პარალელურად ჩართული ტრანსფორმატორების ნომინალური სიმძლავრეებია, ხოლო α_1 და α_2 – მათი მოკლედ შერთვის დაბეჭედი, გამოსახული პროცენტებში.

სწავდასწვა მოკლედ შერთვის დაბეჭდის მქონე პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორებს შორის დატვირთვის რამდენადმე გადაწვინება ხდება მათი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების ცვლილებით, პირველადი გრაგნილის განშტოებების გადართვის გზით. გადართვები უნდა ვაწარმოთ ისეთნაირად, რომ დაუტვირთავი ტრანსფორმატორების მეორეული დაბეჭედი უქმი სვლის დროს იყოს მეტი, ვიდრე გადატვირთვით მომუშავე ტრანსფორმატორებისა. გამონაკლისის სახით დასაშვებია სწავდასწვა ტრანსფორმაციის კოეფიციენტებისა და მოკლედ შერთვის დაბეჭდვის მქონე ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობა მხოლოდ იმ პირობით, რომ არც ერთი ტრანსფორმატორი არ იყოს გადატვირთული დასაშვები ნორმის ზევით.

სამფაზა ტრანსფორმატორების პარალელური ჩართვის დროს საჭიროა მათი ერთსახელა მომჭერები ჩართული იყოს ქსელის ერთსა და იმავე სადენთან. ტრანსფორმატორების ჩართვის წინ უნდა მოხდეს მათი ფაზირება.

3.9. მოთხოვნები თანამედროვე ძალოვანი ტრანსფორმატორების მიმართ

იმ ტრანსფორმატორებს, რომლებიც წარმოადგენენ ელექტრულ ქსელებსა და სისტემებში ელექტროენერჯის გადაცემის ელემენტებს, წაეყენებათ ძალიან მაღალი მოთხოვნები საიმედობის, საკმარისი დატვირთვისა და გადატვირთვის უნარიანობის ნაწილსა და მუშაობის ხანგრძლივობაში. არანაკლებ მნიშვნელოვანი მოთხოვნაა ტრანსფორმატორის წარმოების, ექსპლუატაციისა და რემონტის გააფუბა მასალებისა და შრომითი დანახარჯების შემცირების ხარჯზე.

თანამედროვე ტრანსფორმატორების მშენებლობა უწყვეტად იხვეწება. გამოიყენება უფრო მაღალი ხარისხის მასალები, რაც იძლევა საშუალებას შემცირდეს ტრანსფორმატორისა და მისი ცალკეული ნაწილების მასა სიმძლავრისა და საიმედობის შემცირების გარეშე. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ სატრანსფორმატორო ფოლადი. დღეისათვის ცივად ნაგლანი ფოლადისაგან დამზადებული მაგნიტოგამტარი შეიძლება აღვაჯნოთ უფრო ძლიერად, ვიდრე ადრე გამოყენებული ცხლად ნაგლანი ფოლადისაგან დამზადებული. ამიტომ ერთი და იგივე სიმძლავრის ტრანსფორმატორის მასა ცივად ნაგლანი მაგნიტოგამტარის შემთხვევაში უფრო მცირეა, ვიდრე ცხლად ნაგლანისას.

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

თანამედროვე პირობებში გრაგნილები მზადდება ალუმინისაგან, რომელიც სპილენძზე უფრო იაფია და ნაკლებად დეფოციტური.

უფრო სასარგებლოდ გამოიყენება ტრანსფორმატორის აგზი, რაც ამცირებს ზეთის მასას.

ტრანსფორმატორების წარმოება ნაკადური მეთოდით მნიშვნელოვნად ამცირებს შრომით დანახარჯებს.

იაფი ექსპლუატაცია და საიმედობა – ეს არის ძირითადი მოთხოვნები, რომელიც წაეყენება I და II ვაბარიტების ტრანსფორმატორებს, რომლებიც

მუშაობენ საქალაქო და სასოფლო გამანაწილებელ ქსელებში. ისინი დადგმულია ერთ ან ორტრანსფორმატორიან ქვესადგურებში და ტერიტორიულად ძალიან გაბნეულია. უშუალო მომსახურე პერსონალი მათ არ ჰყავთ, დაკვირვება ხორციელდება პერიოდულად. როგორც წესი, ასეთ ქვესადგურებში სარეზერვო ტრანსფორმატორები არ არის. ამიტომ თითოეული გამორთვა იწვევს ელექტრომომარაგების შეწყვეტას მნიშვნელოვან ტერიტორიაზე.

სწავდასწავა ატმოსფერულმა მოვლენებმა გავლენა არ უნდა იქონიონ ტრანსფორმატორის მუშაობაზე. ძაბვების რხევებმა, ასევე არასიმეტრიული მუშაობის რეჟიმებმა, რომლებიც განპირობებულია ძირითადად ერთფაზა მომხმარებლებით არ უნდა დაარღვიონ ტრანსფორმატორის ელექტროდინამიური მდგრადობა.

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

ასეთი სამუშაოების შემდეგ, როგორც წესი, უნდა მოხდეს ტრანსფორმატორის დაწვრილებითი დათვალიერება, ზეთის გაჟონვის გამოვლენა და აღმოფხვრა, საჭიროების შემთხვევაში სორბენტის შეცვლა, თერმომეტრის სკალის, ზეთის 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, დიდად უქმი სვლის დანაკარგები ანუ დანაკარგებს ფოლადში მოაქვთ დიდი ეკონომიური ზარალი და ამცირებენ ქსელში ელექტროენერჯის ხარისხს.

3.10. ტრანსფორმატორის გადაძაბვები

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

ხანმოკლე გადაძაბვები წარმოადგენენ სამრეწველო სისძირის ძაბვებს ფარდობითი ხანგრძლივობით, რომელიც ირხევა 1 წამზე ნაკლებიდან რამდენიმე საათის საზღვრებში.

გარდამავალი გადაძაბვები ეს არის ხანმოკლე გადაძაბვები რამდენიმე ნანოწამიდან რამდენიმე მილიწამამდე საზღვრებში. გარდამავალი გადაძაბვები შეიძლება იყოს რხევითი და არარხევითი. ჩვეულებრივ მათ აქვთ ცალმხრივი მიმართულების მოქმედება.

ტრანსფორმატორზე შეიძლება ერთდროულად იყოს ხანმოკლე და გარდამავალი გადაძაბვების კომბინაცია.

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

ატმოსფერული ზემოქმედებით გამოწვეული გადაძაბვები ყველაზე ხშირად აღიძვრება ტრანსფორმატორზე მიერთებული მაღალი ძაბვის გადაცემის საზღვის ახლოს ატმოსფერული განმუნტვისას. ამასთანავე ზოგჯერ ატმოსფერულ განმუნტვის იმპულსს შეუძლია დააზიანოს ტრანსფორმატორი ან გადაცემის საზი. ძაბვის პიკური სიდიდე დამოკიდებულია ჭექა-ქუხილის დენის იმპულსზე, რომელიც წარმოადგენს სტატისტიკურ ცვლადს. რეგისტრირებულია 100 კა-ზე მეტი ჭექა-ქუხილის დენი. მაღალი ძაბვის გადაცემის საზღვრებზე ჩატარებული გაზომვების შედეგების მისედევით შემთხვევების 50%-ში ჭექა-ქუხილის იმპულსის პიკური დენის სიდიდე 10_20 კა ფარგლებშია. ზემოქმედების წერტილსა და ტრანსფორმატორის შორის დაშორება გავლენას ახდენს ტრანსფორმატორის დამაზიანებელი იმპულსის ზრდის დროზე. რაც ნაკლებია ეს დაშორება, მით ნაკლებია ეს დრო.

ტრანსფორმატორის ძალური სისტემის შიგნით წარმოშობილი გადაძაბვები მოიცავს როგორც ხანმოკლე, ასევე გარდამავალ გადაძაბვებს, რომლებიც აღიძვრებიან ექსპლუატაციისა პირობების ცვლილების შედეგად. ცვლილება შეიძლება გამოწვეული იყოს კომუტაციის პროცესის დარღვევით. დროებითი გადაძაბვები შეიძლება გამოწვეული იყოს მიწასთან მოკლედ შეერთვით, დატვირთვის დაგარდნით ან დაბალისწიერული რეზონანსის ფენომენით.

გარდამავალი გადაძაბვები აღიძვრებიან 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 ნომინალურის 6-7-ჯერ მეტ სიდიდეს.

3.11. ტრანსფორმატორის ძაბვის რეგულირება

დატვირთვის მისევეთ იცვლება ელექტრული ქსელის ძაბვა. ელექტრომიძებების ნორმალური მუშაობისათვის საჭიროა, რომ ძაბვა დასაშვებზე მეტად არ გადაინაროს სტანდარტული მნიშვნელობიდან, რის გამოც გამოიყენება ქსელში ძაბვის რეგულირების სხვადასხვა სერვისები. ქვესადგურის სალტებზე ძაბვის რეგულირების ერთერთი ყველაზე უფრო გავრცელებული სერვისია ტრანსფორმატორის განშტოებების გადართვა. ამ მიზნით ტრანსფორმატორის გრაგნილებზე გათვალისწინებულია სარეგულირებელი განშტოებები და მათი სპეციალური გადამრთველები, რომელთა დახმარებითაც იცვლება მუშაობაში ჩართული სვიათა რიცხვი, რითაც იზრდება ან მცირდება ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

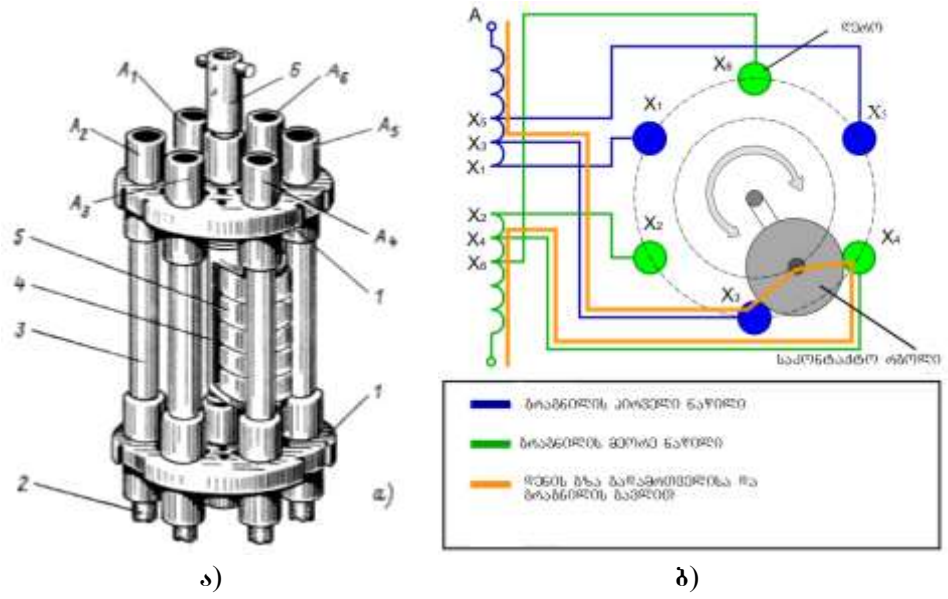
$$m-d = m/d = \frac{m}{d}$$

სადაც $\frac{m}{d}$ და $\frac{m}{d}$ შესაბამისად მუშაობაში ჩართული მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების სვიათა რიცხვებია.

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

სვიათა სექციების გადართვას აწარმოებენ ქსელიდან გამორთულ ტრანსფორმატორზე ავზების გარეშე გადამრთველი მოწყობილობით ან მუშაობაში მყოფ ტრანსფორმატორზე უშუალოდ დატვირთვის ქვეშ გადამრთველი მოწყობილობით. დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებს ავზების გარეშე გადამრთველი მოწყობილობის შემთხვევაში გააჩნიათ ხუთი განშტოება, ნომინალურთან შედარებით, ძაბვის ოთხი საფეხურის მისაღებად (5% ე). ტრანსფორმატორის ძაბვის კლასიდან, მისი შესრულებიდან და

რეგულირების საფეხურების რიცხვიდან გამომდინარე გამოიყენება სხვადასხვა კონსტრუქციის განშტოებების გადამრთველები. ისინი შეიძლება იყოს სამფაზა და ერთფაზა. ნახ. 3.16.ა-ზე მოცემულია დოლური ტიპის ერთფაზა გადამრთველი. ერთფაზა გადამრთველი ყენდება 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 ჩაკეტავენ უძრავი კონტაქტების სხვადასხვა წყვილებს. საკონტაქტო რგოლი გადაადგილდება მუხლა ლილვით 4, რომლის ღერძი მაიწოლირებელი შტანგის 6 დახმარებით შეერთებულია ტრანსფორმატორის სახურავზე მთავსებულ ამძრავთან. გადამრთველი დამონტაჟებულია იზოლირებულ საფუძველზე 1.



ნახ.3.16. დოლური ტიპის განშტოებების გადამრთველი (ა) და განშტოებების გადართვის სქემა (ბ), რომლის დროსაც X_3 და X_4 ღეროები შეერთებულია საკონტაქტო რგოლით

განშტოებები ყველაზე ხშირად სრულდება იმ მხარეზე, რომელიც ექსპლუატაციის პროცესში ექვემდებარება ძაბვის ცვლილებას. ჩვეულებრივ ეს არის მაღალი ძაბვის მხარე. მაღალი ძაბვის მხარეზე განშტოებების გაკეთებას აქვს ის უპირატესობა, რომ სვიათა დიდი რაოდენობის გამო მათი რაოდენობის 2,5 % და 5%-ის აღება შეიძლება ვაწარმოოთ დიდი

სიზუსტით. ვარდა ამისა, მაღალი ძაბვის მხარეზე დენის ძალა ნაკლებია და გადამრთველი უფრო კომპაქტური მიიღება.

გადართვა აგზნების გარეშე. გადართვის მოცემული ტიპი გამოიყენება სეზონური გადართვების დროს. იმის გამო, რომ იგი მოითხოვს ტრანსფორმატორის ქსელიდან გამორთვისა და მომხმარებელზე ელექტროენერჯის შეწყვეტას, ამიტომ შეუძლებელია მისი რეგულარულად შესრულება. აგზნების გარეშე გადამრთველი მოწყობილობა საშუალებას იძლევა ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი შეიცვალოს – 5%-დან +5%-მდე. მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებზე გადართვა ხორციელდება ორი განშტოების დახმარებით, ხოლო საშუალო და დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებზე ოთხი განშტოების დახმარებით, თითოეულზე 2,5%-ით.

გამორთული ტრანსფორმატორის გრაგნილების გადართვის დროს გადამრთველი მოწყობილობა უფრო მარტივი და იაფია. ამასთანავე გადართვა დაკავშირებულია მომხმარებლებისათვის ელექტროენერჯის შეწყვეტასთან და არ შეიძლება მისი ხშირად წარმოებამ. ამიტომ ეს ხერხი უმთავრესად გამოიყენება ქსელურ დამადაბლებელ ტრანსფორმატორებში მეთორეული ძაბვის კორექციისათვის დატვირთვის სეზონურ ცვლილებასთან დაკავშირებით.

აგზნების გარეშე ხვიათა რიცხვების გადამრთველები. ამ ტიპის გადამრთველებს აქვთ საკმაოდ მარტივი მოწყობილობა, რომელიც წარმოადგენს არჩეულ გადამრთველთან გრაგნილების ხვიათა რიცხვების შეერთებას. 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 დალქვა, რომელიც კიდევ უფრო ზრდის კონტაქტების წინააღობას და ამცირებს გაცეების ხარისხს. საბოლოოდ დგება უკონტროლო სიტუაცია და შესაძლებელია ტრანსფორმატორი გამორთვის გახურება დაცვამ ან მოხდეს მოკლედ შერთვა. ამის თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა მისი რეგულარული მომსახურება, კონტაქტების ზედაბრის გაწმენდა.

ძაბვის რეგულირება დატვირთვის ქვეშ. გადართვების ეს ტიპი გამოიყენება ოპერატიული გადართვებისათვის, რომელიც დაკავშირებულია დატვირთვის მუდმივ ცვალებადობასთან (მაგალითად დღისით და ღამით ქსელში დატვირთვა სხვადასხვაა). ტრანსფორმატორის ძაბვისა და სიმძლავრის მსხედვით დატვირთვის ქვეშ გადამრთველს ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი შეუძლია შეცვალოს 10%-დან 16%-მდე. ძაბვის რეგულირება ნორციელდება მადალი ძაბვის მხარეს, რადგანაც იქ დენის ძალა ნაკლებია და გადამრთველი მოწყობილობა იაფი და მარტივია. რეგულირება შეიძლება სწარმოებდეს როგორც ავტომატურად, ასევე ხელით ან მართვის სადისპეტჩერო პულტიდან.

დატვირთვის ქვეშ სვიათა რიცხვის გადამრთველი. დატვირთვის ქვეშ სვიათა რიცხვის გადამრთველი წარმოადგენს უჯრედს ან იზოლირებულ ცილინდრს კონტაქტების რიგით, რომელთანაც შეერთებულია სარეგულირებელი გრაგნილის სვიათა რიცხვის გადამრთველი. უჯრედის შიგნით სარეგულირებელი გრაგნილის განივად ბიჯურად გადაადგილდება ორი საკონტაქტო ბერკეტი. ორივე ბერკეტი ელექტრულად შეერთებულია კონტაქტორის შემყვან კლემებთან. ერთი ბერკეტი იმყოფება სვიათა რიცხვის აქტიური გადამრთველის მდგომარეობაში და ატარებს დატვირთვის დენს, ხოლო მეორე ბერკეტი ტვირთის ვარეშეა და თავისუფლად გადაადგილდება სვიათა რიცხვის მეორე გადამრთველისაკენ. გადამრთველი მოწყობილობის კონტაქტები არასდროს არ წყვეტენ ელექტრულ დენს და შეიძლება იმყოფებოდნენ ტრანსფორმატორის ზეთში. მოწყობილობას, რომელიც ამ გადართვებს ასრულებს, კონტაქტორი ეწოდება.

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

სვიათა რიცხვის გადამრთველის მართვის მოწყობილობა არ წარმოადგენს თვით სვიათა რიცხვის გადამრთველის ნაწილს. ის მიეკუთვნება სადგურის რელეურ სისტემას. პრინციპში სვიათა რიცხვის გადამრთველი მხოლოდ იღებს ბრძანებას: აამაღლოს თუ დაადაბლოს ძაბვა. ამასთანავე ერთი და იგივე სადგურის შიგნით სხვადასხვა ტრანსფორმატორებს შორის კოორდინაციის ფუნქცია წარმოადგენს სვიათა რიცხვის გადამრთველის

ტექნოლოგიის ნაწილს. როცა სწავლასწავა ტრანსფორმატორები შეერთებულია პარალელურად, მაშინ მათი ხვიათა რიცხვის გადამრთველმა ორივე ტრანსფორმატორში სინქრონულად უნდა იმოძრაოს. ეს მიიღწევა იმით, რომ ერთ ტრანსფორმატორს აქვს გრაგნილი როგორც წამყვანი ტრანსფორმატორი, ხოლო მეორეს – როგორც დაქვემდებარებული ტრანსფორმატორი.

მიმდევრობით მარეგულირებადი ტრანსფორმატორები. მძლავრი ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის რეგულირებისათვის ზოგჯერ გამოიყენება მარეგულირებადი ტრანსფორმატორები, რომლებიც მიმდევრობით ჩაერთვებიან ტრანსფორმატორებთან და საშუალებას იძლევიან ცვალონ ძაბვა როგორც სიდიდით, ასევე ფაზით. მარეგულირებადი ტრანსფორმატორების სინთულისა და მაღალი ღირებულების გამო ძაბვის რეგულირების ასეთი ხერხი იშვიათად გამოიყენება.

თავი 4. ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა

4.1. ძალური ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკის ძირითადი მეთოდები

ძალოვანი ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა შეიძლება ვაწარმოოთ რემონტში გამოყვანით და რემონტში გამოყვანის გარეშე (უწყვეტი დიაგნოსტიკის მეთოდით).

ძალოვანი ტრანსფორმატორების დიაგნოსტიკა რემონტში გამოყვანით სწარმოებს ელექტროტექნიკური და ქიმიური გამოცდების მეთოდებით.

აუცილებელი ელექტრული გამოცდების ჩამონათვალში შედიან:

- 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 კუთხის ტანგენსის განსაზღვრა;
- გრაგნილების წინააღობის განსაზღვრა მუდმივი დენით გადაძრეული მოწყობილობის ან აგზნების გარეშე გადაძრეულის ყველა განშტოებაზე;
- უქში სვლის დენისა და დანაკარგების გაზომვა მცირე ერთფაზა აგზნების დროს;
- 125 მვა და ზევით 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 ჰც სისშირის აწეული ძაბვით.

დამატებითი ელექტრული გამოცდების ჩამონათვალში შედიან:

- 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 სისწორული მახასიათებლების დანშარებით; აწეული ძაბვის დროს ნაწილობრივი განმუხტვების გაზომვით; მოკლედ შერთვის ინდუქციური და სრული წინაღობების, დაბალი ძაბვის იმპულსებისა და მაგნიტური ინდუქციის განსაზღვრის მეთოდით;
- გრაგნილებში ხვიათაშორისი მოკლედ შერთვის განსაზღვრა ტრანსფორმატორის გარეშე მაგნიტური ველის გაზომვით;
- ძალოვანი ტრანსფორმატორის ელემენტების ვიბრაციის განსაზღვრა;
- გადამრთველი მოწყობილობის მდგომარეობის შეფასება: წრეული დიაგრამების გადაღება, დატვირთვის ქვეშ გადამრთველის საკონტაქტო სისტემის ოსცილოგრაფირება და სხვა.

აუცილებელი ქიმიური გამოცდების ჩამონათვალში შედიან:

- 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- და- მამზადებლის ინსტრუქციასთან შესაბამისობის დადგენა;
- გრაგნილების ქაღალდის იზოლაციის მდგომარეობის პოლიმერიზაციის ხარისხის მიხედვით შეფასება;

დამატებითი ქიმიური გამოცდების ჩამონათვალში შედიან:

- სიმღვრივის დადგენა;
- დაძველების პროდუქტების განსაზღვრა ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის დანშარებით (სპექტრალური ანალიზი);

- სწავლასწავლა ტექნოლოგიურ რეჟიმში ძალიან ტრანსფორმატორის ავზიდან და მაღალი ძაბვის შეწყვეტების სიღრმეიდან აღებული წყლის კუთრი მოცულობითი გამტარობისა და დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის გაზომვა.

ძალიან ტრანსფორმატორების უწყვეტი კონტროლის მეთოდებს მიეკუთვნებიან:

- თბოვიზორული;
- ვიბრაციული;
- ტრანსფორმატორში წყლში განსხილი აირების შემცველობის განსაზღვრა, სინესტისა და ტექნოლოგიურის კონტროლი;
- აკუსტიკური;
- ნაწილობრივი განმუხტვის;
- ძაბვის ქვეშ გადამრთველის მექანიკური მდგომარეობის სისშირული მეთოდითა და ამძრავი მოწყობილობის ელექტროძრავის დატვირთვის ან დენის ცვლილებით შეფასება; ძაბვის ქვეშ გადამრთველი მოწყობილობის კონტაქტების ცვლის შეფასება ავზის წყლში არატრადიციული აირების კონცენტრაციის გაზომვითა და აგრეთვე ტრანსფორმატორის ძირითად ავზსა და ძაბვის ქვეშ გადამრთველი მოწყობილობის ავზს შორის ტექნოლოგიურის სწავლობის განსაზღვრით;
- ბოქკოვან-ოპტიკური გადამწოდების დახმარებით ცხელი წერტილების განსაზღვრა;
- მაღალი ძაბვის შეწყვეტების მუშა ძაბვის ქვეშ კონტროლი ფაზებს შორის გამტარობებისა და დანაკარგების კუთხის შედარების გზით;
- მაგნიტური ველის ინდუქციის გაზომვა ტრანსფორმატორის ავზის გასწვრივ.

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

ქვემოთ განვიხილავთ ტრანსფორმატორის აუცილებელი ელექტრული გამოსვლებისა და უწყვეტი კონტროლის ძირითად მეთოდებს,

რაც შეეხება ქიმიური გამოცდის მეთოდებს, მათ შესახებ დაწვრილებით არის მოყვანილი პროფ. რ. ჩხილაძის მიერ შედგენილ სახელმძღვანელოში [5].

4.2. ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა გაღვანომეტრით

ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფი ახასიათებს მაღალი, საშუალო და დაბალი ძაბვის ერთსახელა ფაზების ნაზური ძაბვების ვექტორების ძვრის კუთხეს. შეერთების ჯგუფის შემოწმებისას შეიძლება გამოვლენილი იქნეს ტრანსფორმატორების შემყვანების არასწორი მარკირება, გრაგნილების განშტოებების გამომყვანებთან არასწორი მიერთება. სამეფა ტრანსფორმატორებში საკმარისია შევამოწმოთ შეერთების ჯგუფი ორ წყვილ გრაგნილს შორის.

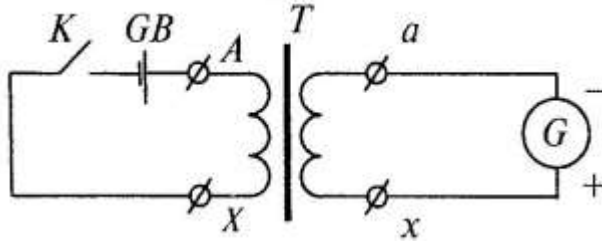
ექსპლუატაციის პირობებში გრაგნილების შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა ხდება მუდმივი დენის მეთოდით, სადაც საკონტროლო ხელსაწყოდ გამოყენებულია გაღვანომეტრი (ნახ.4.1).



ნახ. 4.1. გაღვანომეტრი M2032

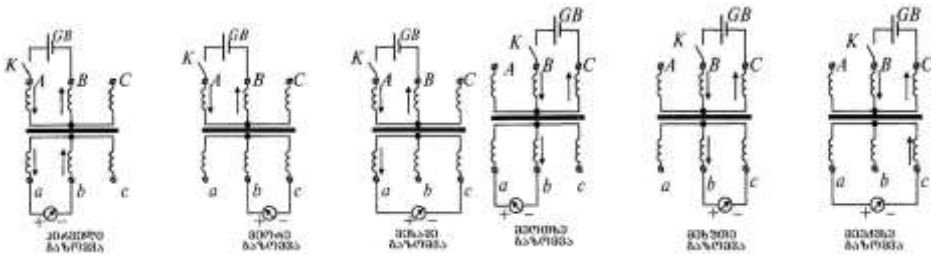
ჩართვის შემთხვევაში გაღვანომეტრის ისარი გადაინრება მარჯვნივ, ხოლო გათიშვისას – მარცხნივ. ეს ადასტურებს გრაგნილების ბოლოების სწორ

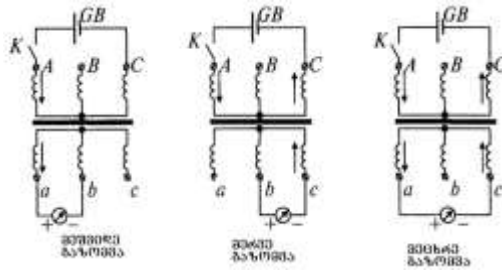
მარკირებას. ვალვანომეტრის ისრის მარჯვნივ გადახრა აღინიშნება “ + “ ნიშნით, მარცხნივ გადახრა “ - “ ნიშნით.



ნახ.4.2. ერთფაზა ძალური ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების განსაზღვრის სქემა: თ - ძალური ტრანსფორმატორი; - აკუმულატორის ბატარეა; - ჩამრთველი; - ვალვანომეტრი

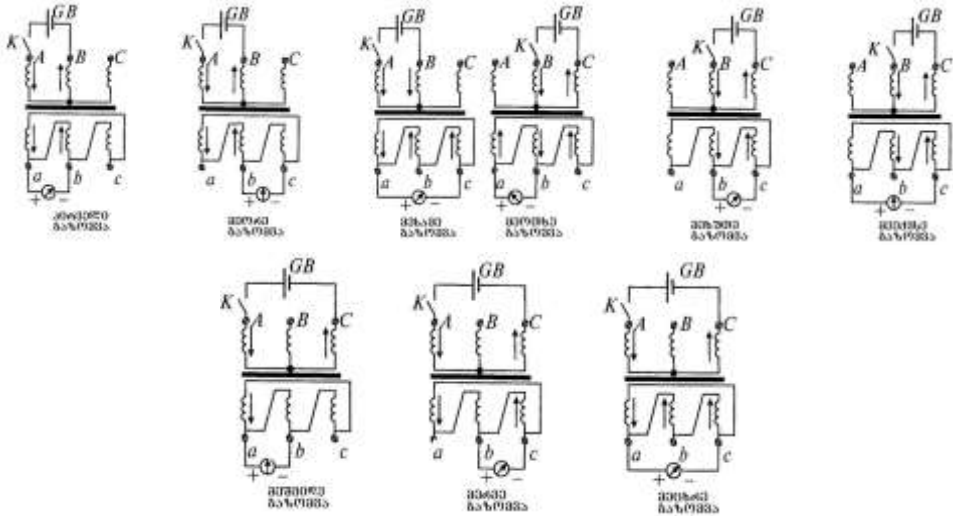
სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფების შემოწმებისათვის მუდმივი დენის ძაბვის წყარო მიმდევრობით ჩართვაში მადალი ძაბვის , ჩ, ჩ გრაგნილების ბოლოები და მოწმდება ვალვანომეტრის ისრის გადახრა აბ, ბც, აც ფაზებზე. ამ დროს ტარდება ცხრა გაზომვა. ნახ. 4.3-ზე მოყვანილია სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის შემოწმების სქემები შეერთების ჯგუფისათვის / -12 (0). ისრის გადახრის “+“ და “-“ ნიშნები ნაჩვენებია წრედის ჩართვის მომენტისათვის. სამფაზა სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორისა და ავტოტრანსფორმატორების შეერთების ჯგუფების შესამოწმებლად პირველ რიგში კვება მიეწოდება მადალი ძაბვის გრაგნილზე, ხოლო ვალვანომეტრის ისრის გადახრა კონტროლდება საშუალო და დაბალი ძაბვის გრაგნილებზე. შემდეგ კვება მიეწოდება საშუალო ძაბვის გრაგნილს, ხოლო ვალვანომეტრის ისრის გადახრა კონტროლდება დაბალი ძაბვის გრაგნილზე.





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

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



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

მუდმივი დენის მეთოდი მარტივია, მაგრამ გაზომვების დროს მოითხოვს დიდ ყურადღებას, განსაკუთრებით შეერთების მე-11 ჯგუფის შემოწმებისას, როცა გალვანომეტრის ისარი უნდა გვიჩვენოს ნულთან მდგომარეობა. ზოგჯერ გალვანომეტრის მაღალი მგრძობიარობის დროს ხელსაწყოს ისარი მკაფიოდ არ უჩვენებს ნულთან მდგომარეობას. ამ შემთხვევაში უნდა შევამციროთ კვების წყაროს ძაბვა. გალვანომეტრის მგრძობიარობის

შესამცირებლად მის მიმდევრობით უნდა ჩავრთოთ რეზისტორი, რომლის წინაღობა შეირჩევა კვების წყაროს ძაბვისა და გალვანომეტრის მგრძობიარობის მისუფიოთ.

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

ცხრილი 4.1-დან ჩანს, რომ თითოეული ჯგუფი სრულიად განისაზღვრება ერთი სტრიქონის ან ერთი სვეტის ჩვენებებით, ანუ სამი გაზომვის შედეგით. დანარჩენი ექვსი გაზომვის შედეგი ემსახურება გამზომი სელსაწყის სქემის სწორად მუშაობის დამტკიცებას.

ცხრილი 4.1. ძალური ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფების განსაზღვრის ცხრილი

კვება მიყვანილია მომჭერებთან	ტრანსფორმატორის მომჭერებთან მიერთებული სელსაწყის გადანრა								
	აბ	ბც	ცა	აბ	ბც	ცა	აბ	ბც	ცა
	ჯგუფი 12			ჯგუფი 4			ჯგუფი 8		
	+	-	-	-	-	+	-	+	-
ჩ	-	+	-	+	-	-	-	-	+
ჩ	-	-	+	-	+	-	+	-	-
	ჯგუფი #6			ჯგუფი 10			ჯგუფი 2		
	-	+	+	+	+	-	+	-	+
ჩ	+	-	+	+	+	+	+	+	-
ჩ	+	+	-	+	-	+	-	+	+
	ჯგუფი 11			ჯგუფი 3			ჯგუფი 7		
	+	0	-	0	-	+	-	+	0
ჩ	-	+	0	+	0	-	0	-	+
ჩ	0	-	+	-	+	0	+	0	-
	ჯგუფი 1			ჯგუფი 5			ჯგუფი 9		
	+	-	0	-	0	+	0	+	-
ჩ	0	+	-	+	-	0	-	0	+
ჩ	-	0	+	0	+	-	+	-	0

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

აღნიშნული მეთოდით შეერთების ჯგუფების განსაზღვრას აქვს უარყოფითი მხარეები. კერძოდ, გაზომვები და გადართვები სწარმოებს

ხელით; გრაგნილების სსგადასსგა სქემებით შეერთებისას მოითხოვება გაზომვის სსგადასსგა სქემა და მიღებული შედეგების შედარება ცნობილი 4.1-ის მონაცემებთან.

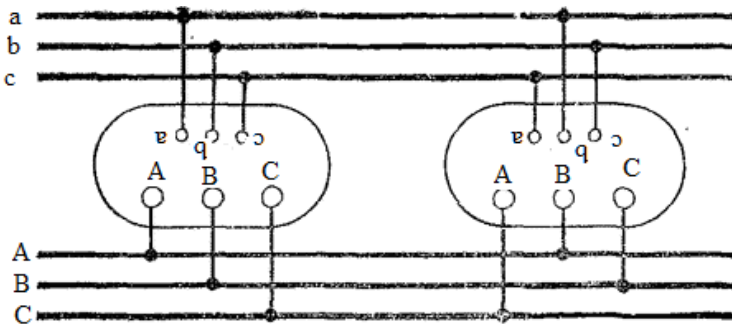
შ. როგორც ზემოთ განხილულიდან ჩანს, ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფების განსაზღვრა და შესაბამისი ვექტორული დიაგრამების აგება დაკავშირებულია შესაბამისი სამუშაოების დიდი სიზუსტითა და დაკვირვებით ჩატარებასთან, სადაც გამოირიცხულია უმნიშვნელო შეცდომაც კი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ზოგადი და თეორიული ელექტროტექნიკის (ამჟამად ელექტროტექნიკისა და ენერგეტიკული დანადგარების დიაგნოსტიკის) №16 კათედრაზე პროფესორ ამბერკი აბურჯანიასა და ამ სტრიქონების ავტორის, სრული პროფესორის თენგიზ მუსელიანის მიერ მრავალი წლის განმავლობაში მიმდინარეობდა და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები ინდუქციურად დაკავშირებული წრედების მათემატიკური მოდელების დამუშავებისა ტრანსფორმატორების შეერთების ჯგუფების შესახებ და გამოქვეყნებულ იქნა მრავალი სამეცნიერო ნაშრომი, რომლებშიც დადგენილი იქნა, რომ ლიტერატურაში მოყვანილ ტრანსფორმატორის მათემატიკურ მოდელებში ურთიერთინდუქციის ნიშნები, ერთსახელა მომჭერები და ინდუქცირებული ემპ-ების მიმართულებები აიღება ნებისმიერად. ამის გამო იგნორირებულია ენერგიის შენახვის კანონი და ზოგიერთ შემთხვევაში თეორია დაშორებულია პრაქტიკისაგან. დადგენილი იქნა, რომ ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების ჯგუფების განსაზღვრისას აუცილებელია ერთსახელა მომჭერების მონიშნა მათი ცნების (§3.6) გათვალისწინებით (რადგან მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების შესაბამისი და ა, და ბ, ჩ და ც ბოლოების დასახელებები არ ნიშნავს ერთსახელა მომჭერებს). ინდუქცირებულ ემპ-ებს (შესაბამისად, ძაბვებს) ერთსახელა მომჭერების მიმართ აქვთ მკაცრად განსაზღვრული უცვლელი მიმართულება. ამის გამო ელექტროტექნიკოსთა საერთაშორისო კომისიის ჟენევაში გაგზავნა წინადადება რომ სამფაზა ტრანსფორმატორების წარმოებისას გათვალისწინებული ყოფილიყო მათში მიმდინარე რეალური ფიზიკური პროცესები, დამუშავებულიყო ახალი სტანდარტი, რომლის მიხედვითაც ამჟამად არსებული გრაგნილების შეერთების 12 ჯგუფების მაგიერ (რომელთაგან ზოგიერთი დაფუძნებულია მცდარ წარმოდგენაზე, რომ ურთიერთინდუქციის ემპ იცვლის თავის მიმართულებას მომჭერის მარკირების შეცვლით) მიღებული ყოფილიყო რეალური ფიზიკური პროცესების შესაბამისი

მხოლოდ 4 შეერთების ჯგუფი: / -12 (0); Δ/Δ -0 ; / Δ - 11; $\Delta/$ - 11, რაც ბევრად გაამარტივებდა ტრანსფორმატორების გრაგნილების შეერთების ჯგუფების დადგენისა და მათი ვექტორული 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 განხილული იქნეს სხვადასხვა შემთხვევები: ფაზების მომჭერების განლაგების ცვლილება; საჭიროა განისაზღვროს შეერთების რომელი ჯგუფი მიიღება ფაზების შეერთების რეგითობის ამა თუ იმ დარღვევის შემთხვევაში, რომელსაც ყოველთვის შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ტრანსფორმატორების მონტაჟის დროს.

განხილება 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 აღნიშვნების გადაადგილების სამი შემთხვევისათვის. მხედველობაში გვაქვს ის შემთხვევები, როცა ყველა ზემოთაჩვენებული გადაადგილებები ხდება ტრანსფორმატორის სასურავსე და არ კეთდება გადაერთებები ტრანსფორმატორის შიგნით გრაგნილებში.



ნახ. 4.5. ტრანსფორმატორების პარალელურად ჩართვის მაგალითი

ა) ქსელის ფაზების სტანდარტული მიერთება ტრანსფორმატორის მომჭერებთან; ბ) ქსელის ფაზების არა სტანდარტული 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 თანმიმდევრობა ასახავს მომჭერების განლაგებას ტრანსფორმატორის სახურავზე, თუ მას შევხედავთ შესაბამისად მაღალი და დაბალი ძაბვის გამომყვანების მხრიდან. ქსელისა და ტრანსფორმატორის ფაზების სტანდარტული განლაგება შემოკლებულად აღნიშნება ასე: ჩ – ცბა.

ნახ.4.5.ბ-ზე ნაჩვენებია, რომ მაღალი ძაბვის მხარეს გაკეთებულია მომჭერების აღნიშვნების ციკლური გადაადგილება. სადაც ქსელის ფაზა მიერთებულია შუა მომჭერთან, რომელთანაც ადრე მიერთებული იყო ფაზა. ეს ფაზა მიერთებულია მომჭერთან, რომელთანაც ადრე მიერთებული იყო ჩ ფაზა, ხოლო ეს უკანასკნელი მიერთებულია ფაზის ადგილზე. ასეთ ციკლურ გადაადგილებას უწოდებენ გადაადგილებას საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით. ნახ.4.5.ბ-ზე ანალოგიური გადაადგილება გაკეთებულია დაბალი ძაბვის მხარეს. შემოკლებით ასეთი გადაადგილება იწერება შემდეგნაირად: ჩ – ბაც.

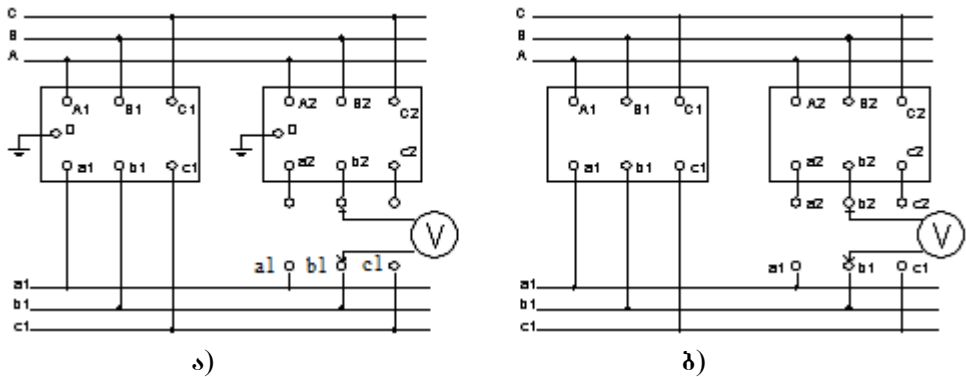
ზოგიერთ შემთხვევებში უფრო მეტი სიცხადისათვის გამოყენებულია ტრანსფორმატორის ფაზების დასახელება – მარცხენა, შუა, მარჯვენა, თუ მას შევხედავთ შესაბამისი ფაზის გამომყვანის მხრიდან. ასე მაგალითად, ნახ.4.5.ბ-ზე დაბალი ძაბვის მხარეს ბ ფაზა მიყვანილია მარცხენა მომჭერთან, ხოლო მაღალი ძაბვის მხარეს ფაზა მიყვანილია მარჯვენა მომჭერთან. აღნიშვნების უფრო თვალსაჩინო სისტემა მიიღება, მაშინ, როცა თითოეული ფაზის აღნიშვნისათვის გამოყენებული იქნება ორი ასო. მაღალი ძაბვისათვის პირველი ასო აღნიშნავს ქსელის ფაზის, ხოლო მეორე – ტრანსფორმატორისას. დაბალი ძაბვისათვის პირველი ასო აღნიშნავს ტრანსფორმატორის ფაზას, ხოლო მეორე – ქსელის ფაზას. მაშინ ნახ.4.5. ბ-სათვის მივიღებთ: , ჩ , ჩ : აც,ბა,ცბ.

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 გრაგნილებზე ფაზირებისათვის გამოყენებულ უნდა იქნეს ელექტრომაგნიტური ვოლტმეტრი, რომლის გაზომვის ზღვარი მეტია ორმაგ მეორეულ ხაზურ ძაბვაზე. გაზომვის დროს ჩაკეტილი ელექტრული ელექტრული წრედის მისაღებად ფაზირების გრაგნილები წინასწარ უნდა შევსდეს ერთ წერტილში. ჩამიწებულ ნეიტრალთან გრაგნილებში ასეთი წერტილია ნეიტრალის მიწასთან შეერთების წერტილი. იზოლირებული ნეიტრალის შემთხვევაში ფაზირების გრაგნილების ნებისმიერ ორ ბოლოს პერეფაზირებით აერთებენ. ნახ.4.6-ზე მოცემულია პარალელურად მუშაობაში ჩართვისათვის ტრანსფორმატორების ფაზირების სქემა



ნახ.4.6. პარალელურად მუშაობაში ჩართვისათვის ტრანსფორმატორების ფაზირების სქემა: ა – ჩამიწებული ნეიტრალის შემთხვევაში; ბ – იზოლირებული ნეიტრალის შემთხვევაში

ჩამიწებული ნეიტრალის შემთხვევაში ფაზირების დროს (ნახ.4.6.ა) ჯერ იზომება ძაბვა a_1 გამომყვანსა და a_2 , b_2 , c_2 გამომყვანებს შორის.; შემდეგ b_1 გამომყვანსა და a_2 , b_2 , c_2 გამომყვანებს შორის. და ბოლოს c_1 გამომყვანსა და a_2 , b_2 , c_2 გამომყვანებს შორის.

იზოლირებული ნეიტრალის შემთხვევაში (ნახ.4.6. ბ) ჯერ $a_2 - a_1$ მომჭერებს ერთმანეთთან ზღუდართი აერთებენ და ზომავენ ძაბვას $b_2 - b_1$ და $c_2 - c_1$ მომჭერებს შორის; შემდეგ ზღუდართი აერთებენ $b_2 - b_1$ მომჭერებს და ზომავენ ძაბვას $a_2 - a_1$ და $c_2 - c_1$ მომჭერებს შორის და ბოლოს ზღუდართი აერთებენ $c_2 - c_1$ მომჭერებს და ზომავენ ძაბვას $a_2 - a_1$ და $b_2 - b_1$ მომჭერებს შორის.

ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობისათვის აერთიანებენ იმ ბოლოებს რომელთა შორის ძაბვა არ არის. თუ აღნიშნულ მომჭერებს შორის ძაბვა განსხვავებულია ნულისაგან, მაშინ მონტაჟის დროს დაშვებულია შეცდომა და მის გამოსწორებამდე ტრანსფორმატორების პარალელურად ჩართვა არ შეიძლება.

4.5. ტრანსფორმატორის დაზიანებების ძირითადი სახეები

ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციის დროს გამორიცხული არ არის აღიძრას სხვადასხვა სახის დეფექტები, რომლებიც სხვადასხვა წარისნით აისახება მათ მუშაობაზე. ერთი სახის დეფექტებით ტრანსფორმატორი შეიძლება ხანგრძლივად დარჩეს მუშაობაში, ხოლო სხვა სახის დეფექტებით საჭიროა მათი დაუყონებლივ მუშაობიდან გამოყვანა. თითოეულ შემთხვევაში მუშაობის შემდგომი გაგრძელების შესაძლებლობა განისაზღვრება დაზიანების ხასიათით. პერსონალის არათოპერატიულობასა და უმნიშვნელო დეფექტების გამოსწორებისათვის ზომების უდროო მიღებას მიყვავართ ტრანსფორმატორების აგარიულ გამორთვამდე.

დაზიანების მიზეზები დაკავშირებულია ექსპლუატაციის ცუდ პირობებთან, უხარისხო რემონტსა და მონტაჟთან. მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის ცალკეული ელემენტების ფარული დეფექტები და არასაკმარისი ხარისხის საიზოლაციო მასალები.

ცხრილი 2-ში მოყვანილია დაზიანების სახეები და მათი საგარაუდო მიზეზები.

ცხრილი 2. დაზიანების სახეები და მათი საგარაუდო მიზეზები

უწესიგრობის სახე	უწესიგრობის მიზეზი
გადახურება	გადატვირთვა
გადახურება	ზეთის დაბალი დონე
გადახურება	მოკლედ შერთვა
გადახურება	არასაკმარისი გაცივება
გარღვევა	გადატვირთვა
გარღვევა	ზეთის გაჭუჭყიანება
გარღვევა	ზეთის დაბალი დონე
გარღვევა	ხვიების იზოლაციის დაძველება
გაწყვეტა	მინჩილვის ცუდი ხარისხი
გაწყვეტა	მძლავრი ელექტრომაგნიტური დეფორმაცია

	მ.შ.დროს
მომატებული გუგუნი	აწყობილი მაგნიტოგამტარის დაწუნქვის მოსუსტება
მომატებული გუგუნი	გადატვირთვა
მომატებული გუგუნი	არასიმეტრიული დატვირთვა
მომატებული გუგუნი	მოკლედ შერთვა გრაფინილში

ტრანსფორმატორის ტიპურ დაზიანებებად ითვლება იზოლაციის, მაგნიტოგამტარების, გადამრთველი მოწყობილობების, განშტოებების, ზეთვსებული და ფაფურის შემყვანების დაზიანებები.

უპეტეს შემოსვკვებში დაზიანება უეცრად არ ხდება, არამედ რაიმე არახელსაყრელი ფაქტორის ხანგრძლივი ზემოქმედებით. ჭარმოქმნილი დეფექტის დროული გამოვლენა საშუალებას იძლევა მიღებული იქნეს ზომები მისი შემდგომი განვითარების აღსაკვეთად და ტრანსფორმატორის მუშაუნარიანობის შესანარჩუნებლად.

ძალოვან ტრანსფორმატორებში დაზიანების ყველაზე უფრო გავრცელებული სახეა მაღალვოლტაანი შემყვანების დაზიანება. 110 კვ და ზევით შემყვანების დაზიანება ძირითადად დაკავშირებულია ქაღალდის ფუძის დატენიანებასთან. შემყვანის შიგნით ტენის მოხვედრა შესაძლებელია შემჭიდროვების უხარისხო შესრულებასთან, ზეთის დამატებისას დაქვეითებული დიელექტრიკული სიმტკიცის სატრანსფორმატორო ზეთის ჩასხმასთან. ტრანსფორმატორის შემყვანების 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 ვერ ამჩნევს დაზიანებებს და ამის გამო ვერ ახდენს დაზიანებული შემყვანის გამოცვლას.

დღეისათვის ექსპლუატაციაშია ჰერმეტიკული და არაჰერმეტიკული ზეთვსებული შემყვანები და აგრეთვე შემყვანები მყარი იზოლაციით. 330_500 კვ ძაბვის ზეთით შევსებული შემყვანები ძირითადად ზიანდება იზოლაციის ელექტრული გარღვევით, რაც გამოწვეულია არაჰერმეტიკულ კონსტრუქციაში სინესტის შეღწევითა 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

კუთხის ტვ ს და ტეგადობის მკვეთრი გაუარესება, დაუყონებლივ უნდა შეიცვალოს.

არაჰერმეტული შემყვანების ყველაზე უფრო სუსტ კვანძად ითვლება ზეთიანი ჰიდროსაკეტისა და სილიკაგელიანი ჰაერსაშრობის დახმარებით ზეთის დაცვის სისტემა. ხანგრძლივი ექსპლუატაციის დროს, განსაკუთრებით 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 ცოცავენ გაწვის ადგილები, რომლებიც იზოლაციის შესუსტებულ ზედაპირებზე ქმნიან რთულ ნახატს. როგორც კი “მცოცავი” განმუხტვა მიუახლოვდება ჩამოწებულ ნაწილს, ხდება იზოლაციის გარღვევა მოკლედ შერთვის აღძვრით.

ზეთის საიზოლაციო მახასიათებლების მნიშვნელოვანი გაუარესების შემთხვევაში გარღვევა შეიძლება მოხდეს “მცოცავი” განმუხტვის წარმოქმნის გარეშე. ანალოგიური დაზიანება შეიძლება მოხდეს იმ შემთხვევაშიც, თუ შემყვანის რემონტის დროს ქაღალდის იზოლაცია იყო ცუდად გამშრალი.

ჰერმეტული შემყვანები ექსპლუატაციაში ნაკლებად შრომატევადი და უფრო საიმედოა, ვიდრე არაჰერმეტული. ისინი უშუეტესად ზიანდებიან წნევის ავზების სიღრმეებში წარმოქმნილი ალუმინის მტვერით. ჰერმეტული შემყვანების მდგომარეობა და მუშაუნარიანობა განისაზღვრება და კონტროლდება მანომეტრის ჩვენებით, რომელიც მუშაობს ინდიკატორის რეჟიმში. ზეთის წნევის მკვეთრი ამაღლების დროს, რომელიც დაკავშირებული არ არის ტემპერატურის აწევასთან, ტრანსფორმატორი დაუყონებლივ გამოყვანილი უნდა იქნას მუშაობიდან და უნდა მოხდეს დეფექტური შემყვანის შეცვლა.

როგორც ჰერმეტულ, ასევე არაჰერმეტულ შემყვანებში ზედა საკონტაქტო სარჭის დამაგრების ზონაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ჰერმეტულობის დარღვევას. დარღვევა შეიძლება მოხდეს ტრანსფორმატორის ყველაზე მაღალ წერტილში მდებარე კვანძის არასწორი აწეობის შედეგად. აღნიშნულ კვანძში ზეთის ჭარბი წნევა, განსაკუთრებით ცივ პერიოდში (საფართობებელში ამ დროს ზეთის დონე მინიმალურია), ნულთან ახლოსაა. როცა ჰერმეტულობა დარღვეულია, მაშინ სინესტემ ატმოსფეროდან გაჟონოს ზეთში, რის შედეგადაც ტრანსფორმატორის იზოლაცია დაირღვევა.

110–150 კგ ძაბვის არა ჰერმეტიკულ შემყვანებში 15_20 წლის მუშაობის შემდეგ ცვდება შემჭიდროებები, მათ შორის ზედა კვანძში, რის შედეგადაც სინესტე აღწევს საფართოებელში, აქედან კი იგი ნაწილდება შემყვანის მთელ მოცულობაში, რაც იწვევს იზოლაციისა და ზეთის დანესტაინებას. ზეთვსებული შემყვანები ზიანდებიან აგრეთვე შემყვანის ქვედა კვანძის ზონაში შუალედური მილისის ახლოს შიგა იზოლაციის გარღვევით.

მოქნილი ხაზური შლეიფის დასაშვებზე მეტად დაჭიმვის გამო გამოწვეული მექანიკური ზემოქმედებისა და მკვეთრად ცვალებადი რთული კლიმატური პირობების გამო ხდება ჭანჭიკური შეერთებისა და საკონტაქტო კვანძების მოშვება და იმავდროულად შემყვანის ჰერმეტიკულობის დარღვევა. კონტაქტის კუთხვილის (“რეზბა”) მდგომარეობის გაუარესებისა და კოროზიის გაჩენის შედეგად კონტაქტის ადგილზე იზრდება გარდამავალი წინაღობა, რაც იწვევს ძლიერ ვახურებას და ტრანსფორმატორის შემყვანის ზედა ნაწილის ბუნიკიდან გრაგნილის გამომყვანის გამოდნობას. ამ დეფექტის შეუმჩნეველობით ტრანსფორმატორი შეიძლება ძლიერ დაზიანდეს. ამიტომ პერიოდული დათვალიერებისა და რემონტების დროს საჭიროა განსაკუთრებული ყურადღება მიექცეს გრაგნილების გამომყვანების ბუნიკებთან მიჩილვის ხარისხს, ვაკონტროლდეს მომჭერების კონტაქტის კუთხვილების მდგომარეობა და დროულად შეცვალოთ რეზინის შემჭიდროებები.

სხვადასხვა მიზეზების გამო, ძირითადად ექსპლუატაციისას, ხდება ფაიფურის საფარის, ზეთის მაჩვენებელი მინის, მანომეტრისა და სხვათა დაზიანება, წიბოების ჩამოტეხვა.

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 სიმადლით, ასევე დიამეტრით) შეცვლის დროს საჭიროა გათვალისწინებული 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 მიფყავართ ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის ამ უბანზე იზოლაციის გარღვევამდე.

35 კვ ძაბვამდე შექმყვანები, როგორც წესი, ზიანდება დაუშვებელი მექანიკური ზემოქმედებით, რაც გამოთხატება ფაიფურის საფარის დაზიანებაში. შედეგად ტრანსფორმატორიდან იწყება ზეთის დინება. ტრანსფორმატორთან გარე საღებების უხეშად შეერთებისას შექმყვანის ზედა კონტაქტის სარქის კუთხვილი ნაწილი სწრაფად ცვდება.

ტრანსფორმატორის დაზიანების ასევე გავრცელებულ სახეს წარმოადგენს დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულირების მოწყობილობის დაზიანება. კონტაქტების არასწორი რეგულირების, იშვიათი ვადართვების გამო კონტაქტების ზედაპირზე გაჩენილი ჟანგეულების აფსკებისა და კინემატიკურ სქემებში დარღვევების შედეგად ამომრჩევის კონტაქტურ სისტემაში შეიძლება გაჩნდეს დარღვევები.

გადამრთველი მოწყობილობები საკმაოდ რთულია და მოითხოვს დაწვრილებით გაწყობას, შემოწმებასა და სპეციალური გამოცდების ჩატარებას. როგორც ანალიზმა აჩვენა ძაბვის რეგულირების მოწყობილობის (ძრმ) ყველაზე არასამართლო ელემენტია ამძრავი. მის მტყუნებათა მიხეზება: ამამუშაგებლის კონტაქტების მიწება; მუშტა მექანიზმების დაზიანება; საბოლოო და დამცავი ამომრთველების მტყუნება; სინესტის გამო ამძრავის ელექტროძრავის ზვიების მოკლედ შერთვა; ამძრავის მოწყობილობის ელემენტების არასაკმარისი გათბობა; კონტროლურებში მექანიკური ცვკვის გამო მწყობრიდან გამოდის გორგოლაჭი; ამძრავის სახურავის არასაკმარისი ჰერმეტიკულობის დროს ამძრავის აპარატურა და სხვადასხვა შემაერთებელი ხუნდები იფარება ჟანგითა და მტყვით; ადგილი აქვს ზეთის დინებას მდგომარეობის მაჩვენებლის მინის ქვემოდან და ჭიანჩხნის კვანძში; ამომრჩევი კონტაქტების არასაკმარისი დაჭერის გამო ადგილი აქვს დაწვას.

ამ მოწყობილობის კონტაქტორი შეიძლება დაზიანდეს მისი კონტაქტების სისტემისა და კინემატიკური სქემის არასწორი რეგულირებით, აგრეთვე სატრანსფორმატორი ზეთის დაგვიანებული გამოცვლით. კონტაქტორის დამხმარე და რკალმქრობი კონტაქტების ამუშაგებას შორის დრო ვადართვისას შეადგენს წამის მეთოდ ნაწილებს. თუ კონტაქტორში ზეთმა დაკარგა თავისი რკალმქრობი თვისებები, მაშინ რკალის ქრობის დრო გაიწლება და ტრანსფორმატორის მარეგულირებელი გრაგნილის მეზობელი განშტოებები აღმოჩნდებიან ერთმანეთთან შეერთებული არა რკალმქრობი რეზისტორის ვავლით, არამედ ელექტრული რკალით, რასაც მიყვავართ მძიმე ავარიამდე. ტრანსფორმატორის გრაგნილების დეფორმაციამდე.

კონტაქტორის ქანჭიკების კონსტრუქციული შესრულება და მათი დამაგრების არასაკმარისი სიმტკიცე მნიშვნელოვნად ართულებს მათ რევიზიას და ამიტომ საჭირო ხდება მთელი გადამრთველი მოწყობილობის ამოღება ტრანსფორმატორის ავზიდან.

უფრო მძიმე შედეგებამდე მიყვაროთ ტრანსფორმატორის მთავარი იზოლაციისა და გრაგნილების დაზიანებას. ცუდად გამომშრალი ელექტრომუყაო ან ხვიებს შორისი ქაღალდის იზოლაცია და მათ ფენებს შორის ზომების დაუცველობა, სუსტად დანგეული იზოლაცია, გაჭუჭყიანებული ან დანესტიანებული სატრანსფორმატორო ზეთი, იწვევენ მყარი იზოლაციის დაზიანებას, “მცოცავი” განმუხტვის წარმოშობასა და შექმდომ გარდევას.

ტრანსფორმატორის დაზიანებას იწვევს აგრეთვე დარღვევები გაციების სისტემაში გაციების სისტემა ტრანსფორმატორის მნიშვნელოვანი კვანძია, რომელიც უზრუნველყოფს მოცემულ ტემპერატურულ რეჟიმს. გაციების სისტემის დაზიანებამ შეიძლება მიგვიყვანოს ქაღალდის იზოლაციისა და ზეთის მნიშვნელოვან თბურ დაძველებამდე, რაც ამცირებს ტრანსფორმატორის წინააღმდეგობას ელექტრული და დინამური ზემოქმედებების მიმართ.

გაციების სისტემის ელემენტების დამახასიათებელი დაზიანებებია: ზეთის დენა და გაჟონვა, რასაც მიყვაროთ ტრანსფორმატორის გამორთვამდე. ამ დეფექტის გამოვლენის მიზეზი შეიძლება იყოს შედუღების ნაკერების დეფექტები, გაციების სისტემის ელემენტების გამაცხებელი ზედაპირების დეფორმაცია, ზეთის გაციების სისტემის ჰერმეტიკულობის დარღვევა, გენტილატორის ფრთების დაუსველებელი ვიბრაცია, რომელსაც თან ახლავს ფრთების გატეხვა.

გაციების სისტემის ელექტროტუმბოები წარმოადგენენ გაციების სისტემის ნაკლებად საიმედო კვანძს. სუსტად ჩამოცმული საკისარი იწვევს როტორის სტატორთან მოღებას, რის გამოც წარმოიშობა მექანიკური მტკვარი და ბურბუშელა, რომელიც მიიტაცება ელექტროტუმბოში გამდინარე ზეთით და ხვდება ტრანსფორმატორის ავზში; დაილექება რა იზოლაციაზე, ამცირებს მის ელექტრულ სიმტკიცეს და ხელს უწყობს ტრანსფორმატორის დაზიანებას. ამასთანავე აღიძვრება დერძული დატვირთვა ლილვზე, რაც ხელს უწყობს რადიალურ-საბჯენი საკისრების ცვეთას.

ენერგეტიკული სიმძლავრეების მუდმივ ზრდასთან ერთად იზრდება მოკლედ შერთვის სიმძლავრეები. სიმძლავრეების ზრდისა და აგრეთვე,

გრაგნილების შესუსტებული დაწნევის დროს გრაგნილების ელექტროდინამიური მდგრადობა გარეშე მოკლედ შერთვის დენების მიმართ შეიძლება არასაკმარისი აღმოჩნდეს და დეფორმაცია განიცადოს გრაგნილმა, რომელიც მოკლედ შერთვამდე კარგ მდგომარეობაში იმყოფებოდა.

125 მგა და ზემოთ სიმძლავრის ახალი ტიპის ტრანსფორმატორების დიდი უმრავლესობა (და ყველა ძველი ტიპის) შემოწმებული არ არის ელექტროდინამიურ სიმტკიცეზე. ასეთი ტრანსფორმატორების მექანიკური სიმტკიცე როგორც წესი მოცემულია მხოლოდ გაანგარიშებით. ამიტომ მოკლედ შერთვის ზემოქმედების შედეგად ძალოვანი ტრანსფორმატორების დაზიანების ალბათობა შენარჩუნებულია. ექსპლუატაციის პრაქტიკაში ხშირად გვხვდება ტრანსფორმატორების სვიათაშორისი და კოჭათაშორისი მოკლედ შერთვის შედეგად გამოწვეული დაზიანებები. სტატისტიკამ აჩვენა, რომ ტრანსფორმატორები სვიათაშორისი მოკლედ შერთვის შედეგად ზიანდებიან როგორც ექსპლუატაციის დასაწყისში, ასევე ხანგრძლივი ექსპლუატაციის შემდეგ. სვიათაშორისი მოკლედ შერთვის მიზეზები შეიძლება იყოს სხვადასხვა: კოჭის სვიის იზოლაციის შესუსტება, რომელიც იწვევს სადენის დეფექტს; მოკლედ შერთვის დენების ზემოქმედებით კოჭების დეფორმაცია; სვიების იზოლაციის არასაკმარისი სისქე; გადაჭარბებული ელექტრული, თბური და ვიბრაციული ზემოქმედება; იზოლაციის დანესტიანება და გაჭუჭყიანება. ამ ფაქტორების ერთობლივი ზემოქმედებით სვიათაშორისი მოკლედ შერთვის ალბათობა მნიშვნელოვნად იზრდება.

რადგანაც ტრანსფორმატორის მუშაობაში მთავარი და სვიათაშორისი იზოლაციის დაზიანება იწვევს მძიმე შედეგებს, ამიტომ ამ სახის დაზიანებების დროულად გამოვლენას დიდი ყურადღება ექცევა.

ტრანსფორმატორის მაგნიტოგამტარები ზიანდება გადახურების შედეგად ფოლადის ფურცლებს შორის ლაქის აფსკის დაშლისა და დამწვნის სარქების იზოლაციის დარღვევის გამო. ფოლადის დაზიანებას მიყვავართ ნაკლებად მძიმე შედეგებამდე, რაც ძირითადად დაკავშირებულია ავზის შიგნით მოკლედ შერთული კონტურების შექმნასთან. კონტური შეიძლება შეიქმნას როგორც მაგნიტოგამტარის პაკეტის შიგნით, ასევე კონსტრუქციული მეტალის რომელიმე დეტალისა და მაგნიტოგამტარის ჩამიწების 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 დაბროექტების დროს საფართოებელის მოცულობა განისაზღვრება ანგარიშით და არ მოწმდება სპეციალური თბური გამოცდებით. ამიტომ ტრანსფორმატორის საფართოებელის ტეკადობა ყოველთვის არ შეესაბამება ავზში ზეთის მოცულობის ცვლილებას გარემოს ტემპერატურისა და დატვირთვის ყველა სახის რეჟიმების დროს.

საფართოებელში ზეთის დონის დასაშვებზე მეტად აწევას მიყვარათ 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.

ტრანსფორმატორებში, რომელთაც გააჩნიათ ჩვეულებრივ ჰაერ-საშრობით დაცვა, საფართოებელში ზეთის დონის აწევის შემთხვევაში ზეთის შეღწევა ჰაერსაშრობაში და შემდგომ ზეთი გადმოდის გარეთ. დატვირთვის გაზრდითა და ზეთის მოცულობის გაფართოების გამო იზრდება ზეთის წნევა, ირღვევა გამოსაბოლქვი მილის და ზეთი გამოიფრქვევა გარეთ. ქვესადგურებში, სადაც არ არის მორიგე ჰერსონალი, დაზიანებული დიაფრაგმის გავლით საფართოებელში აღწევს სინესტე და ხდება ზეთის და შემდგომ იზოლაციის დანესტიანება. ამიტომ ძნელად მისადგომ ადგილებში აწარმოებენ დიდი მოცულობის საფართოებლების დაყენებას.

ტრანსფორმატორის დაზიანებები, რომლებიც აღმოიფხვრება ტრანსფორმატორის გათიშვის გარეშე, პირობითად მიეკუთვნება სწვა დაზიანებებს.

ასეთი ტიპის ყველაზე უფრო გავრცელებულ დაზიანებას მიეკუთვნება კონსტრუქციის კვანძების სწვადასწვა გასართებში ზეთის დინება ცუდი ხარისხის ზეთმედევი რეზინის გამო, რომელიც აღმოიფხვრება გასართების ქანჩების მოჭერით.

შემამჭიდროებელი საფენის წანაცვლებით გამოწვეული დამცავი სარქველის არასწორი მუშაობა, იწვევს ტრანსფორმატორიდან ზეთის დინებასა და გაჟონვას.

4.6. ტრანსფორმატორის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის ხერხები

ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკის ქვეშ იგულისხმება სწავლასწავლა ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით ჩატარებულ ღონისძიებათა სისტემის მეშვეობით მისი მდგომარეობის შემოწმება და შეფასება.

დანურული ზეთიანი ტრანსფორმატორების გამოჩენისთანავე აღიძრა მათი მდგომარეობის კონტროლის პრობლემა. რომელიმე შიგა კვანძის დათვალიერებისათვის, საჭირო იყო ტრანსფორმატორის გამოთვლა, ზეთის ჩამოსხმა, რევიზიის ჩატარება და შემდეგ ზეთის უკან ჩასხმა. ყველა ეს ოპერაცია უნდა შესრულდეს მრავალრიცხოვანი წესების დაცვით და ბოლოს ჩართვის წინ უნდა მონდეს ტრანსფორმატორის გაშრობა. ზეთიანი ტრანსფორმატორების მასიური ექსპლუატაციის გარიჟრაჟზე სარემონტოდ ძალიან ხშირად უნდებოდათ ტრანსფორმატორის გახსნა. ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ რაც უფრო ხშირად იხსნება ტრანსფორმატორი, მით უფრო დიდია მისი დაზიანების ალბათობა. ამ პროცესთან დაკავშირებულმა სიძნელებმა და მოუხერხებლობამ საჭირო გახდა მოძებნილიყო და განვითარებულიყო ტრანსფორმატორის მდგომარეობის კონტროლის ისეთი მეთოდები, რომლებიც არ მოითხოვდნენ მის გახსნასა და ზეთის ჩამოსხმას.

ეს შესაძლებელი გახდა მას შემდეგ, რაც დიდი წარმატებით განვითარდა ტრანსფორმატორის მდგომარეობის შემოწმებისა და შესაბამისი მაჩვენებლების განსაზღვრის ხერხები, ანუ სწავგვარად რომ ვთქვათ, დიაგნოსტიკის დარგში მიღწეული წარმატებების შედეგად, რომელთა მიხედვითაც შესაძლებელია ვიმსჯელოთ აგრეგატის მუშაუნარიანობაზე.

დიაგნოსტიკაში გამოყენებულია მარტივი ვიზუალური, მექანიკური, ფიზიკური, ქიმიური და მდგომარეობის კონტროლის სწავლასწავლა ხერხები, აგრეთვე მათი კომბინაციები. მაგალითად, სატრანსფორმატორო ზეთის დანესტიანება შეიძლება განსაზღვრული იყოს სილიკატების ფერის ცვლილებით ან ქიმიური ანალიზის გზით. ზეთში ან მყარ იზოლაციაში ნაწილობრივი ელექტრული მუხტის არსებობა შეიძლება განსაზღვრული იქნეს ნაწილობრივი განმუხტვის ინდიკატორის დახმარებით, უშუალო გაზომვით ან ზეთში გახსნილი აირების ქრომატოგრაფიული ანალიზით.

ჩვეულებრივ პრაქტიკული მიზნებისათვის ამა თუ იმ პარამეტრის კონტროლის ხერხებიდან არჩევენ ყველაზე მარტივს, ხოლო დაწვრილებითი შემოწმებისას, როცა საჭიროა დეტექტის ხასიათისა და ადგილის დაზუსტება, გამოიყენებენ უფრო რთულ ხერხებს.

ტრანსფორმატორის მდგომარეობის კონტროლი ატარებს კომპლექსურ ხასიათს. ჩვეულებრივ ის იწყება მისი დამზადების სტადიაზე. სწორედ მაშინ მოწმდება საიზოლაციო და აქტური მასალების, ცალკეული კვანძებისა და დეტალების და აგრეთვე აწყობის ხარისხი. მზა ტრანსფორმატორი ექვემდებარება კომპლექსურ შემოწმებას, რომელიც ტარდება დიაგნოსტიკის ყველა საჭირო საშუალებებით აღჭურვილ ქარხანა-დამამზადებლის საცდელ სადგურში.

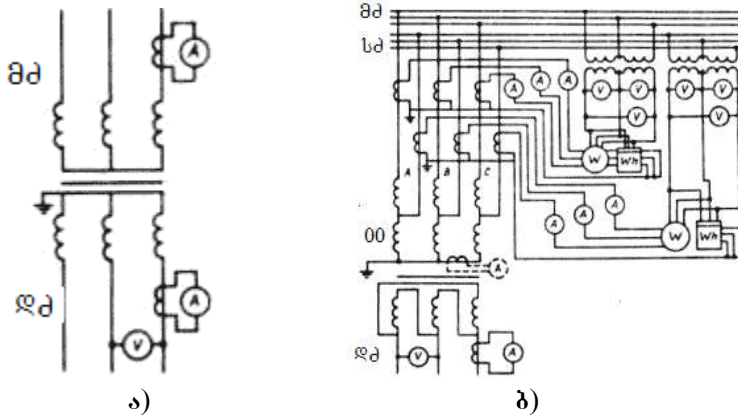
ტრანსფორმატორის ტრანსპორტირების დროს ხორციელდება მისი კონტროლი ჰერმეტიკობასა და მექანიკურ ზემოქმედებებზე. ადგილზე მიტანილი ტრანსფორმატორი აგრეთვე მითხნის მისი მდგომარეობის კონტროლს როგორც შენახვისას, ასევე მონტაჟის პროცესში ტექნიკური დოკუმენტაციის შესაბამისად. მონტაჟის დამთავრების შემდეგ ექსპლუატაციაში შეყვანის წინ ტრანსფორმატორის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის მიზნით იგი გამოიცდება ელექტროდინამიკურ მსოფლიო წესებით გათვალისწინებული მოცულობით. ტრანსფორმატორის მდგომარეობის შემოწმების უფრო დიდი მოცულობის სამუშაოები სრულდება ექსპლუატაციის პროცესში.

წინამდებარე სახელმძღვანელოში განხილულია ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკაში დღეისათვის გამოყენებული ხერხები. განსაკუთრებული ყურადღება მიქცეულია იმისაკენ, თუ მიღებული 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 ელექტრომსოფლიობის 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 ზევით სიმძლავრის ტრანსფორმატორის თითოეული ძაბვის მხარეზე აყენებენ ერთ ამპერმეტრს, ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება დაყენებული იქნას თითოეულ ფაზაზე. ძაბვის კონტროლი ჩვეულებრივ ხორციელდება შემკრებ საღებებზე დაყენებული ვოლტმეტრებით. ცალკე მდგომ ტრანსფორმატორებზე ვოლტმეტრებს აყენებენ მხოლოდ დაბალი ძაბვის მხარეს.

ნახ.4.7.ა-ზე მოყვანილია 6/0,4 კვ 1 მგა სიმძლავრის ტრანსფორმატორის ელექტროსაზომი ხელსაწყოების ჩართვის უმარტივესი სქემა.

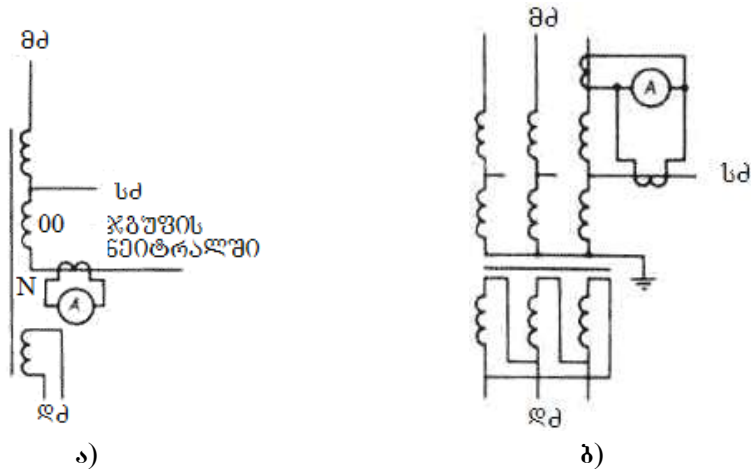


ნახ.4.7. ელექტროსაზომი ხელსაწყოების ჩართვის სქემა. ა – 6/0,4 კვ ძაბვისა და 1 მგა სიმძლავრის ტრანსფორმატორთან; ბ – 220/110/10 კვ ძაბვის სამგრაგნილი ავტოტრანსფორმატორთან

ვატმეტრები და ვარმეტრები დაყენებულია ელექტროსადგურის ამწვევ და 110 კვ და ზევით ტრანსფორმატორებზე. აქტიური და რეაქტიული ენერჯის მრიცხველები დაყენებულია სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორების მაღალი და საშუალო ძაბვის მხარეს, ხოლო ორგრაგნილიანის – მაღალი ძაბვის მხარეს. დამაბთლოებელ ტრანსფორმატორებში დაყენებულია დაბალი ძაბვის მხარეს. ნახ.4.7.ბ-ზე მოყვანილია 220/110/10 კვ სამგრაგნილიან ავტოტრანსფორმატორთან ელექტროსაზომი ხელსაწყოების ჩართვის სქემა. მაღალი ძაბვის მხარეს ჩართულია სამი ამპერმეტრი, ვატმეტრი და აქტიური ენერჯის მრიცხველი. ძაბვები იზომება ძაბვის ტრანსფორმატორის ხალტეებთან ჩართული სამი ვოლტმეტრით. ასეთივე ხელსაწყოები ჩართულია საშუალო ძაბვის მხარეს. დაბალი ძაბვის მხარეს დაყენებულია თითო ამპერმეტრი და ვოლტმეტრი.

სამგრაგნილი ავტოტრანსფორმატორებში, განსაკუთრებით მაშინ, როცა დაბალი ძაბვის გრაგნილთან მიერთებულია გენერატორი ან სინქრონული კომპენსატორი და მთელი სიმძლავრე გადაეცემა საშუალო ძაბვის მხარეს ან მოედინება საშუალო ძაბვის მხრიდან, საჭიროა ვაკონტროლდეს 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 ადგამატება

ნომინალურს, ხოლო საერთო ნაწილის დენი აღემატება დასაშვებ მნიშვნელობას. ამ დროს დენი იზომება ერთი სპეციალურად ჩართული ამპერმეტრით. ერთფაზა ავტოტრანსფორმატორებში ამპერმეტრი ირთვება ჯგუფის ერთი ავტოტრანსფორმატორის ნეიტრალის შეყვანაში დაყენებული დენის ტრანსფორმატორის გავლით (ნახ.4.8.ა). სამფაზა ავტოტრანსფორმატორებში ამპერმეტრი ირთვება მაღალი და საშუალო ძაბვის მხარეს ხაზური დენების ჯამზე დენის ტრანსფორმატორების გავლით, რომელთაც აქვთ ტრანსფორმაციის ერთნაირი კოეფიციენტი (ნახ.4.8. ბ). ამპერმეტრი შეიძლება ჩაერთოს აგრეთვე ავტოტრანსფორმატორის ერთი ფაზის ნეიტრალურ სადენში ჩართული დენის ტრანსფორმატორის გავლით ისე, როგორც ნაჩვენებია პუნქტით ნახ.4.7.ბ-ზე.



ნახ.4.8. ავტოტრანსფორმატორის გრაგნილის საერთო ნაწილში გამაგალი დენის კონტროლისათვის ამპერმეტრის ჩართვის სქემა: ა – ერთფაზა ავტოტრანსფორმატორის ნეიტრალის შეყვანაზე; ბ – სამფაზა ავტოტრანსფორმატორის მაღალი და საშუალო ძაბვის მხარეს ხაზური დენების ჯამზე

გარდა ელექტროსაზომი ხელსაწყოებისა, ტრანსფორმატორზე დაყენებულია კონტროლის სხვა საშუალებებიც. ზეთის დონე განისაზღვრება ისრიანი ზეთმაჩვენებლით ან ზეთსაზომი მინით, რომელიც მოთავსებულია საფართოებლის ტონსზე. ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა მოწმდება მანომეტრული მასიგნალებელი თერმომეტრის ჩვენებით, რომელსაც გააჩნია ორი გადასაადგილებელი სასიგნალო კონტაქტი. ტრანსფორმატორის ჰერმეტიკულ ზეთვსებულ შეყვანებზე ზეთის წნევის კონტროლისათვის დაყე-

ნებულა მანომეტრები. სატრანსფორმატორო ზეთის მდგომარეობის შესახებ მნიშვნელოვან ინფორმაცია იძლევა ინდიკატორული სილიკაგელის ფერი, რომლის შეცვლის შემთხვევაში საჭიროა ზეთის შეცვლა.

ტრანსფორმატორის შებერვითი გაციების მოწყობილობები აღჭურვილია გაციების სისტემის მუშაობის შეწყვეტის, სარეზერვო გაციებისა და სარეზერვო კვების წყაროს ჩართვის სიგნალიზაციის მოწყობილობებით, ხოლო ზეთის იძულებითი გაციებისას – თითოეული ელექტროტუმბოს ჩართვა-გამორთვის, მწყობრიდან გამოსული ელექტროტუმბოს მაგიერ სარეზერვოს ჩართვის, ყველა მუშა ელექტროტუმბოს მუშაობის შეწყვეტისა და სარეზერვო კვების წყაროს ჩართვის სიგნალიზაციით. გაციების ყველა სისტემაზე, რომელთაც გააჩნიათ ელექტროტუმბო, სადაწნეო მიღზე ზეთის წნევის კონტროლისათვის დაყენებულია მანომეტრები.

ექსპლუატაციის დროს ტრანსფორმატორების მდგომარეობის დიაგნოსტიკის დონისძიებათა პირველ ჯგუფს შეადგენენ ის სამუშაოები, რომლებიც არ მოითხოვენ მუშა ტრანსფორმატორთან შეხებას, ესენია: ჩამოთვლილი კონტროლისა და საზომი საშუალებებისა და სასიგნალო მოწყობილობების ჩვენებათა კონტროლი; ტრანსფორმატორების გარეგანი დათვალიერება.

მეორე ჯგუფს მიეკუთვნებიან ის სამუშაოები, რომლებიც არ მოითხოვენ გამორთვებს, მაგრამ დაკავშირებული არიან ტრანსფორმატორის ან მის დამხმარე მოწყობილობებთან შეხებასთან. მათ მიეკუთვნება: ზეთის სინჯის აღება ელექტროული თვისებების შესამოწმებლად და ქიმიური ანალიზისათვის ან ზეთში გახსნილი აირების ქრომატოგრაფიული ანალიზისათვის. ამავე ჯგუფს მიეკუთვნება ტრანსფორმატორის აგვისა და სხვა ნაწილების ვიზუალისა და სპეციალური აპარატურით ნაწილობრივი განმუხტვის დონის გაზომვა, ამუშავებული გაზური რეგედან გაზის აღება და სხვა.

მესამე ჯგუფს მიეკუთვნება სამუშაოები, რომლებიც სრულდება გამორთულ ტრანსფორმატორზე. ესენია: იზოლაციის, გრაგნილების, მაგნიტოვამტარის, მაღალი ძაბვის შემყვანების, გადამრთველი და დამხმარე მოწყობილობების მდგომარეობის გამოცდისა და განსაზღვრის სამუშაოები. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე პროფილაქტიკური სამუშაოების ყველა სახეობა, ელექტროტუმბოების დათვალიერება, რევიზიის სხვადასხვა სახეები და სხვა.

მეოთხე ჯგუფს მიეკუთვნებიან რემონტში გამოყვანილი ტრანსფორმატორის სამუშაოები. ამ დროს სწარმოებს ცალკეული ნაწილების

მდგომარეობის შესახებ სრული ანალიზი რეკონტის მოცულობის განსაზღვრისა და დაზუსტების მიზნით. აგრეთვე განისაზღვრება ის საკონტროლო ოპერაციები, რაც განისაზღვრება ტრანსფორმატორების დამზადებისა და მონტაჟის დროს. ამასთანავე ტრანსფორმატორების რეკონტში გადაყვანის საჭიროების შესახებ გადაწყვეტილება მიიღება დიაგნოსტიკის პირველი სამი ჯგუფის ოპერაციების შედეგების საფუძველზე.

ქვემოთ დაწვრილებით განვიხილავთ ექსპლუატაციაში მყოფი ძალიან 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 არსებობის დროს ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების მთავარი და საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორებისა და რეაქტორების დათვალიერება წარმოებს გამორთვის გარეშე ერთხელ დღე-ღამის განმავლობაში. ხოლო დანარჩენი ტრანსფორმატორები შეიძლება დათვალიერებულნი იქნენ კვირაში ერთჯერ. 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 სწარმოებს გამსვლელი ბრიგადის მიერ თვეში ერთხელ, ხოლო ასეთი ტრანსფორმატორების დატვირთვის კონტროლი ხორციელდება წელიწადში ორჯერ, მათ შორის ერთჯერ ზამთრის პერიოდში დატვირთვის მაქსიმუმის დროს.

პერიოდული დათვალიერების დროს შემოწმებული უნდა იქნეს ფაიფურის იზოლატორების, შემყვანების საფარისა და განმმუხტველების მდგომარეობა. განსაზღვრული უნდა იქნეს არსებობს თუ არა ფაიფურზე ჩამონანეთქები და ბზარები, გაჭუჭყიანებულია თუ არა ზედაბირი, ადგილი აქვს თუ არა ზეთის გაჟონვას შემჭიდროებებში. საჭიროა დავრწმუნდეთ საზომი ხელსაწყოების, თერმოსიგნალიზატორებისა და თერმომეტრების ზეთმაჩვენებლების, გაზური რელეების, გამახაბოლქვი მილის მემბრანის

მოლიანობასა და წესივრულობაში. აგრეთვე უნდა შემოწმდეს საფართოებელთან მიღზე ავტომატური წამკვეთი სარქველის მდებარეობა, ჰაერსაშრობში ინდიკატორული სილიკაგელის, ზეთსადენებში მილტუჩების შეერთებისა და შედუღების ნაკერების მდგომარეობა.

ტრანსფორმატორზე დაყენებული ელექტროსაზომი ხელსაწყოები ჯერ კიდევ არ იძლევიან მისი მდგომარეობის შეფასების საშუალებას. ისინი გვეხმარებიან დროულად გამოვაგლინოთ დენისა და ძაბვის მისედევი გადატვირთვები.

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 ხანგრძლივად დასაშვებია ნომინალურს ზევით ძაბვის 5%-ით გადაჭარბება. მცირე დატვირთვის დროს (ნომინალურის არაუმეტეს 25%-ის დროს) დასაშვებია ძაბვის 10%-ით გადაჭარბება. ამდენითვე შეიძლება ძაბვის ხანმოკლე (არაუმეტეს 6 სთ დღეღამეში) გადაჭარბება ნომინალური დატვირთვის დროს.

ზეთიანი ტრანსფორმატორებისათვის დასაშვებია ნომინალურს ზევით 5%-ით გადატვირთვა, თუ ძაბვა ნომინალურია. ავარიულ რეჟიმებში დასაშვებია დენის მისედევი ხანმოკლე გადატვირთვები ცხრილში 4.3 ნაჩვენებ საზღვრებში.

ცხრილი 4.3. ტრანსფორმატორებისათვის დასაშვები ხანმოკლე გადატვირთვები

გადატვირთვა დენის მისედევი, %	30	45	60	75	100
დასაშვები ხანგრძლივობა, წთ	120	80	45	20	10

100 მვა სიმძლავრის ჩათვლით ახალი ტრანსფორმატორებისათვის დასაშვები სისტემატური და ავარიული გადატვირთვები ნაჩვენებია სტანდარტში ГОСТ 14209-85 ში. მასში ადრე მოქმედი ГОСТ 14209-69-საგან განსხვავებით დასაშვები ავარიული გადატვირთვები დაშვებულია წინა დატვირთვისა და გარემო ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით. ავარიული გადატვირთვების ნორმების ანალოგიური ვართულებები შეტანილია 100 მვა-ზე ზევით სიმძლავრის ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციის ახალ

ინსტრუქციებში. ბევრ შემთხვევაში ახალი ინსტრუქციებით ძველთან შედარებით დასაშვებია ნაკლები გადატვირთვები.

ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობების დათვალიერებისას საჭიროა ყურადღება მიექცეს ამძრავი მექანიზმისა და მართვის ფარის მარგენებლებზე მდებარეობის შესაბამისობას. ამძრავი მექანიზმის ყველა ელემენტი უნდა იყოს ფიქსირებულ მდგომარეობაში. შემოწმებული უნდა იქნეს ზეთის დონე კონტაქტორის აგზში ან საფართოებლის შესაბამის ნაკვეთურში, განსართებისა და სახშობის შემჭიდროებები, ზამთრის პერიოდში – ამძრავის გამათბობელის მდგომარეობა. საჭიროა ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის გადამრთველის მრიცხველის ჩვენების დაფიქსირება.

ტრანსფორმატორის პერიოდული გარეშე დათვალიერებისას უნდა შემოწმდეს მასზე არსებული ყველა საკონტროლო საშუალება, რადგანაც ისინი აფიქსირებენ საშიშროების აღძვრის შესაძლებლობას. მაგალითად, ტრანსფორმატორში ზეთის დონის დაწვევა დასაშვებზე მეტად მოწმობს იმას, რომ ადგილი აქვს გადინებებს ან ჩასხმული იყო არასაკმარისი რაოდენობის ზეთი. დაწვეული ზეთის დონით ტრანსფორმატორის შემდგომმა მუშაობამ შეიძლება მიგვიყვანოს გაზური რელეს ამუშავებამდე, ზეთის დაჩქარებულ დაძველებამდე ან გაციების სისტემის მტყუნებამდე. ხოლო თუ გრაგნილების იზოლაცია აღმოჩნდა ზეთის დონის ზევით, მაშინ შესაძლებელია ჰაერში მონდეს გადაფარვა, რაც გამოიწვევს გრაგნილებს შორის მოკლედ შერთვას და სერიოზულ ავარიას. ზეთის დონის აწვევა იწვევს მის გადმოღვრას. აზოტის დაცვის მქონე ტრანსფორმატორებში ამ დროს სასუნთქ სისტემაში წარმოიქმნება საცობი, ამ სისტემის მუშაობა უარესდება და შეიძლება ამუშავდეს გაზური რელე ან გამოსახბლქვი მილის მეშვეობით.

ტრანსფორმატორის თითოეული დათვალიერების დროს საჭიროა შემოწმდეს და ჩაიწეროს ზეთის ტემპერატურა. ნორმებით დადგენილია ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა. ნომინალური დატვირთვის დროს ეს ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს 95 C ზეთის ბუნებრივი გაციებისა და ვენტოლატორებით დაბერვის დროს, 75 C-ს იძულებითი დაბერვის დროს და 70 C-ს ზეთსაცვარის შესასვლელზე ზეთის წყლით გაციების დროს. თუ ზეთის ტემპერატურა აღემატება დასაშვებს, მაშინ უნდა გაირკვეს მიზეზები და მიღებული იქნეს ღონისძიებები უწყისიგრობის გამოსასწორებლად. პირველ რიგში, უნდა შემოწმდეს გაციების სისტემების: ვენტოლატორების, ზეთის ელექტროტუმბოების, ჰაერისა და წყლის ზეთსაცვირების წესიგრობა. თუ გაციების სისტემაში დარღვევები არ აღმოჩნდა, მაშინ ზეთის ტემპერატურის

აწვევა უმრავლეს შემთხვევაში მოწმობს ტრანსფორმატორში შიგა დაზიანების არსებობას: მოკლედ შეერთული კონტურის წარმოქმნას, კონტაქტურ შეერთებებში გარდამავალი წინაღობის გაზრდას, იზოლაციის გაჯირჯების შედეგად ზეთის არსების კვეთის შემცირებას, არხში გარეშე საგნების მოხვედრას და ა.შ. ყველა შემთხვევაში ტრანსფორმატორების ხანგრძლივი მუშაობა აწვეული ტემპერატურით დაუშვებელია.

მაღალი ძაბვის შემყვანებში ზეთის წნევის დაცემა უმრავლეს შემთხვევაში განპირობებულია შემყვანის ჰერმეტიკულობის დარღვევის შედეგად. ასეთი დაზიანება ძალიან საშიშია. თუ მანომეტრი დაზიანებულია, მაშინ ჰერმეტიკულობის დაზიანება დროულად ვერ იქნება შემჩნეული, ამიტომ მანომეტრები რეგულარულად უნდა შემოწმდეს.

მაღალვოლტიანი შემყვანების დათვალიერებისას ყურადღება უნდა მიექცეს შექვიდრობებში ზეთის გადინებებს, საზომი და ჩამამიწებელი სადენების მთლიანობასა და მათი მიერთების საიმედოობას.

ინდიკატორული სილიკაგული წარმოადგენს სატრანსფორმატორთ ზეთის დანესტიანების განსაზღვრის უმარტივეს საშუალებას. იგი შესწორებულ ზეთში მოხვედრილ ნესტს და იღებს ვარდისფერ შეფერილობას, ხოლო შემდგომ იღებს უფრო კაშკაშა ფერს. ამ დროს მიზანშეწონილია ავიღოთ ზეთის სინჯი მისი ტენიანობის უშუალოდ გაზომვისათვის და აგრეთვე შემოწმებული უნდა იქნას მისი სხვა თვისებებიც, რადგან ზოგიერთ შემთხვევაში ინდიკატორული სილიკაგულის ფერის შეცვლა შეიძლება გამოწვეული იყოს ზეთის ინტენსიური დამყვლებით.

ბუნებრივია, რომ დათვალიერებისას შეიძლება განსაზღვრული იქნეს ტრანსფორმატორის ნორმალური მუშაობის ხელშეშლელი სხვა დარღვევებიც. მაგალითად, ტრანსფორმატორისა და მისი ელემენტების მომატებული ვიბრაცია, გარე კონტაქტური შეერთებებისა და სალტეების დამაგრების დარღვევები, რაიმე ელემენტის დეფორმაცია, ავტომატური ხანძარქრობი სისტემების დაზიანება და სხვა.

4.8. სატრანსფორმატორთ ზეთის თვისებები

სატრანსფორმატორთ ზეთს ტრანსფორმატორში აკისრია საიზოლაციო და გამაცივებელი გარემოს როლი, ხოლო ამომრთველებსა და ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობებში დამატებით მას აკისრია რეკალქრობი როლი.

სატრანსფორმატორო ზეთის სწორი ექსპლუატაცია უზრუნველყოფს ელექტრომომწობილობის უაგარო და საიმედო მუშაობას.

ახალი სატრანსფორმატორო ზეთი ღია ყვითელი ფერისაა და აქვს მაღალი ფიზიკო-ქიმიური და დიელექტრიკული თვისებები. ექსპლუატაციაში 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 გატარების შემდეგ. ზეთის ფერი ემსახურება მისი 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 რაოდენობისა 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 ზეთის სტაბილურობა თანდათანობით მცირდება. მეორე ეტაპზე ზეთი იძენს ყავისფერ შეფერილობას, ხდება მღვრიე, იზრდება მჟავური რიცხვი და ნაცრიანობა, ჩნდება დაბალმოლეკულური მჟავები, რომლებიც მაგნიუმის შემთქმელებს ახდენენ როგორც ქადალდის იზოლაციაზე, ასევე მეტალებზე. ჩნდება ნალექები, რომლებიც აუარესებენ გრაფილების გაციების პროცესს.

ზეთის დაძველებაზე შინაგანი, ასე ვთქვათ, “ბუნებრივი” მიზეზების (მაღალი ტემპერატურა, საიზოლაციო ლაქი, ნარჩენი ტენიანობა ზეთში და ქადალდის იზოლაციაში, სპილენძი და სხვა მეტალები, რომლებსაც ეხება ზეთი) გარდა, გავლენას ახდენს გარეშე მიზეზებიც – ზეთის შეცვლის დროს ტრანსფორმატორის არასაკმარისი გაწმენდა, წყლის მოხვედრა, კონტაქტების უწესივრობა, მოკლედშერთული კონტურების არსებობა და ადგილობრივი გადახურების სხვა მიზეზები. წყლის მოხვედრის დროს მცირდება ზეთის გამრღვევი სიმტკიცე. ზოგადად ექსპლუატაციის დროს ზეთის მსუბუქი ფრაქციების აორთქლების შედეგად სიბლანტე და აორთქლების ტემპერატურა იზრდება, მაგრამ ადგილობრივი გადახურების არსებობისას მაღალი ტემპერატურის დროს ზეთის დაშლის შედეგად უჰაერობის გამო შეიძლება აფეთქების ტემპერატურა შემცირდეს.

ზეთში რაფინირებისა და რეგენერაციის დროს შეიძლება მოხდნენ ან ექსპლუატაციისას დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნან წყალში ხსნადი მჟავები და ტუტეები. წყლის ექსტრაქციის რეაქციით სპეციალური ინდიკატორების დახმარებით განისაზღვრება წყალში გახსნილი მჟავებისა და ტუტეების არსებობა, რომელთაც გააჩნიათ უნარი შეიცვალონ ფერი მათი არსებობის მიხედვით. ეს მჟავები იწვევენ სატრანსფორმატორო ზეთის სწრაფ დაჟანგვას. ხოლო მათი რაოდენობის შეფასებისათვის გამოყენებულია მჟავური რიცხვის ცნება.

სატრანსფორმატორო ზეთის მჟავური რიცხვი ეწოდება 1 გრამი ზეთის შემადგენლობაში 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 გახდნენ მეტალის კოროზიისა და მყარი იზოლაციის დაძველების მიზეზი. თუ ზეთი შეიცავს წყალში ხსნად მჟავებსა და ტუტეებს რაოდენობით 0,015 მგ (630 მგა-მდე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებში 0,03 მგ) და მეტი KOH, მაშინ უნდა მოხდეს ზეთის რეგენერაცია ან შეიცვალოს.

ზეთიდან მისი დაძველების შედეგად წარმოიქმნება გაუხსნელი ნალექი – შლამი, რომელიც დაილეკება გაციებისა და იზოლაციის არსებში, ტრანსფორმატორების გრაგნილებსა და გულარებზე და სხვა ელექტრომომწყობილობებზე. გრაგნილებზე დალექვისას ძლიერ მცირდება, ხოლო ზოგჯერ მთლიანად დაიცობა ზეთის არსები, რაც აუარესებს გრაგნილების გაცივებას და შეიძლება გამოიწვიოს დასაშვებზე მეტად გადახურება. ამ დროს იზოლაცია სწრაფად ძველდება და იშლება, რასაც მივეყვართ ავარიებთან, მაგალითად, ტრანსფორმატორის გრაგნილებში ხვიათაშორის მოკლედ შერთვასთან. ზოგიერთი მათგანი ძლიერ ჰიგროსკოპულია და მათი დალექვა იზოლაციის ზედაპირზე იწვევს გადაფარვას

ზეთის ფიზიკური თვისებები. ელექტრომომწყობილობის საიმედო მუშაობისათვის სატრანსფორმატორო ზეთის ფიზიკურ თვისებებს დიდი

მნიშვნელობა ენიჭება. ამ თვისებების ცვლილება მეტყველებს მოწყობილობის უწყისიგრობასა და ზეთის დაძველებაზე.

სატრანსფორმატორო ზეთის კუთრი წონა ნაკლები უნდა იყოს ყინულის კუთრი წონაზე, რადგანაც ყინული რომელიც შეიძლება წარმოიქმნას ზამთრის პერიოდში გამორთულ ტრანსფორმატორში, დაეშვება ფსკერზე და ხელს არ შეუშლის ზეთის ცირკულაციას.

ზეთის მნიშვნელოვანი მახასიათებელს წარმოადგენს აფეთქების ტემპერატურა. რაც ნაკლებია ეს ტემპერატურა, მით მეტია აორთქლებადობა. აორთქლებისას უარესდება ზეთის შემაღვანლობა, იზრდება სიბლანტე, წარმოიქმნება ფეთქებად საშიში და სხვა აირები. განსაკუთრებით საშიშია აფეთქების ტემპერატურის დაწევა ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობების ზეთებში.

სატრანსფორმატორო ზეთის აფეთქების ტემპერატურა უნდა იყოს რაც შეიძლება მაღალი, იმისათვის, რომ ტრანსფორმატორის მნიშვნელოვანი გადატვირთვის დროს იგი არ ააღდეს. მუშაობის პროცესში ზეთის აფეთქების ტემპერატურა ტრანსფორმატორებში შეიძლება მკვეთრად დაეცეს ადგილობრივი განურებების მოქმედებით ზეთის დაშლის შედეგად

აფეთქების ტემპერატურის განსაზღვრის მიზნით ზეთს ასხამენ დაზურულ ჭურჭელში და აცხელებენ. გამოყოფილი ზეთის ორთქლი ჰაერთან შერეული წარმოქმნის ნარევის, რომელიც მასთან მიტანილი ალის ან ელექტრული ნაპერწკლის დროს აფეთქდება.

ზეთის ელექტრული თვისებები. სატრანსფორმატორო ზეთის ერთერთი ძირითადი მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს მის საინჟინერული თვისებებს გამოყენების პრაქტიკაში არის ელექტრული სიმტკიცე, რომელიც გამოისახება ფორმულით:

$$= \frac{\text{გამრდ}}{\text{დ}}$$

სადაც გამრდ - არის გამრდვევი ძაბვა; დ - ელექტროდებს შორის დაშორება.

ანუ გამრდვევი ძაბვა, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტრო-მოწყობილობის საიმედო მუშაობას. ზეთის ელექტრიკული სიმტკიცე დროთა განმავლობაში მცირდება. გამრდვევი ძაბვის შემცირება, როგორც წესი, მოწმობს ზეთის გაჭურჭყანებას წყლით, ჰაერთ, ბოჭკოებითა და სხვა მინაერთებით. პრაქტიკულად ტრანსფორმატორში განვითარებულ ნებისმიერ დაზიანებას ადრე თუ გვიან მივყავართ ზეთის გამრდვევი ძაბვის შემცირებისაკენ. ამიტომ იგი შეიძლება ჩავთვალოთ ზეთის მდგომარეობის

კომპლექსურ მახასიათებლად. მისი განსაზღვრისათვის სატრანსფორმატორო ზეითი პერიოდულად გამოიცდება ზეთსარდგევი აპარატის საშუალებით.

გამრღვევი ძაბვა პირდაპირ არ არის დაკავშირებული კუთრ გამტარობასთან, მაგრამ მის მსგავსად მდინობიარეა მინარეგების არსებობის მიმართ. თხევადი დიელექტრიკის ტენიანობის მცირე ცვლილება და მასში მინარეგების არსებობა მკვეთრად ამცირებს ელექტრულ სიმტკიცეს. წნევის, ელექტროდების მასალისა და ფორმის, ელექტროდებს შორის დაშორების ცვლილება გავლენას ახდენს ელექტრულ სიმტკიცეზე, მაშინ როცა ეს ფაქტორები გავლენას არ ახდენენ ელექტროგამტარობაზე.

სუფთა სატრანსფორმატორო ზეთს, რომელიც თავისუფალია წყლისა და სხვა მინარეგებისაგან, მიუხედავად მისი ქიმიური შექმადგენლობისა, გააჩნია პრაქტიკისათვის საკმაოდ მაღალი გამრღვევი ძაბვა (60 კვ-ზე მეტი).

დარტყმითი ძაბვების დროს მინარეგების არსებობა თითქმის გავლენას არ ახდენს ზეთის ელექტრულ სიმტკიცეზე. შეიძლება ვფიქროთ, რომ გარდგევის მექანიზმი დარტყმითი ანუ იმპულსური და ხანგრძლივი ექსოზიციის დროს სხვადასხვაა. იმპულსური ძაბვის დროს ზეთის ელექტრული სიმტკიცე მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე 50 ჰც სინშირის ძაბვის ხანგრძლივი ექსოზიციისას. მის გამო კომუტაციური გადაძაბვებისა და ჭექა-ქუხილის განმუხტვებისას საშიშროება შედარებით მცირეა.

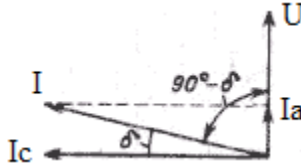
0⁰-დან 70⁰მდე ტემპერატურის ამადლებით ელექტრული სიმტკიცის ამადლება დაკავშირებულია სატრანსფორმატორო ზეთიდან ტენიანობის მოშორებასთან მის გადასვლასთან ემულსიური მდგომარეობიდან გახსნილ მდგომარეობაში და ზეთის სიბლანტის შემცირებასთან.

გარდგევის პროცესში დიდ როლს თამაშობენ ზეთში გახსნილი აირები.

სატრანსფორმატორო ზეთის, როგორც დიელექტრიკის თვისების მქონე ნივთიერების, დამახასიათებელ ერთ-ერთ მაჩვენებელს წარმოადგენს დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი – ტგ. თუ იდეალურ დიელექტრიკს მოვდებთ ცვლად ძაბვას (ნახ.4.9), მაშინ მასში გაივლის 90⁰-ით წინგასწრებული ტეკადური დენი I_ც. რეალურ დიელექტრიკში დენი შეიცავს აგრეთვე აქტიურ მდგენელს I_ა-ს, რომელიც განსაზღვრავს დიელექტრიკული დანაკარგების სიმძლავრეს. ჯამური დენი I რეალურ დიელექტრიკში და მათ შორის ზეთში ძაბვისაგან დაძრული იქნება არა 90⁰-ით, არამედ (90 –) კუთხით.

რაც უფრო ნაკლებია ზეთის ხარისხი, მით უფრო უარესია მისი დიელექტრიკული თვისებები, მეტია მასში დანაკარგები და შესაბამისად

მეტია დენის აქტიური მდგენელი I_a და მეტია კუთხე ϕ . დიელექტრიკული დანაკარგები მიღებულია დანასიათებული იქნას ამ კუთხის ტანგენსით (ტგ). რადგანაც დანაკარგები $P = I_c \cos(90^\circ - \phi) = I_a = I_c \times \text{ტგ}$, მაშინ $\text{ტგ} = I_a/I_c$ ანუ პროცენტებში გამოსახული $\text{ტგ} = (I_a/I_c) 100\%$.



ნახ.4.9. დენისა და ძაბვის ვექტორული დიაგრამა დიელექტრიკში

ახალი ზეთის დიელექტრიკული დანაკარგები ახასიათებენ მის თვისებასა და გაწმენდის ხარისხს. ზეთის მომატებული დიელექტრიკული დანაკარგები იწვევენ მთლიანად ტრანსფორმატორის საიზოლაციო მასასიათებლების შემცირებას. დასაშვებ ნორმაზე მეტად ტგ-ს გაზრდის დროს საჭიროა მიღებული იქნეს ზომები მის შესამცირებლად.

4.9. ზეთის მექანიკური მინარევები და ტენიანობა

მექანიკური მინარევი ეწოდება ზეთში ნალექის სახით ან შეტივტივებულ მდგომარეობაში არსებულ ნებისმიერ გაუსხნელ ნივთიერებას. მინარევების პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ბოჭკოები, მტვერი და სხვა ელემენტები, რომლებიც ზეთში მონგედრილია სხვადასხვა სახის ნივთიერებების (სადებაგები, ლაქები და სხვა) გახსნის შედეგად. ისინი გავლენას ახდენენ ზეთის ელექტრულ სიმტკიცეზე. მათი არსებობა განისაზღვრება გამჭირვალე მინის ჭურჭელში ჩასხმული ზეთის სინათლეზე დაკვირვებით, წინასწარი შენჯღრევის შემდეგ. მინარევების მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ზეთში ელექტრული რკალის დროს აირების გარდა წარმოქმნილი მყარი დანახშირებული ნაწილაკები, რომლებსაც შეტივტივებულ ნახშირბადს უწოდებენ. ზეთი, რომელშიც იწვის რკალი, იძენს მოლურჯო ელფერს. შეტივტივებული ნახშირბადი ადვილად სცილდება ზეთიდან ჩვეულებრივი მექანიკური გაწმენდით. ზეთის წვის პროდუქტებით ძლიერი გაჭუჭყიანების დროს იგი ექვემდებარება ადღვენას ან შეცვლას.

ზეთის დაძველების პროცესში წარმოიქმნება გაუხსნელი ნალექი შლამი. ზოგიერთი მათგანი ძლიერ ჰიგროსკოპულია და მათმა დალექვამ იზოლაციის ზედაპირზე 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 მინარეგების არსებობას ამოწმებენ საშუქზე ვიზუალურად. თუ ისინი შეუმჩნეველია, მაშინ ითვლება რომ მათი რაოდენობა 1 ტონაზე არ აღემატება 50 გრამს. მასთანავე, ტრანსფორმატორებისათვის 750 კვ და ზევით ძაბვით მინარეგების დასაშვები ზღვრული ნორმაა 5-15 გ/ტ, რაც მოითხოვს უფრო ზუსტი კონტროლის მეთოდებს. ზეთის განსაზღვრული რაოდენობა გაფილტრება და აიწონება გაფილტვრამდე და გაფილტვრის შემდეგ. მასათა სხვაობა იძლევა ნალექების რაოდენობას.

ზეთის ტენშემცველობა მცირე კონცენტრაციის დროს არსებით გავლენას ვერ ახდენს მის თვისებებზე, მაგრამ მისი დასაშვებ ნორმაზე გადამეტებამ შეიძლება გამოიწვიოს ტრანსფორმატორზე დამანგრეველი მოქმედება. ტენშემცველობის არსებობა მოწმობს ან ჰერმეტიკობის დაკარგვას ან ზეთის ძალიან დაძველებას. ავზის ფსკერზე დალექილი წყალი არ ამცირებს ზეთის ელექტრულ სიმტკიცეს, მაგრამ შეიძლება გადავიდეს ზეთში გახსნილ მდგომარეობაში ან დაატენიანოს მყარი იზოლაცია. წყალმა შეიძლება შეადწიოს ზეთში ჰაერიდან 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 ტგ განისაზღვრება ელექტროტექნიკურ ლაბორატორიაში. დანარჩენი ნორმირებული სიდიდეები ახასიათებენ ზეთის ფიზიკოქიმიურ თვისებებს და მათ განსაზღვრავენ ქიმიურ ლაბორატორიაში.

ელექტროტექნიკური პერსონალისაგან მოითხოვება ლაბორატორიაში ზეთის სინჯის ჩაბარება და შემდგომ ანალიზის შედეგების სწორი შეფასება. იმისათვის, რომ ზეთის გამოცდისა და ანალიზის შედეგები იყოს უტყუარი, სინჯის აღება უნდა მოხდეს აკურატულად, არ დაგუშვათ ზეთის დატენიანება და გაჭუჭყიანება. პირველ რიგში გაწმენდილი უნდა იქნეს საცობი ან თნკანი ჭუჭყისა და მტვერისაგან, თნკანის მილის ნახვრეტის გარეცხვის მიზნით რაიმე სხვა ჭურჭელში ჩამოვასხათ ზეთის გარკვეული რაოდენობა და ამის შემდეგ ავიღოთ ზეთის სინჯი. სინჯის აღება უნდა მოხდეს არანაკლებ 0,5 ლ ტევადობის მორგებულ საცობიან ქილაში გამოსაცდელი ზეთის ორჯერ გამოვლების შემდეგ.

330 კვ და მეტი ძაბვის ექსპლუატაციაში მყოფი ტრანსფორმატორებისა და 180 მკვ და მეტი სიმძლავრისა და ნებისმიერი ძაბვის ბლოკური ტრანსფორმატორების ავზიდან ზეთის სინჯის აღება ხდება ერთჯერ 1 წლის განმავლობაში. ყველა დანარჩენი ტრანსფორმატორებისათვის ზეთი მოწმდება ერთჯერ 3 წლის განმავლობაში. 500 კვ ძაბვის არაჰერმეტიკული შემყვანებისათვის ექსპლუატაციის პირველი ორი წლის განმავლობაში მოწმდება წელიწადში 2-ჯერ, ხოლო შემდეგ ორ წელიწადში ერთხელ. 110_330 კვ ძაბვის დროს – პირველი ორი წლის განმავლობაში წელიწადში ერთხელ, შემდგომ – სამი წლის განმავლობაში ერთხელ. ჰერმეტიკული შემყვანებისათვის ზოგად შემთხვევებში ზეთი არ მოწმდება.

ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობების კონტაქტორებიდან ზეთის სინჯი აღება წელიწადში ერთხელ. ამასთანავე თუ გადართვები ხდება საკმაოდ ხშირად, მაშინ ზეთის სინჯის აღება ხდება უფრო ხშირად. ჩვეულებრივ ზეთის სინჯი აღებებს შორის გადართვების რაოდენობა არ უნდა იყოს 5000-ზე მეტი. გამრღვევი ძაბვის შემცირების ან წყლის შემჩნევისას ზეთი გამოცვლილი უნდა იქნეს. ზოგიერთი მოწყობილობისათვის ქარხანა-დამამზადებლის ინსტრუქცია მოითხოვს კონტაქტორში ზეთი შეცვლილი 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 ის მიიღებს გარემოს ტემპერატურას. ეს მოთხოვნა ეკუთვნის როგორც ცარიელ ისე სავსე ქილებს. გამოსაცდელად 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 წარმოადგენს ტრანსფორმატორის მდგომარეობის შემოწმების უძველეს და ყველაზე უფრო გავრცელებულ ხერხს.

განსხვავებენ ახალ, რეგენერირებულ (აღდგენილ) და საექსპლუატაციო ზეთებს. ახალი და რეგენერირებული ზეთების მახასიათებლები ერთმანეთისაგან პრაქტიკულად არ განსხვავდებიან.

როგორც ახალი, ისე ექსპლუატაციაში მყოფი სატრანსფორმატორო ზეთისათვის ნორმებით დადგენილია ფიზიკო-ქიმიური და დიექტრიკული თვისებები, რომლებიც მოყვანილია დანართში 1. ბუნებრივია ექსპლუატაციაში მყოფ ზეთზე მითხვანები უფრო დაბალია, ვიდრე ახალ ჩასმულზე.

ნორმალურად დასაშვები მაჩვენებლები იძლევიან მოწყობილობის ნორმალური მუშაობის გარანტიას. ზეთის მაჩვენებლების ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობასთან მიახლოებისას საჭიროა მიღებული იქნეს ზომები მისი საექსპლუატაციო თვისებების აღსადგენად ან მოვანდინოთ მისი შეცვლა.

მრავალი დაზიანება ან ტრანსფორმატორის ნორმალური მდგომარეობიდან გადახრა ვერაფრით ვერ გამოვლინდება გარეგანი დათვალიერების დროს. განსაკუთრებით ეს ეხება ახლად დაწყებულ შინაგან დაზიანებებს. შინაგანი დაზიანებების მნიშვნელოვანი ნაწილი შეიძლება განსაზღვრული იქნეს სატრანსფორმატორო ზეთის მდგომარეობის შემოწმებით. ისეთი შინაგანი დაზიანებები, როგორცაა: ადგილობრივი გადახურებები, ნაწილობრივი განმუხტვები, უმნიშვნელო ნაპერწკლების ყრა კონტაქტურ შეერთებებში და სხვა, ამა თუ იმ ფორმით გავლენას ახდენენ სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებებზე. მისი მახასიათებლების ცვლილება ხდება აგრეთვე ტენიანობის, გაჭუჭყიანების, ჰაერის ან სხვა გაზის მოხვედრის დროს და ბოლოს, ზეთისა და მყარი იზოლაციის ბუნებრივი დაძველების შედეგად.

ელექტრული სიმტკიცის ანუ გამრღვევი ძაბვის გამოცდა წარმოებს სტანდარტულ განმუხტველში, რომელიც წარმოადგენს მცირე მოცულობის ფაიფურის აბაზანაში ერთმანეთისაგან 2,5 მმ-ით დაშორებულ ურთიერთპარალელურად განლაგებულ 8 მმ სისქისა 25 მმ დიამეტრის ორ ბრტყელ ან სფერული ფორმის ელექტროდს. (ნახ.4.10.ა)



ა)



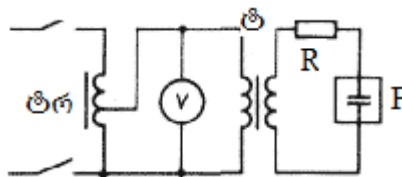
ბ)

ნახ.4.10. ფაიფურის აბაზანა (ა) და ზეთსარღვევი AIM -90 (ბ)

გამოცდის წინ აბაზანასა და ელექტროდებს უნდა გამოგავლოთ გამოსაცდელი ზეთი. მის შემდეგ ფაიფურის აბაზანას აავსებენ ზეთით და ჩადგამენ ზეთსარღვევში. ნახ.4.10.ბ-ზე მოცემულია 90 კგ გამრღვევი ძაბვის მქონე AIM -90 ტიპის ზეთსარღვევი, ხოლო მისი პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ. 4.11-ზე.

20 წუთის განმავლობაში ზეთი უნდა იდგეს, რათა მისგან გამოვიდეს ჰაერი.

ზეთსარღვევი ჩაერთვება ქსელში. 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. პირველ გარღვევას თვლიან სასინჯად და მის შემდეგ მხედველობაში არ იღებენ. გამრღვევი ძაბვის მნიშვნელობად იღებენ და-ნარჩენი 5 გარღვევის საშუალო არითმეტიკულს.



ნახ.4.11. ზეთსარღვევის პრინციპული სქემა: ტრ - მარეგულირებელი ტრანსფორმატორი; ტ - ამწვევი ტრანსფორმატორი; ღ - დენშემზღვევლი რეზისტორი; - სტანდარტული განმმუხტველი

არადამაკმაყოფილებელი შედეგის მიღების შემთხვევაში აიღება განმეორებითი სინჯი, რის შემდეგაც გაიცემა საბოლოო პასუხი.

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ 50 კგ ზევით გამრღვევი ძაბვის მქონე სატრანსფორმატორო ზეთისათვის სფერული ელექტროდებიანი აპარატით განსაზღვრული გამრღვევი ძაბვის მნიშვნელობა საშუალოდ 6 კგ-ით უფრო მეტია ვიდრე ბრტყელ ელექტროდიანი აპარატით განსაზღვრული, ხოლო 50 კგ-ზე ნაკლები გამრღვევი ძაბვის მქონე ზეთისათვის საშუალოდ 5 კგ-ით მეტია.

ზეთის შემოკლებული ანალიზი. ასეთი ანალიზის დროს, გარდა გამრღვევი ძაბვის მნიშვნელობისა, განისაზღვრება აფეთქების ტემპერატურა და მჟავური რიცხვი.

დახურულ ტიგელში ზეთის ორთქლის აფეთქების ტემპერატურა ანასიათებს ზეთის ფრაქციულ შემადგენლობას და გამოიყენება ტრანსფორმატორში ზეთის დაშლის პროცესების აღმოსაჩენად.

მჟავური რიცხვი ეს 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 ანასიათებს ზეთის დაძველებას.

ზეთის სრული ანალიზი. ამ დროს შემოკლებულ ანალიზის დამატებით განისაზღვრება ტენიანობისა და მექანიკური მინარეუტების რაოდენობა, დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი, წყალში ხსნადი მჟავებისა და ტუტეების შემცველობა და სხვა მაჩვენებლები.

ახალი სატრანსფორმატორო ზეთმა, რომელიც უნდა ჩაისხას გარემონტებულ ტრანსფორმატორში, აუცილებლად უნდა გაიაროს შემოწმება მექანიკური მინარეუტებისა და შეტივტივებული ნახშირის შემცველობაზე, გამჭირვალობაზე, დაჟანგვის მიმარ ზოგად სტაბილურობაზე, გარდა ამისა განსაზღვრული უნდა იქნას დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი, აფეთქებისა და გამყარების ტემპერატურა, მჟავური რიცხვი.

ცხრილი 4.4-ში მოყვანილია სატრანსფორმატორო ზეთის მაჩვენებლების დასაშვები მნიშვნელობები შემოკლებული ანალიზის შესაბამისად.

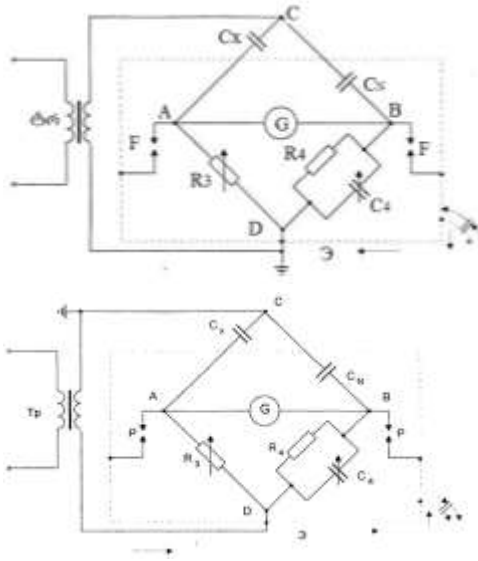
ცხრილი 4.4. სატრანსფორმატორო ზეთის მაჩვენებლების დასაშვები მნიშვნელობები შემოკლებული ანალიზის შესაბამისად

ზეთის	მოწიბობა-	ახალი	რეგენერირ-	საექსპლუატაციო ზეთი
-------	-----------	-------	------------	---------------------

მაჩვენებელი	ლობა	ზეთი	რეზული ზეთი	ნორმალურად დასაშვები	ზღვრულად დასაშვები
გაზი კვ	35 კგ-მდე	35	35	40	25
	150 კგ-მდე	60	60	60	35
	220	65	65	65	55
შეფუთვი რიცხვით /გ	220 კგ-მდე	0,02	0,05	0,1	0,25
აფეთქების ტემპ-რა, %	220 კგ-მდე	135	130	წინა ანალიზთან შედარებით არაუმეტეს 5%- ით შემცირება	125

უზეთოდ შემოტანილი ტრანსფორმატორის მონტაჟის დაწყების წინ საჭიროა ტრანსფორმატორის ფსკერიდან მოგანდინოთ ზეთის ნარჩენების სინჯის აღება და შემოწმება.

ტვ 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 აგზი) ჩამოსვებულია, მაშინ გამოიყენება ე.წ. გადაბრუნებული სქემა. ბოგირის ჩართვის პირდაპირი და გადაბრუნებული სქემა მოცემულია ნან. 4.12-ზე. ძაბვა ელექტროდებზე უნდა იყოს 2 კვ (ელექტროდებს შორის 2 მმ დაშორებისას). ბოგირის კვება ხორციელდება T ტრანსფორმატორის გავლით. დ₃ და C₄ პარამეტრების რეგულირებით მიიღწევა ბოგირის წონასწორობა. ბოგირისა და ბოგირის ეტალონური კონდენსატორის წინაღობები შერჩეულია ისეთნაირად, რომ ტვ =C₄. ამასთანავე, გაზომვის დროს საკმარისია ადებულ იქნეს C ტეგადობის მნიშვნელობები. დიელექტრიკული დანაკარგების გაზომვის მთელი პროცესის განმავლობაში დ₃ წინაღობის მნიშვნელობა არ იცვლება.



ა)

ბ)

**ნახ.4.12. ცვლადი დენის ბოგირის პრინციპული სქემა: ა – პირდაპირი (ნორმალური);
 ბ – შებრუნებული. ტრ – ტრანსფორმატორი; C_1 – გამოსაკვლევი ობიექტი; C_2 –
 ეტალონური კონდენსატორი; R_1 – ნულ-ინდიკატორი (გალვანომეტრი); R_2 –
 ბოგირის მარეგულირებელი წინაღობა; C_3 – ბოგირის მარეგულირებელი
 კონდენსატორი; Ξ – ბოგირის ეკრანი**

გაზომვის პროცესის დაწყების წინ საჭიროა შემოწმდეს ბოგირის სქემა მასთან მიერთებულ ელექტროდებთან ერთად დანაკარგების არ არსებობაზე. ეს კეთდება გამოსაცდელი ზეთის ჭურჭელში ჩასხმის წინ. დანაკარგები არ არის, თუ $C_4=0$. წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა შემოწმდეს სქემის აწყობის სისწორე და ელექტროდების სისუფთავე. თითოეული გაზომვა უნდა განმეორდეს ორჯერ გალვანომეტრის სვადასწავა პოლარობისა და მაქსიმალური მგრძობიარობის დროს. დღეისათვის ზოგიერთი სახეობის სატრანსფორმატორო ზეთისათვის ტვ ნორმირებულია 90°C ტემპერატურის დროს. ამასთანავე, საექსპლუატაციო სახელმძღვანელო მასალებში ტვ ნორმირებულია 20° და 70°C ტემპერატურაზე. ტრანსფორმატორისა და მისი კვანძების მდგომარეობის კომპლექსური შეფასებისათვის საჭიროა ექსპლუატაციაში ზეთის ტვ განსაზღვრულ იქნეს ყველა ტემპერატურაზე (20° , 70° და 90°C). ზოგიერთ შემთხვევაში, მაგალითად ზაფხულის ცხელ დღეებში ძნელია უზრუნველყოთ ზეთის 20°C ტემპერატურა. მაშინ ტვ -

გაზომვა ხდება ოთახის ტემპერატურაზე, ხოლო მისი მნიშვნელობა 20°C ტემპერატურაზე განისაზღვრება ფორმულით

$$t_{20} = t_{\Delta} - \frac{\Delta}{K_3}$$

სადაც K_3 – არის ტემპერატურაზე დამოკიდებული კოეფიციენტი, რომელიც აიღება ცხრილი 9.9-დან; $\Delta = t - 20^\circ\text{C}$.

დღეისათვის თხევადი ელექტროსაინჰოლაცით მასალების დამკველების ხარისხის შეფასების მიზნით წარმოების მიერ გამოშვებულია დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსისა და კუთრი ელექტრული წინაღობის (მომი) საზომი ავტომატური თ სისტემა (ნახ.4.13).

აღნიშნული სისტემა გამოიყენება ტექნოლოგიურ დანადგარებში ზეთის ხარისხის კონტროლისათვის, სახელდობრ ზეთის გაწმენდისა და დეგაზაციის დროს. შესაბამის პროგრამულ უზრუნველყოფასთან ერთად იგი საშუალებას იძლევა არსებითად გამარტივდეს ტექნოლოგიური პროცესის მართვის პროცედურა.



ნახ.4.13. დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსისა და კუთრი ელექტრული წინაღობის (მომი) საზომი ავტომატური თ სისტემა

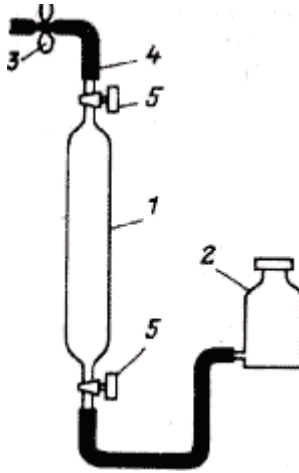
4.12. გაზის შემცველობა ზეთში

ზეთის გამოყენება წყვეტს გაციებისა და იზოლაციის პრობლემას, მაგრამ ქმნის ახალ პრობლემას, რაც დაკავშირებულია ტრანსფორმატორის

ექსპლუატაციის მომატებულ საფრთხესთან. დენგამტარი ნაწილების დაზიანების შემთხვევაში ზეთი იწვევს გაზურებას და ხდება გაძლიერებული გაზწარმოქმნა, მკვეთრად იწვევს ზეთის წნევა აგზში, რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს აფეთქებამდე. ასეთი დაზიანების გაფრთხილების მიზნით გამოიყენება გაზური დაცვა.

ზეთის ჯამურ გაზის შემცველობას განსაზღვრავენ ქრომატოგრაფის დანმარებით. ზუსტი შედეგების მისაღებად საჭიროა სწორად აგილოთ გაზის სინჯი. ამისათვის გამოიყენება ნახ.4.14-ზე წარმოდგენილი ხელსაწყო, რომელიც მოთავსებულია სპეციალურ ხის ბუდეში.

ზეთის სინჯის აღება წარმოებს შემდეგნაირად: გამათანაბრებელი შუშა 2 იფსება 22%-იანი სუფრის მარილის ხსნარით და უმატებენ 5_6 წვეთ გოგირდმჟავასა და მეთილნარინჯის ინდიკატორს (ამის ნაცვლად იყენებენ 1:1 მოცულობის გლიცერინის წყალხსნარს ან სატრანსფორმატორო ზეთს). აღებენ 1 პიპეტის 5 თნკანებს, შუშა 2 აწვევენ ზედა თნკანის ზემოთ და როცა სითხე ააფსებს პიპეტს და დაიწყებს გადმოდინებას 4 რეზინის მილიდან, დაკეტავენ 5 თნკანებს და დაუჭერენ 3 მომჭერს. პიპეტში არ უნდა დარჩეს ჰაერის ბუშტუკები. 4 მილის ბოლოს წამოაცმევენ გაზური რელეს დაკეტილი თნკანის შტუცერს, პიპეტს დაუშვებენ ამ თნკანის ქვემოთ, გააღებენ 5 თნკანებს 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, აღებენ გაზური რელეს თნკანს და გაზის აღება სწარმოებს მანამ, სანამ ზეთის დონე რელეში არ მიაღწევს სათვალთვალო მინის ზედა ნიშნულს ან მთლიანად არ აიფსება პიპეტი (მისი ტევადობა 500 მლ-ია). შემდეგ კეტავენ გაზური რელეს თნკანს, აწვევენ 2 შუშას პიპეტის ზედა მხარემდე, დაკეტავენ პიპეტის 5 თნკანებს. პიპეტს დაკეტილი თნკანებით ჩააბარებენ ქიმიურ ლაბორატორიას.



ნახ.4.14. გაზური რელედან გაზის სინჯის ასაღები ხელსაწყო

ტრანსფორმატორის დაზიანების ან არ დაზიანების შესახებ მსჯელობენ ცხრილი 4.5-ში მოყვანილი გაზის ანალიზის შედეგების მიხედვით.

ცხრილი 4.5. გაზის შემადგენლობა გაზურ რელეში ტრანსფორმატორის შინაგანი დაზიანების დროს

გაზის გაჩენის მიზეზი	კომპონენტების შემცველობა, მოცულობის %				
	წყალბადი	მეთანი + ეთანი	აცეტოლენი + 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 შემთხვევებით	2-25	2-10	2-10	0,2-15	0,2-5

ცხრილი 4.5-ში ნაჩვენებია პირველი ორი სახის დაზიანების მაგალითები დაკავშირებულია რკალის არსებობასთან და ხასიათდება, პირველ რიგში, წყალბადის დიდი რაოდენობით. მისი მიზეზია ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის გადაფარვა და ხვიათაშორისი მოკლედ შერთვა. გაზური რელე როგორც წესი მუშაობს გამორთვაზე, ხდება გაზების გამოტყორცნა გამოსაბოლქვი მილის ან დამცავი სარქველის გავლით. ტრანსფორმატორი ექვემდებარება რემონტში გადატანას.

დაზიანების მესამე სახე – ზეთის დაშლა დაკავშირებულია ადგილობრივი გადახურებების არსებობასთან. ამ დროს ისევე, როგორც მეოთხე შემთხვევაში, ტრანსფორმატორის რემონტში გადატანის გადაწყვეტილება მიიღება მისი ექსპლუატაციის ინსტრუქციისა და ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების შესაბამისად ადგილობრივი პირობებიდან გამომდინარე.

ზეთის დანარჩენი მაჩვენებლები ნორმირებული არ არის და ატარებენ დამხმარე ხასიათს. სიმკვრივე ანუ კუთრი მასა მარტივად განისაზღვრება არეომეტრის საშუალებით. სტატიკური და დინამიური სიბლანტე იზომება შესაბამისად ენგლერისა და პინკეინის ვისკოზიმეტრებით. გოგირდის შემცველობა, როგორც წესი, იზომება სატრანსფორმატორი ზეთის წარმოების ტექნოლოგიის დამუშავების პროცესში.

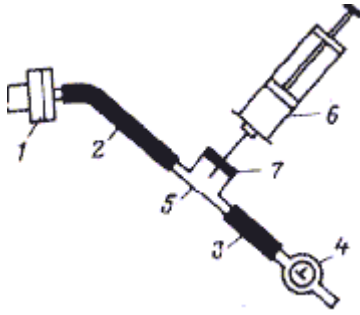
4.13. ზეთის სინჯის აღება გახსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზისათვის

სატრანსფორმატორი ზეთში გახსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზი წარმოადგენს ზეთის ტრანსფორმატორის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის ფართოდ გავრცელებულ მეთოდს და იგი სრულდება ქრომატოგრაფზე სპეციალურად მომზადებული ქიმიური სამსახურის მუშაკების მიერ. ელექტროტექნიკური პერსონალისაგან და ელექტრომონტირებისაგან მოითხოვება ზეთის სინჯის სწორად აღება და ლაბორატორიაში ჩაბარება, ხოლო ანალიზის შესრულების შემდეგ სწორად გაიშიფროს მისი შედეგები და მიღებული იქნეს გადაწყვეტილება ტრანსფორმატორის შემდგომი ექსპლუატაციის შესახებ.

არსებობს ზეთიდან გაზების გამოყოფის რამდენიმე ხერხი. თითოეული მათგანი მოითხოვს ზეთის სინჯის აღების თავის ხერხს. განვიხილოთ ყველაზე უფრო გავრცელებული ორი ხერხი.

I ხერხი. ზეთის სინჯის აღება მინის შპრიცში გამოიყენება ვაკუუმის დახმარებით ზეთში გახსნილი გაზების გამოყოფის შემთხვევაში. სინჯის აღება სწარმოებს 5 ან 10 მლ მოცულობის სამედიცინო შპრიცში (ნახ.4.15). წინასწარ შპრიცი მოწმდება ჰერმეტიულობაზე. ამისათვის გამოწვევენ დგუმს ბოლომდე და შემდეგ შპრიცის ნემსის ბოლოს შეიყვანენ რეზინის საცობში. დააწვებიან ჭოკს და გადაადგილებენ დგუმს დაახლოებით შპრიცის ნახეგარზე. ამ მდგომარეობაში შპრიცს საცობთან ერთად ჩაუშვებენ წყალში და თუ ჰაერის ბუშტუკები არ გაჩნდა, მაშინ ჰერმეტიულობა საკმარისია.

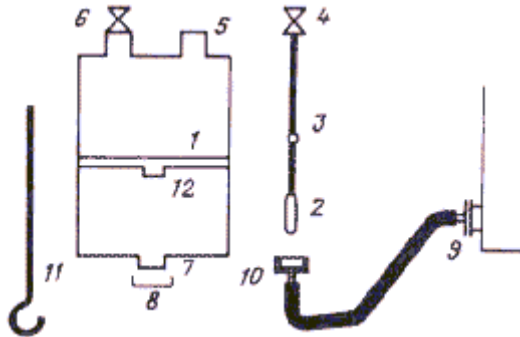
ზეთის სინჯის ასაღებად ტრანსფორმატორს გააჩნია სპეციალური განტოტება, რომელიც სინჯის აღების წინ გაწმენდილი უნდა იქნეს ჭუჭყისაგან. სინჯის აღებისას უნდა გამოუშვათ ზეთის მცირე რაოდენობა, რომელიც დაგუბებულია განტოტებაში, გაირეცხოს ზეთით შპრიცი და ზეთამდე სიმარჯვები. შპრიცით ზეთის აღების სქემა შემდეგია: სამკაპა 5 რეზინის საცობთან 7 ერთად რეზინის მილის 2 და გადაწყვანის დახმარებით შეაერთებენ ტრანსფორმატორის განტოტებასთან 1, ხოლო 3 მილით ონკანთან 4. მთელი სისტემა უნდა იყოს ჰერმეტიული. მილის 2 სიგრძე აირჩევა ისეთნაირად, 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 ააფსებენ შპრიცს ზეთით. ზეთის წნევის ქვეშე შპრიცის დგუმი თავისუფლად უნდა გადაადგილდეს. აღებენ ონკანს 4 და შპრიცის გარეცხვის მიზნით დააწვებიან დგუმს და გამოდენიან მისგან ზეთს. ამ ოპერაციას იმეორებენ ორჯერ. ამის შემდეგ იღებენ ზეთს შპრიცში, ამოიღებენ სამკაპადან და ნემსის წვეროს წამოაცემენ წინასწარ მომზადებულ რეზინის საცობს. დაკეტავენ ტრანსფორმატორის ვენტილს და მოაშორებენ ამღებ სისტემას. ზეთით აფსებულ შპრიცს ათაფსებენ სპეციალურ ტარაში, რომელსაც გააჩნია ბუდეები შპრიცისათვის. სინჯს გაუკეთებენ მარკირებას და აგზავნიან ლაბორატორიაში.



ნახ.4.15. ზეთის სინჯის აღება შპრიცით

სინჯის მარკირებისას ნაჩვენებები უნდა იყოს ობიექტის დასახელება (ელექტროსადგური ან ქვესადგური), ტრანსფორმატორის ადგილობრივი მარკირება, სინჯის აღების ადგილი (აფხი, ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობა, შემყვანი), სინჯის აღების თარიღი და ვის მიერ იქნა აღებული სინჯი. ხშირად შპრიცზე ნაჩვენებია მოკლე პირობითი აღნიშვნა, რომელიც გაშიფრულია სპეციალურ ჟურნალში.

II ხერხი. ზეთის სინჯის აღება ზეთამღებში გახსნილი გაზების ნაწილობრივი გამოყოფის დროს. ანალიზის შედეგების სიზუსტე ამ ხერხის გამოყენების დროს გაცილებით მაღალია, ვიდრე წინა შემთხვევაში. ამასთანავე ზეთის სინჯის მოთხოვნილი მოცულობა რამდენიმე ლიტრს შეადგენს. ჩვეულებრივ სარგებლობენ 2,5- 3 ლ ტევადობის ზეთამღებით, რომლის სქემა მოცემულია ნახ.4.16-ზე.



ნახ.4.16. ზეთამღები მოწყობილობის სქემა

ნორმალურ მდგომარეობაში დგუში 1 დაშვებულია ფსკერზე, ბარბოტიონი 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 ქანჩთან ერთად. ჩამოსახამენ 1,5_2 ლ ზეოს. შტუცერს 10 გადააბრუნებენ წამოსაცმელ ქანჩთან ერთად ზევით, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 9.19-ზე და არეგულირებენ ზეთის ხარჯს დაახლოებით 1 მლ/წმ. ასეთი ხარჯის დროს ზეთი ავსებს წამოსაცმელ ქანჩს და ნელა გადმოედინება გვერდებზე.

ზეთამღებიდან ამონრახნიან 2_4 ბარბოტიორს და ჭოკი 11 შეჰყავთ ხვრელით 7. ამ ჭოკით დააწვებიან დგუშის ბოლოს და იგი გადაჰყავთ ზედა მდგომარეობაში. გადააბრუნებენ ზეთამღებს ფსკერით ზევით და წამოსაცმელ ქანჩს 10 დაუჭერენ ნახვრეტთან 5 იმდენად, რომ ზეთმა შეწყვიტოს დინება შტუცერიდან. ზეთამღების შევსება ამდროს ხდება დაახლოებით 0,5 ლ/წთ სიჩქარით. როცა ხვრელიდან 7 გამოინდება დგუშის ბოლო 12, მაშინ ადგილზე უნდა დაგახუროთ სახუფავი 8. შეწყვეტილი იქნა რა ზეთის მიწოდება 9-10 რეზინის მილის მოუშორებლად გადააბრუნებენ ზეთამღებს ფსკერით ქვემოთ. მოხსნიან შტუცერს 10 და დარწმუნდებიან, რომ ზეთის მიერ მთლიანად არის შევსებული ნახვრეტი 5. დაკეტილი ონკანით 4 ბარბოტიორს 2 ჩახრახნიან ადგილზე. ზეთით ავსებულ ბარბოტიორს გადაიტანენ ლაბორატორიაში ანალიზისათვის.

ყველა შემთხვევაში ზეთის სინჯის აღებისა და ლაბორატორიაში გადატანის დროს მთავარი მოთხოვნაა დაცული იქნეს ჰერმეტიულობა და არ დაგუშვათ ზეთის დატენიანება და გაჭუჭყიანება. სინჯის შენახვის დრო უნდა იყოს მინიმალური (არაუმეტეს ერთი დღე-ღამისა).

ანალიზის ჩატარების შემდეგ ლაბორატორია გასცემს შედეგებს და, როგორც წესი, უჩვენებს ამა თუ იმ განსნილი 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 2

შემცველობა. ამასთანავე, ყველაზე ხშირად ანალიზი წარმოებს არა ყველა ჩამოთვლილ გაზზე, არამედ მათ ნაწილზე, მაგალითად, ნახშირმჟავა გაზზე, აცეტონისა და ეთილენზე. ბუნებრივია, რაც გაზის ნაკლები ნომენკლატურა იქნება მხედველობაში მიღებული, მით უფრო ნაკლებია ახლადდაწვეული დაზიანების დროულად აღმოჩენის შესაძლებლობა.

დღეისათვის ქრომატოგრაფიული ანალიზის საფუძველზე შეიძლება განსაზღვრული იქნეს ძალიან ტრანსფორმატორების დაზიანების ორი ჯგუფი: 1) მყარი იზოლაციის დეფექტები: გადანურებები და მყარი ელექტრული იზოლაციის დაჩქარებული დაძველება, ნაწილობრივი განმუხტვები ქადალდ-ზეთიან იზოლაციაში; 2) ლითონის გადანურებები და ნაწილობრივი განმუხტვები ზეთში: დენგამტარი ნაწილების, კონტაქტური შეერთებების, მაგნიტოგამტარებისა და სხვა კონსტრუქციული ნაწილების დეფექტები, მოკლედშერთული კონტურების არსებობა.

პირველი ჯგუფის დეფექტებისათვის დამახასიათებელია ნახშირმჟავა გაზისა და ნახშირჟანგის გამოყოფა. ტრანსფორმატორებისათვის, რომელთაც გააჩნიათ ღია სასუნთქი და ზეთის აზოტური დაცვა, მისი მდგომარეობის შეფასების კრიტერიუმად გამოყენებულია ნახშირმჟავა გაზის კონცენტრაცია და დადგენილია, რომ პირველი ჯგუფის საშიშ დეფექტებს ადგილი აქვთ CO₂-ის კონცენტრაციის ცნობილი 4.6-ში მოცემული მნიშვნელობის გადაჭარბების შემთხვევაში.

მეორე ჯგუფის დეფექტებისათვის დამახასიათებელია ეთილენისა და აცეტონის გამოყოფა. ეს გაზები შეიძლება არსებობდნენ ერთდროულად და აგრეთვე თან ახლდეს მეთანი და წყალბადი. საშიში კონცენტრაციები მოყვანილია ცნობილი 4.6-ში.

როგორ უნდა მიგუდგეთ ტრანსფორმატორის შემდგომი ექსპლუატაციის საკითხს? უფრო საშიშს წარმოადგენს პირველი ჯგუფის დაზიანებები, რომლებიც დაკავშირებულია გრაფნილების ან განსტოკების 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 პირველ რიგში გადატანილი უნდა იქნეს რემონტზე.

იმისათვის, რომ უფრო ზუსტად გადავწყვიტოთ ტრანსფორმატორის რემონტზე გადატანის საკითხი, უნდა მხედველობაში მივიღოთ მთელი რიგი დამატებითი გარემოებები. ნახშირმჟავა გაზი შეიძლება წარმოიქმნას ისეთი

მიზეზებით, რომლებიც დაკავშირებული არ არიან გრაგნილების ან განშტოებების იზოლაციასთან. ამ ეფექტთან შეიძლება მიგვიყვანოს ლითონის დიდი ფართობის გადახურებამ ან ზეთის ძლიერ დაძველებამ, ხშირმა გადატვირთვებმა, გადაადგზნებებმა, გაციების სისტემის მტყუნებამ და აზოტური დაცვის სისტემაში აზოტის მაგიერ ნახშირმჟავა გაზის ბალონის შეცდომით მიერთებამ. ამ შემთხვევაში უნდა გავითვალისწინოთ ზეთის ელექტრული გამოსცდებისა და ქიმიური ანალიზის შედეგების მონაცემები. აგრეთვე ქარხანა-დამაწადებლის რეკომენდაციები, რომელიც დაკავშირებულია მოცემული ტიპის ტრანსფორმატორის კონსტრუქციის განსაკუთრებულ თვისებებთან.

ცხრილი 4.6. ზეთში გახსნილი გაზების ზღვრული კონცენტრაციები ღია სახუნთქითა და ზეთის აზოტის დაცვის მქონე ტრანსფორმატორებისათვის

დეფექტები ჯგუფი	ზეთის დაცვა	ზეთის საშუალო წლიური ტემპე- რატურა, °F	დამახასი- ათებელი გაზი	ზღვრული კონცენტრაცია, %
პირველი	ჰაერსაშრო_ბი	<40	ჩ 2	0,6
	ჰიდრო- საკეტით	>40	ჩ 2	1,0
		აზოტის	<40	ჩ 2
	>40		ჩ 2	0,5
მეორე	ყველა სისტემის		ჩ2 4	0,008
			ჩ2 2	0,01
			ჩ 4	0,01

მყარი იზოლაციის დაზიანებულ ნაწილს აქვს შავი-ყავისფერი 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 უწყისიფრობის დროს. დაზიანებული ნაწილის შეკვრა მყარ იზოლაციასთან დგინდება ნახშირმჟავა გაზის კონცენტრაციის გზით, განსაკუთრებით ანალიზის მონაცემების შედარებით მეზობელად მდებარე ასეთივე ტრანსფორმატორის ანალიზის მონაცემებთან. დენგამტარი ნაწილების საშიში უწყისიფრობა განისაზღვრება მუდმივი დენით გრაგნილების

ელექტრული წინაღობის გაზომვით. ასეთი ტრანსფორმატორები პირველ რიგში გადატანილი უნდა იქნენ რემონტზე.

ტრანსფორმატორებისათვის, რომლებსაც აქვთ ზეთის აფსკური დაცვა და აგრეთვე იმ ტრანსფორმატორებისათვის, რომლებშიც ანალიზის საფუძველზე უნდა ყოფილიყო მყარი იზოლაციის დაზიანება, მაგრამ იგი არ აღმოჩნდა კაპიტალური რემონტის დროს, ტარდება ზეთში გახსნილი გაზების გაფართოებული ანალიზი. ანალიზის მონაცემების მიხედვით ტრანსფორმატორის დაზიანების შეფასება ხდება ცხრილი 4.7-ის მონაცემების მიხედვით.

ყველაზე უფრო საშიშ დეფექტად ითვლება მყარი იზოლაციის დაზიანება, რომელსაც თან ახლავს ნაწილობრივი განმუხტვები. ნაწილობრივი განმუხტვების შესახებ ვარაუდი შეიძლება გამითიქვას იმ შემთხვევაში, თუ ანალიზის მონაცემები დაემთხვევა ცხრილი 4.7-ში მოყვანილ არანაკლებ ორ თანაფარდობას. ასეთი ტრანსფორმატორების ექსპლუატაცია დასაშვებია მხოლოდ ქარხანა-დამამზადებლის თანხმობის შემთხვევაში.

თუ ზეთში აღმოჩენილია ნაწილობრივი განმუხტვების კვალი, მაშინ უნდა დაგრწმუნდეთ, რომ აღძრული დეფექტი არ ენება 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.

ცხრილი 4.7-ში მოცემული თანაფარდობებით გამოვლენილი დაზიანებების დამატებით მტკიცებულებად გამოიყენება გაზების კონცენტრაციის ცვლილების სინქარე. საშიში დეფექტის არსებობას მოწმობს ერთი თვის განმავლობაში ზეთში ნაწილობრივი განმუხტვისას აცეტელენის კონცენტრაციის 0,004–0,01%-ით და მყარ იზოლაციაში 0,02–0,03%-ით გაზრდა. გადახურების დროს (ცხრილის ბოლო სვეტი) დამახასიათებელია გაზების, პირველ რიგში მეთანისა და აცეტელენის კონცენტრაციის ზრდის სინქარის შექმნება. ამ დროს რეკომენდირებულია ტრანსფორმატორის აგზში ზეთის დეგაზაციის ჩატარება, შემდგომში ორ კვირაში ერთხელ ზეთის სინჯის აღებით.

ცხრილი 4.7. ზეთში გახსნილი გაზების საშიში კონცენტრაციების თანაფარდობები ზეთის აფსკური დაცვის მქონე ტრანსფორმატორებში

გაზების კონცენტრაციის	კონცენტრაციის თანაფარდობა	
	ნაწილობრივი	დენგამტარი შეერთებებისა

თანაფარდობა	განმუხტვებისას		და კონსტრუქციის ელემენტების გადახურებისას
	ზეთში	მყარ იზოლაციაში	
ძირითადი მაჩვენებლები			
ჩ 4 : 2	0,4-1	< 0,4	> 1,0
ჩ2 2 : ჩ2 4	>1	< 1	< 0,5
ჩ2 6 : ჩ2 2	< 0,5	< 0,5	> 0,5
ჩ2 6 : ჩ 4	< 0,2	< 0,2	> 0,2
ჩ 2 : ჩ	< 3,0	>10	<10
დამატებითი მაჩვენებლები			
ჩ 4 : ჩ2 4	> 5	1-5	
ჩ2 4 : ჩ2 6	1-5	>5	
ჩ2 2 : ჩ 4	< 0,4	< 0,4	

ზეთში გახსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზის გზით ტრანსფორმატორების მდგომარეობის მაღალეფექტური დიაგნოსტიკის გამო მცირდება იმ სამუშაოთა მოცულობა, რომლებიც მითხოვენ ტრანსფორმატორის გამორთვას.

4.14. იზოლაციის მდგომარეობის გამოცდა და განსაზღვრა

იზოლაციის გამოცდა არის ყველა პროფილაქტიკური გამოცდის ძირითადი ელემენტი. პროფილაქტიკური გამოცდები წარმოებს ტექნიკური ექსპლუატაციისა წესებისა და ელექტრომოწყობილობათა გამოცდის ნორმების შესაბამისად თითოეული მიმდინარე და კაპიტალური რემონტის დროს. ტრანსფორმატორებისათვის, რომელთაც გააჩნიათ ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობები, მიმდინარე რემონტი ტარდება ყოველწლიურად, ხოლო მის გარეშე და ასევე ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების მთავარი და საკუთარი მონმარების ტრანსფორმატორებისათვის ორ წელიწადში ერთხელ. ყველა სხვა ტრანსფორმატორებისათვის ოთხ წელიწადში ერთხელ. პროფილაქტიკური გამოცდები მოიცავს იზოლაციის გამოცდასა და კონტაქტების გარდამავალი წინაღობის გაზომვას. გამოცდის შედეგებს ადარებენ დადგენილ ნორმებსა და ადრე ჩატარებული გამოცდის შედეგებს. თუ აღმოჩნდება იზოლაციის გაუარესების ნიშნები, მაშინ პროფილაქტიკური გამოცდები ტარდება რემონტებს შორის პერიოდში.

ტრანსფორმატორების გამოცდის ნორმირებული მოცულობა მოყვანილია ცხრილი 4.8-ში.

იზოლაცია ექვემდებარება თბურ, მექანიკურ და ელექტრულ ზემოქმედებებს. ამ დროს ჩქარდება ქიმიური პროცესების მიმდინარეობს (ჟანგვა), იცვლება იზოლაციის სტრუქტურა, მცირდება მექანიკური სიმტკიცე, ხდება შრეებად დაშლა. ტრანსფორმატორის იზოლაციაზე განსაკუთრებით მაგნე ზემოქმედებას ახდენს დატენიანება და გაჭუჭყიანება. ტენი ადწეკს იზოლაციის შიგნით და ქმნის ელექტრული გარდგევის საშიშროებას. შედეგად იზოლაცია ძველდება და მასში აღიძვრება საერთო (თანაბრად განაწილებული) და ადგილობრივი (თავმოყრილი) დეფექტები. თვით ტრანსფორმატორების მდგომარეობის დიაგნოსტიკის ისეთი ეფექტური საშუალებაც კი, როგორცაა ზეთში განსნილი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზი, ვერ ავლენს იზოლაციის ყველა შესაძლო დეფექტს. სწორედ ამით არის გამოწვეული ტრანსფორმატორის გამორთვით პროფილაქტიკური გამოცდების ჩატარება.

განვიხილოთ ტრანსფორმატორის იზოლაციის გამოცდის ძირითადი სახეები.

იზოლაციის წინაღობის გაზომვა წარმოებს მეგაომეტრის საშუალებით და წარმოადგენს იზოლაციის გამოცდის ყველაზე უფრო მარტივ და გაგრცელებულ სახეს. მას შეუძლია მოგვცეს წარმოდგენა იზოლაციის საშუალო მდგომარეობაზე, აშკარა დაზიანების შემთხვევებში აჩვენოს მათი არსებობა, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში გვეხმარება განვსაზღვროთ დეფექტის ადგილი.

ცხრილი 4.8 პროფილაქტიკური გამოცდების მოცულობა

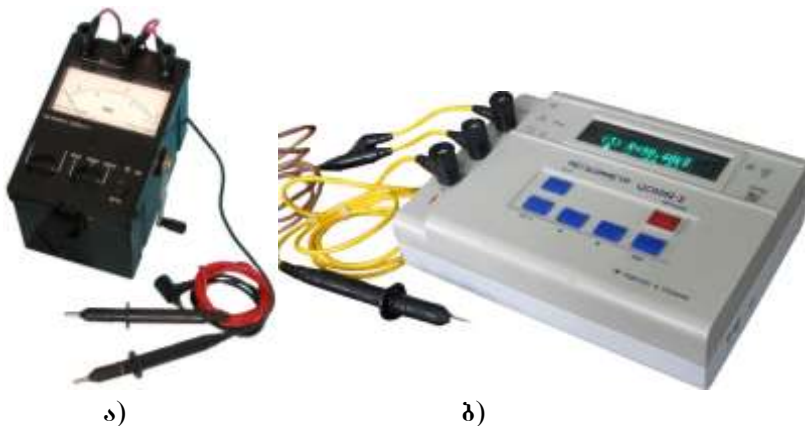
ჩასატარებელი გაზომვები და შემოწმებები	გამოცდა			
	ექსპლუატაციაში შეყვანას	კაბინეტალური რემონტის დროს	მაშინანაკე რემონტის დროს	რემონტისთვის ბერილიში
იზოლაციის წინაღობა, აბსორბციის კოეფიციენტი	+	+	+	+
ტვ	+	+	-	+

ტევაღობა, C	+	+	-	-
გამოცდა აწეული ძაბვით	+	+	-	-
გრაგნილების წინაღობა მუდმივი დენით	+	+	-	-
ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი	+	+	-	-
შეერთების ჯგუფი და ფაზირება	+	+	-	-
უქმი სვლის დენი და დანაკარგები	+	+	-	-
გადამრთველი მოწყობილობის შემოწმება	+	+	+	-
აგზის შემოწმება წნევით	+	+	-	-
გაცივების სისტემის შემოწმება	+	+	+	-
ინდიკატორული სილიკაგელის შემოწმება	+	+	+	+
იზოლაციის წინაღობა, ტგ , გამოცდა აწეული ძაბვითა და შემყვანების ზეთის გამოცდა	+	+	-	+
შემყვანების უკმჭიდროებების შემოწმება	+	+	-	-
შემყვანების მანომეტრების შემოწმება	-	-	-	+

ტრანსფორმატორის იზოლაციის წინაღობის გასაზომად გამოიყენება მეგაომეტრები ძაბვით 2,5 კვ. 220 კვ ძაბვისა და ზევით ტრანსფორმატორებისათვის მიზანშეწონილია გამოიყენებული იქნეს მეგაომეტრი მასტაბილიზებული ელექტრონული მისადგამით.

ხელის ამძრავის მქონე მეგაომეტრი (ნახ.4.17.ა) შედგება ძაბვის წყაროსაგან – მუდმივი დენის გენერატორის, ხელის ამძრავის, მაგნიტოელექტრული ლოგომეტრისა და დამატებითი წინაღობებისაგან.

გაზომვის დაწყების წინ პირველ რიგში უნდა დაფრწმუნდეთ, რომ გამოსაცდელ ობიექტზე არ არის ძაბვა. გულდასმით გაგასუფთავოთ იზოლაცია მტვერისა და ჭუჭყისაგან. 2_3 წუთით ჩაგამიწოთ ობიექტი მისგან შესაძლო ნარჩენი მუხტების მოხსნის მიზნით. მეგაომეტრის Π (ნაზი) მომჭერი მიფურთოთ ტრანსფორმატორის ერთ გრაგნილს, ხოლო მომჭერი 3 (მიწა) – მორიგეობით დანარჩენ გრაგნილებს, აგზსა და სხვა ჩამიწებულ ელემენტებს (ცხრილი 4.9). გაზომვა უნდა გაწარმოთ ხელსაწყოთ ისრის მდგრადი მდგომარეობის დროს. ამისათვის საჭიროა 120_140 ბრ/წთ სიჩქარით თანაბრად გაბრუნოთ გენერატორის სახელური.



ნახ.4.17. თანამედროვე მეგაომეტრები: ა – ჰC 0202 ტიპის ხელის ამპრაფიანი; ბ – მრავალფუნქციური LC 0202-1 ტიპის ციფრული

იზოლაციის წინააღმდეგობის განსაზღვრება ისრის ჩვენების მიხედვით. გაზომვის დამთავრების შემდეგ გამოსაცდელი ობიექტი უნდა განიმუხტოს. გამოსაცდელ ობიექტთან ხელსაწყოს მისაერთებლად გამოყენებული უნდა იქნეს ცალკეული სადენები არანაკლებ 100 მომი იზოლაციის წინააღმდეგობით.

ცხრილი 4.9. გრაგნილების შეერთება ტრანსფორმაციის იზოლაციის მახასიათებლების გაზომვისას

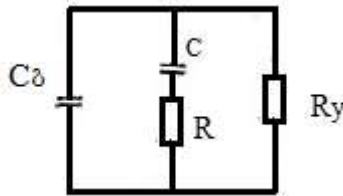
გამოსაცდელი გრაგნილები	ჩამიწებული ნაწილები
ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები	
დაბალი ძაბვის	მაღალი ძაბვისა და აგწი
მაღალი ძაბვის	დაბალი ძაბვის და აგწი
დაბალი და მაღალი ძაბვის	აგწი
სამგრაგნილია ტრანსფორმატორები	
დაბალი ძაბვის	საშუალო, მაღალი ძაბვისა და აგწი
საშუალო ძაბვის	მაღალი და დაბალი ძაბვის, აგწი
მაღალი ძაბვის	დაბალი და საშუალო ძაბვის, აგწი
მაღალი და საშუალო ძაბვის	დაბალი ძაბვის, აგწი
მაღალი, საშუალო, დაბალი ძაბვის	აგწი

გამოყენების წინ მეგაომეტრი ექვემდებარება საკონტროლო შემოწმებას. გახსნილი სადენების შემთხვევაში სახელურის დაბრუნების დროს ხელსაწყოს ისარი უნდა უჩვენებდეს “უსასრულობას”, ხოლო მოკლედ შეერთვის დროს – ნულს.

მისათვის, რომ ტენიან ამინდში გაზომვის შედეგზე გავლენა არ მოახდინოს იზოლაციის ზედაპირზე გამაგალმა გაჟონვის დენებმა, მეგაომეტრის Ξ (ეკრანი) მომჭერი უნდა მიერთდეს გასაზომ ობიექტთან. ამ სქემის დროს გაჟონვის დენები ლოგომეტრის გრაგნილის გვერდის ავლით გადავა მიწაში.

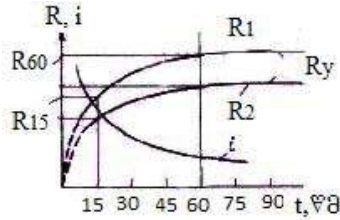
ნახ.4.17.ბ-ზე ნაჩვენებია 2500 ვ ძაბვის უახლესი ტიპის მრავალ-ფუნქციური LC0202-1 ტიპის მეგაომეტრი, რომელსაც სახელურიანი მეგაომეტრისაგან განსხვავებით არ სჭირდება სახელურის ბრუნვა. საკმარისია დაგაჭიროთ დილაკს თითი და დისპლეიზე დაგინახავთ გაზომვის შედეგს. იგი იკვებება აკუმულატორის ბატარეით ან ცვლადი დენის წრედიდან ადაპტერის დახმარებით, რომელიც იმაგდროულად გამოიყენება აკუმულატორის დასამუხტად. ამ ხელსაწყოს შეუძლია: იზოლაციის წინაღობისა (100 კომიდან 100 გომი-მდე) და ძაბვის გაზომვა (40–500 ვ ფარგლებში), აბსორბციის კოეფიციენტის განსაზღვრა.

ტრანსფორმატორის შინაგანი იზოლაციის უმარტივესი ჩანაცვლების სქემა მოცემულია ნახ.4.18-ზე.



ნახ.4.18. ტრანსფორმატორის შინაგანი იზოლაციის ჩანაცვლების უმარტივესი სქემა

მეგაომეტრიდან ძაბვის მიწოდების წინ საჭიროა მისი გენერატორი დაგაბრუნოთ მთლიანი სიჩქრით და ამის შემდეგ მივაწოდოთ ძაბვა ტრანსფორმატორზე. ამ დროს ჯერ მონდება იზოლაციის კონსტრუქციით განსაზღვრული გეომეტრიული ტევადობის n_r სწრაფი დამუხტვა (ნახ.4.18), შემდეგ მდლოვრედ დამუხტება n ტევადობა, რომელიც დ წინაღობასთან ერთად ახასიათებს ტენიანობის, გაჭუჭყიანებისა და სწვათა არსებობას და ბოლოს გამაგალი დენი დამყარდება და მუდმივი დენით განსაზღვრული იქნება იზოლაციის წინაღობა დყ. ამ დამყარებულ დენს ეწოდება გაჟონვის დენი. დენების ცვლილების შესაბამისად იცვლება მეგაომეტრით გაზომილი წინაღობების მნიშვნელობებიც. ეს ცვლილებები ნაჩვენებია ნახ. 4.19-ზე.



ნახ.4.19. იზოლაციის წინაღობისა და მასში გამაგალი დენის დროზე დამოკიდებულება მეგაომეტრით გაზომვის დროს (ღ₁ და ღ₂ – წინაღობების მნიშვნელობები შესაბამისად ტ₁ და ტ₂ ტემპერატურების დროს)

იზოლაციის წინაღობის დამყარებული მნიშვნელობა ღ_ყ მიიღწევა საკმაოდ დიდხანს. ტრანსფორმატორის გამოსაცდელი გრაგნილის (ან გრაგნილებს შორის) იზოლაციის წინაღობად მიღებულია გამოსაცდელი ძაბვის მიწოდებიდან 60 წმ-ის შემდეგ გაზომილი წინაღობის მნიშვნელობა ღ₆₀. გაზომვის შემდეგ სხვა გამოცდების ჩატარებამდე უნდა განგუმუსტოთ ტრანსფორმატორის გრაგნილი. გაზომვის შედეგებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტემპერატურა.

ტ₁ ტემპერატურაზე გაზომილი იზოლაციის ღ₁ წინაღობის გადაანგარიშება ტ₂ ტემპერატურაზე წარმოებს ფორმულით:

$$\varrho_2 = \varrho_1, \text{ თუ } t_1 > t_2,$$

და $\varrho_2 = \varrho_1 / 2, \text{ თუ } t_2 < t_1.$

კოეფიციენტი ϱ_2 განისაზღვრება ცხრილი 4.10-ის მიხედვით.

ცხრილი 4.10. გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტების დამოკიდებულება ტემპერატურათა სხვაობაზე

კოეფიციენტები	კოეფიციენტების მნიშვნელობა $\Delta t = t_2 - t_1, ^\circ\text{C}$ დროს									
	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
1 (ტგ)	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,31	1,51	1,75	2,0	2,3
2 (ღ ₆₀)	1,04	1,08	1,13	1,17	1,22	1,5	1,84	2,25	2,75	2,4

შენიშვნა. თუ მიღებული Δt -ს მნიშვნელობა ცხრილში ნაჩვენები არ არის, მაშინ კოეფიციენტი განისაზღვრება მიღებულ ტემპერატურათა Δt სხვაობასთან უახლოეს ნაკლებ მნიშვნელობის 5°C – ჯერადი ტემპერატურის შესაბამის ϱ_1' კოეფიციენტის გამრავლებით $\Delta t - \Delta t'$ სხვაობის შესაბამის ϱ_1'' კოეფიციენტთან. მაგალითად, $\Delta t = 13^\circ\text{C}$. ვპოულობთ, როცა $\Delta t' = 10$, მაშინ $\varrho_1' = 1,31$. $\Delta t - \Delta t' = 13 - 10 = 3$ და $\varrho_1'' = 1,09$. $\varrho_1 = \varrho_1' \times \varrho_1'' = 1,31 \times 1,09$

= 1.43

ამასთანავე სწავდასწავა ტრანსფორმატორებისათვის ტემპერატურული დამოკიდებულება ისე ძლიერ განსწავდება ერთმანეთისაგან, რომ პრაქტიკაში მიღებული არ არის ვისარგებლოთ გადაანგარიშებით ტემპერატურის 5⁰ჩ სწავლობაზე მეტად. უნდა ვისწრაფოდეთ იმისკენ, რომ გაზომვის დროს ტემპერატურა იყოს ისეთი, როგორც 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 დ ₆₀ , მომი გრაგნილების ⁰ ჩ ტემპერატურის დროს						
	ძაბვა, კვ	სიმძლავრე, კვა	10	20	30	40	50	60	70
ქსპლუატაციაში 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 მიღებული იქნეს ზომები იზოლაციის აღსადგენად.

აბსორბციის კოეფიციენტი თავისი მნიშვნელობით ტრანსფორმატორების იზოლაციის მდგომარეობის მეორე ძირითადი მაჩვენებელია. იგი ახასიათებს იზოლაციის დატენიანებისა და გაჭუჭყიანების ხარისხს და გამოისახება მეგაომპეტრიდან ტრანსფორმატორზე ძაბვის მიწოდებიდან 60 წამის შემდეგ გაზომილი წინაღობის l_{60} -ს ფარდობით 15 წამის შემდეგ გაზომილ წინაღობასთან l_{15} . (ნახ.4.19), ანუ

$$\text{ახ.} = l_{60}/l_{15}$$

მშრალი იზოლაციისათვის ეს კოეფიციენტი ტოლია 1,5_2, ხოლო ძლიერ დატენიანებულისათვის – ახლოა ერთთან. ეს აიხსნება იმით, რომ მშრალი იზოლაციის შემთხვევაში დამუხტვის დენი იცვლება ნელა და 15 და 60 წმ-ის შემდეგ გაზომილი იზოლაციის წინაღობები ერთმანეთისაგან დიდად განსხვავდებიან. დანესტიანებული იზოლაციის შემთხვევაში დამუხტვის დენი იცვლება სწრაფად და 15 წამის შემდეგ იგი აღწევს დამყარებულ მნიშვნელობას, ამიტომ 15 და 60 წამის შემდეგ გაზომილი წინაღობები ერთმანეთისაგან თითქმის არ განსხვავდებიან, რის გამოც მათი ფარდობა ერთთან ახლოსაა. აბსორბციის კოეფიციენტი დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და 80⁰ჩ-ზე უახლოვდება ერთს. ამიტომ გაზომვები უნდა ვაწარმოოთ 10–30⁰ჩ ტემპერატურის დროს. ექსპლუატაციაში შეყვანის დროსა და კაპიტალური რემონტის შემდეგ დამაკმაყოფილებლად ითვლება, თუ $> 1,3$.

ტრანსფორმატორების გრაგნილების იზოლაციის ტევადობისა და დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტე გაზომვა სწარმოებს ცნრილი 4.9-ში მოცემული სქემებისათვის. ზოგჯერ მოითხოვება განსაზღვროს ტევადობა და ტე „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 ტე -ს განსაზღვრა, მაშინ ამ გრაგნილებს შეაერთებენ და ჩ საზომ მომჭერებთან (ნახ.4.12.ა), ხოლო ავზს – 3 მომჭერთან. გარდა ბოგირის პირდაპირი სქემისა გამოიყენებენ ე.წ. შებრუნებულ სქემას (ნახ.4.14.ბ), რომელშიც გამოსაცდელი ობიექტი ჩამიწებულია. სახელდობრ, ასეთი სქემა ყოველთვის გამოიყენება, როცა გაზომვა წარმოებს გრაგნილსა და ავზს შორის.

110 კვ და ზევით ძაბვით ტრანსფორმატორებისათვის გაზომვები წარმოებს ზონების მიხედვით. გრაგნილებისა და ბოგირის მიერთების სქემები მოყვანილია ცნრილში 4.12.

ცხრილი 4.12. ტრანსფორმატორის იზოლაციის მახასიათებლების ზონებად გაზომვისას გრაგნილების მიერთება

გაზომი ზონა	ბოგირის ჩართვის სქემა	ტრანსფორმატორის ჩართვა			ბოგირის ჩართვა	
		საზომ სქემასთან		ეკრანთან	კვების წყაროსთან მიწასთან	
		წერტილი	ჩ წერტილი			
ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი						
დმ -აგზი	გადაბრუნე-ბული	დმ	-	მმ		ჩ
დმ -მმ	ნორმალური	დმ	მმ	აგზი	ჩ	ჰ,
მმ - აგზი	გადაბრუნე-ბული	მმ	-	დმ		ჩ
სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი						
დმ -აგზი	გადაბრუნე-ბული	დმ	-	სმ, მმ		ჩ
დმ-სმ	ნორმალური	დმ	სმ	აგზი, მმ	ჩ	ჰ,
სმ-აგზი	გადაბრუნე-ბული	სმ	-	მმ, დმ		ჩ
სმ-მმ	ნორმალური	სმ	მმ	აგზი, დმ	ჩ	ჰ,
მმ-აგზი	გადაბრუნე-ბული	მმ	-	სმ, დმ		ჩ

ამ შემთხვევაში ცხრილი 4.9-ში მოყვანილი სქემებით გაზომვები აუცილებელი არ არის. გაზომვებს ტრანსფორმატორზე აწარმოებენ ზეთის ჩასხმიდან 0,5-2 დღე-ღამის გაგლის შემდეგ. ტრანსფორმატორებში, სადაც ხდება ზეთის იძულებითი ცირკულაცია ამ პერიოდში ტუმბოების საშუალებით უნდა მოხდეს ზეთის გადარევა.

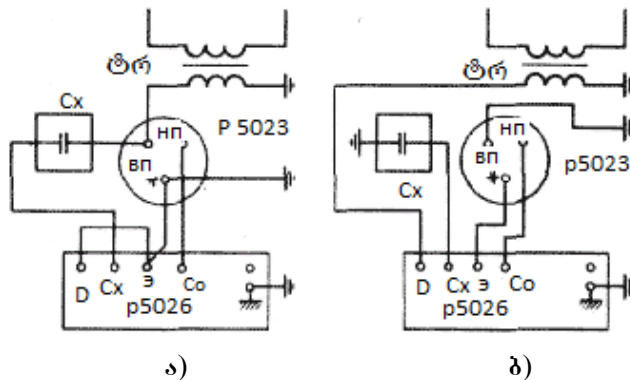
დაწვრილებით განვიხილოთ გაზომვების ჩატარების პროცედურა 5026 ტიპის ბოგირით. მაღალ ძაბვაზე, რომელსაც გაზომვების დროს ძალიან ხშირად აქვს ადგილი, ბოგირი გამოიყენება 5023 ტიპის საჭაერო სანიმუშო კონდენსატორთან ერთად. შეერთების სქემები მოყვანილია ნახ.4.21-ზე. ეს სქემები მთლიანად შეესაბამებოდა ნახ.4.12-ზე მოყვანილ სქემებს. სქემებზე მომჭერების აღნიშვნა მიღებულია ბოგირისა და სანიმუშო კონდენსატორის მარკირების შესაბამისად. მომჭერი ჩ_x ნახ.4.20-ზე შეესაბამება წერტილს ნახ.4.12-ზე, ხოლო კონდენსატორის მომჭერი ВП – ჩ წერტილს.



ნახ.4.20. 5026 ტიპის ბოგირი, 5023 ტიპის საჰაერო სანიმუშო კონდენსატორი და Ф-5122 ტიპის დამცავი პოტენციალის მოწყობილობა

ტევადობისა და ტგ –ს გაზომვის დროს დაცული უნდა იქნეს აწეული ძაბვით ელექტროდანადგარის გამოცდის დროს გათვალისწინებული წესები, მით უმეტეს, რომ გაზომვისათვის საჭირო აპარატურა განლაგებულია ობიექტის უშუალო სიახლოვეს.

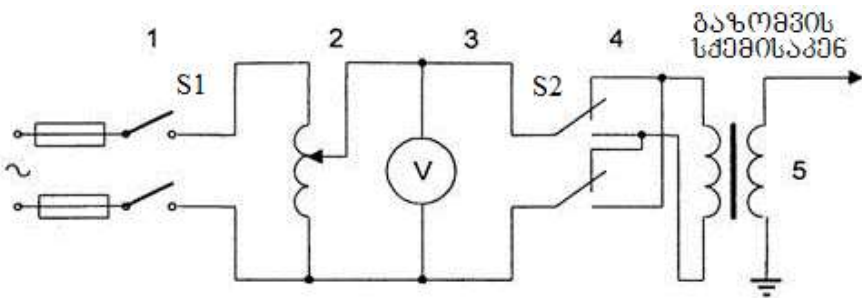
განსაკუთრებული ყურადღება მოითხოვება შებრუნებული სქემით გაზომვების ჩატარების დროს, როცა ბოგირის ელემენტების მნიშვნელოვანი რიცხვი იმყოფება ძაბვის ქვეშ. ბოგირის კორპუსი დაყენებულია შემოდობის გარეთ, მაგრამ მისი უკანა კედელი განლაგებული უნდა იქნეს შემოდობის დონეზე, ხოლო მაღალი ძაბვის შემყვანი მასთან შემაგალი ეკრანირებული შემაერთებელი კაბელით – შემოდობილ ზონაში. ამავე ზონაში მოთავსებულია გამოსაცდელი ტრანსფორმატორი თ და 5023 სანიმუშო კონდენსა-ტორი.



ნახ.4.20. 5026 ტიპის ცვლადი დენის ბოგორის ჩართვა 5023 ტიპის გარე კონდენსატორთან ტევადობისა და ტვ -ს გაზომვის დროს: ა - პირდაპირი სქემით; ბ - შებრუნებული სქემით

გამოსაცდელი ტრანსფორმატორიდან სანიმუშო კონდენსატორისაკენ მიმავალი ამძრავი, ასევე ბოგორის შემაერთებელი კაბელები, რომლებიც იმყოფებიან მაღალი ძაბვის ქვეშ, არ უნდა ეხებოდნენ ჩამოშვებულ საგნებს და მათგან მოშორებული უნდა იყვნენ არანაკლებ 100_150 მმ. ისინი დამაგრებულნი უნდა იყვნენ იზოლატორებზე ან არანაკლებ 200_250 მმ სიგრძის ბაკელიტის მილებზე.

ნებისმიერი სქემით გაზომვის დროს გამოსაცდელი ტრანსფორმატორის გამართვის მოწყობილობები (დილაკები, გადამრთველები და სხვა) უნდა იყოს თპერატორის ხელში. ტრანსფორმატორი თ და მისი მარეგულირებელი მოწყობილობები უნდა მივუახლოვოთ ბოგორს, მაგრამ არანაკლებ 0,5 მ მანძილზე. ამ დროს უნდა დავრწმუნდეთ, რომ ისინი არ მოხდენენ დაუშვებელ ელექტრომაგნიტურ მოვლენებს. ბოგორის, ტრანსფორმატორისა და მარეგულირებელი მოწყობილობების კორპუსები და მკორეული გრაგნილის ერთი გამომყვანი აუცილებლად უნდა ჩამოშდეს. გამომცდელმა ტრანსფორმატორმა უნდა მოგვცეს 6, 10 და მეტი ძაბვა და უნდა ჰქონდეს სიმძლავრე $P = 2\omega R_X$ (R_X გამოსახულია ფარადებში, $\omega = 314$ რად/წმ, როცა $f=50$ ჰც). ამ პირობას აკმაყოფილებს ძაბვის ტრანსფორმატორები -10, -6 და სხვა. გამოსაცდელი ტრანსფორმატორი უნდა ჩართოს ნახ.4.21-ზე მოცემული სქემით.



ნახ.4.21. გამოსაცდელი ტრანსფორმატორის ჩართვის სქემა ტვ -ს გაზომვის დროს: 1 - დენმკვეთი; 2 - სარეგულირებელი ტრანსფორმატორი; 3 - გოლტმეტრი; 4 - გამოსაცდელი ტრანსფორმატორის გამომყვანების პოლარობის გადამრთველი; 5 - გამოსაცდელი ტრანსფორმატორი

სიმძლავრის ამადლების მიზნით შეიძლება პარალელურად ჩაერთოს 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. შ₁ ამომრთველით მიეწოდება ძაბვა, ხოლო შ₂ გადამრთველით ცვლიან ჩართვის პოლარობას, თუ ეს მოითხოვება.

გამოსაცდელ ზონაში იზოლაციის ტეგადობა ნახ.4.12 ბოგერული სქემიდან ბოგერის წონასწორობისას გამოითვლება ფორმულით:

$$h_x = k_1 h_0 / d_3$$

ხოლო დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი ტოლია:

$$tg = k_2 h_4$$

სადაც კოეფიციენტები კ₁ და კ₂ განისაზღვრებიან წინაღობის ბოგერის სახელურების მდებარეობით.

ასეთნაირად გაზომილი ტრანსფორმატორის გრაგნილების იზოლაციის ტეგადობა არ ნორმირდება და საერთოდ არ წარმოადგენს იზოლაციის ტეგადობის მაჩვენებელს. თუ ტეგადობა არსებითად განსწვავდება წინა გამოცდებისას მიღებული მნიშვნელობებისაგან, მაშინ, როგორც წესი, ეს მიგვითითებს შეცდომაზე გამოცდის სქემაში ან გაზომვისას დაშვებულ შეცდომებზე. ტრანსფორმატორის გრაგნილების ტგ -ს ზღვრული მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილი 4.13-ში.

ცხრილი 4.13. ტრანსფორმატორის გრაგნილების იზოლაციის დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის (ტგ) ზღვრული მნიშვნელობები

გამოცდის სახე	ტრანსფორმატორის ნომინალური მონაცემები		ტგ ,%, გრაგნილების ¹⁸ 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	35	10000	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
	110-150	ყველა	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14

შემდეგ		სიმძლავრის							
	220-500	ყმაწლა სიმძლავრის	1	1,3	1,6	2	2,5	3,2	4

ექსპლუატაციაში ტგ იზომება 110 კგ და ზევით ძალური ტრანსფორმატორებში, ხოლო ნაკლები ძაბვის დროს – თუ სიმძლავრე აღემატება 31500 კვტ. ამ დროს მისი მნიშვნელობა არ ნორმირდება, მაგრამ უნდა გაავითვალისწინოთ იზოლაციის მდგომარეობის გაზომვების შედეგების კომპლექსური შეფასებისას, სახელდობრ, მისი ტენშემცველობის განსაზღვრის გაანგარიშებისას.

ტგ ს მიღებული მნიშვნელობების საბაზისორტო ან სხვა მონაცემებთან შედარება უნდა მოხდეს მკაცრად ერთი და იგივე ტემპერატურის დროს. თუ გაზომვები ჩატარებულია სხვადასხვა ტემპერატურაზე, მაშინ შედეგები უნდა გადაიანგარიშდეს, ისევე როგორც დ₆₀-ის გადაანგარიშებისას. თუ ტემპერატურა ტ₂ რომელზედაც უნდა გადაიანგარიშდეს ტგ მეტია ტ₁-ზე, რომელზეც შესრულდა გაზომვა, მაშინ:

$$T_g 2 = 1 T_g 1, \text{ თუ } T_2 > T_1, \text{ მაშინ } T_g 2 = T_g 1 / 1,$$

სადაც 1 – არის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ტემპერატურათა სხვაობაზე (ცხრილი 4.10 თანახმად).

იზოლაციის მახასიათებლებს (ეს ეკუთვნის დ₆₀ და ტგ) ზომავენ არანაკლებ +10⁰ჩ იზოლაციის ტემპერატურაზე, თუ სხვა პირობა ბაზისორტოში ნაჩვენებია არ არის. დამყარებული ან ნელა მგარდნი ტემპერატურის დროს იზოლაციის ტემპერატურად მიიღება ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა. სხვა პირობებში ტემპერატურას ზომავენ მუდმივი დენის მიმართ წინაღობის მეთოდით.

დოქტრინული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი, მიუხედავად იმისა, რომ საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ზეთისა და მყარი იზოლაციის გაჭურჭყიანება და დატენიანება, შეიძლება მიგვიყვანოს არასწორ დასკვნამდე. პრაქტიკაში, მაგალითად, ადგილი აქვს შემთხვევებს, როცა კაპიტალური რემონტის დროს ტრანსფორმატორის იზოლაცია დამაკმაყოფილებლად შრება, მაგრამ ჩასხმის დროს თითქმის იდეალურად „მშრალი“ და სუფთა ზეთის საერთო ტგ დადის დამაკმაყოფილებელ მნიშვნელობამდე. ასეთ ტრანსფორმატორებს ექსპლუატაციაში გააჩნიათ შემცირებული საიმედოობა. ამგვარად, ტრანსფორმატორის მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის ირიბი შეფასება არ შეიძლება მიჩნეული იქნეს საკმარისად.

4.15. მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის გაზომვა

დამზადების შემდეგ ტრანსფორმატორის მყარ იზოლაციას (მუყაოს) აქვს მცირე ტენშემცველობა ($\kappa < 1\%$ -ზე). ნორმებით ლიმიტირებულია კაპიტალური რემონტის შემდეგ მყარი იზოლაციის ტენშემცველობა. ტრანსფორმატორებისათვის მაღალი ძაბვით 110-220 კვ შრობა არ მოითხოვება, თუ მყარი იზოლაციის ტენშემცველობა არ აღემატება 3%-ს, ხოლო 330_500 კვ ტრანსფორმატორებისათვის – 1,5%.

ექსპლუატაციის პროცესში ტენშემცველობა შეიძლება გაიზარდოს 1,5_2-ჯერ. 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. ამიტომ აღებული ნიმუშები დაუყონებლივ მოთავსებული უნდა იქნეს წანასწარ მომზადებულ ქილაში, რომელშიც ჩასმულია იმავე ტრანსფორმატორის ზეთი და დახურულია მჭიდროდ. როგორც აქედან ჩანს, მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის განსაზღვრის ეს ხერხი დაკავშირებულია ტრანსფორმატორის ჰერმეტიკულობის დარღვევასთან. ამიტომ იგი გამოიყენება მონტაჟის, კაპიტალური რემონტისა დროს ან მომხდარი ავარიის მიზეზების გარკვევისათვის.

ზეთბარიერული იზოლაციის გამოკვლევები იძლევა საშუალებას მიღებული იქნეს დამოკიდებულება ტრანსფორმატორის გრაგნილების იზოლაციის ტგ -ს, ზეთის ტგ % და მყარი იზოლაციის ტენიანობას κ შორის. მიღებული დამოკიდებულების საფუძველზე შეიძლება განისაზღვროს ტგ -ს ზღვრული მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება ცხრილი 4.14-ში ნაჩვენებ მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის დასაშვებ მნიშვნელობებს კაპიტალური რემონტის დროს ზეთის სხვადასხვა მანასიათებლების დროს.

თუ მოწმდება იზოლაციის ტგ 60°C ტემპერატურის დროს, მაშინ უნდა გამოვიყენოთ სატრანსფორმატორო ზეთის მონაცემები 70°C (ტგ % 70) ტემპერატურისათვის, ხოლო 30°C იზოლაციის ტემპერატურისას უნდა

გამოვიყენოთ ტგ იმ ტემპერატურაზე, რომელიც განსვავებულია 30 ან 60 °K-საგან და გადავიანგარიშოთ ამ ტემპერატურათაგან უახლესზე 1 კოეფიციენტით ისე, როგორც ეს აღწერილი იყო § 4.13-ში.

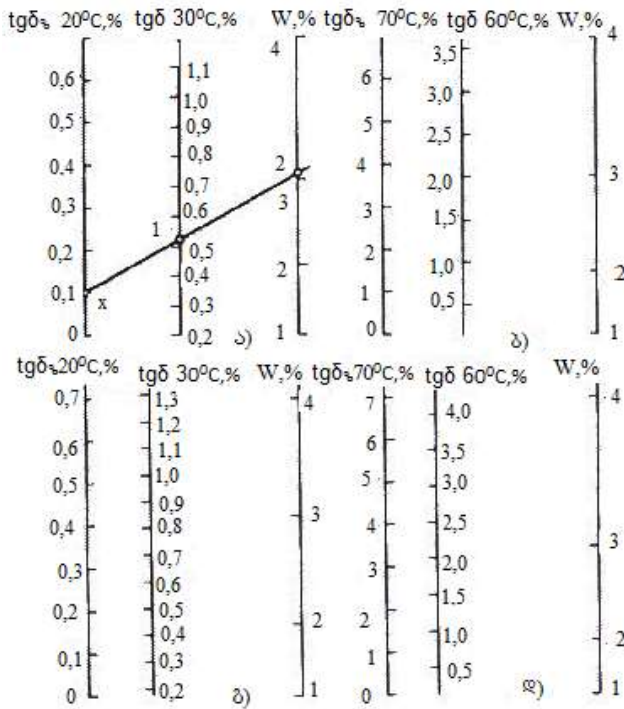
ცხრილი 4.14. ტრანსფორმატორის გრაგნილების იზოლაციის ტგ -ს დასაშვები მნიშვნელობები კაპიტალური რემონტის დროს

ტრანსფორმატორის ძაბვის კლასი, კვ	მყარი იზოლაციის დასაშვები ტენიანობა კაპიტალური რემონტის დროს, %	ზეთის გასაწომი მახასიათებელი		გრაგნილის იზოლაციის ზღვრულად და-საშვები მახასიათებელი	
		ტგ %	ტემპერატურა გაწომ-ვის დროს, °K	ტგ	შესაბამისი ტემპერატურა, °K
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 უკუ ამოცანა – განვსაზღვროთ მყარი იზოლაციის ტენიანობის მნიშვნელობა იზოლაციისა და ზეთის ტგ-ს გაწომილი მნიშვნელობების მიხედვით. ნახ.4.22.ა-ზე მაგალითისათვის მოყვანილია ტგ -სა და ტენიანობის ჭ და მოკიდებულების ნომოგრამა 110_220 კვ კლასის ტრანსფორმატორებისათვის 30°K ტემპერატურის დროს, ხოლო ტგ %-ისა 20°K ტემპერატურაზე.

განვიხილოთ ნომოგრამის გამოყენების მაგალითი 110 კვ ძაბვისა და 60 მვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორის მაგალითზე. გამოცდის დროს მიღებულია: 20°K ტემპერატურის დროს ტგ % = 0,1; ნახ. 4.22-ზე მოვინშნავთ შესაბამის წერტილს X ღერძზე, ხოლო 42°K ტემპერატურაზე ტგ = 0,7. გადავიანგარიშოთ გრაგნილების იზოლაციის ტგ 30°K ტემპერატურაზე. ტ = 42 - 30 = 12°K. რადგანაც ტემპერატურის ეს სწვაობა ცხრილი 4.10-ში მოცემული არ არის, ამიტომ ვანგარიშობთ კოეფიციენტს $\gamma_1 = \gamma_1 \times \gamma_1$. γ_1 -ს მნიშვნელობა აიღება ცხრილი 4.10-დან შემცირების მხარეზე 5-ის ჯერადი უახლოესი მნიშვნელობის მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში ტემპერატურათა სწვაობა ტ = 42 - 30 = 12°K. შემცირების მხარეს მასთან უახლოესი სწვაობაა 10, რომელსაც შეესაბამება $\gamma_1 = 1,31$. γ_1 -ის მნიშვნელობა აიღება იგივე

ცხრილი 4.10-დან τ და τ' სხვაობათა მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში $\tau - \tau' = 12 - 10 = 2$. ცხრილი 4.10-ში ამ მნიშვნელობას შეესაბამება $\tau_1 = 1,06$. საბოლოოდ $\tau_1 = 1,31 \times 1,06 = 1,39$. $\tau_{30} = \tau_{42} / \tau_1 = 0,7 / 1,39 = 0,51$.



ნახ.4.22 ტრანსფორმატორების მყარი იზოლაციის ტენშემცველობის გრაგნილების იზოლაციის ტგ-ს და ზეთის ტგ-ზე დამოკიდებულების საორიენტაციო ნომოგრამა:

ა - 110-220 კვ ძაბვის კლასის ტრანსფორმატორების, ტგ 30°ნ დროს, ტგა 20°ნ დროს; ბ - 110-220 კვ ძაბვის კლასის ტრანსფორმატორების, ტგ 60°ნ დროს, ტგა 70°ნ დროს;

გ - 330-500 კვ ძაბვის კლასის ტრანსფორმატორების, ტგ 30°ნ დროს, ტგა 20°ნ დროს; დ - 330-500 კვ ძაბვის კლასის ტრანსფორმატორების, ტგ 60°ნ დროს, ტგა 70°ნ დროს

ნახ. 4.22-ზე მოგნიშნავთ შესაბამის წერტილს ღერძზე. X და წერტილებს შეეჯერებთ სწორი ხაზით ჭ ღერძის გადაკვეთამდე D წერტილში. სკალის მიხედვით ვსაზღვრავთ, რომ: $\chi = 3,05$. მაშასადამე შეიძლება ტრანსფორმატორის ექსპლუატაცია, მაგრამ კაპიტალური რემონტის დროს საჭიროა იზოლაციის გამოშრობა და ამისათვის წინასწარ უნდა მოვეუზადოთ. ბუნებრივია, რომ ნომოგრამის მიხედვით მყარი იზოლაციის ტენიანობის განსაზღვრას აქვს საორიენტაციო მნიშვნელობა,

რადგან ნომოგრამები შედგენილია წინასწარი გამოკვლევების შედეგების მიხედვით.

იზოლაციის დატენიანება შეიძლება შევადგინოთ R_2/R_{50} თანაფარდობის მიხედვით, სადაც R_2 არის ტევალობა 2 ჰც სისწილის დროს, ხოლო R_{50} – 50 ჰც დროს, რომლებიც იზომება ΠKB ტიპის ხელსაწყოთი.

გრაგნილების იზოლაციის გამოცდა აწეული ძაბვით წარმოებს სამრეწველო 50 ჰც სისწილის ძაბვის მოდებით 1 წუთის განმავლობაში. გამოსაცდელი ძაბვის მნიშვნელობები ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციაში შეყვანის დროს მოცემულია ცხრილი 4.15-ში.

ცხრილი 4.15. გამოსაცდელი ძაბვის მნიშვნელობები ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციაში შეყვანის დროს

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 კლასის ტრანსფორმატორებისათვის მნიშვნელში ნაჩვენებია გამოსაცდელი ძაბვა ექსპლუატაციაში. 150 და 220 კვ-სათვის გამოსაცდელი ძაბვა დამოკიდებულია ტრანსფორმატორის შესრულებაზე. იზოლაციის გამოცდისათვის გამოიყენება სპეციალური ტრანსფორმატორები. გამოცდები სრულდება სპეციალურად მომზადებული ბრიგადების მიერ. გამოცდის წინ ტრანსფორმატორების შემყვანები გასუფთავებული უნდა იყოს. საჭიროა შემოწმდეს დაშორება ჩამიწებულ და დენგამტარ ნაწილებს შორის. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს გამთიშების ტუჩებსა და დანებს შორის დაშორებას, რათა არ მოხდეს გადაფარვა.

იზოლაცია ითვლება ვარგისად, თუ შექმნილი არ არის მილიამპერმეტრის ისრის რხევა (რომელიც უჩვენებს ნაწილობრივი განმუხტვების არსებობას), დენის სწრაფი ზრდა, რომელიც დამახასიათებელია დაზარებისა და განმუხტვებისათვის, რაც უჩვენებს იზოლაციის გარღვევის დასაწყისს. აწეული ძაბვით იზოლაციის გამოცდა საშუალებას იძლევა გამოვლენილი იქნას გრაგნილების დამზადებისა და ტრანსფორმატორის აწყობის ფარული დეფექტები, რომლებიც შეიძლება სწვა მეთოდებით შექმნილი ვერ იქნას.

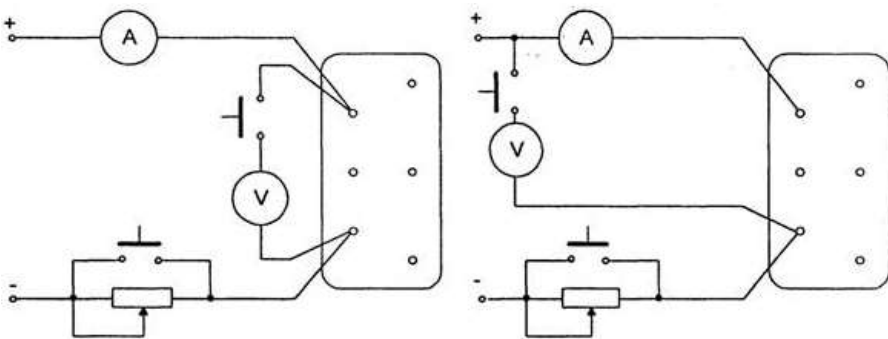
4.16. გრაგნილების მდგომარეობის გამოცდა და განსაზღვრა

ექსპლუატაციის პროცესში შეიძლება გამოვლინდეს გრაგნილების ისეთი დეფექტები, როგორცაა: არადამაკმაყოფილებელი საკონტაქტო შეერთება, სპილენძის კვეთის შემცირება, სუსტი დაწნევა. გრაგნილი ექვემდებარება გამჭოლი მოკლედშერთვის დენების ზემოქმედებას, ვიბრაციასა და სხვა მოვლენებს. შედეგად შეიძლება აღიძრას ადგილობრივი გადახურებები, სარჩილის გადნობა, სპილენძის ნაწილის ამოწვა, გრაგნილების დეფორმაცია, რასაც თავის მხრივ მიყვავართ ელექტრული წრედის გაწყვეტამდე ან გრაგნილის შერთვამდე ჩამამიწებელ ან სხვა დენგამტარ ნაწილებს.

წინაღობის გაზომვა მუდმივი დენით წარმოებს ბოგორული ან ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით.

ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდი (ნახ.4.23). ამ მეთოდის გამოყენების დროს გაზომვა წარმოებს არანაკლებ 0,5 კლასის ხელსაწყოებით. ხელსაწყოთა გაზომვის ზღვარი უნდა იქნეს შერჩეული ისე, რომ ათგლა სწარმოებდეს სკალის მეორე ნახევარში. გაზურების 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 მთლიანად დამყარებული დენის დროს.

ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით დიდი ინდუქციურობის მქონე გრაგნილის წინაღობის გაზომვის დროს რეკომენდირებულია გამოყენებული იქნეს გაზომვის სქემა, რომელიც საშუალებას იძლევა გაზომვის წრედში შემცირდეს დენის დამყარების დრო. ეს მიიღწევა ნახ.4.23-ზე მოცემულ სქემაში რამდენიმე წამის განმავლობაში დ რეოსტატის შუნტირებით. რეოსტატის წინაღობას იღებენ არანაკლებ 8_10 ჯერ მეტს, ვიდრე გრაგნილის წინაღობაა.



ა)

ბ)

ნახ.4.23. ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით ტრანსფორმატორის გრაგნილის წინაღობის მუდმივი დენით გაზომვის სქემა: ა – მცირე წინაღობის გასაზომად; ბ – დიდი წინაღობის გასაზომად

ექსპლუატაციის პროცესში გრაგნილის წინაღობა მუდმივი დენის მიმართ არსებითად არ უნდა შეიცვალოს. მისი გაზომილი მნიშვნელობა 2%-ზე მეტად არ უნდა განსხვავდებოდეს საქარნო ან წინა გამოცდის მონაცემებისაგან.

გაზომვა წარმოებს თითოეული ფაზის ყველა განშტოებაზე. სხვადასხვა ფაზის ერთსა და იმავე განშტოებაზე წინაღობების მნიშვნელობები ერთმანეთისაგან არ უნდა განსხვავდებოდნენ, თუ ტრანსფორმატორის ბასბორტში არ არის განსაკუთრებული მოთხოვნები. ამით მოწმდება განშტოებების გადამრთველთან მიერთების სისწორე და გადამრთველის მუშაობა.

გამოყვანილი ნეიტრალის არსებობისას გაზომვა წარმოებს ფაზურ და ნულოვან გამომყვანებს შორის. ხაზურ გამომყვანებს შორის გაზომილი წინაღობის ხაზური მნიშვნელობა გადაიანგარიშება ფაზურზე.

ტრანსფორმატორის გრაგნილების ვარსკვლავა შეერთებისას ფორმულით:

$$R_{\text{ფ}} = R_{\text{გაზ}}/2$$

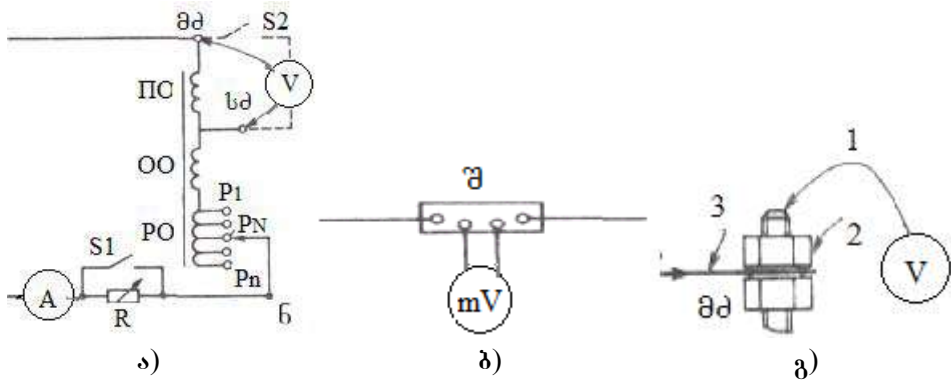
გრაგნილების სამკუთხა შეერთებისას – ფორმულით:

$$R_{\text{ფ}} = 3R_{\text{გაზ}}/2$$

სადაც $R_{\text{ფ}}$ – დაყვანილი ფაზური წინაღობაა; $R_{\text{გაზ}}$ – ხაზურ გამომყვანებს შორის გაზომილი წინაღობაა.

დანართში 2 მოყვანილია მუდმივი დენის მიმართ ტრანსფორმა-ტორების გრაგნილების ფაზური წინაღობების საშუალო მნიშვნელობები ტ=20°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 – მოძჭერის მიერთება შეწყვეტის სარჭთან

გრაგნილს (ნახ.4.24. ა) აქვს მიმდევრობითი ნაწილი (ΠΟ), საერთო ნაწილი (OO) და სარეგულირებელი ნაწილი () განშტოებებით 1 .. ნ და სამი შეწყვეტი – მაღალი ძაბვის (მძ), საშუალო ძაბვის (სძ) და ნეიტრალური (ნ). ყველაზე სწორი იქნება მივაწოდოთ დენი მთლიანად მთელ გრაგნილს, რადგან მაშინ მხოლოდ ორი მოძჭერი – მძ და ნ წერტილებში მითხოვენ რაღაც ზომების მიღებას, რომელიც გამოირიცხავს გარდამავალი წინაღობის გავლენით გამოწვეულ ცდომილებას. ყველა დანარჩენ წერტილებთან ვოლტმეტრი შეიძლება ჩაერთოს ნებისმიერად. დ რეზისტორი და შ₁ 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 ჩაგვეტოთ შ₁, ხოლო როცა დენი მიაღწევს საჭირო მნიშვნელობას, გამოვრთოთ იგი. დ 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 მაგიერ გამოიყენება საზომი მუხტი შ, რომელიც ძალური მოძჭერებით ჩაერთვება მუდმივი დენის წრედში, ხოლო მის საზომ მოძჭერებთან ჩაერთვება მილივოლტმეტრი (ნახ.4.24.ბ).

გრაგნილის მიმდევრობითი ნაწილის წინაღობის გასაზომად ვოლტმეტრი ჩაერთვება ტრანსფორმატორის მძ და სძ შეწყვეტებს შორის. ვოლტმეტრი უნდა ჩაერთოს დენური წრედის ჩართვის შემდეგ, ხოლო გამოირთვება მის გამორთვამდე. ვოლტმეტრი შეიძლება მიერთებული იყოს

საცეცების დახმარებით. ამ შემთხვევაში მის წრედში ყენდება შ2 ამომრთველი. თუ გამოყენებულია საცეცები, მაშინ ერთი საცეცი ერთდება მმ შემყვანის სარჭთან, როგორც ეს ნაჩვენებია ისრით 1 ნახ.4.24.გ-ზე. მაგრამ არა ქანთან 2 და მით უმეტეს არა შემავალ დენგამტართან 3. ვოლტმეტრის გამტარზე პოტენციალი უნდა მოხვდეს უშუალოდ მმ შემყვანის სარჭიდან. იფვე ეკუთვნის ნ შემყვანს. ვცვლით რა ვოლტმეტრის მიერთების წერტილებს, ვზომავთ ძაბვის ვარდნებს გრაგნილის ყველა საჭირო ნაწილზე და განშტოებზე. მაგალითად, მთელი სარეგულირებელი გრაგნილის წინაღობის გასაზომად ვოლტმეტრი უნდა ჩავრთოთ 1 და 6 წერტილებს შორის. ავტოტრანსფორმატორის მთელი გრაგნილის წინაღობის გასაზომად მმ და 6 წერტილებს შორის. გაზომილი წინაღობის მნიშვნელობა ტოლია $d_{გაზ} = \frac{1}{I}$. სწვადასწვა მონაცემების შედარებისათვის ყველა ისინი დაიყვანება ერთ ტემპერატურაზე ფორმულით:

$$d = d_{გაზ} \left(\frac{t}{t_{გაზ}} \right)$$

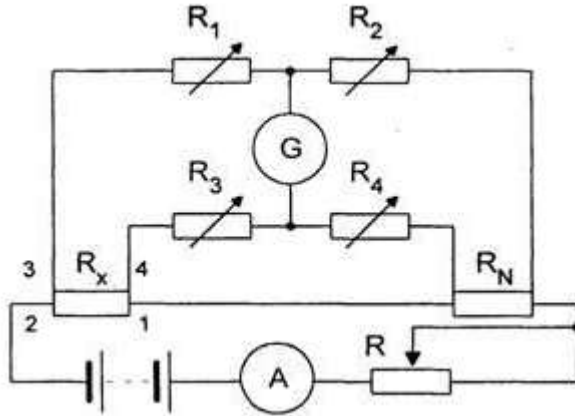
სადაც $t_{გაზ}$ - არის ტემპერატურა გაზომვის დროს, °ჩ; t - არის ტემპერატურა, რომელზედაც მოითხოვება წინაღობის დაყვანა, °ჩ; - არის კოეფიციენტი, რომელიც ალუმინის გამტარისათვის ტოლია 245, ხოლო სპილენძისათვის - 235.

გრაგნილის ტემპერატურად მიღებულია ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა. ამ დროს ზეთის ჩასხმის შემდეგ საკმარისი დრო უნდა იყოს გასული. მშრალი ტრანსფორმატორებისათვის და ზეთიდან ამოღებული გულარების გრაგნილების ტემპერატურად შეიძლება მიღებული იქნეს გარემოს ტემპერატურა, თუ მოცემულ პირობებში ტრანსფორმატორი იყო არანაკლებ 12 საათის განმავლობაში.

ბოგორული მეთოდი. ბოგორული მეთოდის არსებობს ორი სქემა ერთმაგი და ორმაგი ბოგორი. 1 ომიდან 1 მომ-მდე დიაპაზონში გამოიყენება მუდმივი დენის 333, -62 და სხვა ტიპის ერთმაგი ბოგორები. მათი გაზომვის ცდომილება აღწევს 15%-მდე. ერთმაგ ბოგორებში გაზომვის შედეგი მხედველობაში იდებს ბოგორისა და გასაზომი წინაღობის შემაერთებელი გამტარების წინაღობას. ამიტომ 1 ომზე ნაკლები წინაღობის გაზომვა ამ ტიპის ბოგორებით არ შეიძლება.

ტრანსფორმატორების გრაგნილების წინაღობის გაზომვისათვის გამოყენებული უნდა იქნეს მხოლოდ მუდმივი დენის ორმაგი ბოგორი (ნახ.4.25). დასაწყისში საიმედოდ შეაერთებენ ბოგორის დენურ მომჭერებს, ხოლო შემდეგ პოტენციალურს. მაგრამ ისე, რომ დენური გამტარების

ვრავნილთან მიერთების წერტილში ძაბვის ვარდნა არ მონვდეს პოტენციალური მომჭერებიდან მომავალი გამტარების გარემომცველ ზონაში.



ნახ.4.25. თომზაგი ბოგირის სქემა

წინაღობის ბოგირებით გაზომვის დროს კვების წრედში რეკომენდირებულია ჩაირთოს დამატებითი წინაღობა რითაც მცირდება წრედის დროის მუდმივა, რასაც მივყავართ 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 დამყარების დროს და გამოირთოს დენის გათიშვამდე.

თომზაგ ბოგირებში გაზომვის დროს შემკერებელი გამტარების წინაღობა მხედველობაში არ მიიღება, რაც იძლევა შესაძლებლობას გაიზომოს 10^{-6} ომამდე წინაღობა 0,01-2% ცდომილებით.

თომზაგ ბოგირებში წინასწორობა მიიღწევა I_1 , I_2 , I_3 და I_4 წინაღობების ცვლილებით. ამ დროს მიიღწევა ტოლობა: $I_1 = I_3$ და $I_2 = I_4$. ბოგირის წინასწორობის პირობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$I_X = I \cdot I_1 / I_2,$$

სადაც I_X – არის გასაზომი წინაღობა; I – სანიმუშო წინაღობა; I_1 და I_2 – ბოგირის მხრების წინაღობებია.

გასაზომ I_X წინაღობასთან მიერთებულია ოთხი გამტარი: გამტარი 2 არის ბოგირის კვების წრედის გაგრძელება და მისი წინაღობა არ აისახება გაზომვის სიზუსტეზე; 3 და 4 გამტარები ჩართულია 10 ომზე მეტი სიდიდის I_1 და I_2 წინაღობებთან და ამიტომ მათი გავლენა შეზღუდულია. გამტარი

1 არის ბოგირის შემაღვეკენელი ნაწილი და იგი უნდა შეირჩეს რაც შეიძლება მცირე სიგრძისა და დიდი კვეთის.

მუდმივი დენით წინაღობის გაზომვით უნდა გამოავლინოთ საკონტაქტო შეერთებების გაუარესება, მინჩილვის დარღვევა, გრაგნილის ერთი პარალელური შტოს გაწყვეტა, ასევე შეგაფასოთ ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის კონტაქტების ხარისხი და განგსაზღვროთ ფაზების დაყენების სისწორე და აგზნების გარეშე გადამროგეკლის განშტოებები.

4.17. ტრანსფორმატორის უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის ცდები

ტრანსფორმატორების გამოცდებისათვის გამოიყენებენ უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის ცდებს.

ტრანსფორმატორის უქმი სვლის ცდა ეწოდება მისი ერთერთი გრაგნილის ჩართვას ნომინალურ ძაბვაზე. ამ დროს მოთხოვნილი დენს ეწოდება უქმი სვლის დენი I_0 , რომელსაც ჩვეულებრივ გამოსახავენ ნომინალურის პროცენტებით.

ტრანსფორმატორის უქმი სვლა წარმოადგენს მისი მუშაობის ზღვრულ რეჟიმს, როცა მისი მეორეული გრაგნილი გათიშულია და მასში გამაგალი დენი ნულის ტოლია ($I_2 = 0$). ამ დროს მოთხოვნილ აქტიურ სიმძლავრეს უქმი სვლის სიმძლავრე (P_0 , კვტ) ეწოდება. ეს სიმძლავრე ძირითადად იხარჯება ელექტროტექნიკური ფოლადის დამაგნიტებაზე (დანაკარგები პისტერეზისზე) და გრივალურ დენებზე. უქმი სვლის დენი და სიმძლავრე ძალური ტრანსფორმატორების საპასპორტო მონაცემებია.

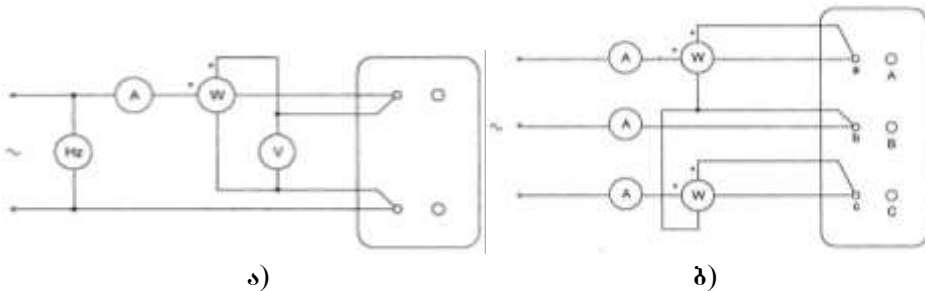
უქმი სვლის მონაცემები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი, უქმი სვლის დენი, დანაკარგები ფოლადში და წინაღობა. ასევე – მაგნიტოგამტარისა და გრაგნილის ზოგიერთი დეფექტი. ქარხანა-დამამზადებელსა და ასევე კაპიტალური რემონტის დროს, რომელიც დაკავშირებულია გულარის ან ზედა უღლის 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 დაწვეული ძაბვისას. ამ დროს დანაკარგები იზომება იგივე სქემითა და იგივე ძაბვის დროს, როგორცაა ქანხანა-დამამზადებელში.

ექსპლუატაციაში დაბრუნებული ტრანსფორმატორებისათვის გაზომილი უქმი სვლის დანაკარგები საქარხნო მონაცემებისაგან არ უნდა განსხვავდებოდეს 5%-ზე მეტად. დანაკარგების გაზრდა შეიძლება გამოწვეული იყოს პარალელურ გამტარებს შორის მოკლედ შეერთვის არსებობით.

ნახ.4.26-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 ნახ.4.26-ზე. დასაწყისში უნდა ჩაირთოს ამპერმეტრი და ვატმეტრის დენური გრაგნილი, ხოლო შემდეგ ვოლტმეტრი და ვატმეტრის ძაბვის გრაგნილი. ამპერმეტრი გვიჩვენებს უქმი სვლის დენის სიდიდეს, ხოლო ვატმეტრი – ჯამური დანაკარგების სიდიდეს.

სამფაზა სამღეროიან ტრანსფორმატორებში უქმი სვლის დანაკარგებს ზომავენ სამფაზა ან ერთფაზა აგზნების დროს. სამფაზა აგზნების დროს გაზომვას აწარმოებენ ორი ერთფაზა (ნახ.4.26.ბ) ან ერთი სამფაზა ვატმეტრით. გაზომილი დანაკარგები განისაზღვრება თითოეული ვატმეტრის მიერ გაზომილი დანაკარგების ჯამი.

ტრანსფორმატორების უქმი სვლის დანაკარგები, რომლებიც გაზომილია მცირე ძაბვისა და ნომინალური სიხშირის დროს შეიძლება გადავიანგარიშოთ უქმი სვლის დანაკარგებად ნომინალური ძაბვის დროს ფორმულით:

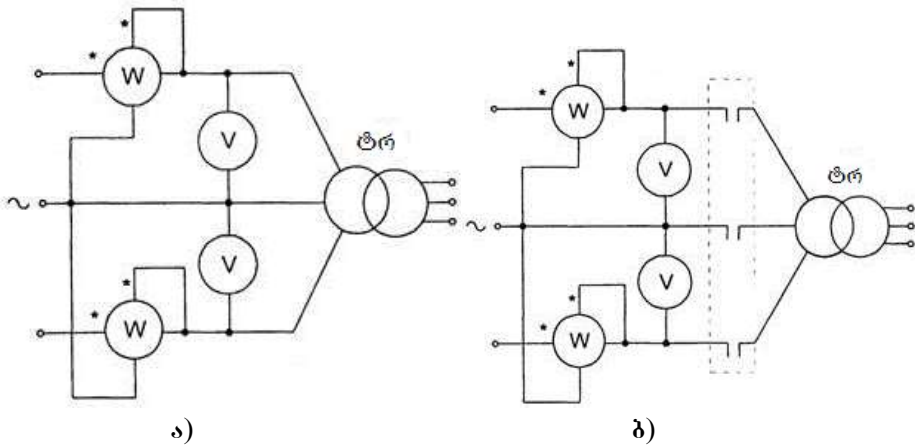
$$I_0 = I_0 \left(\frac{I_{\text{ном}}}{I} \right)^n,$$

(2)

სადაც დანაკარგები ტრანსფორმატორში ტოლია:

$$I_0 = I_{\text{გაზ.}} - I_{\text{სელ.}}$$

სადაც $I_{\text{გაზ.}}$ – არის ჯამური დანაკარგები ტრანსფორმატორისა და საწომ ხელსაწყოებში, რომელიც განისაზღვრება ნახ.4.2ა სქემის მიხედვით; $I_{\text{სელ.}}$ – დანაკარგებია საწომ ხელსაწყოებში, რომელიც განისაზღვრება ნახ.4.27.ბ სქემის მიხედვით; n – ხარისხის მაჩვენებელია, რომელიც ტოლია: ცხლადნაგლისი ფოლადისათვის $n=1,8$; ცვიგადნაგლისისათვის $n=1,9$.



ნახ.4.27. სამფაზა ტრანსფორმატორებში უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვის სქემა: ა – ჯამური დანაკარგების გასაზომად; ბ – ხელსაწყოებში 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. ამ დროს დანაკარგების მიღებული მნიშვნელობის განსწვავება საქარხნო მონაცემებისაგან ერთფაზა ტრანსფორმატორებისათვის არ უნდა იყოს 10%-ზე მეტი, ხოლო სამფაზა ტრანსფორმატორებისათვის – 5%-ზე მეტი. უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვა უნდა გაწარმოთ ქარხანა-დამამზადებლის გამოცდის ოქმში ნაჩვენები სქემის მიხედვით. თუ ქარხანა-დამამზადებელმა უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვა აწარმოა ტრანსფორმატორის ნომინალური ძაბვის დროს, მაშინ უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვა უნდა გაწარმოთ 380 ვ ძაბვის დროს და მიღებული შედეგები (2) ფორმულის მიხედვით დაფიქვანოთ ნომინალურზე. შექმნილ უქმი სვლის

დანაკარგების გაზომვა შეიძლება ვაწარმოთ 380 ვ ძაბვის დროს, მაგრამ გრაგნილების წინაღობის მუდმივი დენით გაზომვამდე და მუდმივი დენით ტრანსფორმატორის გათბობამდე.

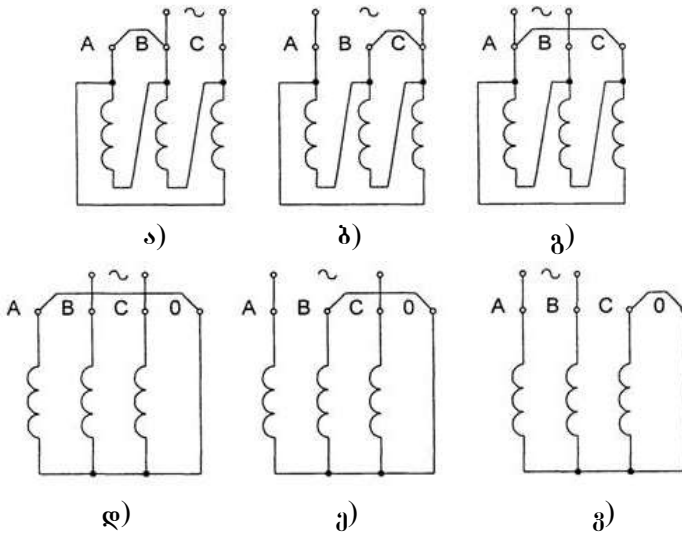
ტრანსფორმატორის უქმი სვლის დენი განისაზღვრება, როგორც სამივე ფაზის დენების საშუალო არითმეტიკული.

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 ფაზის გრაგნილს, მიაწვდიან აგზნებას და ჩ ფაზებს და ზომავენ დანაკარგებს (ნახ.4-28.ა.დ).

მეორე ცდა – ამოკლებენ ფაზის გრაგნილს, მიაწვდიან აგზნებას და ჩ ფაზებს და ზომავენ დანაკარგებს (ნახ.4-28.ბ.ე).

მესამე ცდა – ამოკლებენ ჩ ფაზის გრაგნილს, მიაწვდიან აგზნებას და ფაზებს და ზომავენ დანაკარგებს (ნახ.4-28.გ.ე).



ნახ.4.28. სამფაზა ტრანსფორმატორის აგზნების სქემები:

ა, ბ, გ – პირველადი გრაგნილის სამკუთხა შეერთება;
 დ, ე, ვ – პირველადი გრაგნილის ვარსკვლავა შეერთება
 ნულოვანი გამომყვანით შეერთების ჯგუფი -0/Δ

დანაკარგები ტრანსფორმატორში ძაბვის დროს ტოლია:

$$I_0 = (I_0' + I_0'' + I_0''') / 2,$$

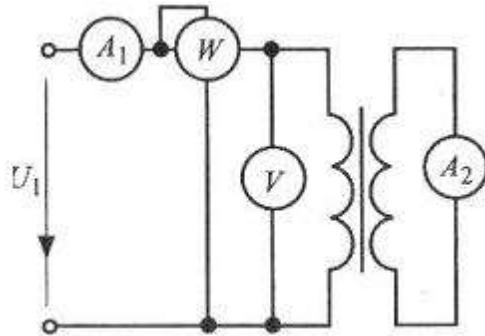
სადაც γ – უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვისას მოდებული ძაბვაა; U_0 , U_{0B} , U_{0B} – ზემოთმოყვანილ ცდებში განსაზღვრული დანაკარგებია ხელსაწყოებში დანაკარგების გამოკლებით) მოდებული ძაბვის ერთი და იგივე მნიშვნელობის დროს.

ნომინალურ ძაბვაზე ტრანსფორმატორში დანაკარგები დაიყვანება (2) ფორმულით.

ქარხანა-დამამზადებლის მიერ ნაჩვენები ძაბვა ჩვეულებრივ შეირჩევა ისე, რომ არ იყოს საზომი ტრანსფორმატორების გამოყენების საჭიროება. ვოლტმეტრები და ვატმეტრების ძაბვის გრაგნილები შეიძლება ჩაერთოს დამატებითი წინაღობის გავლით. საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება გამოყენებული იქნეს ძაბვისა და დენის საზომი ტრანსფორმატორები.

ტრანსფორმატორების მოკლედ შერთვა. მოკლედ შერთვის რეჟიმში ეწოდება რეჟიმს, რომლის დროსაც ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილი მოკლედ არის შერთული ანუ ძაბვა მეორეული გრაგნილის ბოლოებზე ნულის ტოლია.

ერთფაზა ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის ცდის დროს (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 იგი ჩვეულებრივ ნომინალური ძაბვის 5,5%-ია. ამ დროს იზომება ტრანსფორმატორის მიერ ქსელიდან მოთხოვნილი სიმძლავრე, ძაბვა და დენი.



ნახ.4.29. ერთფაზა ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის ცდა

მოკლედ შერთვის ცდის მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრება მოკლედ შერთვის ძაბვა U_k %, მისი აქტიური W_k %, რეაქტიული W_r % მდგენელები, დანაკარგები ტრანსფორმატორის გრაგნილების გახურებაზე $g_{გრაგ}$

ნომინალური დატვირთვის დროს, ტრანსფორმატორის აქტიური, რეაქტიული და სრული წინაღობები მოკლედ შერთვის დროს.

მეორეული გრაგნილის მოკლედ შერთვის დროს 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 შერთვის დროს.

ზოგიერთი ლიტერატურის მიხედვით მოკლედ შერთვის ცდა ექსპლუატაციის პროცესში შეიძლება არ ჩატარდეს. მაგრამ გამოცდების პრაქტიკამ მდგრადობაზე აჩვენა მოკლედ შერთვის ძაბვის გაზომვის მაღალი ეფექტურობა ტრანსფორმატორის მდგომარეობის დიაგნოსტიკისათვის. გამჭოლი მოკლედ შერთვის დენების გავლისას ტრანსფორმატორის გრაგნილები განიცდიან ელექტროდინამიურ ზემოქმედებას. მათი გავლენით შეიძლება აღიძრას ცალკეული დეფორმაციები. გრაგნილების დეფორმაციისას, განსაკუთრებით რადიალურის, იცვლება გრაგნილებს შორისა და მაგნიტო-გამტარის მიმართ დაშორება. ხდება ფანტვის მაგნიტური ნაკადის კონფიგურაციის ცვლილება, რასაც მიყვავართ მოკლედ შერთვის ინდუქციური წინაღობის (X_p) ცვლილებამდე და მაშასადამე, იცვლება სრული წინაღობაც (d_p). დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებში კი $d_p = X_p$.

გამართულ ტრანსფორმატორში ცალკეული ფაზის სრული წინაღობა ერთმანეთისაგან არსებითად არ უნდა განსხვავდებოდეს. თუ სრული წინაღობა პირველსაწყისი მონაცემებისაგან 2,5-3%-ზე მეტად განსხვავდება, მაშინ ეს მიუთითებს გარეშე მოკლედ შერთვის დენების შედეგად ერთი გრაგნილის დეფორმაციაზე.

მოკლედ შერთვის სრული წინაღობის გასაზომად არსებობს რამდენიმე მეთოდი. გრაგნილების დეფორმაციის დიაგნოსტიკისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ ნებისმიერი მათგანით. მნიშვნელოვანია, რომ პირველი და შემდგომი გაზომვები ჩატარდეს ერთი და იგივე სქემით და სასურველია ერთი და იგივე ხელსაწყოები. ელექტროსაზომი ხელსაწყოების ჩართვის სქემა მოცემულია ნახ.4.29-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 განისაზღვრებიან გამოსახულებებით:

$$\text{სრული წინაღობა ტოლია: } d_p = \rho / I$$

$$\text{აქტიური წინაღობა ტოლია: } d_a = \rho / I^2$$

$$\text{რეაქტიული წინაღობა ტოლია: } X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2},$$

სადაც ρ - I და ρ - ძაბვა, დენი და სიმძლავრეა, ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის წრედში ჩართული ხელსაწყოების: ვოლტმეტრის, ამპერმეტრისა და ვატმეტრის ჩვენებების მიხედვით.

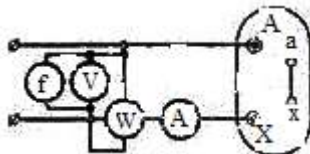
სამუშაო ტრანსფორმატორის გამოცდის დროს ზემოთმოყვანილ გამოსახულებებში უნდა ჩაგსვით ძაბვის, დენისა და სიმძლავრის ფაზური მნიშვნელობები.

მოკლედ შერთვის ძაბვა და მისი აქტიური და რეაქტიული მდგენელები ტოლია:

$$U_a \% = I_f \cdot d_p \cdot 100 / \epsilon; U_r \% = I_f \cdot d_a \cdot 100 / \epsilon; U_r \% = I_f \cdot X_p \cdot 100 / \epsilon;$$

სადაც ϵ და I_f - არის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის ნომინალური ძაბვა და დენია.

სამუშაო ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის დანაკარგებისა და ძაბვის გაზომვა წარმოებს ნახ.4.30-ზე მოცემული სქემის მიხედვით შემდეგი პირობების დაცვით:



ნახ.4.30. სამუშაო ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის დანაკარგებისა და ძაბვის გაზომვის ერთფაზა სქემა

ტრანსფორმატორის ერთი გრაგნილი საიმედოდ ჩამოკლდება ყველა მის შემყვანზე, ხოლო სხვა გრაგნილების შემყვანებზე მიყვანება კვება შემდეგი თანმიმდევრობით:

I ცდა - კვება მიეწოდება შემყვანზე, ჩამოკლებულია ჩ გრაგნილი;

II ცდა - კვება მიეწოდება ჩ შემყვანზე, ჩამოკლებულია გრაგნილი;

III ცდა - კვება მიეწოდება ჩ შემყვანზე, ჩამოკლებულია გრაგნილი.

სამი ჩატარებული ცდიდან მიღებული შედეგებით საზღვრავენ სამფაზა ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის დანაკარგებსა და ძაბვას ფორმულებით:

$$d = (\gamma + \beta + \beta) / 2$$

$$u_d = \sqrt{3}(\gamma + \beta + \beta) / 6,$$

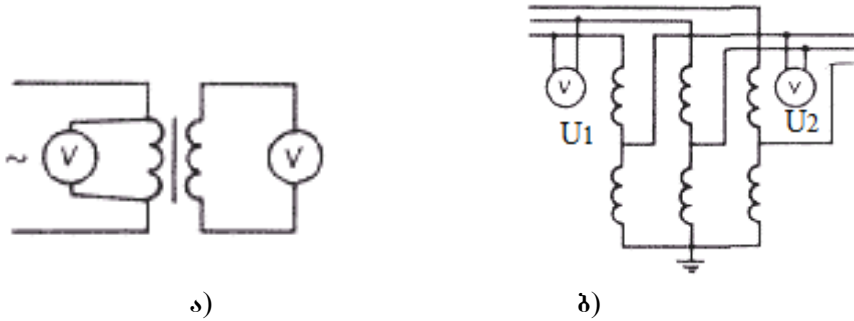
სადა γ , β , β – სამ ცდაში გაზომილი და ნომინალურ დენზე დაყვანილი მოკლედ შერთვის დანაკარგებია; γ , β , β – სამ ცდაში დაზომილი და ნომინალურ დენზე დაყვანილი მოკლედ შერთვის ძაბვებია, გამოსახული ნომინალური ძაბვის პროცენტებში.

ფორმულები ვარგისია ტრანსფორმატორის გრაგნილების ნებისმიერი შეერთების სქემისათვის. ფაზების მისედვით გაზომვის შედეგებით შეიძლება გომსჯელოთ სამფაზა ტრანსფორმატორის თითოეული ფაზის წესიფრულობის შესახებ.

4.18. ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის განსაზღვრა

ერთფაზა ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გაზომვის სქემა მოყვანილია ნახ.4.31.ა-ზე. ვოლტმეტრი, რომელიც ზომავს მიყვანილ ძაბვას, ცალკე გამტარებით უერთდება ტრანსფორმატორის შემყვანებს, რათა თავიდან ავიცილოთ ტრანსფორმატორის მკვებავ 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 მკვებავ გამტარებზე.

სამფაზა ტრანსფორმატორებში, რომლებიც შეერთებულია / და / სქემებით, ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი შეიძლება გავზომოთ სამფაზა ძაბვის მიწოდების დროს, თუ წინასწარ დადგენილია, რომ ის სიმეტრიულია. იგივე ენება ავტოტრანსფორმატორებსაც. ამ დროს იზომება პირველადი და მეორეული ნაზური ძაბვები U_1 და U_2 (ნახ.4.31.ბ)



ნახ.4.31. ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის გაზომვის სქემა:
 ა – ერთფაზა და ბ – სამფაზა ტრანსფორმატორის / და / შეერთების
 სქემებისათვის

ნახ.4.31-ზე მოყვანილი სქემებისათვის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით:

$$= U_1 / U_2$$

თუ სამფაზა ძაბვა არასიმეტრიულია, მაშინ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გაზომვა წარმოებს ერთფაზა კვების დროს.

ტრანსფორმატორებში / ან / შეერთების დროს განასხვავებენ ტრანსფორმაციის ხაზურ კოეფიციენტს, რომელიც ნაჩვენებია პასპორტში და ტოლია ხაზური ძაბვების ფარდობისა და ფაზურ კოეფიციენტს, რომელიც ტოლია ფაზური ძაბვების ფარდობისა. ე.ი.

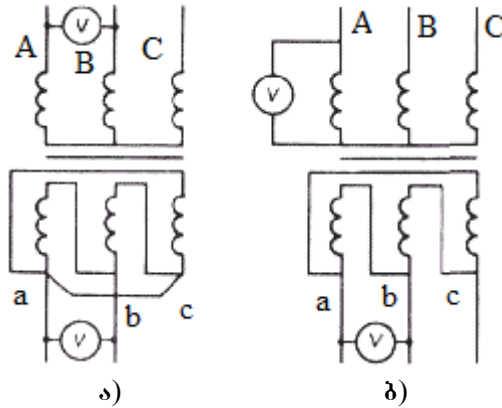
$$k = U_{1\text{ფაზური}} / U_{2\text{ფაზური}} \text{ და } k_{\text{ფაზური}} = U_{1\text{ფაზური}} / U_{2\text{ფაზური}}$$

ვარსკვლავა შეერთებიდან სამკუთხა შეერთებაზე ტრანსფორმაციის დროს (ნახ.4.32.ა) ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$k_{\text{ფაზური}} = k_{\text{ფაზური}} / \sqrt{3}$$

ხოლო სამკუთხა შეერთებიდან ვარსკვლავა შეერთებაზე ტრანსფორმაციის დროს – $k_{\text{ფაზური}} = k_{\text{ფაზური}} \cdot \sqrt{3}$. გრაგნილების განშტოებების მიერთებების სისწორის უსამოწმებლად იზომება ტრანსფორმაციის ფაზური კოეფიციენტები. ამ დროს გრაგნილის ერთი ფაზა, რომელიც შეერთებულია სამკუთხედად და გაზომვა სწარმოებს დანარჩენი ფაზების წყვილისათვის (ისევე როგორც ეს კეთდებოდა უქში სგლის დროს). ნახ.4.32.ა-ზე მოცემულია სქემა ჩ ფაზის ჩამოკლებით. თუ კვება მიეწოდება ვარსკვლავის მხრიდან, მაშინ ტრანსფორმაციის ფაქტიური ფაზური კოეფიციენტი გაზომილზე ორჯერ ნაკლები იქნება:

$$k_{\text{ფაზური}} = 0,5 \quad k_{\text{ფაზური}} = 0,5 \quad U_1 / U_2$$



ნახ.4.32. სამფაზა ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გაზომვის სქემა / შეერთების დროს

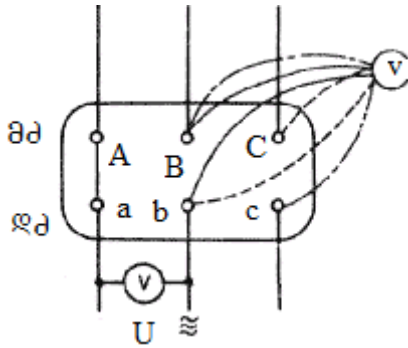
სამკუთხა შეერთების მხრიდან კვების მიწოდებისას – ფაქტურით ფაზური კოეფიციენტი გაზომილზე ორჯერ მეტია.

თუ ვარსკვლავად შეერთებულ გრაგნილში ნულოვანი გამომყვანი მისაწვდომია, მაშინ გაზომვები შეიძლება ჩატარდეს ფაზის ჩამოკლების გარეშე ნახ.4.32ბ სქემის მიხედვით. ამ დროს მიიღება ტრანსფორმაციის ფაზური კოეფიციენტი. მისი გაზომვა წარმოებს ასევე ნახ.4.31ბ სქემით გაზომილი ნაზური კოეფიციენტის არადაამაკმაყოფილებელი მნიშვნელობის მიხედვების გამოსაგლენად.

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 სიდიდეები ერთმანეთს შევადაროთ.

ორი ვოლტმეტრის მეთოდით შეერთების ჯგუფის განსაზღვრის სქემა მოცემულია ნახ.4.33-ზე.



ნახ.4.33. ორი ფოლტმეტრის მეთოდით ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფის განსაზღვრა

ნახ.4.33-ზე ფაზის მაღალი და დაბალი (ან საშუალო) ძაბვის გრაგნილები შეერთებულია ერთმანეთთან. ერთ (მოცემულ შემთხვევაში დაბალი ძაბვის) გრაგნილთან მიყვანილია შემცირებული ძაბვა (არაუმეტეს 380 ვ). კვების ძაბვა მიზანშეწონილია შევირჩიოთ ისეთი, რომ მაღალი ძაბვის მხარეს ფოლტმეტრის ჩასართვად არ დაგვჭირდეს ძაბვის ტრანსფორმატორის ჩართვა. ერთი ფოლტმეტრით ზომავენ დაბალი ძაბვის გრაგნილზე მიწოდებულ ძაბვას „ა, მეორეთი – ფაზის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილებს შორის (ა), შემდეგ ფაზის დაბალი ძაბვის გრაგნილის გამოძევანსა და მაღალი ძაბვის ჩ ფაზის გრაგნილის გამოძევანს შორის (აბ) და ბოლოს ჩ ფაზის დაბალი ძაბვის გრაგნილის გამოძევანსა და მაღალი ძაბვის ფაზის გრაგნილის გამოძევანს შორის (აგ). გაზომვით მიღებულ მნიშვნელობებს შეადარებენ გაანგარიშებით მიღებულ მნიშვნელობებს, რომლებიც განსაზღვრულია ცხრილი 4.16-ს თანახმად.

ცხრილი 4.16. გრაგნილების შეერთების ჯგუფების ორი ფოლტმეტრის მეთოდით შემოწმების დროს გასაზომი ძაბვის საანგარიშო მნიშვნელობები

შეკრების ჯგუფი	ფექტორუბის ძვრის კუთხე, გრად.	საანგარიშო ძაბვები, ვ, გაზომვისას		
		ა	აბ	აგ
12(0)	0	(-1)	$(1-3+ 2)^{1/2}$	$(1- + 2)^{1/2}$
1	30	$(1-(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$	$(1-(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$	$(1+)^{1/2}$
2	60	$(1- + 2)^{1/2}$	(1-)	$(1+ + 2)^{1/2}$
3	90	$(1+ 2)^{1/2}$	$(1-(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$	$(1+(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$
4	120	$(1+ + 2)^{1/2}$	$(1- + 2)^{1/2}$	(1+)

5	150	$(1+(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$	$(1+ 2)^{1/2}$	$(1+(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$
6	180	$(1+)$	$(1+ + 2)^{1/2}$	$(1+ + 2)^{1/2}$
7	210	$(1+(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$	$(1+(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$	$(1+ 2)^{1/2}$
8	240	$(1+ + 2)^{1/2}$	$(1+)$	$(1- + 2)^{1/2}$
9	270	$(1+ 2)^{1/2}$	$(1+(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$	$(1-(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$
10	300	$(1- + 2)^{1/2}$	$(1+ + 2)^{1/2}$	(-1)
11	330	$(1-(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$	$(1+ 2)^{1/2}$	$(1-(3)^{1/2}+ 2)^{1/2}$

ცხრილი 4.16 ფორმულებში – მიყვანილი ძაბვაა, გ; – ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის საპასპორტო მნიშვნელობაა, ანუ ხაზური ნომინალური ძაბვების ფარდობა.

თუ კვება მიეწოდება მაღალი ძაბვის გრაგნილის მხრიდან, მაშინ ცხრილი 4.16 ფორმულებში -ს ნაცვლად უნდა ჩავსვათ / .

4.20. მაგნიტოგამტარისა და ავზის მდგომარეობის კონტროლი

მიუხედავად იმისა, რომ ზეთში გახსნილი აირების ანალიზი წარმოადგენს მაგნიტოგამტარის მდგომარეობის კონტროლის საკმაოდ ეფექტურ სერვისს, მაინც მისი გამოყენება არ გამოირიცხავს კონტროლის ტრადიციული მეთოდების გამოყენებას, განსაკუთრებით რემონტის შემდეგ.

უდლის კოჭების, დამწვნი რგოლებისა და ხელმისაწვდომი მოსაჭერი სარკების იზოლაციის წინააღობა იზომება მათში შესაძლო მოკლედ შერთვების გამოსავლენად. გაზომვა სწარმოებს მეგაომეტრით 1000–2500 ვ ძაბვაზე ექსპლუატაციაში შეყვანისა და რემონტის შემდეგ. აღნიშნული წინააღობის მნიშვნელობა არ ნორმირდება. დეფექტზე მიგვითითებს იზოლაციის წინააღობის მკვეთრი შემცირება.

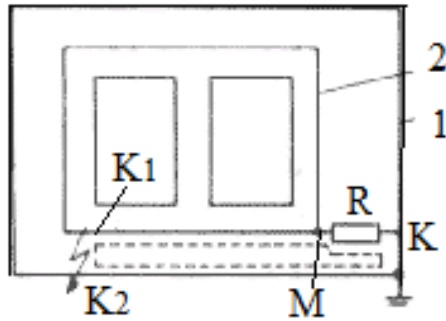
მძლავრ ტრანსფორმატორებში ისეთი რემონტის დროს, რომელიც მოითხოვს გრაგნილების შეცვლას იზოლაციის წინააღობის გაზომვას, ფურცლებს შორის იზოლაციის ხარისხის შემოწმების მიზნით, წინააღობის გაზომვას აწარმოებენ პაკეტის განივად. მიღებული შედეგები შედარდება ქარხანა-დამამზადებლის მონაცემებს. ასეთი შემოწმება საშუალებას იძლევა გადააკაზმვის დროს გადაწყდეს ფურცლების გადაიზოლირების საჭიროების საკითხი.

უქში სვლის დენისა და დანაკარგების მომატებული მნიშვნელობები მიუთითებს მაგნიტოგამტარის უხარისხო აწყობაზე. ჩვეულებრივ ეს არის შეპირაპირებებში დრეჩების 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 გრაფიკში არსებული დეფექტების გამო, არამედ მაგნიტოგამტარის ელექტროტექნიკურ ფოლადში ფურცლების მოკლედ შერთვის გამოც. ფურცლების მოკლედ შერთვა შესაძლებელია მოხდეს ექსპლუატაციის დროს ვიბრაციის შედეგად ცალკეულ ფურცლებს შორის იზოლაციის გაცეკვით, ასევე ამ იზოლაციაში დეფექტების არსებობის შედეგად.

ადგილობრივი გადახურებების მიზეზების განსაზღვრა საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ და აღმოვჩვენოთ ნახშირწყალბადების მომატებული გამოყოფის წყაროები და სხვა არასასურველი მოვლენები. მაგნიტოგამტარში, კონსტრუქციულ ელემენტებსა და აგზის ცალკეულ უბნებზე ადგილობრივი გადახურებები გვხვდება უფრო ხშირად, ვიდრე გრაფიკებში. დასაწყისში უნდა ვაწარმოოთ აქტიური ნაწილის დაწვრილებითი დათვალიერება. ძლიერი გადახურებები იწვევენ ლითონის ფერის შეცვლას. მცირე გადახურებების დროს ამ ადგილზე დაილექება შავი ფერის ზეთის დაშლის პროდუქტები. საჭიროა ასევე შემოწმდეს მაგნიტოგამტარის პაკეტებს შორის და სხვა ელემენტებში ზეთის არსების სისუფთავე, რადგანაც რაიმე მიზეზით მათი შევიწროება იწვევს აქტიურ ნაწილში ზეთის საერთო მომატებულ გახურებას, რომელიც განისაზღვრება ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურით.

თუ დათვალიერებისას მომატებული გადახურების წყარო ვერ იქნა ნაპოვნი, მაშინ უნდა შევამოწმოთ მოკლედშერთული კონტურის არსებობა ან არარსებობა. მაგნიტოგამტარი, როგორც წესი, შეერთებულია აგზთან და ჩამიწებულია ერთ წერტილში. მაგნიტოგამტარის წერტილი შეერთებულია ტრანსფორმატორის ჩამიწებულ აგზის 5 წერტილში (ნახ.4.34). თუ იზოლაციის დაზიანების გამო აღიძრა მაგნიტოგამტარის ჩამიწება, მაშინ მეორე (1 და 2 შორის) წერტილში შეიქმნება მოკლედ შერთული კონტური, რომელიც ნახ.4.34-ზე ნაჩვენებია პუნქტურით.



ნახ.4.34. რეზისტორის მოკლედშერთულ კონტურში ჩართვის სქემა:

1 – ტრანსფორმატორის აგზი; 2 – მაგნიტოგამტარი

ფანტვის ნაკადის გავლენით კონტურში გაივლის დენი, რომელიც იწვევს ლითონის მომატებულ გადახურებას, განსაკუთრებით აგზის განსართის ადგილზე, თუ იგი გადაიკვეთება კონტურით.

თუ არსებობს მოკლედშერთული კონტურის არსებობის ვარაუდი, მაშინ უნდა გამოვრთოთ მაგნიტოგამტარის ჩამამიწებელი გამტარი (და B წერტილებს შორის) და შევამოწმოთ იზოლაცია.

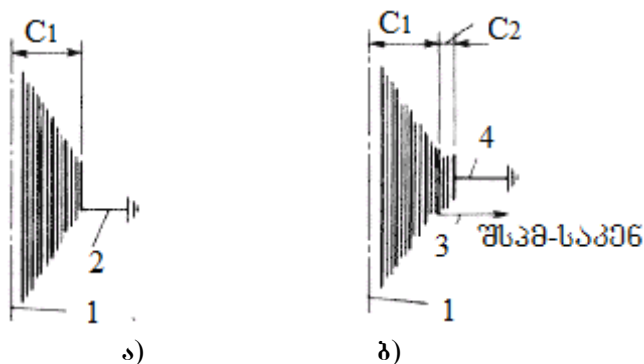
თუ ასეთი შემოწმების შედეგად დადგინდება, რომ ჩამოყალიბდა მაგნიტოგამტარის მეორე ჩამამიწება, მაშინ მუშა ჩამამიწებელ წრედში ჩართვა და რეზისტორი, რომლის სიდიდე და სიმძლავრე შეთანხმებული უნდა იყოს ქარხანა-დამამზადებელთან. მაგნიტოგამტარში რამდენიმე ჩამამიწებელი წერტილის არსებობისას რემონტის საჭიროება და მოცულობა უნდა შეთანხმდეს ქარხანა-დამამზადებელთან.

აგზის გამოცდა რადიატორებთან ერთად ზეთის სიმჭიდროვეზე სწარმოებს ტრანსფორმატორის ექსპლუატაციაში შეყვანისა და კაპიტალური რემონტის დროს. მიღის ან დამატებითი ტეკადობის დახმარებით იქმნება ზეთის სვეტი, რომლის სიმაღლემ არანაკლებ 60 სმ-ით უნდა გადააჭარბოს ავსებული საფართოებლის დონეს. გამოცდის ხანგრძლივობა 10⁰წ ტემპერატურის დროს უნდა იყოს არანაკლებ 3 საათისა. გამოცდისას ადგილი არ უნდა ჰქონდეს ზეთის დენას. ზეთის სიმჭიდროვეზე გამოცდა ასევე სწარმოებს ჭარბი 10 კპა (0,1 კგ/სმ²) 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 შემცვანებს. პირველ შემთხვევაში იზოლაციის საფუძველია საიზოლაციო ქაღალდი, რომელიც გაჟღენთილია ზეთით და გამათანაბრებელი შემონაფენებით დაყოფილია ფენებად. მეორეში – სატრანსფორმატორო ზეთი დაყოფილია ფენებად გამათანაბრებელი შემონაფენების მქონე ქაღალდ-ბაკელიტის ცილინდრებით. უკანასკნელ ნაწილებში გამოიყენება ასევე მყარ იზოლაციანი შემცვანები.



ნახ.4.35. მაღალვოლტიანი შემცვანების გამოყვანების სქემა

შემცვანის საიზოლაციო ჩონჩხის უკანასკნელი შემონაფენიდან, რომელსაც არ გააჩნია საზომი კონდენსატორი (ნახ.4.35.ა). გამოყვანილია გამტარი 2, რომელიც მუშა მდგომარეობაში უნდა იყოს საიმედოდ ჩამიწებული. საზომი კონდენსატორის მქონე შემცვანის კონდენსატორის შემონაფენიდან გამოყვანილია გამტარი 3 (ნახ. 4.35.ბ), ხოლო კონდენსატორის გარე შემონაფენი ან ყრუდ არის ჩამიწებული შემცვანის შიგნით, ან გამტარი 4 გამოყვანილია გარეთ და მუშა მდგომარეობაში ჩამიწებულია. საზომი გამტარი 3 ერთვება შემცვანების საკონტროლო – პოტენციომეტრულ მოწყობილობასთან (შსპმ). შესრულებიდან გამომდინარე მათი მდგომარეობის შემოწმების ხერხები და ნორმები ერთმანეთისაგან რამდენადმე განსხვავდებიან. შემცვანების პროფილაქტიკური გამოცდის მოცულობა ნაჩვენებია ცხრილი 4.8-ში.

შემცვანების იზოლაციის წინააღობის გაზომვა წარმოებს მეგაომეტრით 1000–2500 ვ ძაბვაზე. ამ დროს იზომება ქაღალდ-ზეთიანი იზოლაციის მქონე შემცვანების საზომი და უკანასკნელი შემონაფენის იზოლაციის წინააღობა შემაერთებელი მილისის მიმართ. გაზომვის დროს გამტარები 2 და 4, თუ

ისინი გამოყვანილია, გამოირთვება მილისიდან, ხოლო გამტარი 3 – საკონტროლო-პოტენციომეტრული მოწყობილობიდან. ექსპლუატაციაში შეყვანის დროს წინაღობის მნიშვნელობა არ უნდა იყოს 1000 მომწე ნაკლები, ხოლო ექსპლუატაციისას – არა ნაკლები 500 მომწე. გაზომვა სწარმოებს §4.14-ში აღწერილი წესების დაცვით. წინაღობის შემცირება დაკავშირებულია როგორც მყარი იზოლაციის, ასევე ზეთის მდგომარეობის გაუარესებასთან და როგორც წესი, ერთდროულად ხდება ტგ -ს გაზრდა და შემყვანის იზოლაციის ტევადობის შემცირება.

დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის გაზომვა წარმოებს ყველა სახის შემყვანებისათვის, გარდა დიდი სიმძლავრის ზეთბარიერული იზოლაციის მქონე შემყვანებისა. ტგ -ს მნიშვნელობა 20°C ტემპერატურის დროს არ უნდა აღემატებოდეს ცხრილი 4.17-ში მოცემულ მნიშვნელობებს.

ცხრილი 4.17. შემყვანების ტგ -ს დასაშვები მნიშვნელობები

იზოლაციის სახე	გამოცდის სახეები	შემყვანების ტგ ნომინალური ძაბვით,კვ					
		60-110	150	220	330	500	750
ზეთბარიერული, ძირითადი და საზომი კონდენსატორის	ექსპლუატაცია-ში შეყვანისას	2	2	2	-	1	-
	ექსპლუატაციის დროს	5	4	4	-	2	-
ქაღალდ-ზეთიანი, ძირითადი და საზომი კონდენსატორის	ექსპლუატაცია-ში შეყვანისას	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	ექსპლუატაცია-ში შეყვანისას	1,2	1	1	1	0,08	0,8
	ექსპლუატაციის დროს	3	3	2	1,5	1,2	1

საექსპლუატაციო გაზომვებისას შინაგანი იზოლაციის ცალკეულ ზონებში საჭიროა გავამსხვილოთ ყურადღება დროის მისეღვით ტგ -სა და ტევადობის ცვლილების ხასიათზე. n_1 და n_2 ტევადობების მნიშვნელობები (ნახ.4.35) არ ნორმირდება, მაგრამ დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის გაზომილი მნიშვნელობის შეფასებისათვის აქვთ საჭირო მნიშვნელობა.

შემყვანებისათვის, რომელთაც არა აქვთ საზომი კონდენსატორი (ნახ.4,35.ა), ძირითადი იზოლაციის მახასიათებლები იზომება შემყვანის

მაღალვოლტიან მომჭერსა და გამტარ 2-ს შორის. უკანასკნელი ფენების იზოლაციის მახასიათებლები იზომება გამტარ 2-სა და მილის შორის, რისთვისაც გამტარი 2 გამოირთვება ჩამიწებიდან.

საზომი კონდენსატორების მქონე შეწყვეტისათვის (ნახ.4.35.ბ) ძირითადი იზოლაციის მახასიათებლები იზომება შეწყვეტის მაღალვოლტიან მომჭერსა და ჩ1 კონდენსატორის საზომ გამომყვან 3-ს შორის. ამ დროს გამტარი 3 გამოსხნილი უნდა იქნას საკონტროლო – პოტენციომეტრული მოწყობილობიდან. კონდენსატორის იზოლაციის მახასიათებლები იზომება 3 და 4 გამტარებს შორის.

მოწყობილობაზე დაყენებული შეწყვეტის ძირითადი იზოლაციის ტგ -ს გაზომვა სწარმოებს ნორმალური (ნახ.4.12.ა) სქემით, რათა გამოირიცხოს ტრანსფორმატორის ტეკადობის გავლენა. 10 კგ ძაბვა მიწოდება შეწყვეტის საკონტაქტო მომჭერს, შემაერთებელი მილის ჩამიწებულია და 2 და 3 გამტარები გამორთულია.

მოსხნილ შეწყვეტზე საზომი კონდენსატორის ტგ -ს და ტეკადობის გაზომვა სწარმოებს ნორმალური სქემით (ნახ.4.12.ა) საზომ შეწყვეტზე 3 კგ (არაუმეტეს 10 კგ) ძაბვის მიწოდებით, ხოლო მილისები იზოლირებულია მიწისაგან. თუ მილისების მიწისაგან იზოლირება შეუძლებელია, მაშინ გაზომვა სწარმოებს გადაბრუნებული სქემით (ნახ.4.12.ბ). ოგივე ხდება იზოლაციის გარეთა ფენების გაზომვის დროსაც.

შეწყვეტის იზოლაციის ტგ -ს გაზრდა ხდება მუყაოს ან ქაღალდის დანესტიანებისას, ზეთის გაჭუჭყიანებისას, ნაწილობრივი განმუხტვების გამოვლენისა და დეფექტური სილფონიდან ლითონის მტვერის მოხვედრისას.

ტრანსფორმატორზე დაყენებული შეწყვეტების აწეული ძაბვით გამოცდა წარმოებს მისი გრაგნილების გამოცდასთან ერთად. მოხსნილი შეწყვეტების გამოცდა სწარმოებს ოგივე ნორმებით. აწეული ძაბვით გამოცდა საშუალებას იძლევა გამოვლენილი იქნეს შეწყვეტის იზოლაციის ფარული დეფექტები, რომელიც გამოვლენილი არ იქნა სხვა ხერხებით. ამიტომ აწეული ძაბვით გამოცდა წარმოებს იზოლაციის ყველა სხვა გამოცდის შემდეგ.

ქაღალდ-ზეთიანი იზოლაციის მქონე შეწყვეტების შემჭიდროებებს ხარისხის შემოწმება სწარმოებს მათში 30 წუთის განმავლობაში 100 კპა ჭარბი წნევის შექმნით. ამ დროს ადგილი არ უნდა ჰქონდეს ზეთის გადინებასა და გამოსაცდელი წნების 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 მუშაობენ ძალიან მცირე ჭარბი წნევით.

მანომეტრების შემოწმება სწარმოებს ჰერმეტიკული შესრულების ქაღალდ-ზეთიანი იზოლაციის მქონე შემყვანებისათვის. ასეთი შემყვანის წარმატებული მუშაობა პირველ რიგში დამოკიდებულია მისი შემჭიდროებების საიმედოობაზე. შემყვანის მანომეტრის ჩვენების შემცირება მოწმობს მისი ჰერმეტიკულობის დარღვევაზე. ამასთანავე, თუ მანომეტრი დაზიანებულია, მაშინ ჰერმეტიკულობის დარღვევის დადგენა ყოველთვის შესაძლებელი არ არის. ამიტომ გათვალისწინებულია მანომეტრების შემოწმება რემონტებს შორის პერიოდში. იგი უნდა შეგამოწმეთ წელიწადში ერთხელ მაინც, ასევე იმ შემთხვევებში თუ მანომეტრის ჩვენება არ იცვლება გარემო ტემპერატურის ან დატვირთვის გამო ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ცვლილების დროს.

ჰერმეტიკულ შემყვანში ზეთის წნევის მინიმალური და მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობები მოცემულია პასპორტში. იმისათვის, რომ მანომეტრი იყოს შემყვანის შემჭიდროების მდგომარეობის საკმაოდ მგრძობიარე 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 ის უნდა იყოს შემოწმებული (იზომება ტვ).

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ზეთში შეიძლება იყოს ლითონის მექანიკური მინარეგები. ისინი შესამჩნევია გამჭოლ სინათლეზე ზეთის დათვალიერებისას. მექანიკური მინარეგების შემჩნევის მეთოდიკა შემდეგში მდგომარეობს: 250–300 მლ ტეგადობის თხელკედლიან ქიმიურ ჭიქას ავსებენ გამოსაცდელი ზეთით და ათავსებენ შავი ნაჭერით გადაფარებულ სადგარზე. ჭიქის უკანა მხარეს აყენებენ შავ ეკრანს. სინათლის წყარო მოთავსებულია გვერდით ჭიქის დონეზე ისე, რომ სინათლე განჭოლავს ზეთის ფენას. გამჭოლი სინათლე არ უნდა ეცემოდეს დამკვირვებლის თვალს.

ლითონური მექანიკური მინარეგების არსებობისას არევის დროს შეინიშნება ნაწილაკების გადაადგილება დამახასიათებელი ლითონური ბზინგარებით, რომლებიც დიდი ხნის განმავლობაში შეიძლება დარჩნენ შეტივტივებულ მდგომარეობაში და არ დაეშვან ფსკერზე. მინარეგების ხასიათის დაზუსტების მიზნით შესაძლებელია გამოვიყენოთ ლუბა 8–15

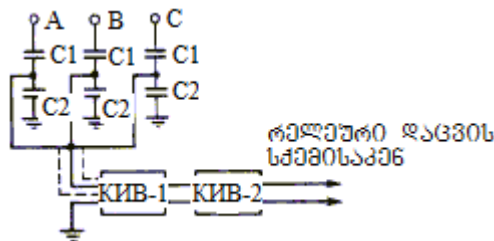
ჯერადი გადიდებით ან მიკროსკოპი. მექანიკური მინარეგების კვალი დასაშვებია, თუ მთელ ნიმუშში შეინიშნება ლითონური და არაღლითონური ხასიათის 7–10 ჩართვა, რომლებიც დალექლია ფსკერზე ან არიან შეტივტივებულ მდგომარეობაში. თუ ჩართვათა რაოდენობა აღემატება ნაჩვენებ მნიშვნელობებს, მაშინ საჭიროა ჩავატაროთ მექანიკური მინარეგების რაოდენობრივი ანალიზი §4.11-ს შესაბამისად.

ჰერმეტიკულ შემყვანებში ზეთის შეცვლა საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება ვაწარმოოთ უშუალოდ დაყენების ადგილზე ტრანსფორმატორიდან შემყვანის მოხსნის გარეშე ინსტრუქციის შესაბამისად.

შემყვანების იზოლაციის მუდმივი კონტროლი მდგომარეობს სამფაზა ტრანსფორმატორის ყველა სამივე შემყვანის საზომი განშტოებების მიერ შექმნილი ვარსკვლავა შეერთების ნულოვანი გამტარის ტეკადური დენის საკონტროლო მნიშვნელობაში (უბალანსობის დენი).

მოწყობილობა (ნახ.4.36) შედგება ორი ბლოკისაგან: KIB -1, რომელიც მოთავსებულია ტრანსფორმატორზე ან მის ახლოს დაყენებულ მეთრეული კომუტაციის მოძქერების კარადაში; KIB -2, რომელიც დაყენებულია ტრანსფორმატორის რელეური დაცვის პანელზე, ქვესადგურის მართვის ფარზე და გამოიყენება 500 კვ ზევით ძაბვის შემყვანებში.

KIB-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 იძლევიან შევამცროთ უბალანსობის დენი, რომელიც განპირობებულია შემყვანების ტეკადობების მნიშვნელობათა სხვაობით; მაშინ თითოეული შემყვანიდან გამოძაგალი გამტარი შეერთებულია ტრანსფორმატორის შესაბამის განატოტთან და „ვარსკვლავი“ შექმნილია უშუალოდ KIB-1 ბლოკში.

КИБ-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, КИБ-1-ის ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში იზრდება უბალანსობის დენი.

გაძლიერებისა და გამართვის შემდეგ სიგნალი გადაეცემა რელეური დაცვის სქემას, რომელიც მოქმედებს გამორთვაზე ან სიგნალიზაციაზე. ამისათვის, რომ მოწყობილობამ არ იმუშაოს გარდამავალ რეჟიმებში ან ძაბვის ხანმოკლე აწევის დროს, მისი ამუშავების დრო დაყენებულია არანაკლებ 8 წამზე.

ნორმალურ პირობებში 500 კვ შემყვანის ტევადური დენი შეადგენს დაახლოებით 100 მა-ს, ხოლო წესიერული შემყვანების ყველა სამივე ფაზის დენების ჯამი 3-5 მა-ია. КИБ-2 მოწყობილობის პოტენციომეტრი საშუალებას იძლევა ვცვალოთ დაყენების დენი 3-15 მა დიაპაზონში. ცდომილების შემცირების მიზნით КИБ -1 და КИБ -2 ბლოკებს შორის კაბელი უნდა იყოს ეკრანირებული ძარღვების კვეთით არანაკლებ 2,5 მმ².

4.22. გადამრთველი მოწყობილობის მდგომარეობის კონტროლი

გადამრთველი მოწყობილობის მუშაობის შემოწმება წარმოებს საქარხნო და ტიპური ინსტრუქციების შესაბამისად. გამოცდების ზოგიერთი სახე, რომელიც საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის მდგომარეობა განხილული იქნა ადრე. გადამრთველის გარე დათვალიერება სრულდება §4.7-ის მითითებების შესაბამისად. ბუნებრივია, რომ დათვალიერებას ექვემდებარება მხოლოდ ის ნაწილები, რომლებიც მისაწვდომია ამისათვის. სახელდობრ უნდა შემოწმდეს ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის მართვის კარადები, გათბობის მოწყობილობის წესიერულობა. მათი დარღვევის დროს კარადებში მოხვდება მტვერი და ჭუჭყი, საბოლოო გასქედეება, რასაც მიყვაროთ ელემენტების ღერძების გახსნამდე, ზემოქმედებენ მიკროგადამრთველებზე და იწვევენ მათ მტყუნებას და შედეგად ძაბვის ქვეშ გადამრთველი მოწყობილობის ფაზების შეუთანხმებელ მუშაობასა და საბოლოო გადამრთველის გაუჩერებლად გაგლას.

თუ ექსპლუატაციის პირველ პერიოდში მოხდა სატრანსფორმაციო ზეთის მანასიათებლების გაუარესება, მაშინ შემოწმებული უნდა იქნეს ზეთის ტენსიომეტრიულობა და საჭიროების შემთხვევაში უნდა შეიცვალოს. იგივე ეკუთვნის ამომრჩეველს ზეთს თუ იგი განმზღვრულია ტრანსფორმაციის ავზიდან და ზეთიდან.

ზეთის მანასიათებლების გაუარესება მოწმობს ძაბვის ქვეშეგადამრთველი მოწყობილობის დაზიანებაზე. არის შემთხვევები, როცა კონტაქტორის ავზში ზეთის ჩასხმის შემდეგ იგი სწრაფად კარგავს თავის თვისებებს. ზეთის შეცვლის შემდეგ იგივე მეთოდება. ასეთ მოვლენას ადგილი აქვს საკონტაქტო სისტემის არადაამაკმაყოფილებელი მდგომარეობის – დაჭერის ძაღვის დარღვევის, კონტაქტების გადანრისა და წანაცვლების, მთლიანად მოწყობილობის მუშაობის რეგულირების დარღვევის, კონსტრუქციული ელემენტების დაზიანების დროს. იგივე ხდება, თუ მოწყობილობა დატენიანებული იყო რემონტის დროს. ძაბვის ქვეშეგადამრთველის ასეთი მოწყობილობა ექვემდებარება რემონტს სრული რეგულირებით, ხოლო თუ იგი იყო დატენიანებული, მაშინ უნდა მოხდეს დეტალების გაშრობა.

ძაბვის ქვეშეგადამრთველის მოწყობილობის არადაამაკმაყოფილებელი მდგომარეობის დროული გამოვლენის მიზნით საჭიროა ანლად დამონტაჟებული ან გარემონტებული ტრანსფორმაციის ჩართვიდან 10–15 დღის შემდეგ მოხდეს მათი ავზებიდან აღებული ზეთის გამოცდა, ხოლო ზეთის მანასიათებლების შესამჩნევი გაუარესების შემთხვევაში, თუ ისინი რჩებიან დასაშვებ საზღვრებში, გავიმეორეთ გაზომვები იგივე ვადაში. თუ ზეთის მანასიათებლების შემდგომი გაუარესება არ მოხდა, მაშინ გავაგრძელოთ მისი ექსპლუატაცია ჩვეულებრივად. ზეთის მანასიათებლების გაუარესების შემთხვევაში მთონონდ ნორმებს ქვეშეგადამრთველი უნდა გადავიდეს რემონტში. ძაბვის ქვეშეგადამრთველის მოწყობილობის გარეშე მუშაობა შეიძლება, როგორც დროებითი ღონისძიება რამდენიმე დღე-ღამის განმავლობაში.

ძაბვის ქვეშეგადამრთველის მოწყობილობის გამოცდა აწეული ძაბვით წარმოებს ტრანსფორმაციის მთელი იზოლაციის გამოცდასთან ერთად. (ინ. §.4.15). ძაბვის ქვეშეგადამრთველის მოწყობილობის შეცვლის ან კაპიტალური რემონტის დროს შეიძლება მისი ცალკეული ნაწილების გამოცდა აწეული ძაბვით ტრანსფორმაციის დაყენებამდე.

გრაგნილების წინაღობის მუდმივი დენით გაზომვის დროს (§4.16) ერთდროულად მოწმდება განშტოებების მიწილივა და გადამროველის კონტაქტების მდგომარეობა. ამისათვის საჭიროა ვაწარმოთ გაზომვა სარეგულირებელი გრაგნილის თითოეულ განშტოებაზე, ანუ გადამროველის თითოეულ მდგომარეობაში.

სატრანსფორმატორო ზეთის გამოცდა, წინაღობის გაზომვა მუდმივი დენით, კონტაქტორის მუშაობის ოსცილოგრაფირება და სხვა გაზომვები იძლევიან ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის კომპლექსური შეფასების საშუალებას.

ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გაზომვა საშუალებას იძლევა შევამოწმოთ გრაგნილის მარეგულირებელი განტოტებების გადამროველთან მიერთების სისწორე. ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის თითოეულ საფეხურზე ტრანსფორმაციის კოეფიციენტისა და მუდმივი დენით წინაღობის გაზომვა გვაძლევს საშუალებას გამოვაგლინოთ გადამროველი მოწყობილობის რემონტის დროს სქემაში დაშვებული შეცდომები. გაზომვის შედეგები შედარდება საჭარხნო მონაცემებთან.

ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის პერიოდული დატრიალება წარმოადგენს მისი მდგომარეობის კონტროლისა და პროფილაქტიკის ეფექტურ საშუალებას. დატრიალებისას მოწმდება მოწყობილობის ამპრაფისა და მისი მართვის სქემის მუშაობა, გადამროველისა და კონტაქტორის კინემატიკური სქემა. მაგრამ მისი მთავარი დანიშნულებაა კონტაქტების მდგომარეობის პროფილაქტიკა. ექსპლუატაციის პროცესში ამომრჩევილის კონტაქტზე წარმოიქმნება ჟანგის თხელი ფენა, რომელიც ზრდის გარდამავალ წინაღობას. მისი წარმოქმნა შეიძლება განსაზღვრული იქნეს მუდმივი დენით გრაგნილების წინაღობის გაზომვის დროს. თუ ჟანგის ფენა არ შორდება, მაშინ იწყება კონტაქტების გახურება, უარესდება სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებები. საბოლოო ანგარიშით კონტაქტებმა შეიძლება მიაღწიონ ისეთ მდგომარეობას, რომ ვერ უზრუნველყონ გადამროველი მოწყობილობის ნორმალური მუშაობა.

ჟანგის აფსკი იწმინდება ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის გადართვის დროს. ამიტომ ინსტრუქციებით ექსპლუატაციის დროს გათვალისწინებულია პერიოდული დატრიალება პერიოდულობით არანაკლებ ერთხელ 3–12 თვეში გადამროველის ტიპისა და მუშაობის რეჟიმიდან გამომდინარე.

ყველა მდგომარეობაში მოწყობილობის დატრიალება დაკავშირებულია განსაზღვრულ სიძნელეებთან, რადგან მოითხოვს ტრანსფორმატორის ქსელიდან გამორთვას. ამიტომ ყველა მდგომარეობაში დატრიალება საკმარისია ვაწარმოთ წელიწადში ერთხელ. დატრიალების ციკლთა რაოდენობა უნდა იყოს არანაკლებ 20. უფრო ნაკლები რაოდენობის დროს კონტაქტები სრულად არ გაიწმინდება. სხვა შემთხვევებში დატრიალება სწარმოებს მუშა დიაპაზონში, ანუ იმ დიაპაზონში, რომელშიც ფაქტიურად აწარმოებენ გადართვას მუშა პოტენციალში ზღუს ერთი ორი გადართვა ორივე მხარეს. თუ გადართვის მოწყობილობა საერთოდ არ გადართულა, მაშინ დატრიალება მუშა დიაპაზონში ნიშნავს ორ გადართვას ორივე მხარეს. ასეთი გადართვები შეიძლება ვაწარმოთ მომხმარებელთა გათიშვის გარეშე. ციკლთა რაოდენობა უნდა იყოს არანაკლებ 10-სა.

ცდები გვიჩვენებენ, რომ ასეთი საკონტროლო დატრიალებები საკმარისია, რათა გადამრთველის კონტაქტები გვქონდეს დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში. დატრიალების შემდეგ წესიერულ მდგომარეობაში მყოფი გრაგნილის წინაღობა მუდმივი დენის მიმართ უახლოვდება პასპორტში ნაჩვენებს.

კონტაქტების დაწოლა იწმინდება მათი რეგულირებისას. თუ გადამრთველის ან კონტაქტორის კონტაქტების დაწნევა არასაკმარისია, მაშინ მათი გარდამავალი წინაღობა იზრდება და იწვევს ადგილობრივ გადახურებებს, ხოლო მოკლედ შერთვის დენების გავლის დროს – შედუღებას. ძალიან დიდ დაწნევას მიეყვართ გადართვებისას ძალვის გაზრდამდე, მომატებულ მექანიკურ ცვეთამდე, ამომრჩევის გაჭედვამდე, კონტაქტორის არამკაფიო ამუშავებამდე.

კონტაქტორის დაწოლა იწმინდება ჩართულ მდგომარეობაში, დინამომეტრის დახმარებით მოძრავი კონტაქტის გამოწვევით წრედის გაწყვეტამდე, რომელიც ფიქსირდება კონტაქტებს შორის მთავსებული ქაღალდის ზოლის განთავსისუფლებით ან ომმეტრით.

ამძრავი მექანიზმის გამოცდა იწყება გამართულ ძრავზე მისი მართვის სქემის მუშაობის შემოწმებით. გამშვ ღილაკზე თითის დაჭერით უნდა მოხდეს შესაბამის გამშვი კონტაქტორის ან საშუალებდო რელეს ამუშავება. შემდეგ ისე, რომ არ ჩავართოთ 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 უნდა ამუშავდეს. საჭიროების შემთხვევაში საბოლოო ამომრთველი რეგულირდება. დაფიქსირებული რა მქანის შუა მდგომარეობასთან ახლოს, გამოწმობით მის მუშაობას ჩართული ძრავის დროს. შემოწმება წარმოებს თითოეული კონტაქტორის ჩართვის დროს. ბრუნვის მიმართულება უნდა შეესაბამებოდეს მქანის შუა ნაჩვენებს.

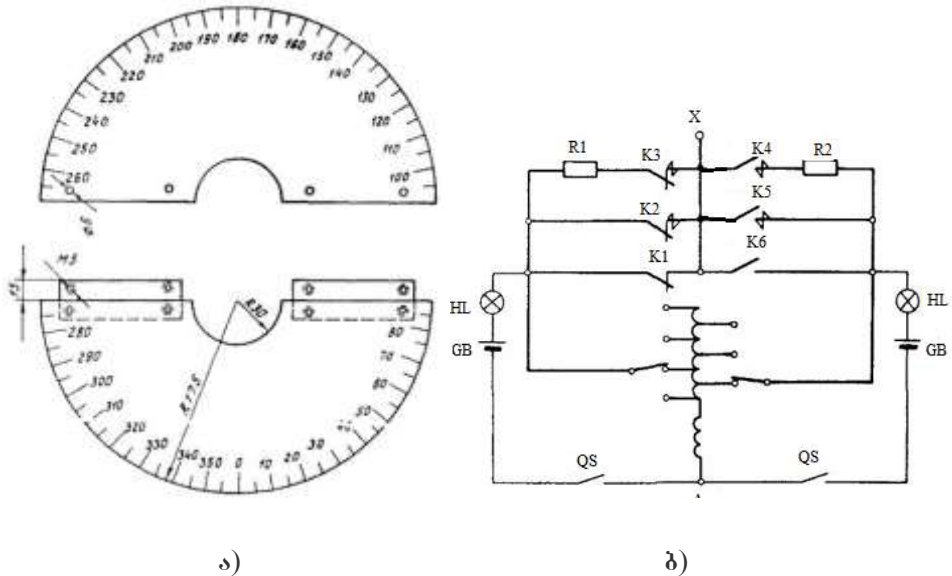
ტრანსფორმატორზე დაყენების შემდეგ მქანის სახელურით დაბრუნებით მოწმდება ამძრავი მქანის გადამრთველთან შეუღლება. შემდეგ წარმოებს საბოლოო შემოწმება. ერთი საფეხურიდან მეორეზე გადართვა უნდა მოხდეს გაჩერებისა და შენელებული ბრუნვის გარეშე, რომლებიც შეიძლება აღიძრას ძრავის გადატვირთვის დროს არასწორი აკრეფის შედეგად. ამძრავი მქანის დამუხრუჭების სისწორეს მოწმობს მჩვენებლის სარკმელის შუაში განლაგებული ციფრები, რომლებიც აღნიშნავენ გადამრთველის მდგომარეობას. მქანის ზუსტი გაჩერება უზრუნველყოფილია კონტროლერის საკონტაქტო თითების მდგომარეობის რეგულირებით.

ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის რემონტის დროს მბრუნავი მომენტის გაზომვა. წამყვან ლილვზე მაგრდება სახელური, რომლის ბოლოები მიმაგრებულია დინამომეტრთან. დინამომეტრზე მოდებულია სახელური – ლილვის ბერბენდიკულარული ძაღვა. მბრუნავი მომენტი განისაზღვრება იმ ძაღვისა და სახელურის სიგრძის ნამრავლი, რომლის დროსაც მოძრაობა დაიწყება.

კონტაქტების თანმიმდევრული მოქმედების შემოწმება ხორციელდება ე.წ. წრიული დიაგრამების გადაღების გზით. წრიულ დიაგრამას იღებენ წამყვანი ლილვის პირდაპირი და უკუ მიმართულებით მობრუნების დროს ზედხედ ორ მდგომარეობაში. თუ გააჩნია რევერსორი ან წინასწარ ამჩვენებ, მაშინ დიაგრამა გადაიღება იმ ორ მდგომარეობას შორის, რომლებშიც ისინი მონაწილეობენ გადართვებში.

ყველაზე მარტივად წრიული დიაგრამის გადაღება წარმოებს სასიგნალო ნათურების მეთოდით. ამისათვის საჭიროა მოგვსნათ კონტაქტორის სახურავი და ლილვზე დაგამაგრეთ 380 გრადუსიანი სკალა თითო გრადუსი დანაყოფით (ნახ.4.37.ა), ხოლო მოწყობილობის უძრავ ნაწილზე – ისარი. ჩავრთოთ გარე სქემა დენშემზღუდავ რეზისტორებთან ნახ.45.37.ბ-ს შესაბამისად. გმართოთ ამძრავი მქანის ხელით და სასიგნალო ნათურებით დაგაფიქსიროთ გამოსასვლელი ლილვის მობრუნების კუთხეები (ბრუნვათა რაოდენობა) ამომჩვენებლის კონტაქტების ჩართვისა და გამართვის მომენტში.

კონტაქტების ამუშავების მომენტები შეიძლება დავაფიქსიროთ ვკაბუნზე სმენადობის მიხედვით.

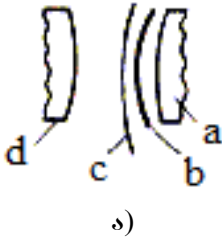
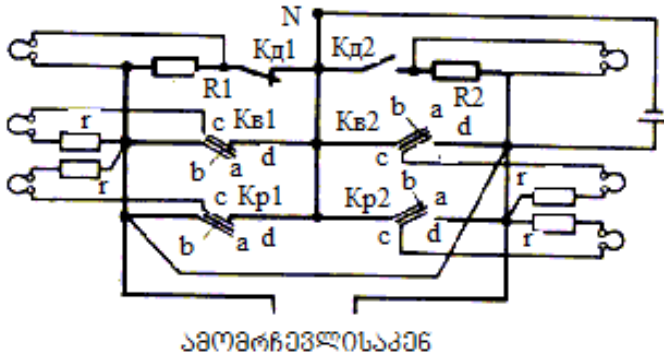


ნახ.4.37. წრიული დიაგრამის გადასაღები სამარჯვი (ლიბი) (ა) და გადამრთველი მოწყობილობის წრიული დიაგრამის გადასაღები სქემა: 1 - 6 - მთავარი კონტაქტები; 2 - 5 - დამხმარე კონტაქტები; 3 - 4 - რკალმჭრობი კონტაქტები; ღ1 - ღ2 - დენშემზღუდავი რეზისტორები; - სასიგნალო ნათურა; შ - დენმკვეთი - აკუმულატორის ბატარეა

წრიული დიაგრამა უნდა შეესაბამებოდეს ქარხანა-დამამზადებლის ნორმებს, წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა მოხდეს მისი რეგულირება.

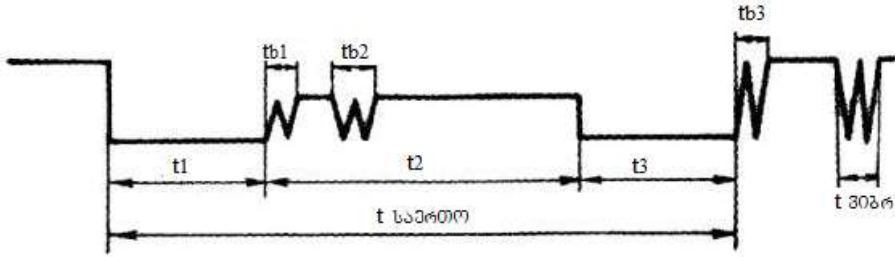
თანამედროვე სწრაფმოქმედი, აქტიური დენშემზღუდავი წინაღობების მქონე ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობისათვის სასიგნალო ნათურებით შეიძლება მხოლოდ გადამრთველისა და კონტაქტორის ერთობლივი მუშაობის წრიული დიაგრამის გადაღება, მაგრამ შეუძლებელია მივიღოთ კონტაქტორის ექვსი კონტაქტის მუშაობის სურათი. ამიტომ უფრო სწორია გამოყენებული 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 ნახ.4.38.ა-ზე.



ნახ.4.38. წრიული დიაგრამის გადასადები ძაბვის ქვეშ რეგულირების მოწყობილობის კონტაქტორთან ოსცილოგრაფის გიბრატორების ჩართვის სქემა: ა- გიბრატორების ჩართვის სქემა; ბ - საიზოლაციო საფენისა და ზესადების კონტაქტზე დაყენება: - მუშა კონტაქტები; - დამხმარე კონტაქტები; დ - რკალმჭრობი კონტაქტები; ღ - დენშემზღუდავი რეზისტორი; რ - 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 საიზოლაციო საფენს „ბ“-ს და მის ზემოთ საზომ კონტაქტს „ც“-ს, რომელთანაც მიერთებულია ოსცილოგრაფის გიბრატორი, რომელიც ჩაირთვება მეორე „დ“ კონტაქტთან შეხების დროს. ყველაზე კარგია ერთ ოსცილოგრაფზე გამოვიტანოთ კონტაქტორის ყველა კონტაქტის, ამომრჩეველისა და რევერსორის მუშაობა. ოსცილოგრაფზე მკაფიოდ ჩანს მოწყობილობის ყველა კონტაქტორის მუშაობის თანმიმდევრობა.



ნახ.4.39. U ტიპის გადამრთველი მოწყობილობის კონტაქტორების მუშაობის ტიპური ოსცილოგრამა

მიღებული წრიული დიაგრამა უნდა შემოწმდეს საქარხნო ინსტრუქციის თანახმად. ნახ.4.39-ზე ნაჩვენებია U ტიპის გადამრთველი მოწყობილობის კონტაქტორების მუშაობის ტიპური ოსცილოგრამა. რომლისთვისაც: $t_1 = 10-30$ მწმ; $t_2 = 20-42$ მწმ; $t_3 = 10-20$ მწმ; $t_{საპროტო} = 45-85$ მწმ; $t_{ბ1} + t_{ბ2} = 12$ მწმ; $t_{ბ3} + t_{ჰობრ} < 12$ მწმ.

4.23. დამხმარე მოწყობილობის მდგომარეობის კონტროლი

დამხმარე მოწყობილობის ქვეშ იგულისხმება ტრანსფორმატორის ის ელემენტები, რომლებიც, რომლებიც განთავსებულია ავზზე ან მის გარეთ და უშუალოდ არ მონაწილეობენ ელექტროენერჯის გარდაქმნაში ან დენგამტარი ნაწილების ოზონდაცვაში და ემსახურებიან დენგამტარი და მაიზოლირებელი ნაწილებისა და მაგნიტური სისტემის ნორმალური მუშაობის უზრუნველყოფას. პირველ რიგში ესენია: გაციების სისტემა, დაცვის ყველა სახე, საფართოებელი და სხვა. ძირითადი მომენტები, რომელზეც უნდა გაავამახვილოთ ყურადღება გარე დათვალირების დროს აღწერილი იყო §4.7-ში. დაწვრილებით განვიხილოთ ზოგიერთი დამხმარე მოწყობილობის მუშაობის შემოწმების საკითხები.

გაციების მოწყობილობის შემოწმება და დათვალირება გათვალისწინებულია ნორმებით (ცნოილი 4.8) და წარმოებს ტიპური და საქარხნო ინსტრუქციებით. ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების მოთხოვნების შესრულებისათვის ზეთის იძულებითი ცირკულაციის მქონე ტრანსფორმატორებში უნდა დაგრწმუნდეთ, რომ ზეთის ცირკულაცია არ შეწყვეტილა. წელიწადში არანაკლებ ერთხელ 6 თვეში საჭიროა შევამოწმოთ ზეთისა და გამაცხებელი წყლის შეწყვეტის, გენტილატორების გაჩერების, მანომეტრების ჩვენების, სარეზერვო გაცივებისა და კვების წყაროს

ჩართვის სიგნალიზაციის წესივრულობა. გამაციებელში ზეთის წნევამ უნდა გადააჭარბოს მასში ცირკულირებადი წყლის წნევას 0,2 კგ/სმ²-ით, ზეთის ტუმბოს ავარიული გაჩერების დროსაც კი, ხოლო მუშა ტუმბოს დროს – 1-2 კგ/სმ²-ით. ზეთის გაციების ხარისხი კონტროლდება გამაციებლის გამოსასვლელზე ტემპერატურათა სხვაობით. ნომინალური დატვირთვის დროს ის უნდა იყოს არანაკლებ 10°K. შებერვითი გაციების ტრანსფორმატორებში დასაშვებია მუშაობა გაჩერებული გენტილატორებით, თუ ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურა არ აღემატება 55°K ნომინალურზე ნაკლები დატვირთვის შემთხვევაში, ხოლო გარშემო ჰაერის ნულს ქვემოთ ტემპერატურის დროს არაუმეტეს 45°K – ს დატვირთვის მიუხედავად.

ზეთის იძულებითი ცირკულაციის გაციების სისტემებში განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ზეთის ელექტროტუმბოებს. არანორმალური მუშაობის ნიშნების (ვიბრაცია, გარეშე ხმაური, წნევის ნორმალური მნიშვნელობიდან გადახრა) შემჩნევასა და ტუმბო გადაყვანილი უნდა ექნეს რემონტზე. უნდა გაწარმოთ ტუმბოების მუშაობის აღრიცხვა, რადგანაც საქარხნო ინსტრუქციებით ისინი გადაყვანილი უნდა იქნენ რემონტზე რეგლამენტირებული სამუშაოების შესასრულებლად. საჭიროა ასევე პერიოდულად შემოწმდეს ელექტროტუმბოს მიერ მოხმარებული დენის სიდიდე. ტუმბოს დაწნევით მიღგამტარზე საკვალთი („ზადვიჟა“) უნდა იყოს ღია (დასაშვებია მისი დაკეტვა 1-2 წთ განმავლობაში).

ტუმბოზე რეგლამენტირებული სამუშაოების დროს პირველ რიგში მოწმდება საკისრების მდგომარეობა, განსაკუთრებით მათი ღერძების ცვეთა. საკისრის ერთი ან ორივე რგოლის მომატებული ცვეთის დროს ტუმბოს როტორი გადაადგილდება ღერძის მიმართულებით და შეიძლება ფრთოვანათი დაიწყოს კორბუსზე გამოდება, რაც წარმოქმნის ლითონის ნაქლიბს. ეს ნაქლიბი, ასევე საკისრის ელემენტები ან არაეკრანირებული ტუმბოს სტატორის გრაგნილის ნატყეები მისი გადაწვის შემთხვევაში მოხვდებიან ტრანსფორმატორის ავზში. ზეთის მიმართული ცირკულაციის დროს ისინი შეადწევენ უშუალოდ ტრანსფორმატორის გრაგნილის იზოლაციაში და ძლიერ გააუარესებენ მის თვისებებს. ტუმბოების დროული რევიზია თავიდან აგვაცილებს ტრანსფორმატორის ავარიას. სწორად აკრეფილ და დაბალანსებულ ტუმბოს არ გააჩნია ნაფხეკები და ვიბრაცია, ადვილად ბრუნავს ხელთ. ტრანსფორმატორის ავზში სატრანსფორმატორო ზეთის თვისებების გაუარესების დროს უნდა შემოწმდეს ტუმბოების წესივრულობა, ხანკლდობრ, ზედმეტი გადახურების არ არსებობა. სასუნთქი სისტემის

დარღვევამ შეიძლება მიგვიყვანოს გაზური დაცვით ტრანსფორმატორის გამორთვამდე. ჰაერგამშრობის მქონე ტრანსფორმატორებში საფართოებელში ზეთის დონის აწევას სასუნთქს ზემოთ მოწყვადართ სასუნთქიდან და ჰანსაშრობიდან ზეთის გადმოღვრასთან, რაც შეიძლება დადგენილი იქნეს ტრანსფორმატორის დათვალიერებისას.

სასუნთქი მილიდან ზეთის გადმოღვრის შემჩნევის შემოსვკვაში მუშა ტრანსფორმატორზე, ის შეიძლება დახშული იქნეს შემდგომ მიმდინარე რემონტამდე, მაგრამ ზეთის დონე საფართოებელში უნდა შევამცროთ იმდენად, რომ ტრანსფორმატორის ნებისმიერ რეჟიმში მუშაობისას ის არ აღემატებოდეს $+40^{\circ}\text{C}$ ნიშნულს.

ზეთის აზოტით დაცვის მქონე ტრანსფორმატორებში საფართოებლიდან და აზოტის ქურჭლიდან მოგხსნათ გაზგამტარი და დაგუბერთ, შეგცვალოთ სილიკაგელი აზოტის საშრობში, ჩამოვასნათ ზეთი აზოტის ქურჭლიდან და გაავაშროთ.

თერმოსიფონური და აღსორბციული ფილტრები ემსახურებიან სატრანსფორმატორო ზეთის უწყვეტ ავტომატურ რეგენერაციას. როგორც წესი, ისინი ივსებიან 3–7 მმ დიამეტრის მარცვლოვანი სილიკაგელით. დასაშვება სწვა სორბენტების გამოყენება, რომელთაც გააჩნიათ ამორჩევის უნარი ზეთიდან შთანთქონ დაძველების პროდუქტები და ტენი. მიზანშეწონილი არ არის ცეოლიტების გამოყენება.

თერმოსიფონურ ფილტრში ზეთი ცირკულირებს ბუნებრივი გზით: ტრანსფორმატორის ავზში ცხელდება იწევს მაღლა, ფილტრში ცივდება და ქვემოთ ეშვება. აღსორბციული ფილტრები ყენდება ზეთის იძულებითი ცირკულაციის მქონე ტრანსფორმატორებზე, სადაც ზეთის მოძრაობა განპრობებულია ტუმბოებით.

თუ ტრანსფორმატორის ავზიდან აღებულ ზეთის ნიმუშში მჟავური რიცხვი გაიზარდა 0,15 მგ , მაშინ სორბენტი უნდა შეიცვალოს. გარდა ამისა სორბენტი, ზეთის ანალიზის მიუხედავად, იცვლება ესქსპლუატაციის დაწყებიდან ერთი წლის შემდეგ. სორბენტის მდგომარეობის კონტროლი ხორციელდება ასევე ზეთისა და იზოლაციის მახასიათებლების მხედვით. ზეთის გამრღვევი ძაბვის, გრაგნილებისა და ზეთის ტგ -სა და ზეთის ტენშემცველობის გაურესება გვიჩვენებს სორბენტის მიერ აღსორბციული თვისებების დაკარგვას და იგი უნდა შეიცვალოს.

თერმოსიფონურ ან აღსორბციულ ფილტრში უნდა ჩაყვართ კარგად გამომშრალი და მტვრისაგან გაწმენდილი სილიკაგელი.

ჰაერსაშრობები გამოიყენება ტრანსფორმატორში ან არაჰერმეტიკულ შეწყვეტანში შემაგალი ჰაერის გასაშრობად. სორბენტისადმი მოთხოვნები აქ რამდენადმე განსხვავებულია თერმოსიფონური და ადსორბციული ფილტრის მოთხოვნებთან შედარებით. აქ შეიძლება ცვლილების გამოყენებაც.

სორბენტის ხარისხი ჰაერსაშრობში მოწმდება ინდიკატორული სილიკაგელის ფერის მიხედვით, რომელიც წარმოადგენს ქლოროფანი კობალტით გაჟღერებულ ჩვეულებრივ სილიკაგელს. მას მათაგანებენ მცირე რაოდენობით მხოლოდ ფილტრის საჭერეტი სარკმლის მოპირდაპირედ. მთელი ფილტრი კი იფლება გამაშრობელით ქლოროფანი კობალტით გაჟღერებვის გარეშე, ე.წ. მუშა სილიკაგელით.

ექსპლუატაციაში ჰაერსაშრობით კონტროლი მდგომარეობს ინდიკატორული სილიკაგელის შეფერისადმი და ზეთიან საკეტში ზეთის დონეზე დაკვირვებაში. მშრალ ინდიკატორულ სილიკაგელს აქვს ლურჯი ფერი. ცალკეული მარცვლის დია შეფერისადმი მიღებისას უნდა გავაძლიეროთ ფილტრზე მეთვალყურეობა.

სორბენტის დატენიანების ზრდასთან ერთად ინდიკატორული სილიკაგელი იღებს ვარდისფერ შეფერისადმი. 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 უნდა გამოვიყვანოთ მუშაობიდან არაუმეტეს სამი საათისა. ერთდროულად წარმოებს ზეთის შეცვლა ზეთიან საკეტში.

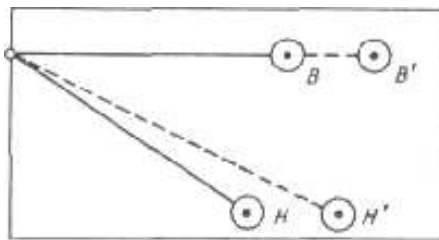
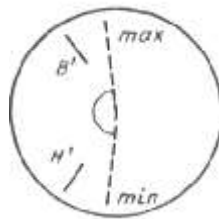
დატენიანებულ სილიკაგელს აღადგენენ შრობის გზით. ჰაერსაშრობების, ადსორბციული და თერმოსიფონური ფილტრების მუშა სილიკაგელს აშრობენ 400–500°K ტემპურატურაზე. შრობის კარგი ხარისხი მიიღება ტაფაზე გამოწრობისას. ამასთანავე ქლოროფანი კობალტი ასეთი განურების დროს იშლება და ამიტომ ინდიკატორული სილიკაგელის შრობა სწარმოებს 115–120°K ტემპურატურაზე 15–20 საათის განმავლობაში ლურჯი შეფერისადმი მიღებად. დატენიანების თავიდან აცილების მიზნით მშრალ სორბენტს ინახვენ ჰერმეტიზირებულ ტარაში.

დამცავი სარქველები და ისრიანი ზეთის მაჩვენებლები გამოიყენება დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებში გამოსაბოლქვი და

ზეთისმაჩვენებელი მიღების მაგიერ. ისრიანი მაჩვენებლის არასწორი დაყენების დროს შეიძლება დაგუშვათ ზეთის დონის ზედმეტი აწევა მის ტემპერატურის აწევისას და დაუშვებელი დაწევა ტემპერატურის შემცირებისას.

1984 წლის 26 ივნისის საექსპლუატაციო ცირკულიარი № 4-06-84 (ჰ) მოითხოვს აფსკური დაცვის მქონე ყველა ტრანსფორმატორზე ისრიანი ზეთის მაჩვენებლის დაყენებას ზეთის მაქსიმალური და მინიმალური დონის სივრცითადად. ზეთის დონე საფართოებელში უნდა დაგადგინოთ ტრანსფორმატორში ზეთის ზედა ფენების ტემპერატურის შესაბამისად. წინასწარ ზეთის ტემპერატურის გათანაბრების მიზნით ტუმბოებით ერთი საათის განმავლობაში უნდა მოხდეს ზეთის წინასწარი გადარევა. ზეთის ნაჩვენებლის ისრის ჩვენება უნდა შეესაბამებოდეს ზეთის დონეს.

ზეთის მაჩვენებლის სახელურს 1570 მმ დიამეტრის საფართოებლის დროს უნდა ჰქონდეს 2090 მმ სიგრძე, ხოლო 1260 მმ დიამეტრის დროს – 1610 მმ. ნახ.4.40-ზე ნაჩვენებია როგორ შეიძლება დამახინჯდეს ისრის ჩვენება, თუ დაყენებული იქნება დიდი სიგრძის სახელური, თუ იგი იქნება უფრო გრძელი ვიდრე ეს მოითხოვება.



ა)

ბ)

ნახ.4.40. სახელურის სიგრძის გაგლეხა ზეთის მაჩვენებლის მუშაობაზე:

ა- ზეთის მაჩვენებლის სკალა; ბ- სახელურის განლაგება საფართოებელში

თუ პირველად მაჩვენებლის ისარს დაგაყენებთ ზეთის მაქსიმალურ დონეზე (ე.ი. ტივტივას ზედა ,, ” მდგომარეობის დროს ნახ.4.40.ბ-ზე ისარი

დავაყენოთ მდგომარეობაში მას (ნახ.4.40.ა-ზე), მაშინ ქვედა მდგომარეობაში ტიფტიფა დაიკავებს მდგომარეობას ' მოთხოვნილი მდგომარეობის მაგიერ. სანკლური მობრუნდება ნაკლები კუთხით ვიდრე ეს მოითხოვება. მაჩვენებლის ისარი დაიკავებს შესაბამისად ' მდგომარეობას ნაცვლად მინ მდგომარეობისა. მაშასადამე მაჩვენებელი ვერ უზრუნველყოფს ზეთის დონის სწორ ჩვენებას და ცდომილება მით მეტია, რაც ზეთის დონე უფრო დაბალია. თუ ისარს დავაყენებთ მინიმალურ დონეზე (ტიფტიფას ' მდგომარეობისას ისარი დავაყენოთ მინ მდგომარეობაში), მაშინ ზეთის მაქსიმალური დონის შემთხვევაში ისარი აღმოჩნდება ' მდგომარეობაში და მაჩვენებელი მოგვცემს უფრო მეტ შეცდომას, რაც უფრო მაღალია ზეთის დონე.

საფართოებელში ზეთის ზედმეტი დონე იწვევს დამცავი სარქველის ამუშავებას. უკან დაბრუნებისას სარქველი შეიძლება მთლიანად არ დაიხუროს, რაც გამოიწვევს ზეთის დაღვრასა და მტყუნებას. დამცავი სარქველის შემჭიდროებები აუცილებლად უნდა შემოწმდეს.

ხანძრის ქრობის ავტომატური საშუალებები რეკომენდირებულია შემოწმდეს წელიწადში ორჯერ შემოდგომა ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდში – წყლის 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 საწიმი მოწყობილობა გამოსაკვლევი ობიექტის ზედაპირზე ტემპერატურის განაწილების დიაგნოსტიკისათვის. იგი საკმაოდ ძვირადღირებული მოწყობილობაა. მის ძირითად ელემენტებს წარმოადგენს მატრიცა და ობიექტივი. ობიექტივის დასამზადებლად გამოიყენებენ გერმანიუმს, რადგან მინა არ ატარებს ინფრაწითელ გამოსხივებას.

სხვანაირად რომ ვთქვათ, თბოვიზორს გააჩნია უნარი ერთმანეთისაგან განასხვავოს სხვადასხვა გამოსხივების მქონე ნებისმიერი ობიექტი. გარეგნულად იგი წარმოადგენს კამერას თხევად კრისტალური დისპლეით, რომელიც უნდა მივმართოთ საკვლევი ობიექტზე. უკანასკნელ ხანებში გამოჩნდა თბოვიზორები

სენსორული დისპლეით, რომელზედაც გამოიტანება მიღებული ფერადი ველი, სადაც თითოეულ ტემპერატურას შეესაბამება თავისი განსაზღვრული ფერი.

თბოვიზორის მუშაობის პრინციპი იგივეა, რაც თანამედროვე ციფრული ფოტობაზრატისა: ნახევარგამტარულ ელემენტებს შეუძლიათ დაიჭირონ ფოტონები, ამ დროს თბოვიზორის ეკრანზე ფიქსირდება არა ხილული, არამედ ინფრაწითელი გამოსხივება.

თბოვიზორული დიაგნოსტიკის პრინციპი მდგომარეობს ტემპერატურის ეტალონური და გასაანალიზებელი ველების შედარებაში. ტემპერატურის ანომალიები გამოიყენებან დეფექტების ინდიკატორებად, ხოლო ტემპერატურული სიგნალების სიდიდე და მათ დროში ქცევა ძვეს თბიექტების პარამეტრების შეფასების საფუძვლად.

თბოვიზორის გამოყენება მოიცავს ადამიანის მოქმედების სხვადასხვა სფეროს, სადაც არის თერმოგრაფიული გამოკვლევების საჭიროება. ერთერთი ყველაზე ფართო გამოყენება ჰბოვა ელექტრომომწყობილობების გამოკვლევის დროს. სადაც ფართოდ გამოიყენება კომპანია ტესტო-ს თბოვიზორები (ნახ.4.41). უდავოა ის ფაქტი, რომ ფუნქციონირების პროცესში ელექტრომომწყობილობის ხარისხიანი და დეტალური გამოკვლევებისათვის საჭიროა მუშა მოწყობილობის გაჩერება. თბოვიზორი კი გვაძლევს საშუალებას ვაწარმოთ მოწყობილობის დიაგნოსტიკა წარმოების გაუჩერებლად. მაგალითად, ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკა საშუალებას იძლევა მივიღოთ მონაცემები ვაგრილების სისტემის მუშაობისა და ტრანსფორმატორის ავზში ზეთის შინაგანი ცირკულაციის დარღვევებზე; მაღალვოლტაჟის შემყვანების იზოლაციის დეფექტებზე; დენგამტარი ნაწილების მოშვებულ საკონტაქტო შეერთებებზე; იზოლაციის გარღვევაზე; მოკლედ შერთვებზე; გაცვეთილ დენგამტარ ნაწილებზე.



ნახ.4.41. თბოვიზორი ტესტო 881

თბოვიზორების საშუალებით ზეთიანი და საჰაერო ამომრთველების გამოკვლევა საშუალებას იძლევა შეგნიშნოთ ძირითადი და შექცევანების იზოლაციისა და მაშუნტირებელი კონდენსატორების მდგომარეობის გაუარესება; დროულად შევამჩნიოთ განსართი საკონტაქტო შეერთებისა აპარატების მომჭერების დარღვევები; საყრდენ-დეროვანი იზოლატორების ბზარები; საკიდი იზოლატორების დეფექტები, ხოლო ელექტროადაცემის საჰაერო ხაზების დიაგნოსტიკისათვის გამოყენების დროს დროულად აღმოვაჩინოთ და გამოვასწორობთ ისეთ პრობლემებს, როგორცაა გადახურებები გამტარების საკონტაქტო შეერთებებში; დეფექტები დამჭერ არმატურაში.

თბოვიზორის დახმარებით შეიძლება ასევე გენერატორის სტატორის ფურცლებშიორისი იზოლაციის მდგომარეობისა და გრაგნილების უზბლური ნაწილების მირჩილვის დიაგნოსტიკა.

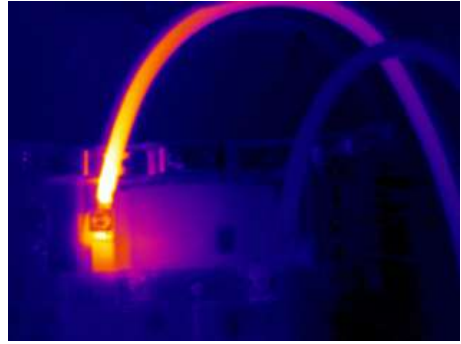
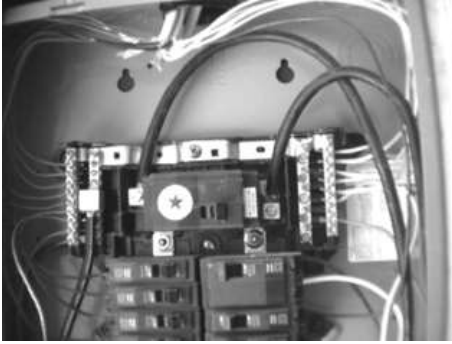
მნიშვნელოვანია, რომ თბოვიზორული დიაგნოსტიკა წარმოადგენს ერთადერთ მეთოდს, რომლის საშუალებითაც შეიძლება მნიშვნელოვნად შევამცროთ დანახარჯები გამოკვლევებზე, რადგანაც ამ დროს არ მოითხოვება წარმოების გაჩერება და ენერგეტიკული მოწყობილობის გამორთვა.

ქვემოთ წარმოდგენილ ნახაზებზე წარმოდგენილია თბოვიზორის გამოყენების მაგალითები ელექტროენერგეტიკაში. მარცხნივ წარმოდგენილია საკვლევი თბიექტი, ხოლო მარჯვნივ ნაჩვენებია დეფექტები შესაბამის საკვლევ თბიექტზე.



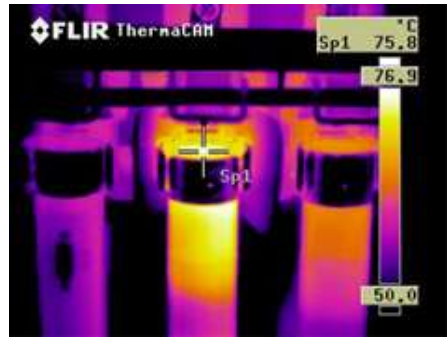
ნახ.4.42. დეფექტი შეერთებაზე ქვესადგურში

ამ ინფრაწითელ გამოსხივებაზე ნაჩვენებია „ცხელი“ შეერთება ქვესადგურში. თბოვიზორის დახმარებით შექმნილი იქნა დეფექტი. ელექტრული შეერთება დაზიანებული იქნა ჭექა-ქუხილის დროს.

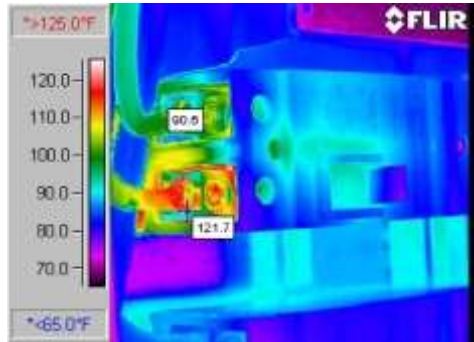


ნახ.4.43. დეფექტი ავტომატურ ამომრთველში

ამ შემთხვევაში თბოვიზორის მიერ შექმნიული იქნა კაბელის დაბოლოების გადახურება.



ნახ.4.44. გადახურება დნობადი მცველის საკონტაქტო შეერთებაში



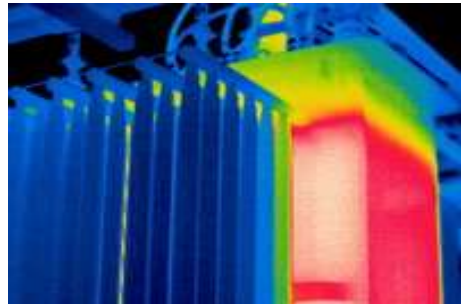
ნახ.4.45. 110 ა ამომრთველის ერთი ფაზის გადახურება

დატვირთვების განაწილებას ფაზებში ასეთია: - 65 ა; - 95 ა; ჩ - 84 ა. ფაზის დენური დატვირთვა ადემატება 80%-ის, ხოლო ტემპერატურა ამომრთველის ტემპერატურის ნომინალურ სიდიდესე მეტია.



ნახ.4.46. ტრანსფორმატორის გადახურება

ტრანსფორმატორში ჭარბი სითბოს გამოყოფა მოხდა შინაგანი დეფექტის გამოვლენისა და ზეთის დაბალი დონის შედეგად.



ნახ.4.47. ცივი გამაგრებული წიბოები, რაც გამოიწვია ზეთის დაბალი დონე

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 აქტივობა.

4.25. ტრანსფორმატორების რევიზია

ზოგიერთი სახის დაზიანების დაწყების გამოსავლენად მოითხოვება ტრანსფორმატორის გახსნა და შინაგანი დათვალიერება. სახელდობრ, ასეთი საჭიროება აღიძვრება ზეთში გახსნილი ეთილენის არსებობისას, რომელიც

გამოვლენილია ქრომატოგრაფიული ანალიზით, გრაგნილების აქტიური წინაღობის გაზრდის დროს, მაგნიტოგამტარების შემოწმებისას და სხვა. ბევრ შემთხვევაში გახსნისას შესაძლებელია დაზიანების აღმოფხვრა.

ტრანსფორმატორის შინაგან დათვალიერებას აქტიური ნაწილის აწვევით ტრანსფორმატორის რევიზიას უწოდებენ. ზოგად შემთხვევაში რევიზია მოიცავს გახსნითი სამუშაოების ერთობლიობას, დათვალიერებას, შემოწმებას, შემწნილებული უწყისივრობების აღმოფხვრას, ტრანსფორმატორის აქტიური ნაწილის ჰერმეტიზაციას.

ტრანსფორმატორის რევიზია წარმოებს საექსპლუატაციო ვადებში, რომელიც გათვალისწინებულია ადგილობრივი ინსტრუქციებით, ასევე საჭიროების ზომებით. რევიზია აუცილებელია 110–500 კვ ძაბვის ყველა სახის ტრანსფორმატორების მონტაჟის დროს იმ შემთხვევაში, თუ ადგილი ჰქონდა დატვირთვის, ტრანსპორტირების, გადმოტვირთვისა და შენახვის ინსტრუქციების მოთხოვნების დარღვევას.

თუ იზოლაციის მდგომარეობის მიხედვით ტრანსფორმატორი მოითხოვს შრობას, მაშინ რევიზია ტარდება გაშრობისა და ზეთით გაჟღენთვის შემდეგ.

რევიზიის დაწყებამდე ითვლება ზეთის ჩამოსხმა, ხოლო დამთავრებამდე ავზის ჰერმეტიზაცია ზეთის ჩასხმის წინ. რევიზია შეიძლება ჩატარდეს შენობაში ან მის გარეთ. თუ ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა შეადგენს არანაკლებ 65%-ს, ხოლო ტემპერატურა არის 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 მანან, სანამ მისი აქტიური ნაწილის ტემპერატურა არ გაუტოლდება გარემოს ტემპერატურას. ბუნებრივია, თუ ტრანსფორმატორის ტემპერატურა მეტი იყო გარემოს ტემპერატურაზე, მაშინ ასეთი დაყოვნება საჭირო არ არის.

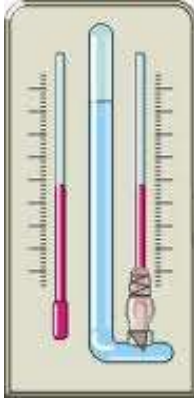
შენობის გარეთ სამუშაოების ჩატარებისას უნდა იყოს მზიანი ამინდი უნალექოდ. დაუშვებელია რევიზიის ჩატარება წვიმასა და ღრუბლიან ამინდში. 330–500 კვ ძაბვის კლასის, ასევე 200 მვა და ზემოთ სიმძლავრის

ტრანსფორმატორებში – ნულს ქვემოთ ტემპერატურასა ან 80%-ზე მეტი ტენიანობის პირობებში.

რეგიონის დასაშვები ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ჰაერის ტემპერატურასა და ტენიანობაზე. ზღუს ტემპერატურასა და 65%-მდე ფარდობითი ტენიანობის დროს ის შეადგენს 16 საათს, 65–80% ტენიანობისას – 12 საათს. 80%-ზე მეტი ფარდობითი ტენიანობის ან უარყოფითი ტემპერატურისას რეგიონის ხანგრძლივობა არ უნდა აღემატებოდეს 8 საათს.

თუ რეგიონის ან სხვა სამუშაოთა დასაშვები ხანგრძლივობა, რომელიც დაკავშირებულია ტრანსფორმატორის ჰერმეტიზაციის დარღვევასა და ზეთის ჩამოსხმასთან, გადააჭარბებს დასაშვებს, მაშინ საჭიროა ტრანსფორმატორის შრობა.

ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის გაზომვა ხდება ფსიქრომეტრით, რომელიც უსდგება ორი თერმომეტრისაგან. ერთი მათგანი არის მშრალი და გვიჩვენებს ჰაერის ტემპერატურას, მეორე არის სველი. დასველება ხდება წყალში ჩაშვებული მარლით. ორი თერმომეტრის ჩვენებათა სხვაობის საფუძველზე სპეციალური ფსიქტომეტრული 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 დაცული უნდა იყოს ქარისაგან.



ა)

ბ)

ნახ.4.41. ფსიქრომეტრები: ა – თთახის; ბ – ასპირაციული

დაწვრილებით, კარგი განათებით ათვალეიერეკენ გრაგნილებისა და მათი განშტოებების, გადამროველებისა და სხვა ელეემენტების მისაწვდომი ნაწილების იზოლაციას, გადამროველებების მისაწვდომ კონტაქტებს. აქტიურ ნაწილზე სამუშაოებთან ერთად ათვალეიერეკენ ავზს და მის ფსკერს ასუფთავებენ ზეთის ნარჩენებისაგან.

რევიზიის დროს წარმოებს მის აქტიურ ნაწილზე სხვადასხვა გაზომვები. მოწმდება ჩამიწების სქემა, იზომება მოსაჭერი სარჭების, დამწუნენი რგოლების აქტიური ნაწილისა და საუღლე კოჭების მიმართ, ასევე ფოლადისა და კოჭებს შორის იზოლაციის წინააღობა.

ყველა გაზომვისა და შემოწმების ჩატარების შემდეგ აქტიური ნაწილის ავზში ჩაშვების წინ აქტიური ნაწილი ირეცნება 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, გრაზილების განშტოებებს აერთებენ შემყვანებთან. აწყობის შემდეგ ვიზუალურად ამოწმებენ განშტოებებისა და ჩამოწების სქემის შეერთებებს. ადგილზე აყენებენ მოხსნილ და გადაადგილებულ ნაწილებს, ახდენენ ტრანსფორმატორის ჰერმეტიზაციას და ასხამენ ზეთს. ამის შემდეგ ახდენენ ტრანსფორმაციის იზოლაციის მდგომარეობის კონტროლს §4.14-ის თანახმად.

ლიტერატურა

1. თ.მუსელიანი, გ.დოლაბერიძე. შესავალი ელექტროტექნიკაში. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“.თბილისი, 2008 წ.გვ.484.
2. თ.მუსელიანი, მ.ქობალაია. ელექტრომოწყობილობათა ტექნიკური დიაგნოსტიკა. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი, 2009 წ. გვ.332.
3. ვ.მახარაძე, ვ.ბეგიაშვილი, ბ.დარჩია. ელექტრული ენერჯის გადაცემა და განაწილება. თბილისი. 2006.
4. შ.ნემსაძე, შ.ნაჭყეაბია. ელექტრული წრედების თეორია. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი, 2008 წ. გვ.296.
5. რ.ჩხინლაძე.. იზოლაციის ელექტრული გამოცდა და დიაგნოსტიკა. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი. - 2010 წ.-298 გვ.
6. რ.ჩხინლაძე, კ.ნაცვლიშვილი, ი.კახალელი, ლ.მელიქიძე. ტრანსფორმატორის გრაგნილის წინაღობის განსაზღვრა მუდმივი დენის მიმართ. თბილისი, ჟურ. „ენერჯია“, № 4, 2002 წ.გვ.108-110.
7. ელანგერ . თრანსფორმერდიაგნოსის: არტ 1. სტატისტიკალ ჯუსტიფიკაციონფორ პრევენტატივე მაინტენანცე / . ელანგერ// ლექტრიციტყ ტოდაი.-1999.- № 6. - .15-17.
8. ოგნარ ,, ჩსუპეს .ანდ ისპალ I. შპექტრუმ ოფ ოლარიზაციონ ჰენომენა ოფ ონგ თიმეცონსტანტ ას ა იაგნოსტიც ეტჰოდ ოფ ილბაპერ ინსულატიנג შესტემს.I პროც. 3 ინტერნ. ცონფ. როპერტიეს პპლიცატიონს იელექტრ. ატერიალს.-Vთლ.2 – .723-726.-1991.
9. ორზე ჭ. თრუსტინგ ტჰე რესულტს ოფ დისლოკედ გას ანაღყსის.ელექტრიციტყ ტოდაყ.-2003.- № 2. – .12-14.
10. ძჰალ ძჰიგანგ . ,, ემოკან .შ. თჰე დირექტიონალიტყ ოფ ან ოპტიცალ ფიბერ ჰიგჰ-ფრეკუენცყ აცოუსტიც სენსორ ფორ პარტიალ დისცჰარეყ დეტექტიონ ანდ ლოცატიონ.ჟურნალ ოფ იგჰტწაყე თეცჰნოლოგყ.-2000.-ვოლ.18.- .795-806.
11. Абрамцева Н.Н., Горшунов В.Ю. Григорьева Е.Г. Устройство для диагностики под нагрузкой радиальных механи-

ческих 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., Ярощенко 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 тепло-визионного обследования объектов энергетики. Энергетик. -2006.-№6.- С.46- 48.

17. Биргер И.А. Техническая диагностика.-М. Машиностроение . 1978.-240 стр.

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. Энергоатом-издат, 1988, -86 стр.

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. Нефт, 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 трансформатором 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 ответвлении обмоток под нагрузкой трансформаторов РПН. Служба передового опыта и информации. „Союзтехэнерго”. –М.:1981.

40. Нормы испытания электрооборудования.М.,Атомиздат. – 1978.

41. колов 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 маслонаполненного 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. – М. Методическое указания по подготовке и проведению хроматографического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов. Союзтехэнерго. – 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. Филиппин 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. წვეწ.ფონცა.რუ/

65. წვეწ.ელეც.რუ/

66. წვეწ.კიბია.რუ/

67. წვეწ.ელეცტრონპრობორ.რუ/

68. წვეწ.ელეცტროლიბრანყ.რუ/

69. წვეწ. ელექტროცალცაჰოილ.ინფო/

70. წვეწ. ელექტროც.ინფო/

71. წვეწ.ლეგ.ცო.უა/

72. წვეწ.პენგამ.რუ/

დანართი 1.

**ნორმის მიხედვით სატრანსფორმატორო ზეთის ხარისხის
მაჩვენებლების ზღვრული მნიშვნელობები**

№ და მაჩვენებლის დასახელება	ზეთის მაჩვენებლის მნიშვნელობა						
	ახალი			ჩასხმის შემდეგ			
	TKH	ГОСТ 10121-76	T-750	TKH	ГОСТ 10121-76	T-750	ყველა მარკის საექსპლუატაციო
1. გამრღვევი ძაბვა, კვ							
ნომ<15 კვ	30	30	-	25	25	-	20
ნომ = 15-35 კვ	35	35	-	30	30	-	25
ნომ =60-220 კვ	45	45	-	40	40	-	35
ნომ= 330-500 კვ	60	60	60	55	55	55	45
ნომ=750 კვ	-	-	70	-	-	65	60
ოფიუქ კონტაქტორებისათვის							
ნომ=10 კვ	30	30	-	25	25	-	25
ნომ=35 კვ	35	35	-	30	30	-	30
ნომ=110 კვ	45	45	-	40	40	-	35
ნომ=220 კვ	45	45	-	40	40	-	40
2. შექანიკური მინარეგები	არ არსებობს (ვიზუალურად)						
3. მუაგური რიცხვი KOH/გ	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,25
4. წყალში ხსნადი მუაგები და ტუტეები, მგ KOH/გ							
630 მგა და ზევით 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 არაუმეტეს 5 ⁰ K

6. ტგ , %, 20 C დროს							
ნომ< 220 კგ	0,2	0,2	-	0,3	0,3	-	0,7
ნომ= 330-500 კგ	0,2	0,2	-	0,3	0,3	-	0,5
70 C დროს							
ნომ< 220 კგ	1,5	2,0	0,3	2,0	2,5	0,5	7,0
ნომ= 330-500 კგ	1,5	2,0	0,3	2,0	2,5	0,5	5,0
ნომ=750 კგ	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. ტენსიუმცველობა, % მასით:							
ნომ<220 კგ	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	საქარხნო ნორმებით
ნომ=330-550 კგ	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0025
ნომ=500 კგ	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
8. გამყარების ტემპერატურა, C	-45	-45	-55	-	-	-	-
9. აირსიმცველობა	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-

დანართი 2.

ტრანსფორმატორების გრავნილების წინააღობის საშუალო მნიშვნელობები მუდმივი დენის მიმართ $t=20^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დროს

სიმძლავრე, კვტ	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	თჩზ	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

დაბანათი 3. თათბარ ფსუქოლოგიური ფსუქოლოგიური ცხროლო

სუკელი თუკ- მოქუტრის ჩუქუქ- ბა, ფი	ჰუკრის ტუქანობა, %, მუწილი და სუკელი თუკმოქუტრის სუკობობა ჩუქუქის დროს, ფი																				
	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

