

თ. მუსელიანი, მ. ქობალაია

ელექტრომოწყობილობათა ტექნიკური დიაგნოსტიკა

ელექტრომოწყობილობათა ელემენტებისა და
აღრიცხვის კვანძების დიაგნოსტიკა

(I ნაწილი)



რეგისტრირებულია სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

სახელმძღვანელოს პირველ ნაწილში წარმოდგენილია ელექტრული წრედების ძირითადი ცნებები და განმარტებები; დიაგნოსტიკის ძირითადი პრინციპები, მეთოდები და საჭირო ტექნიკური საშუალებები; ელექტრული და ელექტრონული წრედებისა და მათი ელემენტების, ელექტრული აპარატების, აღრიცხვის კვანძების მონტაჟისა და დიაგნოსტიკის საკითხები. მინიმუმამდეა დაყვანილი თეორიული მსჯელობები და ძირითადი ყურადღება გადატანილია ელექტროტექნიკისა და ელექტრომოწყობილობათა დიაგნოსტიკის პრობლემების გადაწყვეტის ჩვევების გამოუმუშავებაზე.

ნაშრომი წარმოადგენს პრაქტიკულ სახელმძღვანელოს და განკუთვნილია, როგორც ძირითადი სახელმძღვანელო, “ელექტრომოწყობილობათა დიაგნოსტიკის” სპეციალობის უმაღლესი პროფესიული განათლებისა და ბაკალავრიატის სტუდენტებისა და მაგისტრანტებისათვის. იგი დიდ დახმარებას გაუწევს აგრეთვე ელექტროსადგურების, ელექტროქსელებისა და სამრეწველო დაწესებულებების ინჟინერ-ტექნიკურ პერსონალს ელექტროდანადგარების ექსპლუატაციის, რემონტისა და დიაგნოსტიკის საკითხების გადაწყვეტის დროს.

რეცენზენტი პროფ. დ. ლაოშვილი

სახელმძღვანელო გამოიცა შპს „კავკასუს ელექტრომარკეტის“ ფინანსური მხარდაჭერით.

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

ISBN 978-9941-14-572-8 (ყველა ნაწილი)

ISBN 978-9941-14-573-5 (პირველი ნაწილი)

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



Verba volant,
scripta manent

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

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წინასიტყვაობა	6
შესავალი	7
თავი I. ელექტრული წრედები და ელექტროტექნიკური მოწყობილობები	15
1.1. ელექტროტექნიკის ძირითადი ცნებები და განმარტებები	15
1.2. მოწყობილობებისა და დანადგარების გამოსახვის ძირითადი საშუალებანი. ელექტრული სქემა. ელექტრული სქემის ტიპები და სახეები	27
1.3. ელექტრულ სქემებში გამოყენებული პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები	29
1.4. ძალოვანი და მართვის წრედები	30
1.5. პრინციპული ელექტრული სქემა	31
1.6. ელექტრული სქემების წაკითხვა	33
1.7. სადენებისა და კლემების ნუმერაცია	37
1.8. რაზე უნდა გავამახვილოთ ყურადღება სქემების წაკითხვისას	40
1.9. სქემების წაკითხვის მაგალითები	42
თავი II. დიაგნოსტიკის ძირითადი პრინციპები და მეთოდები	49
2.1 დიაგნოსტიკის საფუძვლები	49
2.2. ტექნიკური დიაგნოსტიკის სოგიერთი საწყისი ცნება	57
2.3. ელმოწყობილობის დიაგნოსტიკის ზოგადი პრინციპები	61
2.4. დიაგნოსტიკის მეთოდიკა და მეთოდები	65
2.5. დიაგნოსტიკის მაგალითი	72
2.6. დაზიანების ანალიზი	75
2.7. დაზიანების ნიშანი და მიზეზი	80
2.8. დიაგნოსტიკაში ფართოდ გამოყენებული ხელსაწყოები	82
2.9. ელექტროტექნიკური გაზომვები დიაგნოსტიკის დროს	104
თავი 3 ელექტრული წრედებისა და ელექტრონიკის ელემენტების დიაგნოსტიკა	129
3.1. ელექტრულ წრედებში ყველაზე ხშირად შემხვედრი დაზიანებები	129

3.2. ელექტრონიკის ელემენტების დაზიანების ძირითადი სახეები, მათი აღმოჩენის ხერხები და დიაგნოსტიკა	133
3.3. ელექტრული წრედების შემოწმება გამორთული ძაბვის დროს	153
3.4. ელექტრული წრედების შემოწმება ძაბვის ქვეშ	156
3.5. შეცდომები ელექტრული წრედის შემოწმებისას	159
3.6. მეორადი კომპუტაციის სქემების შემოწმება ძაბვის ქვეშ	163
თავი IV. ელექტრული აპარატები და მათი დიაგნოსტიკა	167
4.1. ელექტრული აპარატების კლასიფიკაცია	167
4.2. ხელით მართვის აპარატები	170
4.3. დისტანციური მართვის ძალოვანი აპარატები	180
4.4. დაცვის ძალოვანი აპარატები	185
4.5. რელეები	193
4.6. ელექტრული აპარატების კოჭები და მათი დიაგნოსტიკა	206
4.7. როგორ მოვახდინოთ ელექტრული აპარატების კოჭების გადახვევა ერთი სახეობიდან მეორეზე	209
4.8. ელექტრული აპარატების კონტაქტები	210
თავი V. აღრიცხვის კვანძების მონტაჟი და დიაგნოსტიკა	218
5.1. ელექტრული მრიცხველები, მათი მოქმედების პრინციპი და დიაგნოსტიკა	218
5.2. მრიცხველების დაყენება და ჩართვა	225
5.3. აქტიური ენერგიის ერთფაზა მრიცხველის შემოწმება	228
5.4. დაბალი ძაბვის პირდაპირი ჩართვის აქტიური ენერგიის სამფაზა მრიცხველი	230
5.5. გაზომვის ზღვარის გაფართოება	233
5.6. დენის საზომი ტრანსფორმატორი	234
5.6. ძაბვის საზომი ტრანსფორმატორი	239
5.7. დაბალი ძაბვის არაპირდაპირი მიერთების აქტიური ენერგიის სამფაზა მრიცხველის მონტაჟი და შემოწმება	244
5.8. დაბალი ძაბვის რეაქტიული ენერგიის სამფაზა მრიცხველის მონტაჟი და შემოწმება	249
2495.9. მაღალი ძაბვის აქტიური და რეაქტიული ენერგიის	

სამფაზა მრიცხველის მონტაჟი და შემოწმება	254
5.10. მაღალი ძაბვის აღრიცხვის კვანძის შემოწმება	258
5.11. სპეციალური დანიშნულების მრიცხველები	264
5.12. აღრიცხვის კვანძების ელემენტების უწყისიერობანი	269
5.13. მრიცხველების დიაგნოსტიკა გამორთული ძაბვის შემთხვევაში	275
5.14. მრიცხველის ჩართვის სისწორის შემოწმება მოქმედ მიერთებებზე	283
5.15. ელექტროენერგიის გასომეის ცდომილება და მოთხოვნები საზომი ტრანსფორმატორებისადმი	288
5.16. ელექტრონული მრიცხველების თანამედროვე მდგომარეობა	290
5.17. ელექტრონული მრიცხველის შემოწმება	293
5.18. მრიცხველის ჩვენების სისწორის შემოწმება საყოფაცხოვრებო პირობებში	294
5.19. რა შეიძლება განისაზღვროს მრიცხველით გარდა ელექტროენერგიის ხარჯისა	298
ლიტერატურა	301
დანართი 1. პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები	304
დანართი 2. ტრიგონომეტრიული ფუნქციების მნიშვნელობები	326
დანართი 3. სადენებისა და კაბელების სტანდარტული კვეთები და ხანგრძლივად დასაშვები დატვირთვები	327

ელექტრომოწყობილობის ტექნიკური მდგომარეობის სწორ დიაგნოსტიკაზე დამყარებულია ხარისხიანი რემონტი და ექსპლუატაციის თანამედროვე მეთოდების გამოყენება, რაც უზრუნველყოფს სახალხო მეურნეობის ყველა დარგის უწყვეტ მუშაობას, ელექტრომოწყობილობის ექსპლუატაციისა და რემონტის ხარჯების შემცირებას, მუშაობის ხანგრძლივობის გაზრდას.

უკანასკნელ ხანებში მოხდა ელექტრომოწყობილობის დიაგნოსტიკის, კონტროლისა და გამოცდისათვის განკუთვნილი აპარატურის არსებითი ცვლილებანი.

წინამდებარე სახელმძღვანელოს მიზანია დიაგნოსტიკის პროგრესული მეთოდების, თანამედროვე ელექტრომოწყობილობებისა და მართვის წრედების უწყესიერობის მოძებნის ძირითადი პრობლემების ღრმად შესწავლა.

ნაშრომი წარმოადგენს პროფესიული დონის პრაქტიკულ მასალას დამწყები ელექტროტექნიკოსებისა და იმ სპეციალისტებისათვის, რომლებსაც ესაჭიროებათ არსებული სპეციალიზაციის მიხედვით ახალი სფეროებისათვის ან თავისი ცოდნის გაღრმავება და განმტკიცება, რაც საშუალებას მისცემთ სწრაფად გამოასწორონ ელექტრომოწყობილობის მომსახურეობისა და ექსპლუატაციის დროს წარმოშობილი პრობლემები.

მასალის უკეთ ათვისების მიზნით სასარგებლოა მინიმალური ცოდნის დაგროვება ელექტრული წრედების თეორიაში, რისთვისაც სახელმძღვანელო პირველ თავში მოყვანილია თეორიული საკითხები, ხოლო დანართში წარმოდგენილია ძირითადი პირობითი აღნიშვნები, რომელთა

ცოდნა აუცილებელია ელექტრომოწყობილობის დიაგნოსტიკის დროს.

სახელმძღვანელოს მომზადების საქმეში მნიშვნელოვანი დახმარების გაწევისათვის უდრმეს მადლობას ვუხდით ინჟინრებს: მიხეილ ქადაგიშვილს, თემურ გვენცაძეს (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი), გია მუსყელიანსა და ვაჟა ნოზაძეს (ს/ს “თელასი”).

აღნიშნული სახელმძღვანელო პირველ საწყისია ელექტრომოწყობილობის დიაგნოსტიკის სფეროში და დაზღვეული არა ვართ მცირე შეცდომებისაგან. ავტორები დიდი მადლიერებით მიიღებენ მკითხველთა ყოველ შენიშვნას, რაც გათვალისწინებული იქნება შემდგომ გამოცემებში.

ელექტრომოწყობილობის ტექნიკური დიაგნოსტიკა შედარებით ახალი მეცნიერებაა; რომელიც აღმოცენდა გასული საუკუნის მეორე ნახევარში ტექნიკის მოთხოვნებთან დაკავშირებით.

ტექნიკური დიაგნოსტიკა.— ეს არის მეცნიერება ელექტრომოწყობილობის მდგომარეობის გარჩევის შესახებ, რომელიც მოიცავს პრობლემების ფართო წრეს დაკავშირებულს დიაგნოსტიკური ინფორმაციის მიღებასა და შეფასებასთან.

ნებისმიერი სამეცნიერო დისციპლინის წარმოჩენა მიღებულია დაწყებულ იქნას ამ დისციპლინის ზოგადი დახასიათებით ანუ კვლევის საგნისა და ძირითადი ამოცანების დასმით. ტექნიკურ დიაგნოსტიკაში ასეთი წინასწარი აღწერა გართულებულია რიგი გარემოებების გამო, რადგან საუბარია ცოდნის ახალ სფეროზე, რომელიც იმყოფება თავისი ფორმირების სტადიაში. ერთის მხრივ აქ შეიძლება მოენიშნოთ და გამოეყოთ ამოცანების საკმაოდ ფართო წრე, რომლებიც ექვემდებარებიან გამოკვლევებს; მეორეს მხრივ მათი უმნიშვნელო ნაწილი მოიცავს საკვლევ სამუშაოებს და წარმოდგენილია კონკრეტული შედეგებით.

ამიტომ ტექნიკური დიაგნოსტიკის ზოგად წინასწარ აღწერას აქვს დადგენილებითი ხასიათი.

ელმოწყობილობის ტექნიკური დიაგნოსტიკის კვლევის ობიექტი შეიძლება იყოს ნებისმიერი ძალოვანი და მართვის სისტემა. სისტემის ქვეშ იგულისხმება ნებისმიერი ტექნიკური მოწყობილობა, რომელიც ასრულებს გარკვეულ ფუნქციას. თითოეული სისტემა შეიძლება დახასიათდეს რიგი პარამეტრებით, რომელთაგან ერთ-ერთი ძირითადია, ხოლო დანარჩენები — მეორეხარისხოვანი.

ტექნიკური დიაგნოსტიკის სპეციფიკა მდგომარეობს იმაში, რომ ის განიხილავს ტექნიკურ სისტემას მოქმედებაში, რომლის ამოცანაა დაზიანებული ელემენტის ძიება, სადაც მნიშვნელოვანია დაზიანებული ელემენტის ძიებისა და გამოვლენის მეთოდები. ელექტრომოწყობილობის დაზიანების მიზეზი შეიძლება იყოს ერთი ან რამდენიმე ელემენტის დაზიანება ან ელემენტებს შორის კავშირის დარღვევა, ხოლო თვით ელემენტის დაზიანება შეიძლება გამოწვეული იყოს ელემენტის თვითდაზიანებით, გარეშე ზემოქმედებით, არასწორი ექსპლუატაციითა და სხვა.

ელექტრომოწყობილობის ელემენტების მდგომარეობის განსაზღვრის დროს შემოწმების თანამიმდევრობა სწარმოებს წინასწარ შედგენილი დიაგნოსტიკური პროგრამის მიხედვით.

შემოწმებების ერთობლიობა, რომელიც საკმარისია მოწყობილობის მდგომარეობის შეფასებისათვის წარმოადგენს დიაგნოსტიკური ტესტირებას, რომელიც დეფექტების გამოვლენის ძირითადი სახეა. დიაგნოსტიკური ტესტირების მეთოდებს მიეკუთვნება: იზოლაციის წინააღობის, გაჟონვის დენების, შინაგანი წინააღობის, გრაგნილების დი-ელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსის გაზომვა და სხვა.

ელექტრომოწყობილობებისა და კონსტრუქციების დიაგნოსტიკის მიზანია მათი ნარჩენი საექსპლუატაციო მახასიათებლების მიხედვით დალაგება. მახასიათებლების მიხედვით ელმოწყობილობები იყოფა სამ ჯგუფად: პირველ ჯგუფში შედიან რესურსების გაგრძელების მოწყობილობები, ანუ რომელთაც მიუხედავად მათი მუშაობის ვადის გასვლისა კიდევ გააჩნიათ საკმარისი საექსპლუატაციო მახასიათებლების რესურსი.

მეორე ჯგუფში შედიან ის ელმოწყობილობები, რომელთა ნარჩენი საექსპლუატაციო მახასიათებლები შეიძლება აღდგენილ იქნან მიმდინარე ან კაპიტალური რემონტით.

მესამე ჯგუფში შედიან ის ელმოწყობილობები, რომელთა ნარჩენი საექსპლუატაციო მახასიათებლები რემონტის შედეგად აღარ ექვემდებარებიან აღდგენას.

ტექნიკურად დასაბუთებული დიაგნოზის დასმა შესაძლებელია მხოლოდ სრულყოფილი ინფორმაციის პირობების სტატისტიკური მონაცემების შეკრების, გარე დათვალიერებისა და სპეციალური ხელსაწყოების საშუალებით ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგად.

თანამედროვე პირობებში საქართველოში ელმომარაგების სისტემის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მოწყობილობების ძალოვანი ტრანსფორმატორების მნიშვნელოვანმა ნაწილმა ამოწურა თავისი მუშაობის რესურსი. ქვეყნის ეკონომიური სიტუაცია, აგრეთვე ტრანსფორმატორების საერთო რაოდენობის დიდი რიცხვი არ იძლევა უახლეს ხანში მათი შეცვლის საშუალებას. ამიტომ ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციის საიმედოობის შესანარჩუნებლად მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება მათ დიაგნოსტიკურ კონტროლს.

დღეისათვის ძალოვანი ტრანსფორმატორების, ავტოტრანსფორმატორების, მაშუნტირებული რეაქტორებისა და სხვა ელექტრომოწყობილობების საექსპლუატაციო მახასიათებლების განსაზღვრისა და სისტემების დეფექტების განვითარების დონის მდგომარეობის შეფასებისათვის, სულ უფრო ფართოდ მიმართავენ კომპლექსურ დიაგნოსტიკურ გამოკვლევას. ასეთი გამოკვლევები საშუალებას გვაძლევს არა მარტო გამოვაუღინოთ განვითარებადი დეფექტები, შევაფასოთ მათი საშიშროების დონე, არამედ დავასაბუ-

თოთ კაპიტალური რემონტის საჭიროება, მოცულობა და ვადები.

უკანასკნელ ხანებში ფართო გავრცელება ჰპოვა ელექტროაპარატების, როგორც ელექტრომოწყობილობის ძვირადღირებული და საპასუხისმგებლო ელემენტების დიაგნოსტიკის სხვადასხვა მეთოდებმა.

მსოფლიო მასშტაბით განუწყვეტლივ მუშავდება და პრაქტიკაში ინერგება ქვესადგურების, ტრანსფორმატორების, ელექტრო გენერატორებისა და ძრავების, მაღალი ძაბვის ამომრთველების, საჰაერო ხაზების, ჩამიწების წინააღობის, კაბელების, კონტაქტური შეერთებების, იზოლაციის, სარელეო დაცვის, მართვის წრედებისა და სხვათა დიაგნოსტიკური მეთოდები.

დამუშავებულია თანამედროვე ვიბროდიაგნოსტიკის, თბოვიზორული კონტროლის, ქრომატოგრაფიული ანალიზის და სხვა მეთოდები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ ქსელიდან გამორთვის გარეშე დავინახოთ ძალოვან ტრანსფორმატორში ლოკალური გაცხელებები და შეერთების გარდამავალი წინააღობები.

უკანასკნელ ხანებში ენერგეტიკაში გამოყენება ჰპოვა ინფრაწითელი ტექნიკის ხელსაწყოებმა, განსაკუთრებით ელექტრომოწყობილობისა და მისი დენგამტარი ნაწილების თბური მდგომარეობის შეფასებისას. ინფრაწითელი მეთოდი დიაგნოსტიკის, როგორც არამრღევეი და მაღალეფექტური საშუალება, არის ელექტრომოწყობილობის ტექნიკური ექსპლუატაციის კონტროლის საერთო სისტემის ძირითადი შემადგენელი ნაწილი. ინფრაწითელი დიაგნოსტიკის შედეგი, რომელიც ახასიათებს საკონტროლო ობიექტის თბურ მდგომარეობას, ბევრად არის დამოკიდებული მის კონსტრუქციაზე, თბოგამომყოფი წყაროს განლაგების კერ-

აზე, მის ინტენსივობასა და გარე ზემოქმედებაზე. მიღებული შედეგები უნდა შედარდეს სხვა ფაზებში ან იდენტურ მოწყობილობაში მიღებულ შედეგებთან.

მიღებულია, რომ ზეთით შევსებული ელმოწყობილობის კომპლექსური დიაგნოსტიკა ყოველთვის დაწყებული უნდა იქნას ზეთის ქრომატოგრაფიული ანალიზით, რადგანაც ზეთის გამოცდა ტარდება ყველაზე უფრო რეგულარულად და საშუალებას გვაძლევს თვალყური ვადევნოთ ასეთ მოწყობილობებში მიმდინარე პროცესებს.

ნებისმიერი ობიექტის მდგომარეობის შეფასება ეყრდნობა შესაბამის კლასიფიკაციის და მათ შორის გამოჩენილი არც ძალოვანი ტრანსფორმატორია, რომლისთვისაც შემოთავაზებულია ამგვარი კლასიფიკაციის სხვადასხვა მიდგომები. მაგალითად TDM (ტრანსფორმატორის დიაგნოსტიკის მონიტორინგი) სისტემის დანიშნულებაა მაღალი ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორების უწყვეტი კონტროლი და ტექნიკური მდგომარეობის ანალიზი. იგი გამოიყენება უწყვეტი მონიტორინგისა და კონტროლის რეჟიმში ინფორმაციის რეგისტრაციისა და შედარებისათვის. იგი საშუალებას გვაძლევს გაეანალიზოთ ტრანსფორმატორის ძირითადი ქვესისტემების პარამეტრების მდგომარეობა და ჩამოვაყალიბოთ ტრანსფორმატორის მდგომარეობის შესახებ კომპლექსური დასკვნა.

ცელადი დენის ელექტრული ძრავები ელექტრული ენერგიის უდიდესი მომხმარებლები არიან. უკანასკნელი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ევროპის მასშტაბით გამოიყენებული ენერგიის 80%-ზე მეტი მოიხმარება სწორედ ამ ტიპის ელექტრული ძრავების მიერ. ამასთანავე სხვადასხვა მიზეზით გამოწვეული ავარიულობა შეადგენს 25%-ზე მეტს. ძრავას მწყობრიდან გამოსვლას მივყავართ დიდ

მატერიალურ ზარალამდე, რაც დაკავშირებულია ტექნოლოგიური დანადგარის მოცდენასა ან პროდუქციის წუნთან. ზარალს დამატებით ემატება ელექტრო და სახანძრო უსაფრთხოების მოთხოვნების დაწევა, რომელიც დაკავშირებულია ელექტროძრავას სტატორის ან როტორის გრაგნილში მომხდარ მოკლედ შერთვასთან.

საყოველთაოდ მიღებული დაცვის საშუალებები ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფენ ძრავას დაცვას. საჭიროება მოითხოვს ელექტროძრავას დიაგნოსტიკას მისი მუშაობის პროცესში. მუშა ძრავაში ადრეულ სტადიაზე დეფექტის განვითარების აღმოჩენა არა მარტო ამცირებს რემონტის ხარჯებს, არამედ ახანგრძლივებს მისი მუშაობის ვადასაც. თანამედროვე პირობებში ელექტროძრავების დიაგნოსტიკისათვის გამოიყენება ვიბროაკუსტიკური; მოთხოვნილი დენის სპექტრალური ანალიზისა და “ხელოვნური ნეირონული ქსელების” საფუძველზე აგებული კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდები. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს პროგრამულ-აპარატურულ კომპლექსს, რომელიც შესდგება კომპიუტერისაგან და ციფრული მოწყობილობისაგან. ციფრული მოწყობილობა აწარმოებს საჭირო გაზომვებს და გადასცემს მათ კომპიუტერს შემდგომი დამუშავებისათვის.

ელმომარაგების სისტემაში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავთ აგრეთვე მაღალი ძაბვის ამომრთველებს, რომელთა მტყუნებათა 80% მოდის მექანიკურ დეფექტებზე, რომელნიც საჭიროებენ აგრეთვე დროულ აღმოჩენასა და აღმოფხვრას. სისტემის ნორმალური მუშაობის წარმართვისათვის.

მხედველობაში ვიდებთ რა ზემოთთქმულს შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტექნიკური დიაგნოსტიკა ეს არის სამეცნიერ-

რო დისციპლინა, რომელიც იკვლევს ელმოწყობილობის დაზიანების გამოვლენის ფორმებს, ამუშავებს მათი აღმოჩენის მეთოდებს და დიაგნოსტიკური სისტემების კონსტრუირების პრინციპებს.

თავი I. ელექტრული წრედები და ელექტროტექნიკური მოწყობილობები

1.1. ელექტროტექნიკის ძირითადი ცნებები და განმარტებები

ელექტრომოწყობილობის ეფექტური დიაგნოსტიკისათვის აუცილებელია გვეცნოდეს საკმარისი ცოდნა ელექტროტექნიკაში.

აქედან გამომდინარე, პირველ რიგში, ჩვენ განვიხილავთ ელექტროტექნიკის ძირითად ცნებებსა და განმარტებებს, ელექტრულ სქემებში გამოყენებულ ძირითად აღნიშვნებს. თითოეული თავის დასაწყისში მოვიყვანთ სადიაგნოსტიკო ელმოწყობილობის აღწერას, მოქმედების პრინციპს, ექსპლუატაციისა და მომსახურების წესებსა და დიაგნოსტიკის ჩატარების თანმიმდევრობას.

ნებისმიერ სამრეწველო მოწყობილობაში სხვადასხვა კვანძებისა და მექანიზმების გადაადგილება ხდება ელექტროძრავას მუშაობის შედეგად. ელექტროძრავები კვებას იღებენ ელექტრომომარაგების ქსელიდან ან წარმოების საკუთარი ელექტროგენერატორიდან. მოთხოვნილი ძაბვის დონის მისაღებად გამოიყენება ტრანსფორმატორები.

ელექტროტექნიკურ დანადგართა ერთობლიობას, რომელთა დანიშნულებაა შექმნას შეკრული გზა ელექტრული დენისათვის, ელექტრული წრედი ეწოდება.

ელექტრული ენერგიის სახეობიდან დამოუკიდებლად ელექტრული წრედი ფლობს სამ ძირითად მდგენელს: ძაბვა, დენი და წინაღობა.

ძაბვა ეწოდება ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობას. იგი აღინიშნებოდა U და u ასოებით, ამჟამად აღინიშნება V და v ასოებით. ძაბვა იზომება ვოლტებში

(ვ). გამოიყენება ჯერადი ერთეულებიც: კილოვოლტი (კე) = 10^3 ვოლტს; მილივოლტი (მე) = 10^{-3} ვოლტს; მიკროვოლტი (მკე) = 10^{-6} ვოლტს.

დენი ეწოდება დამუხტული ნაწილაკების მიმართულ მოწესრიგებულ მოძრაობას. დენის რაოდენობრივი მახასიათებელია დენის ძალა. დენის ძალა ეს არის გამტარის განიკვეთში დროის ერთეულში გამავალი მუხტების რაოდენობა. იგი აღინიშნება I ან i ასოთი და გამოისახება ფორმულით:

$$I = \frac{q}{t} \text{ ან } i = \frac{q}{t}, \quad (1.1)$$

სადაც q მუხტების რაოდენობაა და იზომება კულონებში (კლ), ხოლო t არის დრო და იზომება წამებში (წმ).

დენის ძალის ერთეულია ამპერი (ა). პრაქტიკაში გამოიყენება დენის ძალის ჯერადი ერთეულებიც: კილოამპერი (კა) = 10^3 ა; მილიამპერი (მა) = 10^{-3} ა; მიკროამპერი (მკა) = 10^{-6} ა.

ნებისმიერი ელექტროტექნიკური მოწყობილობა მუშაობს ცვლად ან მუდმივ დენსა და ძაბვაზე. ცვლადი დენი (ინგლისური აღნიშვნით AC) და ძაბვა (ინგლისური აღნიშვნით AV) დროში იცვლებიან, როგორც სიდიდით, ასევე მიმართულებით, ხოლო მუდმივი დენი (ინგლისური აღნიშვნით DC) და ძაბვა (ინგლისური აღნიშვნით DV) დროში უცვლელი სიდიდეებია.

პრაქტიკაში უმეტესად გამოყენებულია ის ცვლადი დენები და ძაბვები, რომლებიც იცვლებიან სინუსის კანონით:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i) \text{ და } v = V_m \sin(\omega t + \psi_v), \quad (1.2)$$

სადაც i და ν დენისა და ძაბვის მყისი მნიშვნელობებია ანუ მათი მნიშვნელობები დროის ნებისმიერ მომენტში;

I_m და V_m დენისა და ძაბვის მაქსიმალური ანუ ამპლიტუდური მნიშვნელობებია;

$(\omega t + \psi_i)$ და $(\omega t + \psi_v)$ მათი ფაზებია;

ψ_i და ψ_v საწყისი ფაზებია. ისინი იზომებიან გრადუსებში ან რადიანებში და გვიჩვენებენ მყისი სიდიდის მნიშვნელობას დაკვირვების დაწყების ($t=0$) მომენტში;

$$\omega = 2\pi f - \text{არის კუთხური სიხშირე} \left[\frac{\text{რად}}{\text{წმ}} \right];$$

f არის სიხშირე ანუ ერთ წამში შესრულებული რხევათა რიცხვი; მისი ერთეულია ჰერცი (ჰც).

სამრეწველო სიხშირე ჩვენს ქვეყანაში მიღებულია 50 ჰც, ხოლო ამერიკასა და იაპონიაში - 60 ჰც. სიხშირის შე-

ბრუნებულ სიდიდეს პერიოდი ეწოდება $T = \frac{1}{f}$. მისი ერ-

თეულია წამი [წმ]. პერიოდი ის უმცირესი დროის შუალედია, როცა მყისი სიდიდეები იწყებენ თავიანთი მნიშვნელობის განმეორებას.

გარდა მყისა და ამპლიტუდური მნიშვნელობისა ცვლადი დენის წრედებში გვაქვს აგრეთვე მოქმედი ანუ ეფექტური მნიშვნელობა, რომელიც ამპლიტუდურ მნიშვნელობაზე ნაკლებია $\sqrt{2}$ -ჯერ და დენისა და ძაბვისათვის გვაქვს:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; V = \frac{V_m}{\sqrt{2}}.$$

საზომი ხელსაწყოები ზომავენ მოქმედ მნიშვნელობებს.

მოწყობილობას, რომელიც საშუალებას გვაძლევს, მივიღოთ გამტარის ბოლოებზე პოტენციალთა სხვაობა ელექტრული ენერგიის წყარო ეწოდება. ასეთ წყაროებად გვევლინება გალვანური ელემენტები, აკუმულატორები და გენერატორები. ასეთი წყაროები ხასიათდებიან ელექტრომამოძრავებელი ძალით (ემძ).

ემძ ეწოდება იმ მუშაობას, რომელსაც ასრულებს ელექტრული ენერგიის წყარო წრედში ერთეულოვანი დადებითი მუხტის გადასატანად. იგი აღინიშნება E ან e ასოთი და იზომება ძაბვის ერთეულებში ანუ ვოლტებში.

წინაღობა არის გამტარის თვისება ხელი შეუშალოს მასში გამავალი თავისუფალი ელექტრონების გადაადგილებას. იგი აღინიშნება R ან r ასოებით. წინაღობის ერთეულია ომი (ომ). პრაქტიკაში გამოიყენება ჯერადი ერთეულებიც: კილოომი (კომ) $=10^3$ ომი; მეგაომი (მომ) $=10^6$ ომი.

წინაღობის შებრუნებულ სიდიდეს ეწოდება გამტარობა. გამტარობა არის ნივთიერების თვისება გაატაროს მასში ელექტრული დენი. გამტარობა აღინიშნება G ან g

ასოთი $\left(G(g) = \frac{1}{R(r)} \right)$ გამტარობის ერთეულია სიმენსი [სიმ].

წინაღობას ცვლადი დენის წრედში აქტიური წინაღობა ეწოდება. გამტარის წინაღობა დამოკიდებულია იმ მასალაზე, რომლისგანაც ის არის დამზადებული. ამიტომ გამტარის წინაღობას ახასიათებენ კუთრი წინაღობით. კუთრი წინაღობა აღინიშნება ρ ასოთი და იგი წარმოადგენს 1მ სიგრძისა და 1მმ² განივკვეთის გამტარის წინაღ-

ობას. კუთრი წინაღობის ერთეულია $\left[\frac{\text{ომი} \cdot \text{მმ}^2}{\text{მ}} \right]$ ან

[ოზი.ბ]. მისი მნიშვნელობები გამტარის მასალის მიხედვით მოცემულია სპეციალურ ცხრილებში.

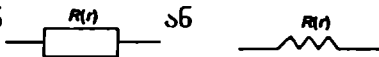
გამტარის წინაღობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ტემპერატურის 1° -ით გაზრდისას მეტალური გამტარის წინაღობა საშუალოდ $0,4\%$ -ით იზრდება, ხოლო შემცირებისას იგივე სიდიდით მცირდება.

ძაბვა, დენი და წინაღობა ელექტრულ წრედში ერთმანეთთან დაკავშირებულია ომის კანონით:

$$I = \frac{V}{R}, \quad (1.3)$$

სადაც V - ძაბვაა; I - დენის ძალა; R წინაღობა.

წინაღობაში დენის გავლის დროს ჯოულ-ლენცის კანონის თანახმად ($Q = I^2 R t$) ელექტრული ენერგია გარდაიქმნება სითბურ ენერგიად. ასეთ ელემენტებს რეზისტორული ელემენტები ეწოდებათ, ისინი გრაფიკულად აღინიშნებიან



გარდა წინაღობისა ელექტრულ წრედში გვხვდება ინდუქციური ელემენტი - ინდუქციურობის კოჭა და ტევადური ელემენტი - კონდენსატორი.

ინდუქციურობის კოჭა არის წრედის ელემენტი, რომელიც აგროვებს მაგნიტური ველის ენერგიას. ელექტრულ სქემაზე იგი აღინიშნება L ასოთი, ხოლო გრაფიკულად ნიშნით.



მისი ერთეულია ჰენრი [ჰნ]. პრაქტიკაში გამოიყენება მისი ჯერადი ერთეულები: მილიჰენრი (მჰნ) = 10^{-3} ჰნ; მიკროჰენრი (მკჰნ) = 10^{-6} ჰნ.

ინდუქციურობის კოჭი ხასიათდება სიხშირის პირდაპირპროპორციული სიდიდით – ინდუქციურობის რეაქტიური წინაღობით, რომელიც გამოისახება ფორმულით:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \quad [\text{ომი}]. \quad (1.4)$$

გარდა ამ წინააღობისა ინდუქციურობის კოჭას გააჩნია ხვეების აქტიური წინააღობაც R_j .

კონდენსატორი არის წრედის ელემენტი, რომელიც აგროვებს ელექტრული ველის ენერგიას. ელექტრულ სქემაზე იგი აღინიშნება C ასოთი, ხოლო გრაფიკულად ნიშნით.

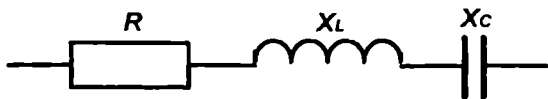


მისი ერთეულია ფარადა (ფ). ფარადა ძალიან დიდი ერთეულია და ამიტომ პრაქტიკაში გამოიყენება მისი ჯერადი მცირე ერთეულები: მიკროფარადა (მკფ) = 10^{-6} ფ; ნანოფარადა (ნფ) = 10^{-9} ფ; პიკოფარადა (პფ) = 10^{-12} ფ.

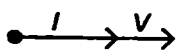
კონდენსატორი ხასიათდება სიხშირის უკუპროპორციული სიდიდით – ტევადობის რეაქტიული წინააღობით, რომელიც გამოისახება ფორმულით:

$$X_C = \frac{1}{\omega c} = \frac{1}{2\pi fc}. \quad (1.5)$$

თუ წრედში (ნახ. 1.1) მიმდევრობით ჩართულია აქტიური (R), ინდუქციური (X_L) და ტევადური (X_C) წინააღ-



ნახ. 1.1. მიმდევრობით შეერთებული R, X_L, X_C წრედი



ა)



ბ)



გ)

ნახ. 1.2. ძვრის კუთხეები დენებსა და ძაბვებს შორის

ობები მაშინ იანგარიშება წრედის სრული წინაღობა ფორმულით:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (1.6)$$

ა) აქტიურ წინაღობაში დენი და ძაბვა ფაზით ერთმანეთს ემთხვევა (ნახ. 1.2. ა)

ბ) ინდუქციურობაში ძაბვა უსწრებს დენს 90° -ით (ნახ. 1.2. ბ)

გ) ტევადობაში დენი უსწრებს ძაბვას 90° -ით (ნახ. 1.2. გ)

ელექტრო და რადიოტექნიკაში გარდა გამტარი მასალებისა გამოყენებულია დიელექტრიკები ანუ იზოლატორები, ეს ის მასალებია (მინა, რეზინა, ფაიფური, ქარსი და სხვა), რომელთაც არ გააჩნიათ თავისუფალი ელექტრონები. მაგრამ თუ მათზე მოედებთ მაღალ ძაბვას, მაშინ შეიძლება მოხდეს დიელექტრიკის გარღვევა და იგი გარდაიქმნება გამტარად. პრაქტიკაში ამის გამო ადგილი აქვს კონდენსატორისა და ტრანსფორმატორის გრაგნილებს შორის მოთავსებული იზოლაციის გარღვევას.

ელექტრული დენის მიერ მუშაობის შესრულების უნარს ენერგია ეწოდება. იგი რიცხობრივად ტოლია ძაბვის, დენისა და დენის დინების დროის ნამრავლისა და გამოიხატება ფორმულით:

$$W = VIt. \quad (1.7)$$

ენერგიის ერთეულია [ეტ.წმ.] ანუ ჯოული [ჯ]. ენერგიის ეს ერთეული ძალიან მცირეა და ამიტომ პრაქტიკაში გამოიყენება დიდი ერთეული კილოვატ.საათი [კეტ.სთ].

$$1 \text{ კვტ.სთ} = 1000 \text{ ვტ} \quad 3600 \text{ წმ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ ვტ} \cdot \text{წმ} = \\ = 3,6 \cdot 10^6 \text{ ჯოული.}$$

დროის ერთეულში მოხმარებულ ენერგიას სიმძლავრე ეწოდება და მუდმივი დენის შემთხვევაში გამოისახება ფორმულით:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{VI}{t} = VI. \quad (1.8)$$

ამ სიმძლავრის ერთეულია ვატი [ვტ]. ვატი მცირე ერთეულია და ამიტომ პრაქტიკაში გამოიყენება დიდი ერთეულები:

კილოვატი [კვტ] = 10^3 ვტ ; მეგავატი [მვტ] = 10^6 ვტ.

ფორმულა (1.8) სამართლიანია აგრეთვე ცვლადი დენის იმ წრედებისათვის, რომლებიც შეიცავენ მხოლოდ რეზისტორულ ელემენტებს.

ზოგად შემთხვევაში სიმძლავრე არ წარმოადგენს უბრალოდ ძაბვისა და დენის ნამრავლს. ცვლადი დენის წრედში გვაქვს შემდეგი სახის სიმძლავრეები:

სრული სიმძლავრე $S = VI$ [ვოლტამპერი (ვა)];

აქტიური სიმძლავრე $P = VI \cos \varphi$ [ვატი (ვტ)];

რეაქტიული სიმძლავრე $Q = VI \sin \varphi$ [ვოლტამპერრეაქტიული (ვარ)].

სიმძლავრის კოეფიციენტი წარმოადგენს აქტიური სიმძლავრის ფარდობას სრულ სიმძლავრესთან

$$K_p = \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{VI}. \quad (1.9)$$

მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა 1-ის ტოლია.

გამოსავალი ძაბვის არასტაბილურობა დატვირთვის დენის მიხედვით

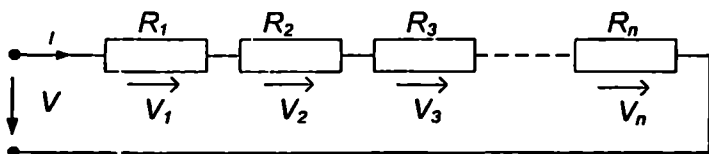
არასტაბილურობა = $\frac{\text{ძაბვა დატვირთვის გარეშე} - \text{ძაბვა სრული დატვირთვისას}}{\text{ძაბვა სრული დატვირთვისას}}$

დახარჯული ელენერგიის რაოდენობა განისაზღვრება 1 საათის განმავლობაში მოხმარებული სიმძლავრით. ამ რაოდენობას განსაზღვრავენ კილოვატსაათით [კვტ.სთ.].

არსებობს ელექტრული წრედების შეერთების სამი სახე: მიმდევრობითი, პარალელური და შერეული.

მიმდევრობითი შეერთების დროს (ნახ. 1.3) ერთი ელემენტის ბოლო უერთდება მეორის საწყისს, მეორის ბოლო მესამის საწყისს და ა.შ. ასეთი შეერთებისას ყველა ელემენტში გადის ერთი და იგივე დენი, ხოლო ძაბვები დამოკიდებულია ამ ელემენტების წინააღობებზე.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = I(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) = I \cdot R, \quad (1.10)$$

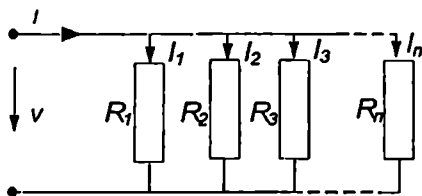


ნახ.1.3. მიმდევრობით შეერთებული წრედი

სადაც $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$. (1.11)

პარალელური შეერთების დროს (ნახ. 1.4) ელემენტების საწყისები ერთ კვანძად არის შეკრული, ხოლო ბოლოები — მეორე კვანძად. ამ დროს ყველა ელემენტზე მოქმედებს ერთი და იგივე ძაბვა, ხოლო დენები დამოკიდებულია ამ ელემენტთა წინააღობებზე.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots + \frac{V}{R_n} = \frac{V}{R}, \quad (1.12)$$



ნახ. 1.4. პარალელურად შეერთებული წრედი

$$\text{სადაც } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (1.13)$$

$$\text{ანუ } G = G_1 + G_2 + G_3. \quad (1.14)$$

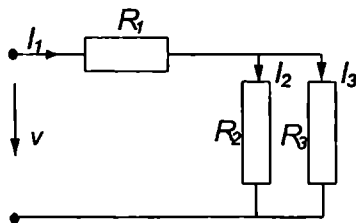
შერეული შეერთების დროს (ნახ. 1.5) გვაქვს როგორც მიმდევრობითი, ასევე პარალელური შეერთება.

შერეული შეერთების დროს წრედის საერთო წინააღობა

$$R = R_1 + R_{23} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}, \quad (1.15)$$

$$I_1 = \frac{V}{R}; V_1 = I_1 \cdot R_1; V_{23} = I_1 \cdot R_{23}; I_2 = \frac{V_{23}}{R_2}; I_3 = \frac{V_{23}}{R_3}. \quad (1.16)$$

ისეთ ელექტრულ წრედს, რომელშიც მოქმედებს ერთი და იგივე ამპლიტუდისა და სიხშირის და ერთმანეთისაგან სიერცე-ში 120°-ით დაძრული ემძებები, სამფაზა წრედი ეწოდება.



ნახ. 1.5. შერეულად შეერთებული წრედი

სამფაზა სისტემაში ფაზების საწყისები აღინიშნება A , B , C ასოებით, ხოლო ბოლოები შესაბამისად – X , Y , Z -ით.

გამანაწილებელ მოწყობილობებში A ფაზის სალტე შედებილია ყვითელი, B ფაზის – მწვანე, C ფაზის – წითელი ფერით.

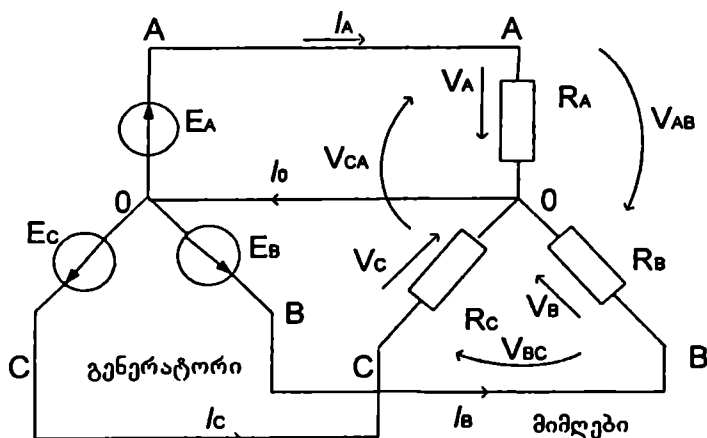
ელექტრომამოძრავებელი ძალებისა და ძაბვების სისტემა ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\begin{cases} e_A = E_m \sin \omega t \\ e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ) \end{cases} \quad \text{ან} \quad \begin{cases} v_A = V_m \sin \omega t \\ v_B = V_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ v_C = V_m \sin(\omega t + 120^\circ) \end{cases} \quad (1.17)$$

სამფაზა წრედების შემთხვევაში არსებობს შეერთების ორი სახე: ვარსკვლავად და სამკუთხედად.

ვარსკვლავა შეერთება ნაჩვენებია ნახ. 1.6-ზე.

ვარსკვლავად შეერთების დროს ხაზური და ფაზური დენები ტოლია $I_h = I_{\phi}$. ხოლო ხაზური ძაბვა $\sqrt{3}$ -ჯერ მეტია ფაზურ ძაბვაზე.



ნახ. 1.6. ვარსკვლავად შეერთებული სამფაზა წრედი

$V_b = \sqrt{3}V_g$ ფაზური ძაბვებია V_A, V_B, V_C , ხოლო ხაზური ძაბვებია V_{AB}, V_{BC}, V_{CA} .

სამკუთხედად შეერთება ნაჩვენებია ნახ. 1.7-ზე.

სამკუთხედად შეერთების დროს ხაზური და ფაზური ძაბვები ერთმანეთის ტოლია: $V_b = V_{\text{ფ}}$; ხოლო ხაზური დენი $\sqrt{3}$ -ჯერ მეტია ფაზურ დენზე. $I_b = \sqrt{3}I_{\text{ფ}}$ ხაზური დენებია I_A, I_B, I_C ; ფაზური დენებია: I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} .

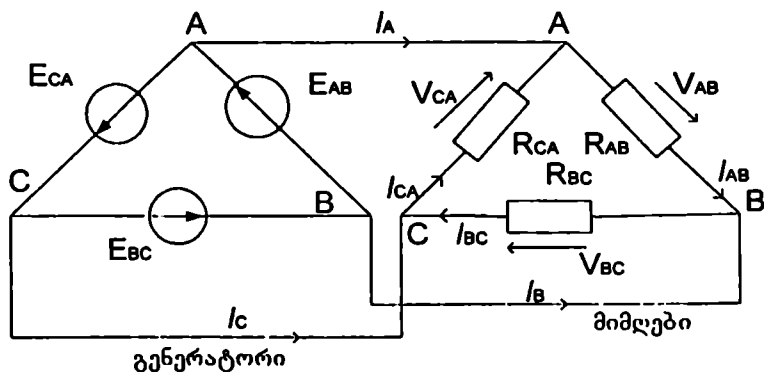
სამფაზა წრედში აქტიური, რეაქტიული და სრული სიმძლავრეები ტოლია:

$$P = V_A I_A \cos \varphi_A + V_B I_B \cos \varphi_B + V_C I_C \cos \varphi_C,$$

$$Q = V_A I_A \sin \varphi_A + V_B I_B \sin \varphi_B + V_C I_C \sin \varphi_C,$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

თუ დატვირთვა სიმეტრიულია ანუ ყველა ფაზის დატვირთვა ერთნაირია, მაშინ:



ნახ. 1.7. სამკუთხედად შეერთებული სამფაზა წრედი

$$P = 3V_{\text{ფ}} I_{\text{ფ}} \cos \varphi_{\text{ფ}} = \sqrt{3} V_{\text{ბ}} I_{\text{ბ}} \cos \varphi_{\text{ბ}},$$

$$Q = 3V_{\text{ფ}} I_{\text{ფ}} \sin \varphi_{\text{ფ}} = \sqrt{3} V_{\text{ბ}} I_{\text{ბ}} \sin \varphi_{\text{ბ}},$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

ნახ. 1.6-ზე მოცემული შეერთებას პირობითად აღნიშნავენ $\text{Λ}/\text{Λ}$ -ით, ხოლო ნახ. 1.7-ზე მოცემულს Δ/Δ . გარდა ამისა არსებობს შემდეგი სახის შეერთებები: ვარსკვლავი – სამკუთხედზე ($\text{Λ}/\Delta$), სამკუთხედი – ვარსკვლავზე ($\Delta/\text{Λ}$)

1.2. მოწყობილობებისა და დანადგარების გამოსახვის ძირითადი საშუალებანი. ელექტრული სქემა. ელექტრული სქემის ტიპები და სახეები

მოწყობილობებისა და დანადგარების სხვადასხვა წრედების გამოსახვის საშუალებად, აგრეთვე მათი მონტაჟისა და ექსპლუატაციის გასაცნობად გამოიყენება სპეციალური ნახაზები – სქემები. მოწყობილობაში შემავალი ელემენტების სახეების მიხედვით არსებობს კინემატიკური, ჰიდრავლიკური, პნევმატური, ელექტრული და სხვა სახის სქემები. არსებობს აგრეთვე კომბინირებული სქემები, რომლებიც შედგებიან სხვადასხვა სახის ელემენტებისაგან. მაგალითად ელექტროჰიდრავლიკური სქემები შეიცავენ როგორც ელექტრულ, ასევე ჰიდრავლიკურ ელემენტებს.

ელექტრული სქემა ეწოდება ელექტრული წრედის პირობით გრაფიკულ გამოსახულებას. თავისი დანიშნულების მიხედვით ელექტრული სქემები იყოფა შემდეგ სახეე-

ბად: სტრუქტურული, ფუნქციონალური, პრინციპული, შეერთებების, ჩართების, საერთო და განლაგების.

სტრუქტურული სქემა გვიჩვენებს მოწყობილობის ძირითად ფუნქციონალურ ნაწილებს, მათ დანიშნულებას და მათ შორის ურთიერთკავშირს. ასეთი სქემები ძირითადად სრულდება სხვა ტიპის სქემების წინასწარი დამუშავების სტადიაზე და გამოიყენება მოწყობილობის გასაცნობად.

ფუნქციონალური სქემები გვიჩვენებენ მოწყობილობის ან დანადგარის წრედებში მიმდინარე ცალკეულ პროცესებს და გამოიყენება მათი მოქმედების ზოგადი პრინციპის შესასწავლად.

პრინციპული სქემები წარმოდგენენ საკონსტრუქტორო დოკუმენტაციის დამუშავების საფუძველს. ასეთ სქემებში მოცემულია ყველა ელემენტი და მათ შორის კავშირი. ისინი იძლევიან მოწყობილობის მოქმედების პრინციპზე დეტალურ წარმოდგენას.

შეერთების სქემები გვიჩვენებენ მოწყობილობის ელემენტებს შორის კავშირს. ამ კავშირის განხორციელების საშუალებებს (სადენები, ჩალიჩები, (“жзым”) მილსადენები და სხვა), აგრეთვე შეერთებებისა და შემყვანების ადგილებს. ეს სქემები გამოიყენება საკონსტრუქტორო დოკუმენტაციის დამუშავების დროს, განსაკუთრებით საკონსტრუქტორო ნახაზების დამუშავებისას, რომლებიც განსაზღვრავენ სადენების, ჩალიჩების, კაბელების, მილსადენების, აპარატებისა და სხვათა განლაგებისა და დამაგრების საკითხებს.

ჩართვის სქემები გვიჩვენებენ მოწყობილობის გარე-ჩართვის ადგილებს.

საერთო სქემები გვიჩვენებენ კომპლექსების შემადგენელ ნაწილებს და ექსპლუატაციის ადგილზე მათ შორის შეერთებებს.

განლაგების სქემები გვიჩვენებენ მოწყობილობათა შემადგენელი ნაწილების განლაგებას.

სქემები შეიძლება იყოს შეთავსებული. მაგალითად, შეერთების სქემაზე შეიძლება ნაწილები იყოს მოწყობილობის გარე ჩართვა; სტრუქტურული სქემა შეიძლება შეთავსებული იყოს ფუნქციონალურ სქემასთან და ა.შ.

როგორც ცნობილია, ელექტროენერგიის მიღების, გარდაქმნის, გადაცემის, განაწილებისა და მოხმარების პროცესები ხდება ელექტრომოწყობილობისა და ელექტროდანადგარების ელექტრულ წრედებში. ამიტომ ელექტრომოწყობილობისა და დანადგარების გამოსახვის ძირითად საშუალებად გამოიყენება ისეთი სქემები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს გავიგოთ ელექტროდანადგარის ყველა ელემენტებს შორის ურთიერთქმედება. ასეთ სქემებს წარმოადგენენ პრინციპული ელექტრული სქემები.

1.3. ელექტრულ სქემებში გამოყენებული პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები

ნებისმიერი ელექტრული სქემა წარმოადგენს ელექტრული სისტემის ან წრედის მოდელს, რომელიც საშუალებას აძლევს ადამიანს სწრაფად გაერკვეს სქემის სტრუქტურაში, რაც მეტად მნიშვნელოვანია დიაგნოსტიკის ჩატარების დროს.

ათასობით ადამიანი ადგენს ელექტროდანადგარის სქემებს, ხოლო მილიონობით ადამიანი მუშაობს ამ სქემებზე. ამიტომ სქემები შედგენილი უნდა იქნას კარგად ცნობილი პირობითი აღნიშვნებით; სხვაგვარად ადამიანები ერთმა-

ნეთს ვერ გაუგებენ, ვერ წაიკითხავენ სქემებს ან წაიკითხავენ შეცდომით, რაც მიგვიყვანს არასწორ მოქმედებამდე.

ამიტომ პირობითი აღნიშვნები და ელექტრული სქემების შესრულების წესები განისაზღვრება სახელმწიფო სტანდარტებით.

ელექტრულ სქემაზე ყველაზე მეტად გავრცელებული ზოგიერთი აღნიშვნები მოცემულია დანართში 1.

1.4. ძალოვანი და მართვის წრედები

ელექტრული წრედები ჩვეულებრივ იყოფიან ძალოვან და მართვის წრედებად. ძალოვანი წრედი შეიცავს მთავარ ძალოვან მოწყობილობებს (ტრანსფორმატორები, ელექტრული ძრავები, გენერატორები და სხვა) მძლავრი გამტარებით, კონტაქტორებითა და მცველებით.

ძალოვანი წრედები გადასცემენ დიდ სიმძლავრეებს მძლავრ ელექტრომოწყობილობებს. ისინი იზოლატორების, ამომრთველებისა და დენმკვეთების დახმარებით განამხოლოებენ; კონტაქტორების, გადამრთველების და სხვათა დახმარებით მართავენ, ხოლო გადატვირთვის თბური რეგულაციის, ელექტრომაგნიტური რეგულაციის, ავტომატური ამომრთველების, გადასახსნელების მცველებისა და სხვათა დახმარებით გადატვირთვისა და მოკლედ შერთვისაგან იცავენ ელექტრულ წრედებს.

მართვის წრედები ემსახურებიან მოწყობილობისა და დამცავი ბლოკირების მართვას; ადგენენ მოწყობილობისა ან მანქანის ოპერაციის შესრულების თანმიმდევრობას.

მართვის წრედები შესდგებიან გადამრთველების, მომჭერების სხვადასხვა დანიშნულების რეგულაციის, მათი კონტაქტების, კოჭების, მრიცხველებისა და შემაერთებელი სადენებისაგან. ისინი წარმოადგენენ შესაავალ კონტაქტებს,

რომლებიც ასახავენ სხვადასხვა მდგომარეობას. ამ მდგომარეობიდან გამომდინარე გამოსავალ გრაგნილებზე მიეწოდება ან არ მიეწოდება კვება.

შესავალი კონტაქტები ასახავენ ორ მდგომარეობას “ჩართულია” ან “გამორთულია”. ამის გამო არსებობს ორი ტიპის კონტაქტები: ნორმალურად ჩაკეტილი (ნ.ჩ) და ნორმალური ღია (ნ.ღ) კონტაქტები.

შესავალი კონტაქტებია: რელეების, კონტაქტორების, ტაიმერების, მრიცხველების, მაგნიტური და ლილაკიანი გადამრთველების, საბოლოო ამომრთველების და სხვათა კონტაქტები.

გამოსავალი გრაგნილები შეიძლება იმყოფებოდნენ ორ მდგომარეობაში – ჩართულ ან გამორთულში. გამოსავალ გრაგნილები შეიძლება მივაკუთვნოთ მთავარ ან დამატებით კონტაქტორს.

1.5. პრინციპული ელექტრული სქემა

პრინციპული ელექტრული სქემა ეს არის გაშლილი სახით შესრულებული ელექტრული შეერთებების სქემა. იგი წარმოადგენს საწარმოო მექანიზმების ელექტრომოწყობილობის პროექტის ძირითად სქემას და გვაძლევს ზოგად წარმოდგენას მოცემული მექანიზმის ელექტრომოწყობილობის შესახებ; ასახავს მექანიზმის ავტომატური მართვის სისტემის მუშაობას და გამოიყენება შეერთებებისა და ჩართვის სქემების შედგენის, კონსტრუქციული კვანძების დაპროექტებისა და ელემენტების ჩამონათვალის გაფორმების წყაროდ.

თავისი დანიშნულების მიხედვით პრინციპული სქემები იყოფა: მართვის, ტექნოლოგიური კონტროლისა და

სიგნალიზაციის, ავტომატური რეგულირებისა და კვების სქემებად.

პრინციპული სქემის ძირითადი დანიშნულებაა საკმარისი სიზუსტითა და თვალსაჩინოებით ასახოს ურთიერთკავშირი ავტომატიზაციის სისტემების ფუნქციონალურ კვანძებში შემავალ ხელსაწყოებს, ავტომატიზაციის საშუალებებსა და დამხმარე აპარატურას შორის მათი მუშაობისა და მოქმედების პრინციპის თანმიმდევრობის მხედველობაში მიღებით.

პრინციპული სქემის მიხედვით ხორციელდება ელექტრომოწყობილობის მონტაჟისა და გაწყობის დროს ელექტრული შეერთების სისწორის შემოწმება. ამ სქემების დამუშავების ხარისხზეა დამოკიდებული საწარმოო მექანიზმების მუშაობის მკაფიოობა, მისი მწარმოებლობა და ექსპლუატაციაში საიმედოობა.

პრინციპული სქემები წარმოადგენენ პროექტის დამუშავების სხვა დოკუმენტების, სამონტაჟო სქემებისა და პულტებისა და ფარების ცხრილების, გარეშე სადენების შეერთების სქემების და სხვათა საფუძველს.

ზოგადად პრინციპული სქემა შეიცავს:

1) ავტომატიზაციის სისტემის ამა თუ იმ ფუნქციონალური კვანძის მოქმედების პრინციპის პირობით გამოსახვას;

2) განმარტებით წარწერებს;

3) მოცემული სქემის ცალკეული ელემენტების (ხელსაწყოების, ელექტრული აპარატების) ნაწილებს, რომლებიც გამოყენებულია სხვა სქემაში, აგრეთვე სხვა სქემების მოწყობილობების ელემენტებს.

4) მრავალპოზიციანი მოწყობილობების კონტაქტების გადართვის დიაგრამას.

5) მოცემულ სქემაში გამოყენებული ხელსაწყოებისა და აპარატურის ჩამონათვაღს.

6) იმ ჩამონათვაღს, რომელიც ეკუთვნის მოცემულ სქემას, თავისი განმარტებებითა და შენიშვნებით.

1.6. ელექტრული სქემების წაკითხვა

ელექტრული სქემის წაკითხვა ნიშნავს, რომ მისგან მივიღოთ ის მაქსიმალური ინფორმაცია, რომელიც საჭიროა განსაზღვრული სამუშაოს შესასრულებლად. საანგარიშო სქემების წაკითხვისას მივიღოთ მონაცემები ჩანაცვლების სქემის შედგენისათვის. ჩანაცვლების სქემის წაკითხვით განისაზღვრება ის სიდიდეები, რომლებიც უნდა ჩაისვას გაანგარიშების საბოლოო შედეგის მისაღებ ფორმულებში.

პრინციპული სქემების დაზეპირების მცდელობა უსარგებლო მეცადინეობაა და იმისათვის, რომ წავიკითხოთ სქემა საჭიროა რაღაც საკითხების დამახსოვრება, ისევე როგორც უნდა გვახსოვდეს გამრავლების ტაბულა ან შემოკლებული გამრავლების ფორმულები.

1. უნდა გვახსოვდეს ყველაზე უფრო გავრცელებული პირობითი აღნიშვნები; მაგალითად, გრაგნილების, კონტაქტების, ტრანსფორმატორების, ძრავების, გამმართველების, ნათურების და ა.შ.

2. უნდა გვახსოვდეს პროფესიიდან გამომდინარე ხშირად გამოყენებული პირობითი აღნიშვნები.

3. ყველაზე უფრო გავრცელებული ელექტროდანადგარების კვანძების, ძრავას, გამმართველის, განათების ქსელის და სხვათა სქემები.

4. უნდა ვიცოდეთ მიმდევრობით და პარალელურად ჩართული კონტაქტების, გრაგნილების, წინაღობების, ინდუქციურობებისა და ტევადობების თვისებები.

5. ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის უნდა ვფლობდეთ ელექტნიკის შესაბამის ცოდნას და აგრეთვე უნდა ვიცოდეთ სქემის წაკითხვის თანმიმდევრობა.

6. სქემის წაკითხვის პროცესში უნდა შევამოწმოთ გაკეთებული ვარაუდის სისწორე.

ელექტრული სქემების წაკითხვის თანმიმდევრობა ასეთია:

1. ელექტრული სქემების წაკითხვისას ყოველთვის იწყებენ მისი და ჩამონათვალი ელემენტების ზოგადი გაცნობით. პოულობენ სქემაზე თითოეულ ელემენტს, ეცნობიან ყველა შენიშვნასა და განმარტებას;

2. განსაზღვრავენ ელექტრული ძრავების, მაგნიტური გამშვების გრაგნილების, რელეების, ელექტრომაგნიტების, ხელსაწყოთა კომპლექტების, რეგულატორებისა და სხვათა კვების სისტემებს. ამისათვის სქემაზე პოულობენ ყველა კვების წყაროს, გამოავლენენ თითოეული მათგანისათვის დენის სახეობას, ნომინალურ ძაბვას, ფაზირებას ცვლადი დენის წრედებში და პოლარობას მუდმივი დენის წრედებში და მიღებულ შედეგებს შეაპირებობენ გამოყენებული აპარატურის ნომინალურ მონაცემებთან.

სქემის მიხედვით გამოავლენენ საერთო საკომუნიკაციო აპარატებს, აგრეთვე დაცვის აპარატებს: ავტომატურ ამომრთველებს, მცველებს, მაქსიმალური დენისა და მინიმალური ძაბვის რელეებს და სხვა. წარწერების, ცხრილების ან შენიშვნების მიხედვით განსაზღვრავენ აპარატების დაყენებას და აფასებენ თითოეული მათგანის დაცვის ზონას.

3. სწავლობენ თითოეული ელექტრომიმღების: ელექტროძრავას, მაგნიტური ამამუშავებელს. გრაგნილის, რელეს, ხელსაწყოს და სხვა ყველა შესაძლო წრედს. სქემაში ელექტრომიმღებების დიდი რაოდენობაა და სულ ერთი

არ არის საიდან დაეიწყოთ სქემის წაკითხვა. ეს განისაზღვრება დასმული ამოცანის მიხედვით. თუ სქემის მიხედვით უნდა განისაზღვროს ელმომღებლის მუშაობის პირობები, მაშინ წაკითხვას იწყებენ ძირითადი ელექტრომომღებიდან და შემდეგი ელექტრომომღები თვითონ გამოჩნდება.

მაგალითად, ელექტროძრავას გაშვებისათვის უნდა ჩაერთოთ მაგნიტური ამამუშავებელი. სათანადოდ ძრავას შემდეგი ელმომღები უნდა იყოს მაგნიტური ამამუშავებელის გრაგნილი. თუ წრედი შეიცავს საშუალოდ რელეს კონტაქტს, მაშინ უნდა განვიხილოთ მისი გრაგნილის წრედი და ა.შ. მაგრამ შეიძლება იყოს მეორე ამოცანა: წრედის რაღაც ელემენტი მაგალითად, სასიგნალო ნათურა არ აინთო, მაშინ პირველი ელმომღები იქნება სწორედ იგი.

უნდა აღინიშნოს, რომ თუ სქემის წაკითხვისას არ გაგვაჩნია განსაზღვრული მიზანმიმართულება, მაშინ შეიძლება ისე დაგხარჯოთ ბევრი დრო, რომ ვერაფერიც ვერ გადავწყვიტოთ.

ამგვარად, ესწავლობთ რა არჩეულ ელმომღებს, უნდა მიეყვებოდნენ მის ყველა წრედს პოლუსიდან პოლუსამდე (ფაზიდან ფაზამდე ან ფაზიდან ნულამდე კვების სისტემიდან გამომდინარე). ამ დროს პირველ რიგში უნდა გამოვავლინოთ წრედში შემავალი ყველა კონტაქტი, დიოდი, რეზისტორი და სხვა ელემენტები.

უნდა აღინიშნოს, რომ არ შეიძლება ერთდროულად განხილულ იქნეს რამდენიმე წრედი. საჭიროა პირველად შევისწავლოთ მაგალითად, “წინ” მაგნიტური ამამუშავებელის გრაგნილის ჩართვის წრედი ადგილობრივი მართვის დროს. დაეადგინოთ ამ შემთხვევაში რა მდგომარეობაში უნდა იყოს ამ წრედში შემავალი ელემენტები (რეჟიმების

გადამრთველი უნდა იყოს მდგომარეობაში “ადგილობრივი მართვა”, ხოლო მაგნიტური ამამუშავებელი “უკან” – გამორთული). იმისათვის, რომ ჩაერთოთ მაგნიტურამამუშავებელი (დავაჭიროთ თითი ღილაკს “წინ”) და ა.შ. ამის შემდეგ აზრობრივად გამოერთოთ მაგნიტური ამამუშავებელი “წინ” და ისევ აზრობრივად გადავიყვანოთ რეჟიმების გადამრთველი მდგომარეობაში “ავტომატური მართვა” და შევისწავლოთ შემდეგი წრედი.

ელექტრული სქემის თითოეული წრედის გაცნობას აქვს მიზანი:

1. განვსაზღვროთ მოქმედების პირობა, რომელსაც აკმაყოფილებს სქემა;

2. გამოვავლინოთ შეცდომები: მაგალითად, წრედში მიმდევრობით შეიძლება შეერთებული იქნეს კონტაქტები, რომლებიც ერთდროულად არასდროს არ იქნება ჩართული;

3. განვსაზღვროთ მტყუნების ყველა მიზეზი;

4. დავადგინოთ წრედის ელემენტები, რომლებშიც შეიძლება დარღვეული იქნას დროითი დამოკიდებულება არასწორი რეგულირების ან დამპროექტებლის მიერ ექსპლუატაციის პირობების არასწორი შეფასებით. რისი ტიპური მაგალითია ძალიან მცირე ან ძალიან დიდი ხანგრძლივობის იმპულსები;

5. გამოვავლინოთ აპარატები, რომელთაც შეიძლება მიეცეს არასწორი დაყენება; ამის ტიპური მაგალითია დენური რელეს არასწორი დაყენება მართვის წრედში;

6. გამოვავლინოთ ყოველგვარი ცრუ წრედი, როგორც ნორმალურ ასევე გარდამავალ რეჟიმებში. მაგალითად, კონდესატორების გადამუხტვა. ცრუ წრედები შეიძლება ჩამოყალიბდეს მკვებავი ძაბვის მიწოდების რიგითობის

დარღვევის დროს, რაც გეიჰვენებს პროექტირების დაბალ ხარისხს;

7. შევაფასოთ სქემის თითოეულ წერტილში იზოლაციის დარღვევის გამო მოსალოდნელი შედეგი;

8. დავადგინოთ სქემის მოქმედება კეების ნაწილობრივი გამორთვის დროს.

სქემის ანალიზის დროს დიდ დახმარებას გვიწევენ ურთიერთმოქმედების დროითი დიაგრამები, რომლებიც ასახავენ სქემის მუშაობის დინამიკას.

1.7. სადენებისა და კლემების ნუმერაცია

ნებისმიერი მართვის ელექტრულ სისტემაში არის სადენები, რომლითაც ერთმანეთთან შეერთებულია სხვადასხვა ელემენტები. საჭიროა. რომ ეს ელემენტები ერთმანეთთან შეერთებული იქნას შესაბამისი სადენებითა და სწორი პოლარობით. დარწმუნებული რომ ვიყოთ სადენების ჩართვის სისწორეში, ელემენტებსა და მათ კლემებს ენიჭებათ ე.წ. უნიკალური ნომრები. ასეთი პრაქტიკა გამოყენებულია დამუშავების, მონტაჟისა და მომსახურების დროს. ეს ნუმერაცია გვეხმარება აგრეთვე დიგნოსტიკის პროცესში ელემენტების, სადენებისა და კლემების იდენტიფიკაციაში.

კლემები ემსახურება სადენების შეერთებას ელექტრულ პანელში. ისინი ჩვეულებრივ გაერთიანებულია ჯგუფში, ე.წ. “კლემის კალაპოტში”. ისინი ჯგუფდებიან ან ფუნქციონალური დანიშნულების ან მოწყობილობის რაიმე კუთვნილების მიხედვით. თითოეული კლემის კალაპოტს მინიჭებული აქვს თავისი უნიკალური ნომერი. ჩვეულებრივ კლემის ერთი მხარე ემსახურება შიგა ელემენტების ჩართვას, ხოლო მეორე მხარე – გარე ელემენტების ჩართვას.

ელექტრულ პანელებში გამოიყენება სადენები და მრავალძარღვა კაბელის ძარღვები. სადენები და ძარღვები ჩართულია მოწყობილობის კლემებთან და კლემის კალაპოტებთან. ყველა ისინი დანომრილია. ამისათვის სადენები მარკირებულია ასოებითა და ციფრებით.

სადენების ნუმერაცია უნდა შეიცავდეს:

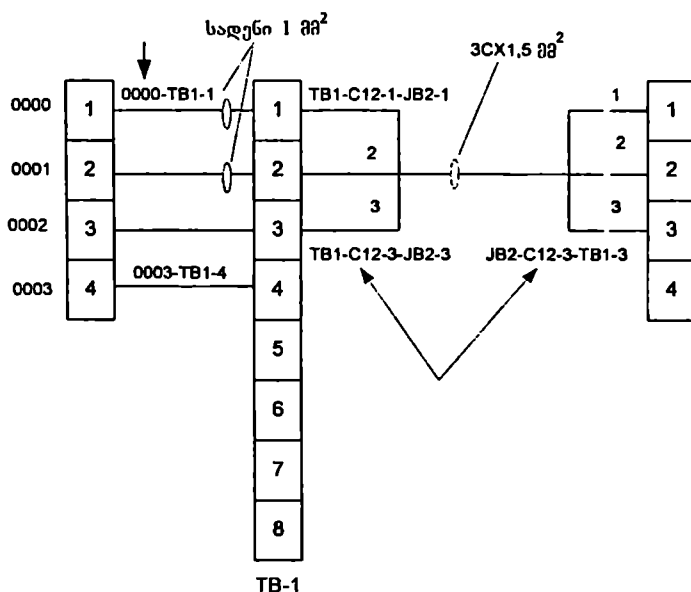
კაბელის ნომერს;

სადენის ან მრავალძარღვა კაბელის ძარღვის ნომერს;

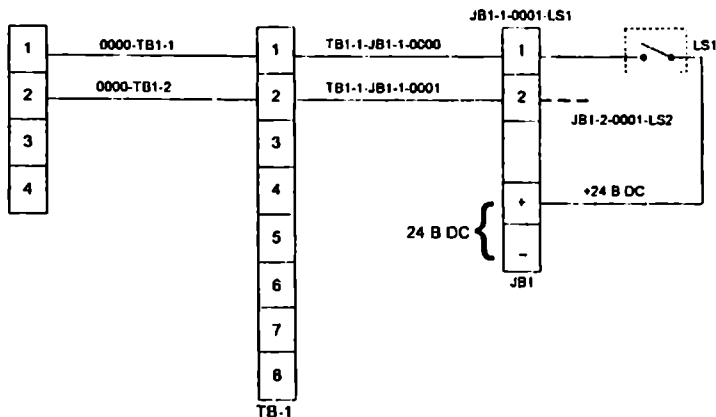
კლემის კალაპოტის ნომერს;

კლემის ნომერს, რომელზეც უნდა ჩაირთოს სადენი.

რადგანაც სადენი ირთვება ორი მხარით, ამიტომ ძალიან მოხერხებულია გამოიყენოთ სადენების ნუმერაციის ჯვარედინი მეთოდი. სადენის ან კაბელის ძარღვის ჯვარედინი



ნახ.1.9. სადენების ჯვარედინი ნუმერაცია და კლემების ნუმერაცია



ნახ. 1.10. სადენების ნუმერაცია პროგრამულ-ლოგიკური კონტროლერის (პლკ) პანელზე დამატებითი ელემენტებით პლკ მისამართების სახით

ნომერი შეიცავს ინფორმაციას იმაზე, თუ სად არის ჩართული მეორე ბოლო. აგრეთვე შეიძლება შეიცავდეს ისეთ ინფორმაციას, როგორიცაა “პანელის ნომერი”, “კლემის კალაპოტის ნომერი” და “კლემის ნომერი”.

ნახ. 1.9-ზე ნაჩვენებია სადენებისა და კლემების ტიპური ჯვარედინი ნუმერაცია. შეიძლება პრაქტიკაში გამოყენებული იქნას მრავალრიცხოვანი წესები და მეთოდები.

ჯვარედინი ნუმერაცია წარმოადგენს კაბელების ჩადებისა და ჩართვის, “გარეკვისა” და დიაგნოსტიკის დროს გამოყენებულ ერთ-ერთ მეთოდს.

როგორც ნახ. 1.9-ზეა ნაჩვენები C12 კაბელის ძარღვისთვის TB1 და JB2 კლემების კალაპოტებს შორის გამოყენებულია ჯვარედინი მარკირება. TB1 კლემების კალაპოტზე მარკირება. გეიწვენებს, თუ სად არის ჩართული კაბელის ძარღვის მეორე ბოლო.

მაგალითად, ნახ. 1.10-ზე ნაჩვენებ სქემაზე პლკ-ს პანელზე სადენების ჯვარედინ მარკირებას ემატება კიდევ ერთი სამისამართო ინფორმაცია. მისამართი სადენის მარკირებაში კაბელის, ძარღვისა და კლემის ნომერთან ერთად ძალიან სასარგებლოა დიაგნოსტიკის დროს.

ნახ. 1.10-ზე ნაჩვენები ჯვარედინი მარკირება გამოყენებულია საველე ხელსაწყოებისა და კლემების კალაპორტების შესაერთებლად; აგრეთვე კლემათა შორის შეერთებისათვის. მიუხედავად იმისა, რომ მარკირების ასეთ სახეს მივყავართ გრძელ ნომრებთან, მაინც პრაქტიკაში ასეთი მარკირება ძალიან გამართლებულია.

1.8. რაზე უნდა გავამახვილოთ ყურადღება სქემების წაკითხვისას

1. ელემენტების აღნიშვნა სქემაზე გეიჩვენებს მის გამორთულ მდგომარეობას, ანუ როცა ელექტრული კვება არ მიეწოდება. ეს შეიძლება იყოს ტაიმერის ან რელეს ნორმალურად ღია (ნღ) ან ნორმალურად ჩაკეტილი (ნჩ) კონტაქტები. გარდა ამისა ამომრთველები და კონტაქტორები მომარაგებულია დამატებითი ნღ და ნჩ კონტაქტებით, რათა ასახოს მოწყობილობის მდგომარეობა სასიგნალო და მართლოკირებელ წრედებში.

2. ელექტრულ სქემას გააჩნია ფურცლის ნომერი, ხოლო თითოეული ფურცელი იყოფა 1, 2, 3, 4.... და ა.შ. სტრიქონებად და A, B, C, D და ა.შ. სვეტებად. ასეთი მატრიცული სახე გვეხმარება სწრაფად მოძებნოთ ფურცელზე განსაზღვრული ელემენტი ან კონტაქტი. ამგვარი წესი გამოიყენება კონტაქტების ჯვარედინი აღნიშვნისათვის.

3. გრაგნილისა და მისი კონტაქტის ერთმანეთისაგან განსხვავების მიზნით პირობითი აღნიშვნის გვერდით იწ-

ერება ასოები და ციფრები. მაგალითად: K1, K2 ან C1, C2. კონტაქტორის კონტაქტები აღინიშნება იგივე ასოებით, როგორც თვით კონტაქტორის გრაგნილი.

4. ერთი და იგივე რელეს სხვადასხვა კონტაქტები შეიძლება გამოყენებული იქნეს სხვადასხვა წრედებში. გაუგებრობის თავიდან აცილების მიზნით თითოეულ კონტაქტს აქვს ჯვარედინი ნომერი, რომელიც გვიჩვენებს ფურცლისა და მის მატრიცულ ნომერს.

5. მსხვილი ხაზები გვიჩვენებს მძლავრი დენების სადენებს (კვების ხაზები, ელექტროძრავას გამომყვანები და სხვა), ხოლო წვრილი ხაზები გამოსახვენ სუსტი დენების სადენებს (მართვის წრედები).

6. მართვის წრედებში კვების ხაზები აღინიშნება L1 და L2 ასოებით; დატვირთვა (რელეს გრაგნილი) მიმდევრობით ჩაირთვება გადამრთველთან, მცველებთან და ა.შ.

7. ერთმანეთის გადამკვეთ სადენებს არა აქვს ერთმანეთს შორის ელექტრული კონტაქტი თუ გადაკვეთის ადგილას არ არის წერტილი და პირიქით, თუ არსებობს წერტილი, მაშინ გვაქვს გადამკვეთ გამტარებს შორის ელექტრული კონტაქტი.

8. ელექტრულ სქემაზე წყვეტილი ხაზი გვიჩვენებს მექანიკურ შეერთებას. უმთავრესად ეს მიეკუთვნება ღილაკებს ან გადამრთველებს. ზოგჯერ ასეთი ხაზები გვიჩვენებენ ორ ან მეტ ელემენტს შორის მექანიკურ ურთიერთკავშირს; მაგალითად, კონტაქტორებსა და ამომრთველებს შორის.

9. პუნქტირი ხაზით აღინიშნება აგრეთვე ხელსაწყოთა გარე კორპუსები.

10. შეერთების ელექტრული სქემა გვიჩვენებს სხვადასხვა ელემენტების ფიზიკურ განლაგებასა და მათ შორის ელექტრულ კავშირს.

11. სადენები ელექტრულ სქემაზე მარკირებულია ირიბი ხაზებით და გვერდით ნაჩვენებია მათი ზომები.

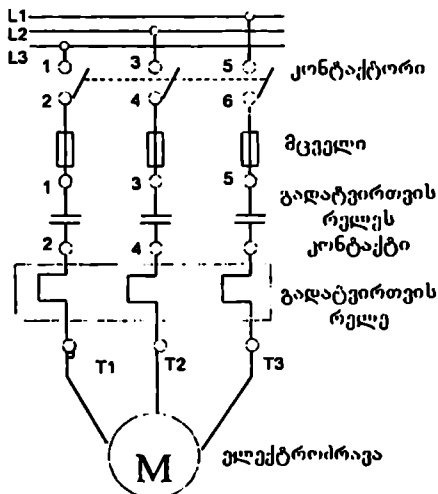
ქვემოთ ყველაფერი ეს განმარტებულია რამდენიმე ელექტრული სქემის მაგალითით.

1.9. სქემების წაკითხვის მაგალითები

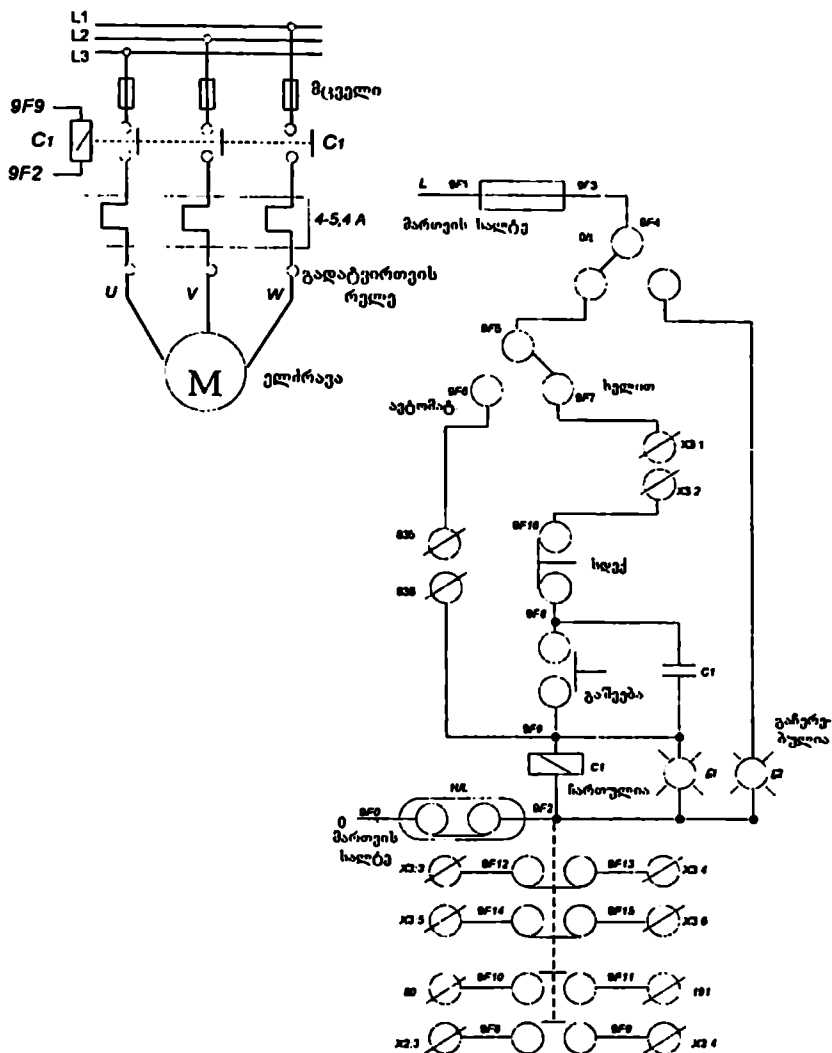
მაგალითი 1. ნახ. 1.11-ზე ნაჩვენებია ელექტროძრავას ძალოვანი წრედი. ნახაზიდან ჩანს, რომ სამფაზა წრედი ($L1, L2, L3$) ელექტროძრავასთან ჩართულია კონტაქტორის გავლით. ელექტროძრავას კეება მიეწოდება მხოლოდ კონტაქტორის კონტაქტების (1-2, 3-4, 5-6) ჩაკეტვის დროს. ელძრავას მუშაობის დროს ავარიული სიტუაციების თავიდან

აცილების მიზნით ელძრავას მიმდევრობით ჩართულია დაცვის მოწყობილობები, როგორებიცაა მცველები და გადატვირთვის რელე.

მაგალითი 2. ნახ. 1.12-ზე წარმოდგენილია სამფაზა ელექტროძრავას მაგნიტური გამშვებით პირდაპირი გაშვების ძალოვანი (ნახ.1.12-ა) და მართვის (ნახ.1.12-ბ) წრედების ტიპური ელექტრული სქემა.



ნახ.1.11. ელექტროძრავას ძალოვანი წრედის სქემა



ა)

ბ)

ნახ. 1.12. სამფაზა ელექტრული ძრავას მაგნიტური გამშვებით პირდაპირი გაშვების ძალოვანი და მართვის წრედების ტიპური ელექტრული სქემა

ძალოვანი წრედი იწყება სამფაზა კვების (L1,L2,L3) ქსელიდან მცველების ნაკრებთან ერთად. შემდეგ ჩართულია ძალოვანი კონტაქტორის კონტაქტები. კონტაქტორის გამოსავალ კლემებთან ჩართულია გადატვირთვის რელე და ბოლოს რელეს გამოსასვლელზე ჩართულია ელექტროძრავას გამომყვანები.

ელექტროძრავას მართვის წრედი მუშაობს 110ვ სიდიდის ერთფაზა ცვლადი დენით. კვების წყაროს ფაზა ჩართულია გადატვირთვის რელეს ნი კონტაქტებთან. (0/L) ამ რელედან სადენი მიდის “ავტომატური/ხელით” რეჟიმების გადამრთველთან.

ავტომატურ რეჟიმში ელექტროძრავა იღებს “გაშვება/გაჩერების” ბრძანებას რელეს ე.წ. “მშრალი” (ანუ გაღვაწურად განმხოლოებული) კონტაქტების გავლით (835-836 კლემები).

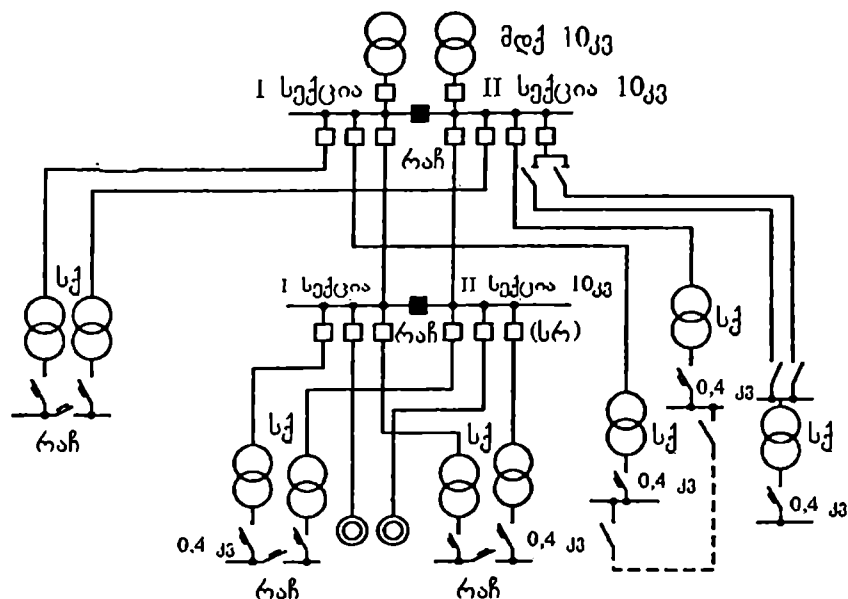
რელე იმართება პროგრამულ-ლოგიკური კონტროლერის (პლკ) გამოსასვლელით (რომელიც ნახაზზე ნაჩვენებია არ არის), ხელით მართვის რეჟიმში ელექტროძრავას გაშვება ხდება “გაშვება” ღილაკის დახმარებით. ამ ღილაკზე ხელის დაჭერით მართვის წრედი ჩაირთვება და ამუშავდება C1 კონტაქტორის გრაგნილი. რის შედეგად ჩაიკეტება ამ კონტაქტორის “მშრალი” C1 ნდ კონტაქტები და ღილაკზე ხელის აშვების შემდეგ კვება მიეწოდება C1 გრაგნილს. ჩართული კონტაქტორის დროს ელექტროძრავას კვების წრედი ჩართულია და ის იმუშავებს მანამ, სანამ C1 კონტაქტორი არ გამოირთვება და არ გათიშავს წრედს.

ხელით მართვის რეჟიმში მუშაობის დროს X3.1 და X3.2 კლემებს შორის შეიძლება ჩართული იქნეს ელექტროძრავას ბლოკირების სხვადასხვა მოწყობილობები (მაგალითად, საბ-

ოლოო ამომრთველები). ელექტროძრავას გაჩერება სწარმოებს “სდექ” ღილაკზე ხელის დაჭერით. ამ ღილაკის წიკონტაქტები გაითიშება და ელექტროკვება შეუწყდება კონტაქტორის — გრაგნილს, რაც თავის მხრივ გათიშავს თავის ძალოვან კონტაქტებს და ელენერგიის მიწოდებას შეუწყვეტავს ელექტროძრავას და პრავა გაჩერდება.

მართვის წრედის საერთო წერტილი ჩართულია ნეიტრალური (ნულოვანი) ხაზის N/L კლემასთან. ელექტროძრავას ჩართვის ინდიკაციისათვის კონტაქტორს პარალელურად ჩართულია სასიგნალო ნათურა ნ1, რომელიც აინთება კონტაქტორის ჩართვის დროს.

ელექტროძრავას გაჩერების ინდიკაციას უკეთებს ნ2 ნათურა, რომელიც ჩართულია გადატვირთვის რელეს ნორმალურად ღია კონტაქტებთან. ეს კონტაქტები ჩაიკეტება

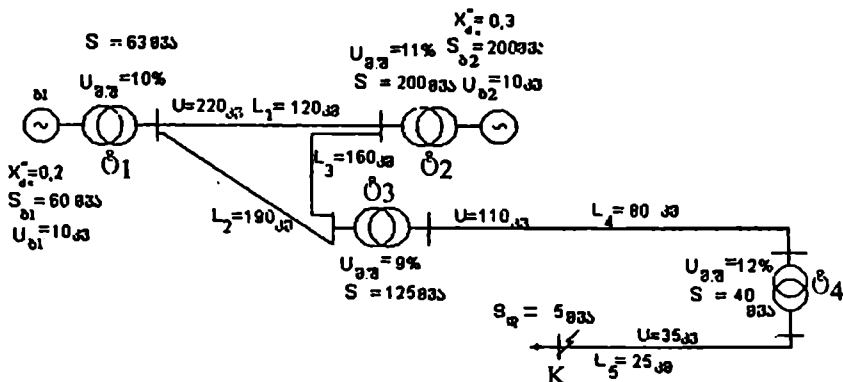


ნახ. 1.13. ელმომარაგების რადიალური სქემა

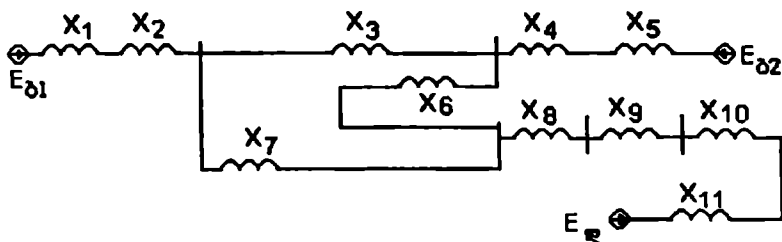
ძრავას გადატვირთვის დროს და ნათურა ანთია მანამ სანამ გადატვირთვის რელე არ ჩამოიყრება.

X3:3 - X3:4; X3:5 - X3:6; 80-191 და X2:3 - X2:4 კლემების წყვილებთან ჩართულია C1 კონტაქტორის ორი წყვილი ნ1 და ორი წყვილი ნ2 “მშრალი” კონტაქტები.

ნ2 კონტაქტები გამოყენებულია ჩართულ მდგომარეობაში კონტაქტორის ფიქსაციისათვის. ეს კონტაქტები



ნახ. 1.14. ელექტრული სისტემის საანგარიშო სქემა



ნახ. 1.15. ელექტრული სისტემის ჩანაცვლების სქემა ფარდობით ერთეულებში ჩატარებული გამოთვლებით მიიღება, რომ:

$X1=0,33$; $X2=0,158$; $X3=0,09$; $X4=0,055$; $X5=0,15$; $X6=0,012$;
 $X7=0,143$; $X8=0,072$; $X9=0,24$; $X10=0,3$; $X11=0,73$

ნაირთვება X2:3 და X2:4 კლემენტთან გამწევი დილაკის ნდ კონტაქტების პარალელურად. ეს კარგად ჩანს 9F8 და 9F9 აღნიშვნებით, რომლებიც გვიჩვენებენ კონტაქტების მდგომარეობას სქემაზე.

მაგალითი 3. ნახ. 1.13-ზე მოყვანილია ელექტრომოძრაგების რადიალური სქემა.

ამ სქემიდან ჩანს, რომ მთავარ დამწევი ქვესადგურში (მდქ) ტრანსფორმატორის საშუალებით ხდება 110კვ ძაბვის დაწევა 10კვ ძაბვამდე. მდქ-ში დგას ორი ძალოვანი ტრანსფორმატორი თავისი სექციებით (I სექცია, II სექცია). სექციებს შორის გათვალისწინებულია რეზერვის ავტომატური ჩართვა (რან), როგორც 10კვ, ისე 0,4კვ ძაბვის მხარეს.

ორტრანსფორმატორიან ქვესადგურებში (სქ1 სქ2) თითოეული ტრანსფორმატორი კვებას იღებს სხვადასხვა სექციიდან დამოუკიდებელი ხაზით. აქ გამოყენებულია როგორც ერთი, ისე ორსაფეხურიანი სქემა საშუალოდ (სრ) რელეთი.

სქ 4 და სქ 5 ქვესადგურებში დგას თითო ტრანსფორმატორი, მაგრამ მათ შეუძლიათ ერთმანეთთან დამაკავშირებელი დაბალი (0,4კვ) ძაბვის კაბელით საჭიროების შემთხვევაში თავის თავზე აიღოს მეორე ტრანსფორმატორის დატვირთვა. სქ 6-ში დგას ერთი ტრანსფორმატორი, მაგრამ გააჩნია ორი მკვებავი კაბელი.

მაგალითი 4. ნახ.1.14-ზე K წერტილში მოკლედშერთვის დენების საანგარიშოდ მოცემულია ელექტრული სისტემის სქემა, რომელშიც გვაქვს ოთხი ძაბვა. გენერატორის ნომინალური ძაბვა 10 კვ-ია, ტ1, ტ2 და ტ3 ტრანსფორმატორების ძაბვა 220კვ-ია. ტ-4 ტრანსფორმატორის ტ-3 ტრანსფორმატორთან შემაერთებული ხაზის ძაბვა 110 კვ, ხოლო დატვირთვისა და მისი მკვებავი ხაზის ძაბვა-35 კვ.

ვეითხულობთ სქემას. პირველ რიგში ესაზღვრავთ თუ რა სახის წინააღობებით (აქტიური, ინდუქციური, ტევადური) უნდა შეეცვალოს საანგარიშო სქემის ელემენტები. მოცემულ შემთხვევაში ყველა ელემენტი უნდა შეიცვალოს მისი შესაბამისი ინდუქციური წინააღობით. მეორე რიგში ესაზღვრავთ როგორ უნდა შეერთდეს ეს წინააღობები ერთმანეთთან. ამის შემდეგ მონაცემების მიხედვით ანგარიშობთ ჩანაცვლების სქემის წინააღობებს და ბოლოს ეხაზავთ ჩანაცვლების სქემას, რომელსაც აქვს ნახ. 1.15-ზე ნაჩვენები სახე და ვატარებთ საბოლოო გაანგარიშებას.

თავი II. დიაგნოსტიკის ძირითადი პრინციპები და მეთოდები

2.1 დიაგნოსტიკის საფუძვლები

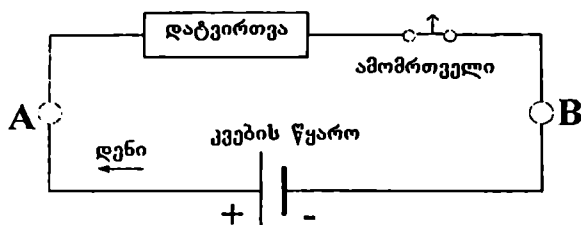
ნებისმიერი ელექტრული წრედი, რომელიც შეიცავს კვების წყაროსა და დატვირთვას გამართულ მდგომარეობაში უნდა იყოს ჩაკეტილი ისე, როგორც ნაჩვენებია ნახ. 2.1-ზე.

დენი გადის ჩაკეტილ წრედში სხედასხვა პოტენციალის მქონე ორ წერტილს შორის A და B არის წერტილები რომელთა შორის იზომება ძაბვა. სადენი ქმნის გარკვეულ წინაღობას ელექტრული დენის ანუ მუხტების მოძრაობის მიმართ, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია სადენის მასალაზე.

ელექტრული უწყესიერობანი შეიძლება დავყოთ ორ ჯგუფად:

1. არ არის შეერთება იქ, სადაც უნდა იყოს. ამ უწყესიერობას ეწოდება წრედის გაწყვეტა და იგი შეიძლება აღმოჩენილ იქნას ტესტერით. ეს უწყესიერობა ნაჩვენებია ნახ. 2.2-ზე.

2. არსებობს შეერთება იქ, სადაც ის არ უნდა იყოს. ამ უწყესიერობას ეწოდება მოკლედ შერთვა. მან შეიძლება მიგვიყვანოს დენის გაზრდამდე და ამასთანავე წრედის



ნახ. 2.1 ჩაკეტილი ელექტრული წრედი

სადენის გახურებამდე. ამგვარი უწყესიერობა შეიძლება გამოწვეული იყოს იზოლაციის დარღვევით, რომელიც განისაზღვრება იზოლაციის წინააღობის საზომით.

უწყესიერობის განსაზღვრის პროცესს და წრედის დაბრუნებას ნორმალურ მუშა მდგომარეობაში ტექნიკური დიაგნოსტიკა ეწოდება.

განვიხილოთ წრედის გაწყვეტა:

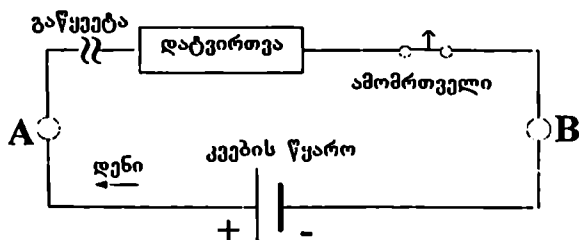
დენი გაედინება სხვადასხვა პოტენციალის მქონე ორ წერტილს შორის თუ ეს წერტილები ერთმანეთთან შეერთებულია სადენით.

წრედის დიაგნოსტიკის დროს უნდა შემოწმდეს:

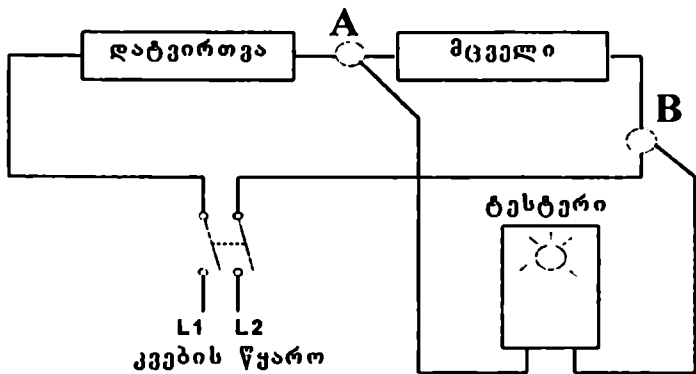
- სადენის მთლიანობა (იზომება წინააღობა);
- წრედის უბნის ორ წერტილს შორის ელექტრული პოტენციალი (იზომება ძაბვა);
- წრედის უბანზე ელექტრონების ნაკადის არსებობა (იზომება ელექტრული დენი).

ელექტრული წრედი შედგება სხვადასხვა ძაბვის მქონე უბნებისაგან. ამგვარად ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ წრედის უბნის მთლიანობა და თუ წრედის უბანი გაწყვეტილია, შეგვიძლია განვსაზღვროთ გაწყვეტის მიზეზი.

შემოწმება “გაწყვეტაზე” სწარმოებს უდენო წრედზე მისი მთლიანობის აღდგენის მიზნით. ამისათვის შეიძლე-



ნახ. 2.2 ტიპური უწყესიერობა: წრედის გაწყვეტა



ნახ.2.3.შემოწმება “გაწვეტაზე” ტესტერის დახმარებით

ბა გამოვიყენოთ ტესტერი ხმოვანი სიგნალიზაციით. ტესტერის დახმარებით შემოწმების მაგალითი მოყვანილია ნახ. 2.3-ზე.

ამ ტესტერით მოწმდება ელექტრული წრედის მთლიანობა, ანუ მტკიცდება, რომ წრედის ეს უბანი ჩაკეტილია.

თუ წრედი ჩაკეტილია, მაშინ ისმის ხმოვანი სიგნალი, რაც ამტკიცებს წრედის მთლიანობას. ზოგიერთ ხელსაწყოში ხმოვანი სიგნალის მაგიერ გამოყენებულია შუქდიოდის ან სხვა ვიზუალური ინდიკაცია.

წრედის “გაწვეტაზე” შესამოწმებლად შეიძლება ასევე გამოყენებული იქნეს ომმეტრი ან მულტიმეტრი. ომმეტრი (მულტიმეტრი) შეიცავს კეების წყაროს ბატარეას და წინააღობის საზომს. ომმეტრით წრედის შემოწმების სქემა მოცემულია ნახ. 2.4-ზე.

ომმეტრის წინააღობების სკალა დაგრადუირებულია ნულიდან წინააღობის დიდ (პრაქტიკულად უსასრულო) მნიშვნელობამდე. თუ საზომის ჩვენება ნულის ტოლია, ეს ნიშნავს, რომ წრედის უბანზე გაწვეტა არა გვაქვს. გაწვე-

ტა რომ ყოფილიყო, მაშინ წინააღობის საზომის ჩვენება იქნებოდა უსასრულოდ დიდი.

“გაწყვეტაზე” შემოწმებით დგინდება:

- კაბელების, ელექტრული წრედებისა და დამიწების სისტემების მთლიანობა;

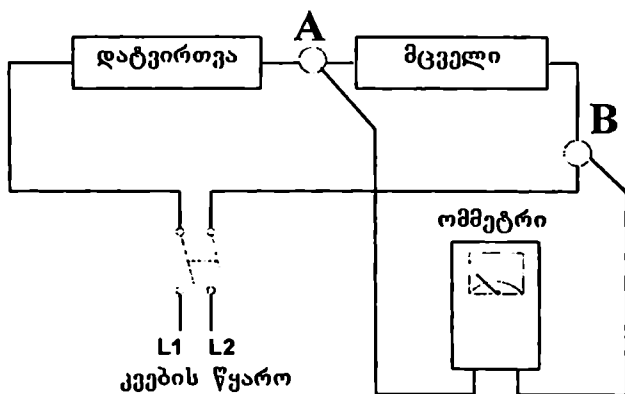
- ძალოვანი და მართვის წრედების შესაბამის კლემებთან ჩართვის სისწორე;

- მოწყობილობასთან ჩართვის წინ აქტიური და ნეიტრალური სადენების განმხოლოება.

- ძალოვანი და მართვის წრედებს შორის შეცდომით შეერთების შესაძლებლობა და მოკლედ შერთული უბნების არსებობა.

- გადამრთველების, მცველებისა და სხვა ელემენტების წესიერულობა.

ყურადსადებია, რომ პარალელური წრედების არსებობის დროს “გაწყვეტაზე” შემოწმებამ შეიძლება მოგვცეს ცრუ შედეგები, ამიტომ კორექტული შედეგების მისაღებად უმჯობესია გამოვართოთ შესაბამისი კლემები.



ნახ.2.4.წრედის “გაწყვეტაზე” შემოწმება ომმეტრით

ძალოვან წრედებს შეუძლიათ შემოგეთავაზონ სიურპრიზები. ხშირად წრედების შემოწმების დროს, რომელშიც არის გაწყვეტა, მცირე სიმძლავრის ტესტური ან ომეტრი გვიჩვენებს წრედის მთლიანობას. მაგრამ მეუმა ძაბვის მიწოდების დროს დენი არ გადის. ამის მიზეზი არის წრედის ნაწილობრივი გამტარობა, რომელიც ფიქსირდება საზომი ხელსაწყოთი. ამასთანავე დიდი ელექტრული ძაბვის დროს, თავს იჩენს მისი მაღალი წინაღობა. ამის მაგალითად შეიძლება განვიხილოთ გამწვარი კაბელი, რომლის ძარღვებს გააჩნიათ უნარი შექმნან მაღალმომიანი კონტაქტი.

უწესიერობის ასეთი სახე განისაზღვრება დატვირთვის ქვეშ ტესტირებით, ძაბვის გაზომვით.

იზოლაციის შემოწმება ძირითადად გამოიყენება მაღალეოლტიანი ძალოვანი კაბელების მიწაში ჩადებისა და ჩართვის დროს. ასეთი შემოწმების მიზანია დადგინდეს ძალოვანი წრედისა და კაბელის იზოლაციის მოლიანობა.

ნახ. 2.5-ზე ნაჩვენებია ელექტროძრავას ამომრთველთან, მცველებთან და გადატვირთვის რელესთან ჩართვის სქემა.

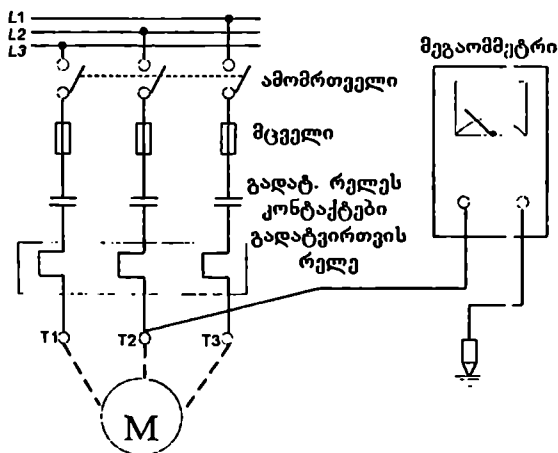
წრედის იზოლაციის შესამოწმებლად (გარდა ელექტროძრავასი) ამომრთველის დახმარებით ამოვრთოთ წრედი კვების წყაროდან. შემდეგ T1, T2 და T3 კლემებიდან გამოვრთოთ თვით ელექტროძრავა. დასაწყისში შევამოწმოთ იზოლაციის წინაღობა მიწასა და T1, შემდეგ მიწასა და T2 და ბოლოს მიწასა და T3 კლემებს შორის.

თუ რომელიმე ფაზის იზოლაციის წინაღობა ნულის ტოლია ან გააჩნია ძალიან მცირე მნიშვნელობა, მაშინ ადგილი აქვს იზოლაციის დარღვევას.

ეს ტესტი გამოიყენება აგრეთვე დამიწებული ელექტროძრავების ან კაბელების შესამოწმებლად და სადენების იზოლაციის დარღვევის გამოსაგეგნად.

სამფაზა ელექტროძრავას თითოეული ფაზის იზოლაცია შეიძლება შემოწმებული იქნეს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გამოყვანილია გრაგნილების ექვსივე გამოყვანი. სატესტირებელი გრაგნილი უნდა მიერთდეს ტესტერის გამოსასვლელთან, ხოლო დანარჩენი ორი გრაგნილი შევაერთოთ ერთად და დავამიწოთ ძრავას კორპუსთან. იქ სადაც გამოყვანილია მხოლოდ სამი გამოყვანი, გრაგნილების იზოლაცია შეიძლება შემოწმებული იქნას მხოლოდ ელექტროძრავას დამიწებულ კორპუსთან მიმართებაში.

იზოლაციის წინააღობების საზომებს მეგაომეტრებს უწოდებენ. ისინი შეიცავენ კვების წყაროს (მუდმივი დენის გენერატორს ან ბატარეას), რომელიც გაზომვისათვის გვაძლევს 500 ვ და მეტ მუდმივ ძაბვას.



ნახ. 2.5. იზოლაციის შემოწმება მეგაომეტრით

ელექტრული წრედების შემოწმების დროს გამოიყენებენ სხვადასხვა სიდიდის ძაბვებს. მაგალითად, მაღალი ძაბვის კაბელების იზოლაციის წინააღობის გასაზომად იყენებენ არანაკლებ 1000 ვ ძაბვას, მაშინ როცა მარტივი წრედების შემოწმებისათვის საკმარისია 500 ვ ძაბვა.

ძაბვის ქვეშ ტესტირება მოითხოვს განსაკუთრებულ სიფრთხილეს და ასეთი ტესტირება უნდა ჩატარდეს მხოლოდ დაბალი ძაბვის ქსელებში.

დენგამტარ ნაწილებთან შემთხვევითი შეხების თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა დავიცვათ სიფრთხილის ზომები.

ხელსაწყოებსა და ინსტრუმენტებს უნდა პქონდეთ შიშველი გამტარი ნაწილების მინიმუმი, რაც ამცირებს სხვადასხვა კოტენციალის მქონე წერტილების შემთხვევითი ჩართვის ალბათობას.

წრედის მთლიანობის შემოწმება ძაბვის ქვეშ. შესაძლებლობის მიხედვით დიაგნოსტიკა უნდა ვაწარმოოთ გამორთული კვების წყაროს დროს, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში დაზიანების მოძებნა შესაძლებელია მხოლოდ ძაბვის ქვეშ მყოფ წრედებში. ამ დროს შესამოწმებელი წრედი რჩება ჩართული კვების წყაროზე, რომელიც უნდა გამოვიყენოთ ტესტირების პროცესში. ტესტირების ეს სახე უნდა ჩავატაროთ განსაკუთრებული ყურადღებით, უსაფრთხოების ზომების დაცვით.

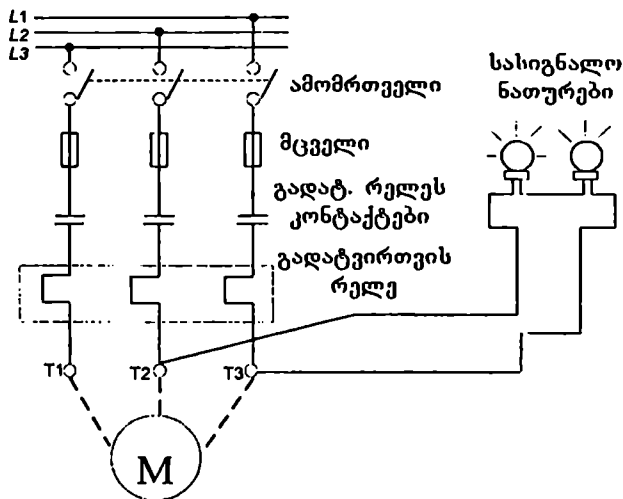
ნახ. 2.6.-ზე ნაჩვენებია როგორ უნდა შემოწმდეს კვების წყაროს ან წრედის უბნის წესიერობა საკონტროლო ნათურების გამოყენებით. ეს ნათურები ირთება ფაზებს შორის. წრედის გაწყვეტის მარტივი ტესტირებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ ვიზუალური ინდიკატორი ელექტრული ნათურებით. სადენების მთლიანობის შესა-

მოწმებლად და ძაბვების გასაზომად შეიძლება გამოვიყენოთ ვოლტმეტრები ან მულტიმეტრები.

სამფაზა სისტემაში ძაბვების შესამოწმებლად გამოიყენება არა ერთი, არამედ მიმდევრობით შეერთებული ორი ნათურა. ამჟამად მრავალი მწარმოებელი იძლევა ძაბვების მნიშვნელობას საკონტროლო წერტილებში, რაც გვეხმარება შევამოწმოთ წრედის განსაზღვრული უბნის წესიერობა. ასეთი პრაქტიკა ძირითადად გამოყენებულია ისეთ მოწყობილობებში, რომლებიც შეიცავენ პლატებს.

საკონტროლო წერტილებში ძაბვების შემოწმებისას საზომმა ინსტრუმენტებმა უნდა უზრუნველყონ საკმარისი სიზუსტე, მაშინ ამ ძაბვების შედარებით შეიძლება გავაკეთოთ შესაბამისი დასკვნები.

ვიზუალური ინდიკატორებით შესაძლებელია სამფაზა ელექტროძრავების დიაგნოსტიკა. ამისათვის საჭიროა



ნახ. 2.6. გაწყვეტაზე შემოწმება ძაბვის ქვეშ

წრედისა და სადენების განაწილების საფუძველიანი ცოდნა, რათა ზუსტად განესაზღვროთ უწყესიერობა.

რეკომენდირებულია, რომ ყოველთვის შემოწმდეს ქაბეები ფაზებს შორის და არა ფაზასა და მიწას შორის, რადგან ასეთმა შემოწმებამ შეიძლება შეცდომაში შეგვიყვანოს.

ტესტირების დროს მკაცრად უნდა იქნეს დაცული უსაფრთხოების ზომები.

2.2. ტექნიკური დიაგნოსტიკის ზოგიერთი საწყისი ცნება

ელექტრომოწყობილობის მუშა უნარის აღდგენა მტყუნების ცნობილი მიზეზების დროს. ასეთი მიზეზების კლასიფიკაცია შეიძლება მოვახდინოთ სხვადასხვა ნიშნების მიხედვით. შეიძლება განვასხვაოთ გარე და შიგა, უშუალო და ირიბი ზემოქმედების მქონე.

თუ ელექტრომოწყობილობამ მუშაობა შეწყვიტა იმ გარემოს პარამეტრის მწყობრიდან გამოსვლის გამო, რომელშიც იგი ფუნქციონირებს, მაშინ საქმე გვაქვს მტყუნების გარეშე მიზეზებთან. თუ მოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლა განპირობებულია ელემენტის მტყუნებით, მაშინ საქმე გვაქვს შიგა მიზეზთან.

ცხადია, რომ მიზეზთა ასეთი დაყოფა პირობითია და დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორ არის განსაზღვრული ელექტრომოწყობილობა.

ელექტრომოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლის მიზეზი შეიძლება იყოს ერთი ან რამდენიმე ელემენტის მტყუნება ან კავშირის დარღვევა ელემენტებს შორის. თითოეული ელემენტის მტყუნება შეიძლება გამოწვეული იყოს

ბუნებრივი დაძველებით, გარემოს ზემოქმედებით, მოწყობილობის არასწორი ექსპლუატაციითა და სხვა.

ტექნიკური დიაგნოსტიკის თვალსაზრისით არა აქვს მნიშვნელობა რით მოხდა ელექტრომოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლა, ელემენტის მტყუნებით თუ ელემენტებს შორის კავშირის დარღვევით, რადგანაც კავშირი განიხილება როგორც ელემენტი.

შესაძლებელია აგრეთვე ელმოწყობილობის ელემენტებად დანაწილების პრინციპი. ტექნიკური დიაგნოსტიკისათვის ელემენტი წარმოადგენს ორი მდგომარეობის მატარებელს: მუშა უნარიანობისა და მტყუნების, ამიტომ ელექტრომოწყობილობის ელემენტებად დანაწილება ფაქტიურად ემთხვევა მრავალი შესაძლო მტყუნების გამოყოფას.

ელმოწყობილობის ელემენტების მდგომარეობა განისაზღვრება დიაგნოსტიკის პროგრამაში შემავალი შემოწმებების გარკვეული მიმდევრობით შესრულების გზით. შემოწმება წარმოადგენს დიაგნოსტიკის ობიექტზე წარმოებული ოპერაციების ერთობლიობას რაიმე შედეგის მიღების მიზნით, რომლის მიხედვითაც შეიძლება ვიმსჯელოთ უკიდურეს შემთხვევაში ელმოწყობილობის ერთი ელემენტის შესახებ მაინც.

შემოწმებების ერთობლიობას, რომელიც საკმარისია სისტემის მდგომარეობის შესაფასებლად, დიაგნოსტიკური ტესტი ეწოდება.

ქვემოთ მოყვანილია ტესტები, რომელსაც ატარებენ ელექტრომოწყობილობის ექსპლუატაციაში შეყვანის ან დიაგნოსტიკის დროს.

1. იზოლაციის ტესტი. ეს არის ერთ-ერთი ყველაზე უფრო მნიშვნელობანი ტესტი ნებისმიერი ელექტრომოწყობილობისათვის. ძაბვა რომლის დროსაც ზომავენ იზო-

ლაციის წინააღობას სადენსა და მიწას შორის, დამოკიდებულია კონკრეტულ ელმოწყობილობაზე.

2. ჩამიწების მთლიანობის ტესტი. მოწმდება კონტაქტი ელმოწყობილობის გაშიშვლებულ ნაწილებსა და მიწას შორის. ამ შემთხვევაში წინააღობა უნდა იყოს მცირე. თუ წინააღობა დიდია, მაშინ გვაქვს ცუდი ჩამიწება.

3. ელექტრული სიმტკიცის ტესტი. რომ შევამოწმოთ კაბელების იზოლაციის სიმტკიცე, საჭიროა მათზე მოედოთ მაღალი ძაბვა, ისევე როგორც იზოლაციის წინააღობის შემოწმების დროს. ამით განისაზღვრება კაბელის იზოლაციის სიმტკიცე გარღვევაზე.

4. ელექტრონული ჩამიწების ტესტი. მიკროპროცესორებისათვის ან მგრძნობიარე ელექტრონული მოწყობილობებისათვის ჩვეულებრივ კეთდება ცალკე ჩამიწება. ამ ჩამიწებას ეწოდება ელექტრონული. ელექტრონულ და ძალოვან ჩამიწებას შორის ძაბვა არ უნდა აღემატებოდეს 2 ვოლტს.

ნახ. 2.7-ზე მოყვანილია ელმოწყობილობის მაგალითი, რომელიც გამოყენებულია დიაგნოსტიკის ობიექტად.

სქემა შედგება ოთხი ელემენტისაგან, რომლებიც განსაზღვრული სახით რეაგირებენ A_1 და A_2 პირველად ზემოქმედებებზე. ელემენტები აღნიშნულია პატარა ასოებით, ხოლო ბოლო მათი რეაქციები დიდი ასოებით. ობიექტი მუშაუნარიანია, თუ A_1 და A_2 შესავალ ზემოქმედებაზე მას გამოსასვლელზე გააჩნია B და D სიგნალები, წინააღმდეგ შემთხვევაში ელმოწყობილობა უწყესივრო მდგომარეობაშია.

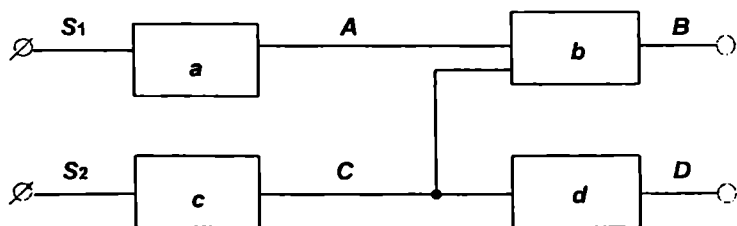
ანალოგიურად თითოეული ელემენტი ითვლება მუშაუნარიანად თუ იგი რეაგირებს მოცემულ ზემოქმედებაზე.

ელმოწყობილობის მტყუნება მთლიანად შეიძლება განპირობებული იყოს მისი ერთი ან რამდენიმე ელემენტის მტყუნებით. შეიძლება გამოეყოს შემოწმების რამდენიმე სახე.

ელემენტობრივი შემოწმება. ამ დროს მოწმდება თითოეული ელემენტი ცალ-ცალკე. მაგ. 2.7-ზე *b* ელემენტზე *A* და *C* ზემოქმედების მიწოდებით მისი რეაქციის მიხედვით დგინდება ამ ელემენტის მდგომარეობა.

შემოწმება მოდულების მიხედვით. ამ დროს მოწმდება ელმოწყობილობის ცალკეული ბლოკები, რომელთაგან თითოეული შედგება მთელი რიგი ელემენტებისაგან. მაგალითად თუ ნახ. 2.7-ზე დავეშევთ, რომ პატარა ასობით აღნიშნულია არა ელემენტები, არამედ ბლოკები, მაშინ ელემენტობრივი შემოწმება გარდაიქმნება შემოწმებად მოდულების მიხედვით. დაზიანებული ბლოკის გამოვლენა ამ შემთხვევაში ჯერ კიდევ არ ნიშნავს შემოწმების პროცედურის დამთავრებას.

შემოწმება ელემენტების ჯგუფების მიხედვით. ამ შემთხვევაში დგინდება ელემენტთა იმ გარკვეული ჯგუფის მუშაუნარიანობა რომლებიც არ ქმნიან ელმოწყობილობის შემადგენლობაში ფუნქციონალურ ერთეულებს, ანუ არ ქმნიან ბლოკს. მაგალითად, ნახ. 2.7-ზე *S*₁ და *S*₂ ზემოქმედე-



ნახ.2.7.დიაგნოსტიკის ობიექტის მაგალითი.

ბის მიწოდებით და B რეაქციის დაფიქსირებით შეიძლება შევამოწმოთ a, b და c ელემენტების მუშაუნარიანობა.

დიაგნოსტიკის ობიექტის რეაქციის განსაზღვრა სწარმოებს გამოსავალი პარამეტრის მიმდინარე მნიშვნელობის მოცემულ მნიშვნელობასთან შედარების გზით. ამ მიზნით გამოიყენება საზომი ან კონტროლის მოწყობილობები.

შეცვლის ან რემონტის მეთოდი. ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს დაზიანებული ელემენტის ან ბლოკის მუშაუნარიანი ელემენტით ან ბლოკით შეცვლის შესაძლებლობაში და მხოლოდ ამ ოპერაციის შესრულების შემდეგ მიეწოდება ელმოწყობილობას ზემოქმედებანი და მოწოდება შესაბამისი რეაქციები. შემოწმების ასეთ სახეს გააჩნია განსაზღვრული უპირატესობა.

2.3. ელმოწყობილობის დიაგნოსტიკის ზოგადი პრინციპები

ელექტრომოწყობილობა თავისი ნომენკლატურით ძალიან მრავალფეროვანია, მაგრამ მას აქვს თავისი დანიშნულების მიხედვით საერთო კვანძები: კორპუსი, მაგნიტოგამტარი, იზოლაცია, სტატორი, როტორი, კოლექტორი, საკისრები, საკონტაქტო შეერთებები, აპარატებისა და ამძრავების მოძრავი სისტემის კინემატიკა და სხვა, აგრეთვე დანიშნულების მიხედვით იდენტური მართვისა და სიგნალიზაციის, კონტროლისა და დაცვის მოწყობილობები.

საერთო კონსტრუქციული კვანძები განსაზღვრავენ მოწყობილობების საერთო დეფექტებს, რომლებიც გამომჟღავნდებიან უმეტეს შემთხვევაში დიაგნოსტიკის პროცესში. მაგალითის სახით შეიძლება მოვიყვანოთ დიაგ-

ნოსტიკის დროს ყველაზე ხშირად აღმოჩენილი ელექტრო-
მოწყობილობების დეფექტები:

კორპუსებთან – დაზიანებები ელემენტების ტრანს-
პორტირებისა და მონტაჟის დროს, შედუღებითა და ჭან-
ჭიკებით შეერთების დეფექტები, არასიმჭიდროვე შეპირა-
პირებაში, შემჭიდროვებების დეფექტი და სხვა.

გრაგნილებთან – იზოლაციის დანესტიანება, რომლებ-
საც ყველაზე ხშირად ადგილი აქვს ელექტრომოწყობილო-
ბების ხანგრძლივი და არასწორი შენახვის დროს, მექანი-
კური დაზიანება, ხვიათაშორისი იზოლაციის დარღვევა,
შეერთებები გრაგნილებში, დენმიმყვანებსა და გამომყვა-
ნებში, შეუსაბამობა გამომყვანების მარკირებაში სტანდარ-
ტით მოთხოვნილსა და საქარხნო სქემების პასპორტებსა
და თანმხლებ დოკუმენტაციას შორის.

ძალოვანი ტრანსფორმატორის გრაგნილების გადამრთველ
მოწყობილობებთან მექანიკური დაზიანება, არასწორი მი-
ჩილვით შეერთება ან გადამრთველის არასწორი მუშაობა.

მაგნიტოგამტარებთან – ფოლადის ცალკეული ფურც-
ლების ერთმანეთთან შეერთება, მომჭერი ჭანჭიკების იზო-
ლაციის დარღვევა, ფოლადის ფურცლების კოროზია, სავენ-
ტილაციო არხების გაჭუჭყიანება, ჭანჭიკების სუსტი მოჭერა.

მუდმივი დენის მანქანების კოლექტორებთან – “ბიბი-
ლოებით” მირჩილვის დეფექტები, ფირფიტებს შორის შუ-
ალედების დანაგვიანება.

სინქრონული გენერატორის საკისრებთან – მათი ფუნ-
დამენტის ფილასთან იზოლაციის დარღვევა.

საკომუტაციო აპარატებთან – საწვეარის, ამძრავისა და
საკონტაქტო სისტემის არადაამაკმაყოფილებელი რეგულირე-
ბა, პერმეტულობის დარღვევა, საკონტაქტო ზედაპირების
არადაამაკმაყოფილებელი მდგომარეობა.

ფაიფურის იზოლაციასთან – გარე ზედაპირის დაზიანება, შინაგანი დეფექტები. სალტების საკონტაქტო შეერთებასთან – დაწნეხვის მირჩილვის და ჭანჭიკებით შეერთების არადამაკმაყოფილებელი ხარისხი.

ძაღოვან კაბელებთან – დაბოლოებების ან შემავრობელი ბოლოების დეფექტები, ძარღვების გაწყვეტა, გარსაციმის დაზიანება.

დამიწების მოწყობილობებთან – ელმოწყობილობის კორპუსთან ცალკეულ დამამიწებელ მოწყობილობებს შორის დამიწების გამტარის შეერთების დეფექტი დამიწების კონტურის დასაშვები წინააღობის შეუსაბამობა უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნებთან.

ელექტრომოწყობილობის საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფისათვის მისი ყველა დეფექტი და აგრეთვე მონტაჟის დეფექტები დროულად უნდა იქნეს აღმოფხვრილი.

ამ დეფექტების აღმოჩენა წარმოადგენს დიაგნოსტიკის ძირითად ამოცანას. მეორე ამოცანას წარმოადგენს ელექტრომოწყობილობის შეუსაბამობა ტექნიკის მოთხოვნებთან და პროექტთან, ელმოწყობილობის მუშაობაში ჩართვის შესაძლებლობის შეფასება, მისი მართვის მოწყობილობის, სარელეო დაცვისა და ავტომატიკის გაწყობა.

მოწყობილობის საერთო დეფექტები და მათ მიერ წაყენებული მოთხოვნები განსაზღვრავენ მათი გამოვლენის, შემოწმების, გაზომვის და გამოცდის ზოგად მეთოდებს, რომლებიც შეიძლება გაერთიანებული იყვნენ შემდეგ ჯგუფებად:

1) მეთოდები, რომლებიც განსაზღვრავენ ელექტრომოწყობილობის მექანიკური ნაწილის მდგომარეობას;

2) ელექტრომოწყობილობის მაგნიტური სისტემის მდგომარეობის გაზომვა და გამოცდა;

3) ელექტრომოწყობილობის დენგამტარი ნაწილებისა და საკონტაქტო შეერთებების მდგომარეობის გაზომვა და გამოცდა;

4) ელექტრომოწყობილობის დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის მდგომარეობის გაზომვა და გამოცდა;

5) ელექტრული შეერთების სქემების შემოწმების მეთოდები;

6) სარელეო დაცვის, ავტომატიკის, მართვის სიგნალიზაციის და სხვა მეორეული მოწყობილობების გაწყობისა და გამოცდის შემოწმების მეთოდები;

7) ელექტრომოწყობილობის ექსპლუატაციისათვის ვარგისიანობის საბოლოო შეფასების მეთოდები (ელექტრომოწყობილობის გასინჯვა).

ყველა ზემოთჩამოთვლილ ჯგუფებში გამოიყენება სხვადასხვა სახის მოწყობილობებისათვის საერთო მეთოდები და გაზომვის საშუალებები. ენერგეტიკული ობიექტების სასწრაფოდ მოწესრიგების ამოცანები, სამონტაჟო სამუშაოების ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა და დეფექტების დროულად გამოსწორება მოწყობილობის მონტაჟის პროცესში მის სრულ დამთავრებამდე მოითხოვენ მაქსიმალური რაოდენობის შემოწმებასა და გამოცდის ჩატარებას, რაც გათვალისწინებული უნდა იქნეს დიაგნოსტიკური სამუშაოების ორგანიზაციისას. ასეთ სამუშაოებს მიეკუთვნება: ელექტრომოწყობილობის რევიზია, სხვადასხვა გაზომვები, რომლებიც განსაზღვრავენ გრაგნილებსა და ელმანქანებისა და აპარატების სხვა დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის მდგომარეობას, აწეული ძაბვით იზოლაციის გამოცდას, ძალოვანი ტრანსფორმატორების უქმი სვლის დანაკარგების გაზომვას მუდმივი დენით; გრაგნილების პოლარობის განსაზღვრას, დამაგნიტების მახასიათებლის

გადაღებას, ძალოვანი და მზომი ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის განსაზღვრას, ძალოვანი, მართვის, სარელეო დაცვისა და ავტომატიკის სხვადასხვა მოწყობილობების ელექტრული სქემების შემოწმებას და გაწყობას.

ელექტრომოწყობილობების გაზომვასა და გამოცდას მიეკუთვნება აგრეთვე ელექტრული მანქანების მახასიათებლების გადაღება და ძირითადი ტექნიკური პარამეტრების გაზომვა.

2.4. დიაგნოსტიკის მეთოდთა და მეთოდები

წინასწარი რეკომენდაციები. მართვის წრედების დიაგნოსტიკის მეთოდთა შეიცავს მთელ რიგ დებულებებს:

1. დიაგნოსტიკის დროს ხელთ უნდა გვექონდეს მართვის წრედების სქემა, ელემენტების აღწერა და მათ შორის ურთიერთდაკავშირები. ელექტრომოწყობილობაში უწყესიერობის ძიების დროს უკეთესი იქნება ვასარგებლოთ “ექსპლუატაციის სახელმძღვანელო“-თი აგრეთვე “უწყესიერობის გამოსწორების ინსტრუქციით“.

2. დიაგნოსტიკის პროცესში უნდა ვისარგებლოთ ბლოკებისა და მოწყობილობისა ან მანქანის მართვის მიმდევრობის სქემით.

3. უწყესიერობის ძირითადი პრინციპის განსაზღვრისათვის საჭიროა გვექონდეს მოწყობილობის ან მანქანის ძალოვანი წრედის, მართვის მოწყობილობების, კონტაქტორების, დროის რელეს, მრიცხველების, დაცვის მოწყობილობების და სხვათა აღწერა და სქემები.

4. მოწყობილობის ძალოვანი და მართვის სქემების შემოწმებისათვის სახეზე უნდა გვექონდეს შესაბამისი საზომი ინსტრუმენტები.

5. მართვის წრედების დიაგნოსტიკის პროცესში მოწყობილობის უეცარი გაშვების გამო ავარიის ან უბედური შემთხვევის თავიდან აცილების მიზნით კვების წყაროს ძირითადი ამომრთველი უნდა იყოს მდგომარეობაში 'გამორთულია'.

6. რადგანაც მართვის წრედები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან მოწყობილობიდან მოწყობილობამდე, მანქანიდან მანქანამდე, ამიტომ შეუძლებელია ჩამოყალიბდეს მათი დიაგნოსტიკის ერთიანი საერთო მეთოდია. ამასთანავე დიაგნოსტიკის დროს უნდა მივეყვით სტანდარტულ ტექნიკას და საწარმოო ინსტრუქციებს.

დიაგნოსტიკისათვის საჭირო ძირითადი დოკუმენტების სია უნდა შედგებოდეს:

მართვის წრედების სქემებისაგან;

უწყისიერობის აღმოფხვრის ინსტრუქციისა და ექსპლუატაციის სახელმძღვანელოსაგან;

- ბლოკების შეერთებისა და მანქანის ან მოწყობილობის მართვის თანმიმდევრობის სქემებისაგან;

მანქანის ან მოწყობილობის ძალოვანი წრედის აღწერისა და სქემებისაგან;

მართვის ელემენტების, კონტაქტორების, დროის რელეს, მრიცხველების, დაცვის ელემენტების მოწყობილობის აღწერისაგან.

დიაგნოსტიკის მეთოდები. როგორც კი გამოვლენილი იქნება დაზიანების ნიშანი, შემდეგ უნდა განისაზღვროს მისი გამომწვევი მიზეზი. გამოსაყენებელი მეთოდის არჩევა დამოკიდებულია სქემის სირთულეზე, გამოვლენილ ნიშანზე და სპეციალისტის პერსონალურ აღდგოზე.

ქვემოთ მოყვანილია დიაგნოსტიკის ძირითადი ზოგად-სამომხმარებლო მეთოდები:

კვების შემოწმება. მუშაობის დაკარგვის უნარი ხშირად ხდება უბრალოდ მცველის გადაწვა ან დამჯდარი ბატარეა. ამიტომ პირველად უნდა დაერწმუნდეთ რომ კვების ზონარი ჩართულია და მცველები მწყობრშია. თუ სქემა იკვებება ბატარეიდან, მაშინ უნდა შევამოწმოთ, რომ ბატარეის ძაბვის სიდიდე მისაღებია. თუ კვების წყაროს წარმოადგენს გამმართველი, მაშინ უნდა შემოწმდეს ძაბვის სიდიდე გამმართველს გამოსასვლელზე და მისი ჩართვის პოლარობა.

ვიზუალური დათვალიერება. ეს მეთოდი მიეკუთვნება ე.წ. სენსორური შემოწმების მეთოდს. შესაძლო უწყესიერობის განსაზღვრისათვის სენსორური შემოწმება დაფუძნებულია ადამიანის გრძნობის ორგანოებზე.

დენგამტარი ბილიკებით ნაბეჭდი ფირფიტის ვიზუალური დათვალიერება დიაგნოსტიკის ყველაზე მარტივი (ამავდროულად უმრავლეს შემთხვევაში ძალიან ეფექტური) მეთოდია. ასეთ ფირფიტებზე უნდა დაეთვალიეროთ გადამწვარი კომპონენტები. ზოგჯერ გადამწვარი კომპონენტები ფირფიტაზე ტოვებენ ყავისფერ კვალს. ამ კომპონენტებს შეუძლიათ დიაგნოსტიკის პროცესში გამგზავნი პუნქტის როლი. საჭიროა მხოლოდ განესაზღვროთ მათი გადახურების მიზეზი. არ არის რეკომენდებული ამ გადამწვარი კომპონენტების უბრალოდ შეცვლა. მანამ, სანამ არ დაუადგენთ მათი გადახურების მიზეზს. უმრავლეს შემთხვევაში კომპონენტის მწყობრიდან გამოსვლის მიზეზი იმალება მის გვერდით მდებარე დაზიანებულ კომპონენტში. ამიტომ ისიც აუცილებლად უნდა შეიცვალოს.

შეხება. წარმოადგენს კიდევ ერთ სენსორულ შემოწმებას. გადახურებული კომპონენტი შეიძლება განესაზღვროთ უბრალო შეხებით. ამავდროულად ამ დროს საჭიროა

დაეიცვათ დიდი სიფრთხილედ. სქემა საჭიროა გამოვრთოთ და დიდი ტევადობის კონდენსატორებს მივცეთ დრო განმუხტვისათვის. კომპონენტს ყოველთვის უნდა შეეცხოთ მხოლოდ მარჯვენა ხელით. ეს საჭიროა იმისათვის, რომ ნაკლები იყოს დენის გულით გავლით შესაძლებლობის ალბათობა. შესაძლებლობის მიხედვით უნდა გვეცვას ისოლირებული ფეხსაცმელი. შეხების მეთოდი ძალიან ეფექტურია ისეთი სქემების დიაგნოსტიკის დროს, რომლებიც გარკვეული დროის განმავლობაში მუშაობდნენ ნორმალურად, ხოლო შემდეგ შეწყვიტეს ფუნქციონირება განსაზღვრული კომპონენტის გადახურების გამო.

ამ კომპონენტის პოვნა გვეხმარება განესაზღვროთ უწესიერობის შესაძლო მიზეზი. არსებობს სპეციალური გამაცივებელი აეროზოლები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ გავაციოთ კონკრეტული კომპონენტი. თუ ამის შემდეგ სქემა დაიწყებს ნორმალურად მუშაობას, მაშინ ეს კომპონენტი არის უწესიერობის მიზეზი. კომპონენტის შეცვლის წინ საჭიროა ჩავატაროთ შემდგომი გამოკვლევა, რათა განესაზღვროთ გადახურების პირველი მიზეზი.

შეგრძნება. თუ განსაზღვრული კომპონენტი გამოვიდა მწყობრიდან გადახურების გამო. მაშინ უმრავლეს შემთხვევაში შეიძლება შევიგრძნოთ კვამლის სუნი, მაგრამ ეს მოხდება მაშინ, თუ სპეციალისტი იმყოფება იქვე ახლოს. წინააღმდეგ შემთხვევაში უწესიერო კომპონენტი შეიძლება ვიპოვოთ ვიზუალურად.

კომპონენტის შეცვლა. დიაგნოსტიკის ეს მეთოდი დაფუძნებულია ძირითადად ოპერატორის ჩვევებსა და გამოცდილებაზე. განსაზღვრული ნიშნები ცხადად უჩვენებენ კონკრეტული კომპონენტების უწესიერობას. ეს მტკიცება სამართლიანია ელექტრონიკაში გამოცდილი

სპეციალისტებისათვის. მაგალითად, ტელეტექნიკის მომსახურე სპეციალისტს გამოცდილების საფუძველზე შეუძლია ტელევიზორის გასხნის გარეშე უშეცდომოდ განსაზღვრის დაზიანებული კომპონენტი. კომპონენტის შეცვლის მეთოდი კარგია გამოცდილი სპეციალისტებისთვის, რადგან ზოგავს დროსა და ფულს. ნებისმიერ შემთხვევაში ეს მეთოდი იძლევა წარმატებული რემონტის გარანტიას, რადგანაც საკმარისი რაოდენობის კომპონენტების შეცვლისას საბოლოო ანგარიშში იცვლება უწყესიერო კომპონენტიც. ამასთანავე რეკომენდირებულია, რომ არასპეციალისტმა დასაწყისში ლოგიკურად მოიფიქროს დიაგნოსტიკის პროცესი.

სიგნალის გავლის შემოწმება. დიაგნოსტიკის ეს მეთოდი ნაკლებად გავრცელებულია, მაგრამ შემოქმედებითად ძალიან სასარგებლოა, რადგან სპეციალისტისაგან მოითხოვს გამჭრიახობასა და ლოგიკურ აზროვნებას. მეთოდი დაფუძნებულია სქემის სხვადასხვა საკონტროლო წერტილში სიგნალის გაზომვაზე. საკონტროლო წერტილი სქემაზე არის ადგილი, სადაც ოპერატორისთვის ცნობილია ძაბვის ფორმა და სიდიდე (თუ გამოყენებულია ოსცილოგრაფი). შემდეგ ეძებენ წერტილს, რომელშიც სიგნალი განსხვავდება მოსალოდნელისაგან. ამგვარად, ოპერატორი განსაზღვრავს სქემის უწყესიერო უბანს. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ოპერატორი მუდმივად ამცირებს ძებნის არეს, სანამ არ მოახერხებს უწყესიერობის მიზეზს.

არსებობს გავლის შემოწმების ორი მიდგომა. პირველ შემთხვევაში შემოწმება იწყება შესავალიდან და მიმდევრობით მოწმდება ყველა წერტილი მანამ, სანამ არ იპოვიან წერტილს არაკორექტული სიგნალით. მეორე მიდგომის დროს საკონტროლო წერტილების შემოწმება იწყება გა-

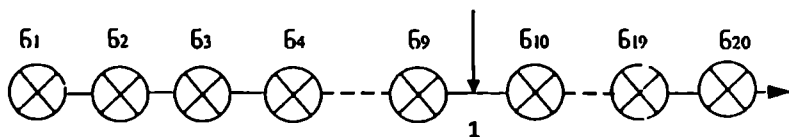
მოსაველელიდან და გაგრძელება მანამ, სანამ არ გამოჩნდება წერტილი კორექტული სიგნალით.

შუა წერტილის მეთოდი. ამ მეთოდის გამოყენების დროს საკვლევი ობიექტი ან მისი ნაწილი გაიყოფა ორად. ერთ ნაწილში დეფექტი არსებობს ხოლო მეორეში – არა. თუ შემოწმების შემდეგ შეუძლებელია კოხკრეტულად ვუჩვენოთ დაზიანებული ელემენტი, მაშინ ძიება გრძელდება.

ამ დროს ყოველთვის განიხილება ობიექტის ის ნაწილი, რომელშიც არსებობს დეფექტი. იმის გამო რომ ობიექტი ან მისი ნაწილი იყოფა ორ ჯგუფად, რომლებიც დაახლოებით შეიცავენ ელემენტების თანაბარ რაოდენობას, ამ მეთოდს სხევანიარად ნახევრად დანაწილების მეთოდი ეწოდება.

ამ მეთოდის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ ნახ. 2.8-ზე მოყვანილი ნათურების გირლიანდების სქემა.

როგორც ნახაზიდან ჩანს გირლიანდა შედგება 20 ნათურისაგან. მუშაობის გარკვეული დროის შემდეგ დავეუშვათ რომ გირლიანდა მწყობრიდან გამოვიდა ანუ ჩაქრა, მწყობრიდან გამოსვლის უფრო სავარაუდო მიზეზია ერთ-ერთი ნათურის გადაწვა. იმისათვის რომ გავიგოთ რომელი ნათურა გადაიწვა საჭიროა შევამოწმოთ თითოეული ნათურა და ნათურებს შორის კავშირი. ამ ხერხით მიზეზის ძიება შრომატევადია, ამიტომ ძიების პროცესისი გამარტივების მიზნით ვირჩევთ მაგალითად ნ, ნათურას და ვამოწმებთ გამომავალ სიგნალს. თუ გამომავალი სიგნალი



ნახ. 2.8. ნათურების გირლიანდების სქემა

არსებობს, მაშინ დასიანება გეაქვს დარჩენილ ნახევარში. დარჩენილ ნახევარს კიდევ ეყოფთ შუაზე და ა.შ. ვიპოვით დასიანებულ ნათურას.

კომბინაციური მეთოდი. დეფექტების კომბინაციური მეთოდის არსი მდგომარეობს იმაში რომ დეფექტების ფაქტის დადგენის შემდეგ კეთდება ტექნოლოგიური გადასვლები, რომლის მიზანია დანადგარის ან მისი რომელიმე ელემენტის მახასიათებლის განსაზღვრა. ამ დროს წინა ტექნოლოგიური გადასვლის შედეგი გავლენას არ ახდენს შემდეგზე.

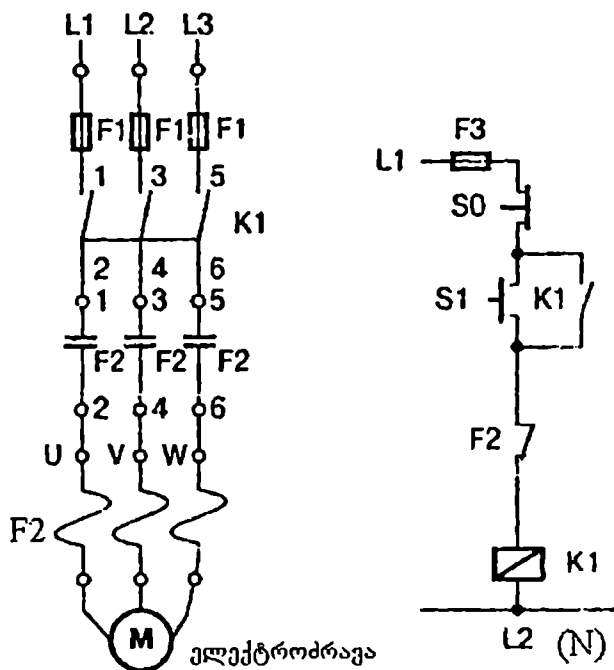
გადასვლის შესრულების შედეგების ანალიზისათვის საჭიროა გეკონდეს წინასწარი ინფორმაცია ობიექტის გამართული ან დაზიანებული მდგომარეობის შესახებ. ამის შემდეგ ეაანალიზებთ შესრულებული გადასვლების წინასწარ შედეგებს, ვადარებთ მას ყველა გადასვლის შემდეგ მიღებულ ინფორმაციასთან და ესაზღვრაეთ დაზიანების მიზეზს.

ბლოკურ-მიმდევრობითი მეთოდი. ბლოკი წარმოადგენს ჩვენს მიერ არჩეული რაიმე მოწყობილობის ან სქემის უბანს, თითოეულ ბლოკს გააჩნია ე.წ. “შესასვლელი” და “გამოსასვლელი” სიგნალების გადასაცემად და შესასვლელი “კეება”. ბლოკების სახით შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ნებისმიერი მოწყობილობა. ამ მეთოდის გამოყენების დროს ეაანალიზებთ თითოეული ტექნოლოგიური გადასვლის შედეგს და ეთელით რომ დეფექტი ან ნაპოვნია ან ვიღებთ გადაწყვეტილებას შემდგომი ტექნოლოგიური გადასვლის შესასრულებლად. ტექნოლოგიური გადასვლის რიგითობა წინდაწინ უნდა იყოს დადგენილი.

2.5. დიაგნოსტიკის მაგალითი

იმისათვის, რომ ჩავატაროთ მოწყობილობის დიაგნოსტიკა საჭიროა პირველ რიგში ვიცოდეთ ამ მოწყობილობის მუშაობის პრინციპი. მაგალითად ნახ. 2.9-ზე მოცემულია სამფაზა ელექტროძრავას მაგნიტური გამშვებით პირდაპირი გაშვების სქემა. ძალოვანი (ნახ. 2.9, ა) სქემა შეიცავს სამფაზა კეების წყაროს ($L1; L2; L3$), მთავარ მცველებს ($F1$), მთავარ კონტაქტორსა ($K1$) და გადატვირთვისაგან დაცვის რელეს ($F2$).

მართვის სქემა (ნახ. 2.9, ბ) შედგება $F2$ გადატვირთვის რელეს, SO გაჩერების ღილაკის ნორმალურად ჩაკეტილი



ნახ. 2.9. ასინქრონული ძრავის ძალოვანი (ა) და მართვის სქემა (ბ)

(ნს) და S1 გამშვით ღილაკის ნორმალურად ღია (ნღ) კონტაქტებისაგან, რომლებიც მიმდევრობით არიან ჩართული 1 მთავარ კონტაქტორის კოჭასთან. წრედის კეება ხორციელდება F3 მცველის გავლით. მთავარი K1 კონტაქტორის კოჭა L1 ფაზაზე ჩაერთდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მართვის წრედის ყველა კონტაქტი ჩაკეტილია. მოცემულ შემთხვევაში, როცა თითს დავაჭერთ S1 ღილაკს, მართვის წრედი ჩაიკეტება და მთავარ კონტაქტორს მიეწოდება კეება. ამ კონტაქტორის ნღ კონტაქტები პარალელურად შეერთებულია S1 ღილაკთან. როგორც კი კონტაქტორი ჩაერთდება, მაშინვე მისი K1 კონტაქტები ჩაიკეტება და დაბლოკავს S1 ღილაკს, რის გამოც ამ ღილაკზე თითის მოშორების შემდეგ კონტაქტორი დარჩება ჩართული და ელძრავა გააგრძელებს მუშაობას მანამ, სანამ თითს არ დავაჭერთ SO გაჩერების ღილაკს ან გადატვირთვის რელე არ გამორთავს F2 კონტაქტს.

შესაძლო დაზიანებები, რომლებიც აღიძვრება ელექტროძრავას გაშვების ან მუშაობის პროცესში:

I შემთხვევა. S1 გაშვების ღილაკზე დაჭერის დროს ელექტროძრავა გაიშვებს, მაგრამ ამ ღილაკზე თითის აშეებისას ელექტროძრავა ჩერდება.

მოვახდინოთ სიტუაციის ანალიზი (ჩათვალოთ რომ წრედის F1 მცველები არ არის დაზიანებული). რადგანაც S1 გაშვების ღილაკზე თითის დაჭერით ელექტროძრავა იწყებს მუშაობას, ე.ი. ელექტროკეება ამ ღილაკით შეკრული წრედით მიეწოდება K1 მთავარი კონტაქტორის კოჭას. როგორც კი ჩაერთდება მთავარი კონტაქტორი მაშინვე უნდა ჩაერთოს მისი ნღ K1 კონტაქტები, დაბლოკოს S1 ღილაკი და მართვის წრედი, დაიჭიროს ჩართულ მდგომარეობაში

მანამ, სანამ თითის არ დაეჭეროთ SO გაჩერების ღილაკს ან გადატვირთვის რელეს წი კონტაქტები არ გაიხსნება.

იმისათვის რომ ვიპოვოთ დაზიანება საჭიროა ჩავატაროთ შემოწმება შემდეგი თანმიმდევრობით:

1. შევამოწმოთ მართვის წრედის კეება, გავზომოთ ძაბვა L1 სადენსა და N სადენს შორის, თუ კონტაქტორის კოჭა გათვლილია 220 ვ ძაბვაზე, და L1 და L2 სადენებს შორის, თუ კონტაქტორის კოჭა გათვლილია 380 ვ ძაბვაზე.

2. მულტიმეტრის საშუალებით შევამოწმოთ მართვის წრედის F3 მცველი, თუ იგი გადამწვარია მაშინ შევცვალოთ იგი და გავუშვათ ელექტროძრავა. თუ პრობლემა მხოლოდ ამაშია, მაშინ ელექტრო ძრავა ნორმალურად დაიწყებს მუშაობას.

3. თუ მართვის წრედის მცველი წესრიგშია, მაშინ შევამოწმოთ ხომ არ მუშაობს გადატვირთვის რელე. ეს შეიძლება შემოწმდეს მულტიმეტრით. შევამოწმოთ ძაბვა ნეიტრალსა და გადატვირთვის რელეს გამოსავალ კონტაქტს შორის, რომელიც ჩართულია გაჩერების ღილაკთან. თუ გადატვირთვის რელე არ მუშაობს და მულტიმეტრი გვიჩვენებს ნორმალურ ძაბვას ამ ორ წერტილს შორის, მაშინ გადავდივართ შემოწმების შემდეგ პუნქტზე

4. შევამოწმოთ ძაბვა გაჩერების ღილაკის ბოლოებზე. თუ ძაბვა არსებობს გადავიდეთ შემდეგ პუნქტზე.

5. თუ ელექტროძრავა მუშაობს მხოლოდ S1 ღილაკზე თითის დაჭერით, მაშინ შევამოწმოთ ამ ღილაკის პარალელურად ჩართული K1 კონტაქტორის K1 წლ კონტაქტები. შესაძლოა ეს კონტაქტები დაზიანებულია. ამის დასამტკიცებლად ავიღოთ იზოლირებული სადენის ნაჭერი და ჩავკეტოთ K1 კონტაქტები. თუ ელექტროძრავა გაიშვებს,

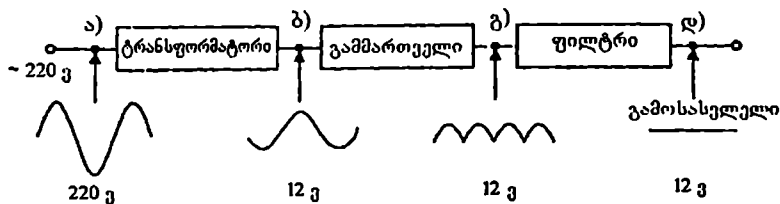
მაშინ ეს კონტაქტები სინამდვილეში დაზიანებულია და შეეცვალოთ მთავარი კონტაქტების საკონტაქტო ჯგუფი.

II შემთხვევა. ელექტროძრავა იწყებს მუშაობას მაგრამ გაშვებიდან ორი წუთის შემდეგ ძრავა ჩერდება. ამ შემთხვევაში დიაგნოსტიკისათვის უნდა შევასრულოთ წინა შემთხვევის პირველი სამი პუნქტი და თუ ყველაფერი წესრიგშია, ამის შემდეგ ეამოწმებთ გადატვირთვის რელეს. თუ რელე ამუშავდა, მაშინ უნდა ვეძიოთ მიზეზი, რის გამოც შეიძლება ელექტროძრავა გადაიტვირთოს.

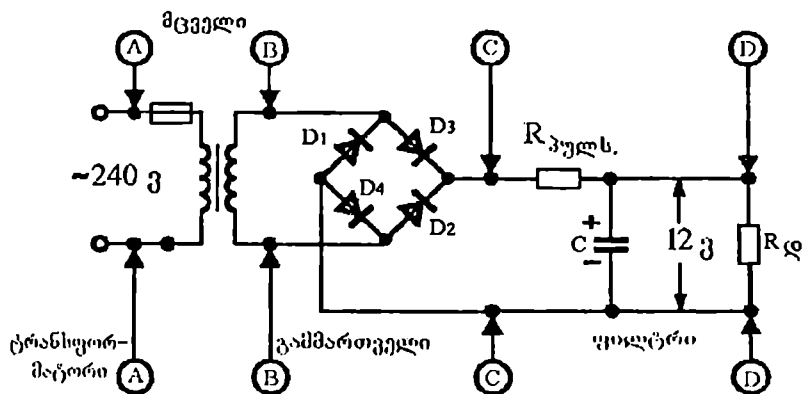
2.6. დაზიანების ანალიზი

დაზიანების ანალიზი მოითხოვს კარგ თეორიულ ცოდნას და ანალიზურ აზროვნებას. იგი არ შეიძლება ვისწავლოთ წიგნებიდან. იგი უნდა ავითვისოთ დიაგნოსტიკის მუდმივი მეცადინეობითა და ექსპერიმენტების გზით.

ასევე არსებობს განსაზღვრული წესები, რომელსაც უნდა დავექვემდებაროთ დიაგნოსტიკის პროცესში. მაგალითის სახით მოვიყვანოთ დაზიანებული ბოგირული გამმართველი, რომლის ბლოკ-სქემა მოცემულია ნახ. 2.10-ზე. იგი შედგება ტრანსფორმატორის, გამმართველისა და ფილტრის ბლოკებისაგან. თითოეულ საკონტროლო წერტილში ნაჩვენებია ოსცილოგრაფით გადაღებული სიგნალები.



ნახ. 2.10. გამმართველის ბლოკ-სქემა

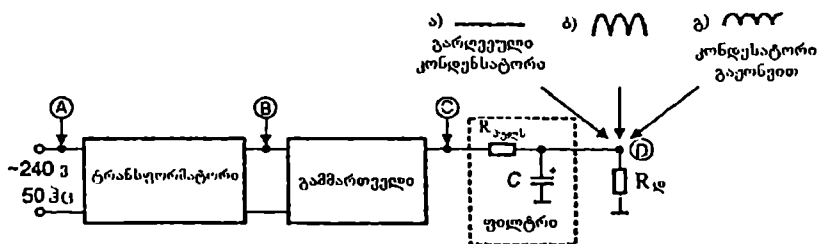


ნახ. 2.11. ბოგირული გამმართველის პრინციპული სქემა

ამავე გამმართველების პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ. 2.11-ზე. სიგნალების შემოწმება იწყება გამოსასვლელ-იდან და სწარმოებს მიმდევრობით შესასვლელის მხარისაკენ. ქვემოთ მოყვანილია ამ სქემის ყველა შესაძლო უწყესიერობის ანალიზი.

დაზიანებული კონდესატორი C. აქ შესაძლებელია დაზიანების სამი სახე. კონდესატორი შეიძლება იყოს გარღვეული, ჰქონდეს გაწყვეტა ან გაჟონვა.

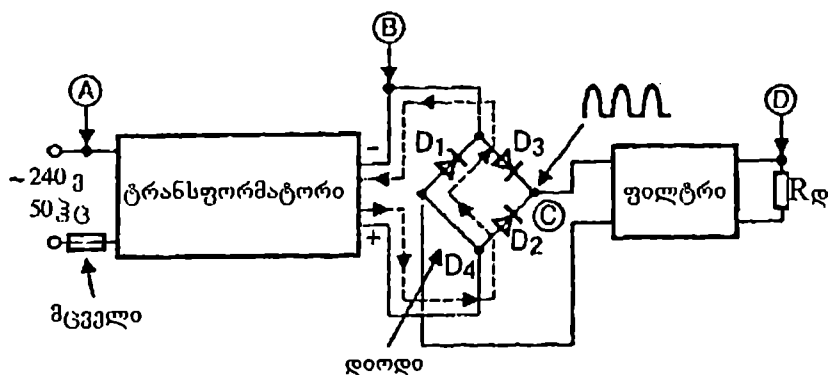
გარღვეული კონდესატორი ამოკლებს დატვირთვის წინააღობის გამომყვანებს და ამიტომ გამოსასვლელზე ძაბვა ნულის ტოლია, რაც ილუსტრირებულია ნახ. 2.12, ა-ზე. თუ



ნახ. 2.12. კონდესატორის დაზიანების ნიშნები

კონდესატორი გაწყვეტილია, მაშინ იგი არ ფილტრავს გამ-
მართველის გამოსასვლელ ძაბვას და გამოსასვლელზე
სიგნალის ფორმა რჩება იგივე რაც გამმართველის გამო-
სასვლელზე, ანუ სიგნალის ფორმა C და D წერტილებში
ერთნაირია (ნახ. 2.12, ბ). ერთადერთი განსხვავება არის ის
რომ წერტილში ძაბვის ამპლიტუდა ნაკლებია $R_{კუღს}$
წინააღობაზე ძაბვის ვარდნის გამო და ბოლოს თუ კონდე-
სატორს აქვს გაუონვა, მაშინ გამოსასვლელ ძაბვას აქვს
პულსაციები (ნახ. 2.12, გ). გაუონვა შეიძლება წარმოვიდგი-
ნოთ რეზისტორის სახით, რომელიც პარალელურად ჩართუ-
ლია კონდესატორთან. ეს რეზისტორი ამცირებს განმუხ-
ტვის დროს, ამიტომ გამოსასვლელზე პულსაცია იზრდება.

დაზიანებულია რეზისტორი $R_{კუღს}$. აქ შეიძლება
დაზიანების მხოლოდ ერთი სახე. ამ რეზისტორის გადა-
წვა (გაწყვეტა). ეს შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, როცა
ამ რეზისტორში გაივლის დასაშვებზე დიდი დენი. ასეთი
დენი შეიძლება აღიძვრას იმ შემთხვევაში თუ მოკლედ
შეირთვება გამოსასვლელი ბოლოები ($R_{\ell}=0$) ან გაირღვე-
ვა კონდესატორი. ორივე შემთხვევაში გადამწვარი $R_{კუღს}$

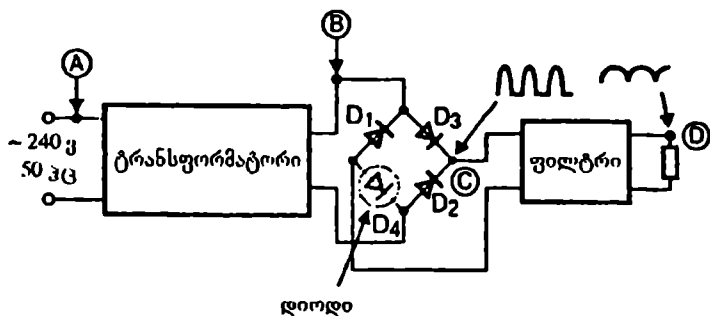


ნახ. 2.13. დიოდის გარღვევის ნიშნები

რეზისტორი გაწყვეტს წრედს და გამოსასვლელზე ძაბვა ნულის ტოლი გახდება. ამ წინააღობის შეცვლის წინ უნდა დაერწმუნდეთ, რომ კონდესატორი ან გამოსასვლელი არ არის მოკლედ შეერთული.

გარღვეულია დიოდი. გარღვეული დიოდი შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ზღუდარი, რომელიც დენს ატარებს ორივე მიმართულებით. ნახ. 2.13-ზე ნაჩვენებია დენის გზა D_4 დიოდის გარღვევის შემთხვევაში დენი დადებითი ნახევარპერიოდის განმავლობაში ჩვეულებრივ გაედინება D_3 და D_4 დიოდების გავლით, გარღვეულ დიოდებს გააჩნია ნულოვანი წინააღობა ორივე მიმართულებით, ამიტომ დადებითი ნახევარპერიოდი C წერტილში ნორმალურია. უარყოფითი ნახევარპერიოდის განმავლობაში სურათი იცვლება: დენის გზა შეიკრება $D1$ და $D4$ დიოდების გავლით, რადგანაც ეს დიოდები შეერთებულია მიმდევრობით და უზრუნველყოფენ მცირე წინააღობიან გზას. ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილი მოკლედ შეერთდება და მასში გაივლის დიდი დენი. ამიტომ $D1$ დიოდი გადახურების გამო სწრაფად გამოვიდეს მწყობრიდან. ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილში დენის გაზრდა იწვევს დენის გაზრდას პირველად გრაგნილში. თუ პირველადი გრაგნილის წრედში დაყენებულია შესაბამისი ნომინალის მცველი, მაშინ ეს მცველი უნდა გადაიწვას და დაიცვას ტრანსფორმატორი და $D1$ დიოდი დაზიანებისაგან. თუ მცველი არ გადაიწვია მაშინ $D1$ დიოდი გადახურდება (ან გადაიწვება) და ძაბვა C წერტილში მიიღებს ნახ. 2.13 ნაჩვენებ ფორმას.

ანალოგიური ანალიზი შეიძლება ჩავატაროთ სხვა დიოდების გარღვევის შემთხვევაში.



ნახ. 2.14. დიოდის გაწყვეტის ნიშნები

დიოდის გაწყვეტა. დაეუშვათ ნახ. 2.13-ზე მოცემულ წრედში გაწყდა იგივე D_4 დიოდი, მაშინ ამ დიოდის გაღლით დენი არც ერთ მხარეს არ გაივლის. უარყოფითი ნახევარპერიოდის განმავლობაში ეს დიოდი არ ახდენს გავლენას გამოსასვლელ ძაბვაზე, ხოლო დადებითი ნახევარპერიოდის განმავლობაში დენის გზა გადაკეტილია და გამოსასვლელზე ძაბვა არ არსებობს. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ სქემა მუშაობს როგორც ნახევარპერიოდიანი გამამართველი. ეს შეიძლება განესაზღვროთ გამოსასვლელი ძაბვის დიდი პულსაციებით, ამასთანავე პულსაციის სიხშირე 100 კც-ის ნაცვლად შეადგენს 50 კც-ს. ეს შემთხვევა გამოსახულია ნახ. 2.14-ზე

ტრანსფორმატორის დაზიანება. ასეთი ტიპის დაზიანება ძალიან ხშირად არ გეხდება, მაგრამ თუ დანარჩენი სქემა გამოიყურება წესიერულად, მაშინ უნდა შემოწმდეს ტრანსფორმატორი. ტრანსფორმატორის შესაძლო დაზიანების სახეებია: პირველადი ან მეორეული გრაგნილები შეიძლება იყოს გაწყვეტილი ან ნაწილობრივ მოკლედ შერთული. თუ გაწყვეტილია რომელიმე გრაგნილი, მაშინ მთელ სქემაზე ძაბვა არ არსებობს და ამას

მიეყვართ გამოსასვლელზე ნულოვან ძაბვამდე. თუ ნაწილობრივ დამოკლებულია პირველადი გრაგნილი, მაშინ იზრდება ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი. ამ დროს იზრდება ძაბვა მეორეულ გრაგნილზე და შესაბამისად სქემის გამოსასვლელზეც. ნაწილობრივ დამოკლებული მეორეული გრაგნილი ამცირებს ტრანსფორმაციის კოეფიციენტს და ძაბვა გამმართველზე მცირდება და შესაბამისად მცირდება გამოსასვლელი ძაბვაც.

მცველის გადაწვა. როგორც ადრე ავლნიშნეთ, მცველის გადაწვა ხდება დიოდის გარღვევის შემთხვევაში. ამიტომ სანამ მცველს შეეცვლიდეთ საჭიროა წინასწარ შევამოწმოთ დიოდებიც. ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორეული გრაგნილების ნაწილობრივი მოკლედ შერთვას მიეყვართ დენის გაზრდასთან, რაც აგრეთვე შეიძლება იყოს მცველის გადაწვის მიზეზი. ამიტომ მცველის შეცვლის წინ უნდა შევამოწმოთ ტრანსფორმატორი.

2.7. დაზიანების ნიშანი და მიზეზი

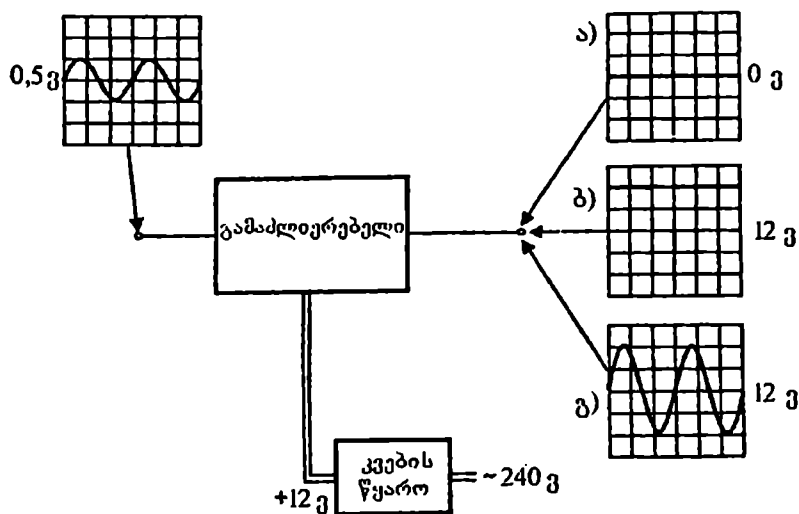
ელექტრული სქემის დიაგნოსტიკა სრულდება სამ ეტაპად. პირველ ეტაპზე განისაზღვრება სქემის დაზიანება. მეორე ეტაპზე ხდება დაზიანების ანალიზი და ამ დაზიანების შესაძლო მიზეზების განსაზღვრა. მესამე ეტაპზე ხდება დაზიანების აღმოფხვრა.

პირველ რიგში საჭიროა განისაზღვროს დაზიანება. ამისათვის საჭიროა გავარჩიოთ მისი ნიშნები. დაზიანებად ითვლება ისეთი სქემა, რომლის გამოსასვლელი პარამეტრები არაკორექტულია, მიუხედავად იმისა, რომ შესავალი პარამეტრები წესრიგშია.

მაგალითად, ნახ. 2.15-ზე გამოსახული გამაძლიერებლის შესავალი სიგნალი კორექტულია, მაგრამ გამაძლიერე-

ბლის გამოსასვლელზე სიგნალი არ გვაქვს. ამ შემთხვევაში დაზიანების ნიშნად ითვლება გამაძლიერებლის გამოსასვლელზე ძაბვის არ არსებობა.

ეს კონკრეტული ნიშანი იძლევა საკმარის ინფორმაციას დაზიანების შესაძლო მიზეზებზე. დაზიანება ერთსა და იგივე ნიშანთან (გამოსასვლელზე ნულოვანი ძაბვა) შეიძლება მიგვიყვანოს სქემის სხვადასხვა კომპონენტების დაზიანებამ. სხვა შემთხვევაში ნიშანმა შეიძლება პირდაპირ მიგვითითოს განსაზღვრულ არეზე, სადაც დაზიანების გამოვლენის ალბათობა უფრო მეტია. მაგალითად, გამოსასვლელზე მუდმივი ძაბვა, რომელიც ტოლია კვების ძაბვისა გვიჩვენებს, რომ ტრანზისტორი იმყოფება წაკეთის რეჟიმში (ნახ. 2.15, ბ). შემოწმებას ვიწყებთ გამოსასვლელთან მდებარე უასლოესი კასკადით და ვმოძრაობთ უკუმიმართულებით. უნდა შევამოწმოთ ყველა ტრანზისტორი გა-



ნახ. 2.15. სქემის დაზიანების ნიშნების განსაზღვრა

დასასვლელის გაწვევტაზე, აგრეთვე საჭიროა შევამოწმოთ მირჩილვის ადგილები და ემიგრული რეზისტორების წინააღობები.

თუ გამაძლიერებელი გამართულად მუშაობს, მაშინ გამოსასვლელზე უნდა გამოჩნდეს გაძლიერებული სიგნალი. გამოსასვლელი სიგნალის ამპლიტუდა დაახლოებით ტოლია კვების წყაროს გამართული ძაბვის მნიშვნელობისა. გამოსასვლელი სიგნალის ფორმა ზუსტად უნდა იყოს შესავალი სიგნალის ფორმის ყოველგვარი დამახინჯების გარეშე (ნახ. 2.15.გ.).

2.8. დიაგნოსტიკაში ფართოდ გამოყენებული ხელსაწყოები

ა) ხელსაწყო ინდიკატორები (ძაბვის მანვენებლები).

ძაბვის მანვენებლები გამოიყენება ძაბვის არსებობის შემოწმებისათვის მართვის, დაცვის, ავტომატიკის, დაბალი და მაღალი ძაბვის მოწყობილობების სხვადასხვა წერტილში. მრეწველობის მიერ ძაბვის მანვენებლები მზადდება სხვადასხვა სახით, როგორც დაბალი, ისე მაღალი ძაბვისთვის. ნახ. 2.8-ზე მოცემულია სხვადასხვა სახის დაბალი და მაღალი ძაბვის მანვენებლები.

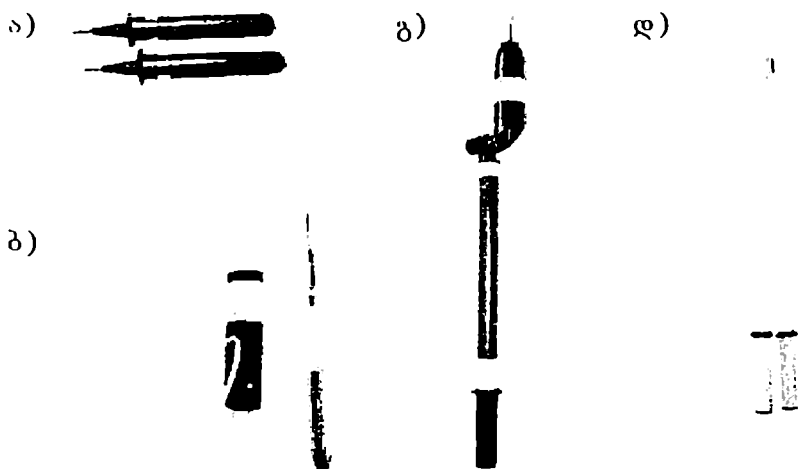
ორპოლუსიანი (ნახ. 2.8, ა) ძაბვის მანვენებლებით ერთდროულად ეხებიან დენგამტარი ნაწილის ორივე შიშველ პოლუსს, რითაც იკვრება უშუალოდ ინდიკატორის ელექტრული წრედი და ძაბვის არსებობის შემთხვევაში აინთება ინდიკატორში ჩამონტაჟებული ნეონის ნათურა.

სახრახნისი-მანვენებლის გამოყენების შემთხვევაში შესამოწმებელ დენგამტარ ნაწილთან მანვენებლის საცეცის შეხების დროს, თუ ერთი ხელით შევეხებით მანვენებლის მეტალის დაბოლოებას, ხოლო მეორეთი - ჩამიწების

კონსტრუქციას, მაშინ შეიკვრება ელექტრული წრედი მანქანების, ადამიანის წინააღობას, მანქანებელში ჩამონტაჟებული კონდენსატორისა და მიწის გავლით. შესამოწმებელ პოლუსზე ძაბვის არსებობის შემოთხვევაში აინთება მანქანებელში ჩამონტაჟებული ნეონის ნათურა.

მუდმივი ძაბვის შემოწმების დროს ინთება ნეონის ნათურის ან ერთი ან მეორე მხარე და ამ დროს ცვლილების სასიათი გვიჩვენებს შესამოწმებელი ძაბვის ნიშანს.

მაღალი ძაბვის შესამოწმებლად გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის მანქანებლები. ნახ. 2.16, ბ-ზე მოცემულია УВН 80 - 3М ტიპის მანქანებლები, რომლის შემოწმების დიაპაზონია $2,2 \div 10$ კვ, ანთების ზღურბლი 550 ვ. მას აქვს მკვეთრად მოციმციმე ხინათლის ინდიკაცია, რომელიც ნათებას იწვევს ძაბვის არსებობის დროს.

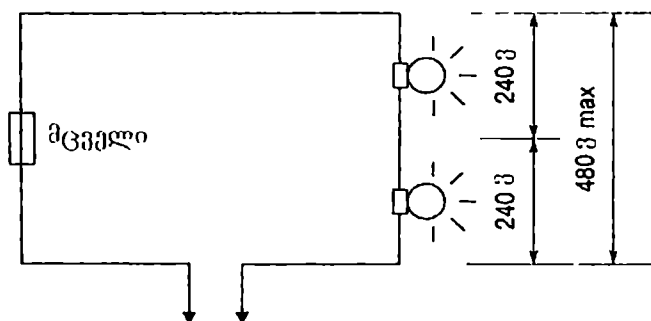


ნახ. 2.16. ძაბვის მაჩვენებლები:

- ა) ორპოლუსიანი УНМ-1 ტიპის;
- ბ) სახრახნისი - მაჩვენებელი УН-453 ტიპის;
- გ) მაღალი ძაბვის მაჩვენებელი УВН80 -3М ტიპის;
- დ) ძაბვის მაჩვენებელი ფაზირებისთვის УВНСТФ-6 + 10 ტიპის

ხშირად საჭირო ხდება $6 \div 10$ კვ და 35 კვ კაბელების, საპაერო ხაზებისა და ტრანსფორმატორების ფაზირება, რისთვისაც გამოიყენება ნახ. 2.16, დ-ზე ნახევრები ორპოლუსიანი მანქანებლები. ძაბვის არსებობა მოწმდება მომატებული სიკაშკაშის შექლიოდების დახმარებით.

ბ) ნათურიანი ინდიკატორი ინჟინერ-ელექტრიკოსის ერთ-ერთი მთავარი ინსტრუმენტია დიაგნოსტიკისათვის და ცნობილია, როგორც ძაბვის ინდიკატორი. იგი შესდგება მიმდევრობით შეერთებული ორი ნათურისაგან თითოეული ნომინალური ძაბვით 240 ვ. ამ ინდიკატორის (ნახ. 2.9) მუშა წრედს შეადგენს ორი მიმდევრობით შეერთებული ნათურა, მცველი და საცეცები. თითოეული ნათურის სიმძლავრე უნდა იყოს ტოლი და არა უმეტეს 25 ვატისა. ორი ნათურის აღება საჭიროა იმისათვის, რომ ხანდახან ეს ინდიკატორი შეიძლება ჩაირთოს 380 ვოლტი და მეტი ძაბვის ქსელში, რის გამოც ერთი ნათურა შეიძლება გადაიწვას და შეცდომით გვინვენოს წრედის გაწყვეტა. მეტი საიმედოობისთვის ასეთი ინდიკატორები გამოიყენების წინ და შემდეგ უნდა შემოწმდეს წესიერ მდგომარეობაში მყოფ წყაროზე.



ნახ. 2.17. ორ ნათურიანი ინდიკატორის სქემა

12 ან 36 ე ძაბუაზე შემოწმებისთვის შეიძლება გამოვიყუთ ერთ ნათურიანი ინდიკატორი.

ნათურიანი ინდიკატორი შეიძლება გამოყენებული იქნას:

- ძაბვის არსებობის განსაზღვრისათვის;

- კვების წყაროს პოღარობის განსაზღვრისთვის ანუ აქტიური და ნეიტრალური წერტილების, კვებისა და ჩამოწმების კლემების განსაზღვრისათვის;

- ორი დაპარაღეღებუღი წყაროს “ფაზირებისას” ფაზების შესაბამისობის შესამოწმებღად;

- ელექტროძრავას ჩამოწმების შესამოწმებღად. ინდიკატორის ერთი გაძომეღანი ჟერტღება ერთფაზა კვების წყაროს “ფაზის” კლემას, ხოღო მეორე - გრავნიღის კლემას. თუ ნათურა აინთო, მაშინ გრავნიღი ჩამოწმებღია, წინააღმღებ შემთხვევაში - არა;

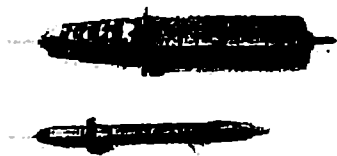
- სამფაზა წყაროს შესამოწმებღად. ინდიკატორის გაძომეღანებს ჩართავენ ორ ფაზას შორის. ამ ღროს შესაძღებღია სამიღან ერთი შემთხვევა:

- თუ კვება გაძორთუღია, მაშინ ნათურები არ აინთება.

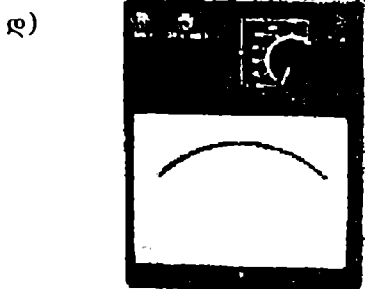
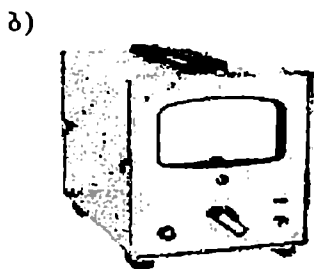
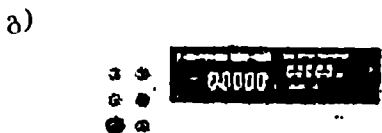
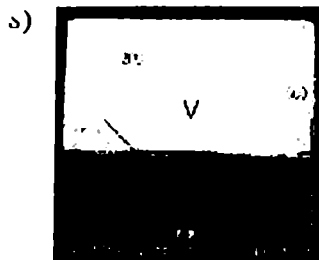
- თუ ერთ-ერთი ფაზა გათიშუღია, მაშინ ნათურები აინთება ნახეღარი ვარვარებით.

- თუ ორივე ფაზა წესრიგშია, მაშინ ნათურები აინთება მთეღი ვარვარებით.

გ) მაღაღიმჰენღანსიანი ტესტერი. ძაბვის ინდიკატორის ერთ-ერთი სახეობაა. (ნახ. 2.18) ძაბვის არსებობის ღროს ხელსაწყო გაძოს(ემს ეიშუაღურ-ხმოვან სიგნაღს



ნახ. 2.18. მაღაღიმჰენღანსიანი ტესტერი



ნახ. 2.19. ვოლტმეტრები:

ა) ფარის; ბ) ისრიანი;

გ) ციფრული; დ) ლაბორატორიული

დ) ვოლტმეტრები. (ნახ. 2.19) ორ წერტილს შორის ძაბვის (პოტენციალთა სხვაობის) გასაზომად გამოიყენებენ ხელსაწყოს, რომელსაც ვოლტმეტრი ეწოდება. იგი გამოიყენება ისეთი წრედების ტესტირების დროს, რომლებიც ჩართულნი არიან კვების წყაროსთან. ვოლტმეტრი გამოიყენება როგორც მედმივი, ასევე ცვლადი ძაბვის გასაზომად დიდ საზღვრებში. ვოლტმეტრი ყოველთვის ჩაირთვება საკონტროლო წერტილებს შორის პარალელურად.

გაზომვის დაწყების წინ დარწმუნებული უნდა ვიყოთ შეესაბამება თუ არა ხელსაწყოზე არჩეული დიაპაზონი გასაზომ ძაბვას, რადგანაც ხელსაწყო გათვლილია ძაბვის განსაზღვრული მნიშვნელობის გასაზომად.

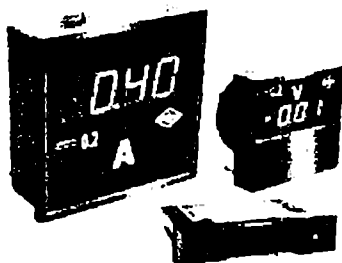
თუ მოითხოვება გაზომვები მაღალი ძაბვის წრედებში, მაშინ ვოლტმეტრის გაზომვის ზღვარი უნდა გავაფართოვოთ. წრედში დამწვევი ძაბვის ტრანსფორმატორის ჩართვით (ჩართვის სქემა განხილული იქნება შემდეგში). ამ შემთხვევაში ვოლტმეტრის სკალაზე ნაჩვენები ძაბვის მნიშვნელობა უნდა გავამრავლოთ შესაბამის კოეფიციენტზე. ნახ.2.19-ზე მოცემულია ფარის, ისრიანი ციფრული და ლაბორატორიული ვოლტმეტრები.

ვოლტმეტრები გამოიყენება ელექტრულ წრედში ენერგიის გადაცემის; ერთფაზა და სამფაზა კვების; ელემენტების (მაგ. რელე, ტაიმერი და ა.შ.) ვარგისიანობის; ჩამოქვების მოდულიანობის შემოწმებისათვის და ა.შ.

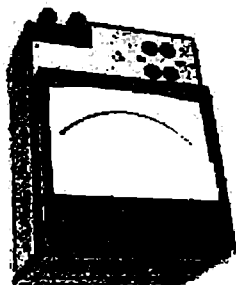
ა)



ბ)



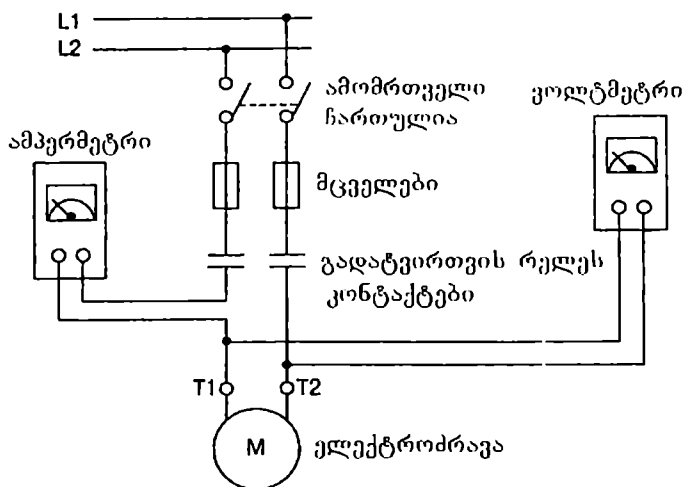
გ)



ნახ. 2.20. ამპერმეტრების საერთო ხედი:
ა) ისრიანი; ბ) ციფრული; გ) ლაბორატორიული

ე) ამპერმეტრებით სარგებლობენ დაბალი ძაბვის ჩაკეტილ ელექტრულ წრედში გამავალი დონის გასაზომად. იგი გამოიყენება ძაბვის ქვეშ მყოფი ელექტრული წრედების დროს და ყოველთვის წრედში ირთება მიმდევრობით. მიმდევრობით ჩართული ამპერმეტრი გეისვენებს დატვირთვის მიერ მოხმარებულ დენს. ამპერმეტრით უშუალოდ იზომება როგორც მუდმივი, ასევე ცვლადი დენი ფართო საზღვრებში დაბალი ძაბვის დროს. ამპერმეტრები არსებობს სხვადასხვა მოდიფიკაციის. ნახ. 2.20-ზე მოცემულია ფარის, ციფრული და ლაბორატორიული ამპერმეტრები.

ამპერმეტრების გაზომვის დიაპაზონის ზღვრის გასაზომად, მას რთავენ დენის ტრანსფორმატორის გავლით (რომლის ჩართვის სქემა ნაჩვენებია იქსება შემდეგში). ამ დროს ამპერმეტრის ჩვენება მრავლდება დენის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტზე.



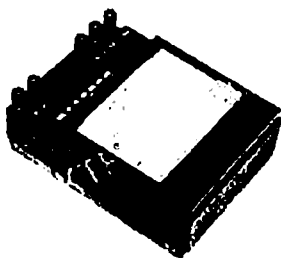
ნახ. 2.21. მარტივ წრედში ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩართვის სქემა

ნახ. 2.21-ზე ნაჩვენებია დიაგნოსტიკისათვის ელექტრულ წრედში ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩართვის სქემა. როგორც ამ სქემიდან ჩანს, ამპერმეტრი წრედში ჩართულია მიმდევრობით წრედის უბანზე, ხოლო ვოლტმეტრი – პარალელურად საკონტროლო წერტილებს შორის.

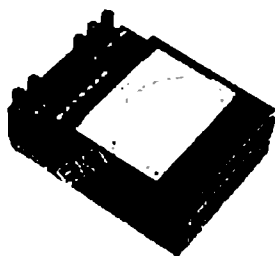
ვ) ვატმეტრები და ვარმეტრები. ცველადი დენის სამუაზა წრედებში აქტიური სიმძლავრეების გასაზომად გამოიყენებენ ვატმეტრებს, ხოლო რეაქტიული სიმძლავრის გასაზომად ვარმეტრებს.

ნახ. 2.22, ა-ზე ნაჩვენებია D5061 ტიპის ვატმეტრი, რომელიც გამოიყენებულია აქტიური სიმძლავრის გასაზომად ერთ-ფაზა (ცველადი და მუდმივი დენის წრედებში; ნახ. 2.22, ბ-ზე

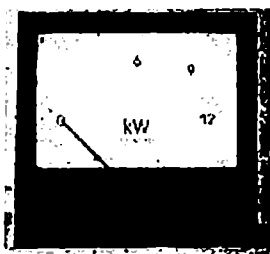
ა)



ბ)



გ)



დ)

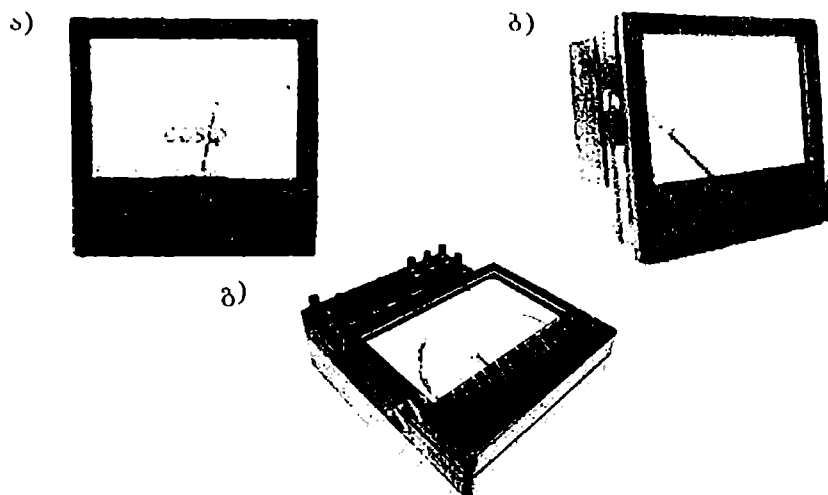


ნახ. 2.22. ვატმეტრები და ვარმეტრები:

- ა) - D5061 ტიპის ვატმეტრი; ბ) - D5070 ტიპის ვატვარმეტრი;
 გ) - P301/1 ტიპის ვატმეტრ-ვარმეტრი; დ) - WIB02 ტიპის
 ვატმეტრ-ვარმეტრი

მოყვანილია D5070 ტიპის ვატვარმეტრი, რომელიც გამოიყენება აქტიური სიმძლავრის გასაზომად. სამფაზა სამსადენიან ცვლადი დენის წრედებში ფაზების როგორც სიმეტრიული, ასევე არასიმეტრიული დატვირთვის დროს და რეაქტიული სიმძლავრის გასაზომად სამფაზა სამსადენიან ცვლადი დენის წრედში სიმეტრიული დაბკების დროს, როცა ფაზების დატვირთვის არასიმეტრიულობა არ აღემატება 5%-ს; ხოლო ნახ. 2.22, გ-ზე მოცემულია ფარის $\Pi 301/1$ ტიპის ვატმეტრ-ვარმეტრი, რომელიც დაგრადუირებულია კილოვატებში (კილოვარებში). ნახ. 2.22, დ-ზე ნახვენებია $\Pi B02$ ტიპის ციფრული ვატმეტრ-ვარმეტრი.

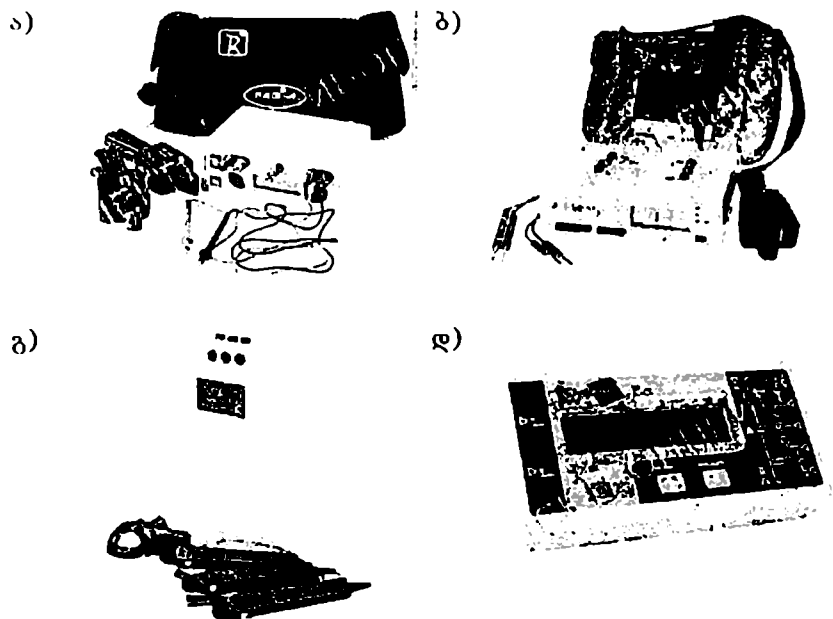
ზ) ფაზომეტრები. როგორც ერთფაზა, ისე სამფაზა ცვლადი დენის წრედებში სიმძლავრის კოეფიციენტის ($\cos \varphi$) გასაზომად გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ფაზომეტრები.



ნახ. 2.23. ფაზომეტრები: ა) – ერთფაზა წრედისთვის C302M1 ტიპის; ბ) – სამფაზა წრედისთვის C43205 ტიპის; გ) – ლაბორატორიული D5782 ტიპის

ნახ. 223, ა-ზე მოყვანილია C302M1 ტიპის ფაზომეტრი, რომელიც გამოიყენება ერთფაზა (კვლადი დენის წრედში 0 - 10000 პერცი სიხშირის დიაპაზონში; ნახ. 223, ბ-ზე მოყვანილია ფარის C42305 ტიპის ფაზომეტრი, რომელიც გამოიყენება სამფაზა (კვლადი დენის 50 პერცი სიხშირის წრედში; ხოლო ნახ. 223, გ-ზე ნაჩვენებია D5782 ტიპის ლაბორატორიული ფაზომეტრი.

თ) ვოლტამპერფაზომეტრი (ვაფი). დიაგნოსტიკის სფეროში დიდი გამოყენება აქვს უნივერსალურ ხელსაწყო - ვოლტამპერფაზომეტრს, რომელიც არსებობს სხვადასხვა მოდიფიკაციისა და შესაბამისად სხვადასხვა ტიპის.



ნახ. 224. ვოლტამპერფაზომეტრები (ვაფი):

- ა) - ПАРМА ВАФ-А-2 ტიპის; ბ) - ВАФ-М1 ტიპის; გ) - M4185RS ტიპის; დ) - რეტომეტრი

ნახ. 2.24, ა-ზე მოყვანილია ПАРМА БАФ-Ф-2 ტიპის ვოლტამპერფაზომეტრი (ორი მარწუხით), მთლიანად ავტომატიზირებული უნივერსალური ხელსაწყო, რომლის დანიშნულებაა წარმოების მთავარი ენერგეტიკოსის, ავტომატიკისა და სარელეო დაცვის სამსახურის, ენერგოხედამხედველობისა და ენერგოგასაღების მუშაობის უზრუნველყოფა. მას შეუძლია მუდმივი ძაბვის; სამრეწველო სიხშირის ცვლადი დენისა და ძაბვის; ძაბვისა და ძაბვას; დენსა და დენს; დენსა და ძაბვას შორის ძერის კუთხისა და ერთდროულად წრედის სრული სიმძლავრის; სიხშირის გაზომვა; სამფაზა სისტემაში ფაზათა თანმიმდევრობის განსაზღვრა.

გენერატორების, ტრანსფორმატორების, დენისა და ძაბვის ტრანსფორმატორების წრედებში დაცვების კომპლექსური გამოცდებისათვის გამოიყენება ნახ. 2.24, ბ-ზე მოცემული БАФ-M1 ტიპის ხელსაწყო. მას შეუძლია აგრეთვე რელეური დაცვის ფაზომგრძნობიარე სქემების შემოწმება და გაწყობა. იგი გამოიყენება აგრეთვე სამფაზა ელექტრული მრიცხველების ჩართვის სისწორის შესამოწმებლად.

ნახ. 2.24, გ-ზე მოცემულია უახლესი M4185RS ტიპის ხელსაწყო, რომლის დანიშნულებაა ორფაზა და სამფაზა ელექტრული დენის წრედების პარამეტრების გაზომვა. მას გააჩნია გაზომვის ფართო დიაპაზონი. კერძოდ, მას აქვს მუშაობის შემდეგი რეჟიმები: ძაბვის; დენის; სიხშირის; ძაბვა-ძაბვა, დენი-დენი, ძაბვა-დენი შორის ძერის კუთხის გაზომვა; აქტიური, რეაქტიული და სრული სიმძლავრეების გამოთვლა; დროის არჩეულ პერიოდში ყველა პარამეტრის მინიმალური, მაქსიმალური და საშუალო მნიშვნელობის გაანგარიშება; დროის მოცემულ პერიოდში მოხმარებული ენერგიისა და სიმძლავრის კოეფიციენტის გამოთვლა;

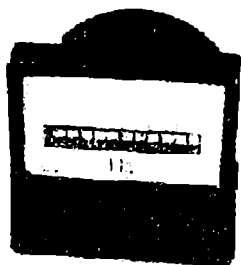
დენისა და ძაბვის საზომი ტრანსფორმატორების დატვირთვის კონტროლი.

მოცემული, გაზომილი და გამოთვლილი მნიშვნელობები ინდიცირდება გრაფიკული დისპლეის ეკრანზე. ინდიცირებული მნიშვნელობები შეინახება გარე ან შიგა მეხსიერებაში. ამ ხელსაწყოს შეუძლია იმუშაოს პერსონალურ კომპიუტერთან ერთად და უზრუნველყოს დროის მიხედვით პერიოდული გაზომვები და მიღებული შედეგების მიხედვით შეადგინოს ცხრილები და გრაფიკები, აგრეთვე გამოსახოს ეკრანზე დროის რეალურ მასშტაბში ქსელის მუშაობის ვექტორული დიაგრამა. საჭიროების შემთხვევაში იგი შეიძლება გამოყენებული იქნეს ინფორმაციული მართვის სისტემების შემადგენლობაში.

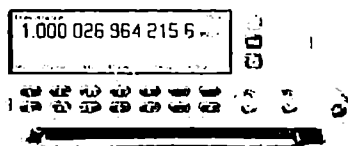
მისი კვების ძირითად წყაროს წარმოადგენს აკუმულატორის ბატარეა. გარდა ამისა შესაძლებელია მისი კვება 220ვ ძაბვისა და ავტომობილის ქსელიდან.

დიდ ინტერესს იწვევს ნახ. 2.24, დ-ზე წარმოდგენილი ხელსაწყო რეტომეტრი. იგი ახალი თაობის მრავალფუნქციური და მთლიანად ავტომატიზირებული სერტიფიცირებულია ხელსაწყოა, რომელიც თავისი სიზუსტითა და წონითი გაბარიტული მანევრებლბებით ბევრად უსწრებს ამჟამად გამოშვებულ ვაფ-ებს. ხელსაწყოს ძალიან მოხერხებულია და მარტივია ექსპლუატაციაში. მას შეუძლია ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იმუშაოს ავტონომიურ რეჟიმში ჩაშენებული აკუმულატორებიდან. იგი საშუალებას გვაძლევს ჩავატაროთ გაზომვები ლაბორატორიულ და საველე პირობებში ტემპერატურის ცვლილების ფართო დიაპაზონში და სუსტი განათების შემთხვევაში. იგი თავისუფლად თავსდება ჯიბეში.

ა)



ბ)

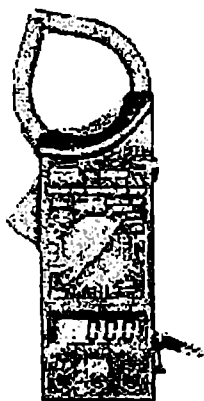


ნახ. 2.25. სიხშირის მზომები:

ა) – ვიბრაციული სისტემის; ბ) ციფრული

მისი განსაკუთრებული განმასხვავებელი შესაძლებლობებია: გაზომვის მთლიანი ავტომატიზაცია; ინდიკატორის მკვეთრად განათებული მსხვილი სიმბოლოები საშუალებას იძლევა მუშაობა ვაწარმოოთ ბნელ შენობებში; შეუძლია გაზომოს წრედის ელექტრული წინააღობა და აქვს “გარეკვის” (“Приворота”) რეჟიმი; ჩაღობაში ჩაკერებული მაგნიტების დახმარებით ხდება ხელსაწყოთა დამაგრება ნებისმიერ მეტალის ზედაპირზე.

ა)



ბ)



ნახ. 2.26. ციფრული დენსაზომი მარწუხები:

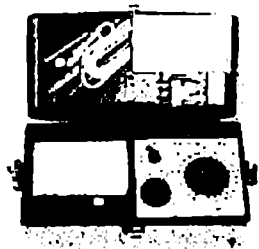
ა – დაბალი ძაბვის; ბ – მაღალი ძაბვის

ი) სიხშირის მზომი. სიხშირე ელექტრული წრედის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პარამეტრია ამიტომ მის გაკონტროლებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება. ელექტრულ წრედებში სიხშირის გასაზომად გამოყენებულია ვიბრაციული და ციფრული ხელსაწყოები. ნახ. 2.25, ა-ზე მოცემულია ვიბრაციული სისტემის ხელსაწყო, რომელიც გამოიყენება სიხშირის გასაზომად ცვლადი დენის წრედებში მოძრავ და სტაციონალურ ობიექტებზე, ხოლო ნახ. 2.25, ბ-ზე ნაჩვენებია მრავალი ტიპის ციფრული სიხშირემზომიდან ერთ-ერთი, კერძოდ, თანამედროვე უახლესი CN-90XL60ГГЦ ტიპის,

რომლის სიხშირის გაზომვის დიაპაზონია 0.001კც - 60კკც.

კ) დენსაზომი მარწუხი. (ნახ. 2.26) ეს ხელსაწყო საშუალებას გვაძლევს მაღალი სიზუსტითა და უკონტაქტოთ გაგზომოთ წრედში გამავალი დენის ძალა, ისე რომ არ შეეწყვიტოთ წრედში ელენერგიის მიწოდება მომხმარებელზე. დენის ძალის გაზომვის დროს მარწუხის საცეცები, რომელშიც ჩამონტაჟებულია ფერიტის გულარები, შემოეხვევა დენგამტარ სადენს. სადენში გამავალი დენი აღძრავს მაგნიტურ ინდუქციას, რომლის მნიშვნელობა პირდაპირპროპორციულია სადენში გამავალი დენისა.

ინდუქციის ეს მნიშვნელობა მარწუხის დენის გადამწოდებით რეგისტრირდება დენის მნიშვნელობად, რომელიც გამონათდება მარწუხის დისპლეიზე. დენსაზომ მარწუხს აქვს უნარი, დაიმახსოვროს ან შეინახოს გაზომილი სიდიდის მნიშვნელობა. ეს ხელსაწყო შეიძლება გამოყენებული იქნეს ვოლტმეტრად, რისთვისაც მას გააჩნია სპეციალური საცეცები და მათი შეერთების ადგილი. ამიტომ იგი ითვლება უნივერსალურ საზომ ხელსაწყოდ. ეს ხელ-

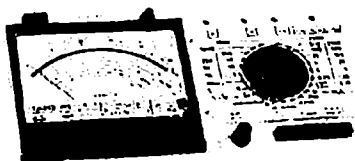


ნახ. 2.27. 4380 II ტიპის
ტესტერი

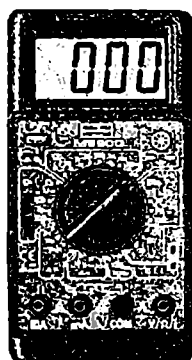
საწყო გამოიყენება ისეთ ადგილებში, სადაც გვაქვს ფაზების განკალკევების შესაძლებლობა და არ შეიძლება გამოყენებული იქნეს მრავალძარღვა ძალოვან კაბელებში. სადაც ერთ კაბელში მოთავსებულია ყველა სამივე ფაზის სადენი. ამ ხელსაწყოს გამოყენების დროს საჭიროა ყურადღება მივაქციოთ იმას, რომ მარწყვის საცეცები ერთმანეთთან მჭიდროდ უნდა იქნეს მოჭერილი დრეწოს გარეშე. წინააღმდეგ შემთხვევაში გაზომვის მნიშვნელობა იქნება მცდარი. დენსაზომი მარწყვები მუშაობენ როგორც მუდმივ, ისე (კვლად დენზე გასაზომი სიდიდის დიდ დიაპაზონში.

ღ) ტესტერი. ფართოდ გამოიყენება დიაგნოსტიკის პროცესში კომბინირებული ელექტროსაზომი ხელსაწყო ტესტერი, რომელიც არსებობს სხვადასხვა მოდიფიკაციით. ერთ-ერთი მოდიფიკაციის ტესტერი მოცემულია ნახ.2.27-ზე.

ა)



ბ)



ნახ. 2.28. მულტიმეტრები:

ა) - II4342-M1 ტიპის ანალოგიური მულტიმეტრი; ბ) -
ციფრული მულტიმეტრი

მ) მულტიმეტრები. მულტიმეტრებს დიდი გამოყენება აქვთ მუდმივი და ცვლადი დენებისა და ძაბვების, წინააღობების, სიხშირის, წრედის მთლიანობის, ელემენტების წესიერულობის შესამოწმებლად. დამამზადებლების მიერ გამოშვებულია ასეთი ხელსაწყოები სხვადასხვაგვარი ფუნქციებით. მულტიმეტრები არსებობს ანალოგიური (ნახ. 2.20, ა) და ციფრული (ნახ. 2.20, ბ).

ჩვეულებრივ მულტიმეტრები შეიცავს ამპერმეტრს, ვოლტმეტრს და ომმეტრს. შესაბამისი ფუნქციების გადამრთველით. ომმეტრი არსებითად წარმოადგენს დენის საზომ ხელსაწყოს, რომლის სკალა დაგრადუირებულია ომეგ-ში. ასეთი ამპერმეტრ-ვოლტმეტრ-ომმეტრი ძირითადი დიაგნოსტიკური ხელსაწყოა. ამ ხელსაწყოს სწორად გამოყენება ამადლებს არა მარტო გაზომვის სიზუსტეს, არამედ ახანგრძლივებს მისი მომსახურეობის ვადასაც.

მულტიმეტრის გამოყენების პროცესში უნდა დაეიცვათ სიფრთხილის ქვემოთ მოყვანილი ზომები:

- ხელსაწყოს დაზიანების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა შემოწმება დავიწყოთ გაზომვის ყველაზე მაღალი ზღვარიდან და თანდათანობით შევამციროთ.

- უფრო სუსტი შედეგის მასაღებად გაზომვის დიაპაზონი უნდა შევარჩიოთ ისე, რომ ხელსაწყოს ჩვენება იყოს ხელსაწყოს სკალის ზედა ნახევარში.

- გაზომვის წინ (განსაკუთრებით მუდმივი დენისა და ძაბვის შემთხვევაში) განესაზღვროთ წრედის პოლარობა.

- წინააღობის გაზომვის წინ ეს წინააღობა უნდა გამოვრთოთ კვების წყაროდან, წინააღმდეგ შემთხვევაში საზომი ხელსაწყო გამოვა მწყობრიდან.

-წინააღმდეგობის გაზომვის სიზუსტის უზრუნველყოფის მიზნით მულტიმეტრში პერიოდულად უნდა შეიცვალოს კვების ბატარეა.

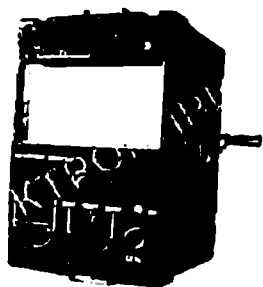
-ხელსაწყო უნდა დავიცვათ მტერის, ნესტის, კვამლისა და მაღალი ტემპერატურისაგან.

ანალოგიურ მულტიმეტრთან შედარებით ციფრული მულტიმეტრი ფლობს მთელ რიგ დადებით თვისებებს, რაც მას ხდის მოსახერხებელ და ეფექტურ ხელსაწყოდ. მას გააჩნია ფუნქციონალური სიმარტივე, მრავალფუნქციონალობა (ძაბვის, დენის, წინააღმდეგობის გაზომვის რეჟიმები) გაზომვის დიაპაზონის ავტომატური არჩევის თვისება, გაზომვის შედეგის შენახვის, დიოდების, ტრანზისტორების, კონდენსატორებისა და სხვა პარამეტრების შემოწმების შესაძლებლობა.

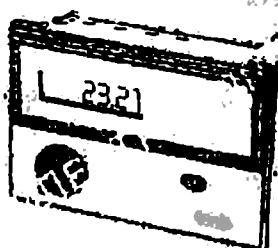
6) მეგომეტრი. ჩვეულებრივი მულტიმეტრები ვერ უზრუნველყოფენ გაზომვის სიზუსტის 10 მეგაომზე მეტი წინააღმდეგობის გაზომვის დროს, რადგან მათში გამოყენებულია დაბალი ძაბვის კვების წყარო. ამიტომ 0 – 1000 მეგაომ დიაპაზონში წინააღმდეგობის გაზომვისას გამოიყენებენ მეგაომმეტრებს (შემოკლებით მეგერი) ანუ იზოლაციის წინააღმდეგობის საზომებს. თავისი მოქმედების პრინციპით ისინი წარმოადგენენ ომმეტრებს, რომლებშიც კვებისათვის გამოყენებულია მაღალი ძაბვის წყარო. ეს ხელსაწყოები ძირითადად გამოიყენება კაბელის იზოლაციის, ელექტროძრავას ან ტრანსფორმატორის ხეიბებს შორის წინააღმდეგობის გაზომვად და ა.შ.

მეგაომმეტრიდან შესამოწმებელ წრედზე მოედება მაღალი ძაბვა და თუ წრედში არსებობს მცირე ელექტრონული გაჟონვაც კი, ეს ძაბვა იწვევს შესამჩნევ დენს, რაც ამ ხელსაწყოს ხდის იზოლაციის წინააღმდეგობის გაზომვად.

ა)



ბ)



ნახ. 2.29. მეგაომმეტრები:

ა) - ელექტრომექანიკური გენერატორით (ЭС 0202/1Г);

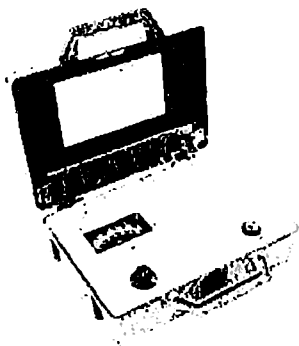
ბ) - ციფრული (AM2002)

ზოგიერთ ლაბორატორიულ საზომ ხელსაწყოს გააჩნია ჩაშენებული მაღალი ძაბვის წყარო, რომელიც საშუალებას გვაძლევს დიდი სიზუსტით გაიზომოს დიდი წინააღობები. ამასთანავე ასეთი ხელსაწყოები არ არის მობილური.

მეგაომმეტრი არის პორტატული ომმეტრი მაღალვოლტიანი კვების წყაროთი. ეს კვების წყარო შეიძლება იყოს ელექტრომაგნიტური მუდმივი დენის გენერატორი ან ბატარეა. მეგაომმეტრში, რომელსაც გააჩნია გენერატორი გამოყენებულია სახელური გენერატორის ღუზის დასაბრუნებლად. გენერატორი თავისი მოდელიდან გამომდინარე გამოიშუშავენს 500, 1000 და 2500 ვოლტ ძაბვას. წარმოების მიერ გამოშვებულია სხვადასხვა ტიპის მეგაომმეტრების დიდი რაოდენობა. მაგალითისათვის ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ ორ მათგანს.

ნახ. 2.29. ა-ზე ნაჩვენებია ЭС 0202/1Г ტიპის მეგაომმეტრი, რომელიც ცვლის დღემდე არსებულ М4100/1; М4100/2; М4100/3 და М4101 ტიპის მეგაომმეტრებს. იგი

ა)



ბ)



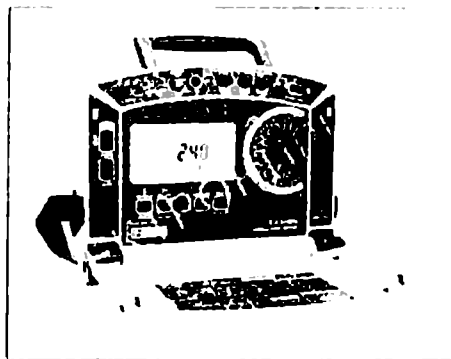
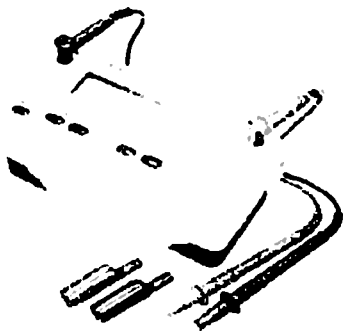
ნახ. 2.30. იზოლაციის წინააღობის საზომები:

ა) - ანალოგიური (MA-2060); ბ) - ციფრული (4102MF)

იკვებება მასში ჩამონტაჟებული ელექტრომექანიკური გენერატორით, რაც გამორიცხავს მისი წრედში ჩართვის საჭიროებას. მისი გაზომვის დიაპაზონი 0 1000 მომი-ა. გამოსაცდელი ძაბვებია 500, 1000 და 2500 ვოლტი.

ნახ 2.29, ბ-ზე ნაჩვენებია AM2002 ტიპის ციფრული მეგომეტრი, რომელიც უზრუნველყოფს გაზომვის მაღალ სისუსტეს (1-2%) 0,1-1000 მ ომი წინააღობის დიაპაზონში. გამოიმუშავებს 100, 250, 500 და 1000 ვ საცდელ ძაბვებს. იკვებება 9 ვ ძაბვით. ამიტომ ეს უკანასკნელი დიდი პოპულარობით სარგებლობს ინჟინერ-ელექტრიკოსებს შორის, რადგან მსუბუქი და კომპაქტურია.

ო) იზოლაციის წინააღობის საზომი. ძალიან დიდი წინააღობების გასაზომად გამოიყენება იზოლაციის წინააღობის საზომები. ნახ. 2.30, ა-ზე ნაჩვენებია MA-2060 ტიპის ხელსაწყო, რომლის გაზომვის ზღვარია 500 კომიდან 500 გომამდე. ეს ხელსაწყო გამოიმუშავებს 500, 1000, 2000 და 5000 ვ ძაბვებს. ამ ხელსაწყოთი შეიძლება ჩაატაროთ დანადგარის გამოცდა ელექტრულ სიმტკიცეზე, რადგანაც



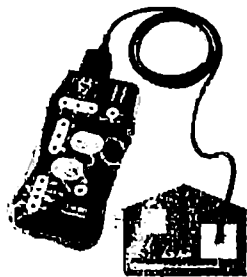
ნახ. 2.31. 1151 IN - ტიპის მრავალფუნქციური ციფრული ავტოტესტერი

ნახ. 2.32. CA 6115-N ტიპის კომპლექსური შემოწმების ხელსაწყო

შესაძლებელია საცდელი ძაბვის შენარჩუნება გარკვეული დროის განმავლობაში. ხელსაწყო უზრუნველყოფილია ტესტირების დამთავრების შემდეგ ავტომატური განმუხტვის მოწყობილობით.

ნახ. 2.30, ბ-ზე ნაჩვენებია 4102MF ტიპის ციფრული იზოლაციის წინაღობის საზომი, რომელსაც შეუძლია იზოლაციის წინაღობის, წრედის წინაღობის, მუდმივი და ცვლადი ძაბვის გაზომვა და მოწყობილობათა ტესტირება. წინაღობის გასაზომად ამ ხელსაწყოს ტესტირებისათვის გამოიყენება მუდმივი ძაბვის სამი მნიშვნელობა: 250, 500 და 1000 ვ. ხელსაწყოს გაზომვის ზღვარია 2 კომიდან 8 გომამდე. იკვებება 12 ვ მუდმივი ძაბვით.

ა) მრავალფუნქციური ტესტერები. უკანასკნელ ხანებში დიდ გამოყენებას პოულობს აგრეთვე მრავალფუნქციური 1151 IN ტიპის ციფრული ავტოტესტირები (ნახ. 2.31) და ელექტროდანადგარების კომპლექსური შემოწმების ხელსაწყო, რომელიც მოცემულია ნახ. 2.32-ზე. ეს



ნახ. 2.33. MI 2150 ტიპის
ელექტროსადენის
ტესტირების ხელსაწყო

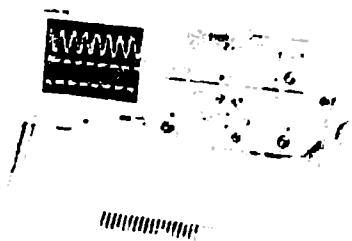


ნახ. 2.34. ПКК-57 ტიპის
მრავალფუნქციური ხელ-
საწყო

ხელსაწყო ეფექტურად გამოიყენება საყოფაცხოვრებო, კომერციულ და სამრეწველო სექტორში. ელექტროტექნიკოსები მას იყენებენ ახალი მოწყობილობის მიღების დროს ან მოწყობილობის რეკონსტრუქციის შემდეგ შემოწმებისათვის. ხელსაწყოს დახმარებით ადვილად და რისკის გარეშე სრულდება ელექტროდანადგარების სტანდარტით რეკომენდირებული გაზომვები. ხელსაწყო შეესაბამება საერთაშორისო სტანდარტებს. კომპიუტერული პროგრამა CA 6115-N საშუალებას იძლევა ხელსაწყოს მეხსიერებიდან მივიღოთ გაზომვის შედეგები ცხრილის სახით. კომპიუტერული პროგრამა საშუალებას იძლევა აგრეთვე ყველა შედეგი ამოიბეჭდოს პრინტერზე A6 ფორმატით.

ელექტროსადენების მთლიანობის, იზოლაციის წინააღობის, შეხების ძაბვის, დამიწების სადენზე ძაბვის არსებობის შემოწმებისა და სადენის ვარგისიანობის დასკვნისათვის გამოიყენება ნახ. 2.33-ზე მოცემული MI 2150 ტიპის პორტატული ხელსაწყო.

ელექტროენერგიის ხარისხის შემოწმებისათვის გამოყენებულია ПКК-57 ტიპის კომპლექსური კონტროლის ხე-



დსაწყო-ელექტროენერგიის ხარისხის ანალიზატორი (ნახ. 2.34), რომლის დახმარებითაც შეგვიძლია გაზომვები ჩაერთოთ როგორც ერთფაზა, ისე სამფაზა დენის ქსელებში. მისი საშუალებით განისაზღვრება დენის, ძაბვის, აქტიური, რეაქტიული და სრული სიმ-

ნახ. 2.35. ოსცილოგრაფი

ძლავრის, სიმძლავრის კოეფიციენტის, აქტიური და რეაქტიული ენერგიის, დამცავი მოწყობილობის, წრედის სრული წინაღობის, იზოლაციისა და ჩამიწების წინაღობის, გრუნტის გამტარობის მნიშვნელობები, ფაზათა თანმიმდევრობა, სიხშირის გადახრა, ძაბვისა და დენის არასინუსოიდურობა 49-ე პარმონიკამდე და სხვა.

მისი შინაგანი მეხსიერება შეადგენს 2 მეგაბაიტს.

ე) ოსცილოგრაფები. ოსცილოგრაფი ფართოდ გამოყენებული ხელსაწყოა. საკვლევი სიგნალი გამოისახება მის ეკრანზე, რომლის მიხედვითაც ვმსჯელობთ მის სიხშირეზე, ფორმაზე და იმპულსების ხანგრძლივობაზე. იგი შეიძლება გამოყენებული იქნეს როგორც მუდმივი, ასევე ცვლადი ძაბვის გასაზომად.

ეკრანზე გამოსახული სიგნალის მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს მისი ამპლიტუდა და პერიოდი. ნახ. 2.35-ზე მოცემულია GOS-7630 ტიპის ორსხივიანი ოსცილოგრაფი.

ორსხივიანი ოსცილოგრაფი საშუალებას იძლევა დაეინახოთ და ერთმანეთს შევადაროთ ორ სხვადასხვა არხში გაჩაველი სიგნალი. გადამრთველების ორი ჯგუფი იძლევა შესაძლებლობას შევადაროთ მათი პერიოდები, ამპლი-

ტუდები, ფორმები. დამამახსოვრებელი ოსცილოგრაფით შეიძლება შევინახოთ სიგნალის ფორმა მისი შემდგომი ანალიზის ჩატარების მიზნით.

ყველა ზემოთმოყვანილი ხელსაწყოთა გამოყენების დროს უნდა ვისარგებლოთ ხელსაწყოზე თანდართული ინსტრუქციით.

2.9. ელექტროტექნიკური გაზომვები დიაგნოსტიკის დროს

ა) ერთეულთა სისტემები. ნებისმიერი მეცნიერების დარგს გააჩნია თავისი საკუთარი უნიკალური ენა და ამ მხრივ ელექტროტექნიკა გამონაკლისს არ წარმოადგენს.

იზომება ყველაფერი, ყველგან და ყოველთვის; გაზომვის აუცილებლობას მოითხოვს ნებისმიერი ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობის გაკონტროლება, მანქანა-დანადგარების მუშაობის რეჟიმების შესწავლა, გამომუშავებულ და დახარჯულ ენერგიებს შორის ფარდობის დადგენა, უსაფრთხოების პირობების დაცვა, მართვის ავტომატური რეჟიმების შესაძლებლობა და მრავალი სხვა.

მეტი სიცხადისა და მოხერხებულობისათვის საერთაშორისო შეთანხმებით მიღებულია, რომ ერთი ფიზიკური სიდიდის აღნიშვნა ყველგან იყოს ერთნაირი, ყველგან იზომებოდეს ერთნაირ ერთეულებში და დაცული იყოს ამ ერთეულის სტანდარტი. ამ მიზნით შემოღებულია ერთეულთა სისტემები, რომელთაგან ყველაზე გავრცელებულია ე.წ. SI (System International) სისტემა, შედარებით ნაკლებად – CGSE სისტემა.

ცხრილი 2.1-ში ნაჩვენებია ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდის საერთაშორისო აღნიშვნა და ერთეული ამ სისტემაში.

ბ) ელექტრომზომი ხელსაწყოების კლასიფიკაცია

სიდიდე	სიდიდის აღნიშვნა	საზომი ერთეული	ერთეულის აღნიშვნა
დენის ძალა	I	ამპერი	ა
ძაბვა	V	ვოლტი	ვ
მეხტიჟელექტრო ბის რაოდენობა	Q	კულონი	კლ
ენერგია	W	ჯოული.ვატი.სთ	ჯ.ვტ.სთ
სიმძლავრე აქტიური	P	ვატი	ვტ
სიმძლავრე რეაქტიული	Q	ვოლტამპერეაქტიული	ვარ
სიმძლავრე სრული	S	ვოლტამპერი	ვა
წინაღობა	R	ომი	ომი
კუთრი წინაღობა	ρ	ომი.მეტრი	ომი.მ
რეაქტიული წინაღობა	X	ომი	ომი
სრული წინაღობა	Z	ომი	ომი
გამტარობა აქტიური	G	სიმენსი	სიმ
გამტარობა რეაქტიული	B	სიმენსი	სიმ
გამტარობა სრული	Y	სიმენსი	სიმ
ინდუქციურობა	L	ჰენრი	ჰნ
ტევადობა	C	ფარადი	ფ
სიხშირე	f	ჰერცი	ჰც
კუთხური სიხშირე	??	რადიანი/წამი	რად/წმ
დრო	t	წამი	წმ

სხვადასხვა სახის გაზომვები წარმოადგენენ დიაგნოსტიკური სამუშაოების არსებით ნაწილს. გამზომი ხელსაწყოებისა და გაზომვის მეთოდის სწორ არჩევაზე დამოკიდებული ელექტრომოწყობილობის მდგომარეობის შეფასების ხარისხი.

საზომი ტექნიკის სხვა სახეებთან შედარებით ელექტრული გაზომვები გამოირჩევა დიდი სიზუსტით, სიმარტივით და საიმედოობით. ამის გამო ელექტრომზომი ხელსაწყოების მექანიზმები იხმარება არა მარტო უშუალოდ ელექტრული სიდიდეების გასაზომად, არამედ სხვა, ბევრი არაელექტრული სიდიდის გასაზომადაც. გასაზომი სიდიდეების ნაირგვარობის გამო გამზომი მექანიზმებიც ნაირგვარია და მათი კლასიფიკაცია ხდება მთელი რიგი ფაქტორებით. ასე მაგალითად: გასაზომი სიდიდის მიხედვით არსებობს დენის, ძაბვის, სიმძლავრის დახარჯული ენერგიის, სიხშირის, ძვრის კუთხის და სიმძლავრის კოეფიციენტის საზომი ხელსაწყოები; გასაზომი დენის სახის მიხედვით ელექტრომზომი ხელსაწყოებია: მუდმივი დენის, ერთფაზა ცვლადი დენის და სამფაზა დენის; გასაზომი სიზუსტის მიხედვით ისრიანი მზომი ხელსაწყოები დაყოფილია რვა კლასად: 0,05; 0,1; 0,2; 1,0; 1,5; 2,5 და 4,0 კლასის ნომერი და დასაშვები ცდომილების მნიშვნელობა ამოტანილია ხელსაწყოს სკალის პანელზე. 1,5 კლასის ხელსაწყოების ცდომილების დასაშვები მნიშვნელობაა 1,5% და ა.შ. ხელსაწყოები, რომელთა ცდომილება 4%-ს აღემატება კლასებით კლასიფიკაციას არ ექვემდებარება, ესენია, უმეტესად ფარის ხელსაწყოები, რომელთა მთავარ დანიშნულებად გასაზომი სიდიდის ინდიკაცია ითვლება. 0,05 – 0,5 ფასის ხელსაწყოების დანიშნულებაა გაზომვის დიდი სიზუსტე და გამოყენება როგორც სხვა მზომი ხელსაწყოების მაკონტროლე-

ბელი ხელსაწყოები და ლაბორატორიული კელევეების დროს. გაზომვის ზღვრის გაზრდის მიზნით სტანდარტის მიხედვით გამოიყენება 0,02; 0,05; 0,1 0,2 0,5 და 1,0 კლასის შუნტები და დამატებითი წინაღობები.

პრაქტიკაში დიაგნოსტიკური სამუშაოების შესრულების დროს ყველაზე ხშირად გამოიყენება გაზომვის უშუალო შეფასების მეთოდი წინასწარ დაგრადუირებული ხელსაწყოთა საშუალებით (დენის გაზომვა ამპერმეტრით, ძაბვის – ვოლტმეტრით, სიმძლავრის – ვოლტმეტრით და ა.შ.). მაგრამ საკმაოდ ხშირად გამოიყენება აგრეთვე შედარების მეთოდები (წინააღობის გაზომვა ბოგირით, ძაბვის – პოტენციომეტრით). ორივე მეთოდი მიეკუთვნება პირდაპირი გაზომვის მეთოდს.

ცხრილი 2.2

მამრაველი	დასახელება	ქართული აღნიშვნა	საერთაშორისო აღნიშვნა
10^{18}	ექსა	ე	E
10^{15}	პეტა	პ	P
10^{12}	ტერა	ტ	T
10^9	გიგა	გ	G
10^6	მეგა	მგ	M
10^3	კილო	კ	K
10^2	ჰექტო	ჰ	h
10^1	დეკა	დე	da
10^{-1}	დეცი	დეც	d
10^{-2}	სანტი	ს	c
10^{-3}	მილი	მ	m
10^{-6}	მიკრო	მკ	mk(μ)
10^{-9}	ნანო	ნ	n
10^{-12}	პიკო	პ	p
10^{-15}	ფენტო	ფ	f
10^{-18}	ატო	ა	a

გარდა ამისა, გამოიყენება აგრეთვე გაზომვის ირიბი მეთოდები, რომლის დროსაც ჩვენთვის საინტერესო სიდიდე განისაზღვრება ანგარიშის გზით (სიმძლავრის გაზომვა ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩვენებით). უფრო ზუსტ მეთოდად მიჩნეულია პირდაპირი გაზომვის მეთოდი და პირველ რიგში შედარების მეთოდი.

გ) ჯერადი ერთეულები – გაზომვის შედეგების ჩაწერის გამარტივებისა და მოხერხებულობის მიზნით შემოღებულია ფიზიკურ სიდიდეთა ჯერადი ერთეულები. ხშირ შემთხვევაში ეს ჯერადობა გამოისახება 10-ის ხარისხებით შემდეგი დასახელებებით: მილიონჯერ მეტი – მეგა, ათასჯერ მეტი – კილო, ათასჯერ ნაკლები – მილი, მილიონჯერ

ცხრილი №2.3

გასაზომი სიდიდე	ხელსაწყო დასახელ.	პირობითი აღნიშვნა
დენი	ამპერმეტრი მილიამპერმეტრი მიკროამპერმეტრი	A mA μA
ძაბვა	ვოლტმეტრი მილივოლტმეტრი კილოვოლტმეტრი	V mV kV
სიმძლავრე	ვატმეტრი კილოვატმეტრი	W kW
ენერგია	მრიცხველი	kWh
ძვრის კუთხე და სიმძ. კოეფ. სიხშირე	ფაზომეტრი სიხშირმზომი	φ $\cos \varphi$ Hz
წინაღობა	ომმეტრი მეგაომმეტრი	Ω $M\Omega$

ხელსაწყოთა სისტემა	აღნიშვნა
მაგნიტოელექტრული	
ელექტრომაგნიტური	
ლოგოსტრი	
ელექტროდინამიური, ინდუქციური	

აღნიშვნა	დენის სახეები მუდმივი დენი
	მუდმივი და ცვლადი
	ერთფაზა ცვლადი
	სამფაზა ცვლადი
1,5	სიზუსტის კლასი
	იზოლაციის ხარისხი 7კვ -ზე

ნაკლები – მიკრო და ა.შ. ცხრილ №2.2-ში მოცემულია მაძრავლები, მათი დასახელებები და საერთაშორისო აღნიშვნები.

დ) სკალაზე დატანილი აღნიშვნები – ელექტრომ-
ზომი ხელსაწყოების სკალის უპირველესი დანიშნულებაა
ციფერბლატზე ისრის მდგომარეობით წავეიკითხოთ გასა-
ზომი სიდიდის რაოდენობრივი მნიშვნელობა. ხშირად
ისრის ქვეშ დატანილია სარკე, რომლის დანიშნულებაა
გაზარდოს ათვლის სიზუსტე. ამისათვის სკალას დაეხ-

დავთ ზემოდან იმ კუთხით, რომ ისრის მდგომარეობა დაემთხვეს მის სარკულ ანარეკლს. დაკვირვების ამ კუთხით წაიკითხება ისრის ზუსტი ჩვენება.

გარდა ამისა ელექტრომზომი ხელსაწყოების არჩევის მიზნით მის სკალაზე გამოტანილია მთელი რიგი აღნიშვნები, რომელიც მიუთითებს გასაზომ სიდიდეს, მის ზედა ზღვარს და ხასიათს, ხელსაწყოს სისტემას, კლასს და ა.შ.

ეს აღნიშვნები მოყვანილია №2.4 და №2.5 ცხრილების სახით.

ე) დანაყოფის ფასის დადგენა ისრიან ხელსაწყოებზე

ხშირ შემთხვევაში ელექტრომზომი ხელსაწყოები გამოდის გასაზომი სიდიდის სხვადასხვა მნიშვნელობის ზედა ზღვარით. ზღვარის არჩევა ხდება დამატებითი მომჭერით, კლავიშით, შტეფსელური ტიპის ღრმულით და სხვა.

სკალა დაგრადუირებულია გარკვეულ დიაპაზონში, მაგალითად 0 – 150; 0 – 100 და სხვა დიაპაზონებში.

გასაზომი სიდიდის ზედა ზღვარის არჩევის შემდეგ დანაყოფის ფასი შეიძლება განისაზღვროს პროპორციიდან, აღენიშნოთ: ისრის მაქსიმალური გადახრა (a) – გაზომვის ზედა ზღვარი (b); ისრის გადახრა გაზომვის პროცესში (c) ანუ გაზომილი დანაყოფების რიცხვი – გასაზომი სიდიდე (x). a -ს შეესაბამება b ; c -ს x .

$$\frac{a}{c} \frac{b}{x} \text{ საიდანაც } x = \frac{c \cdot b}{a} \text{ დანაყოფის ფასია } \frac{b}{a}.$$

განვიხილოთ მაგალითი: ეთქვას ვოლტმეტრის პანელზე ამოტანილია კლავიშები გაზომვის ზედა ზღვრების ჩვენებით, 150ვ, 300ვ, 600ვ.

სკალა დაგრადუირებულია (0 - 150) დიაპაზონში. ვოლტმეტრის გაზომვის წრედში ჩართვის შემდეგ თუ

ავირჩევთ კლავიშს 150ვ, დანაყოფის ფასი იქნება $\frac{150}{150}=1$.

ე.ი. ისრის გადახრა პირდაპირ უწვენებს გასაზომი ძაბვის სიდიდეს. თუ ავირჩევთ კლავიშს 300ვ, მაშინ დანაყოფის

ფასი იქნება $\frac{300}{150}=2$, ანუ ისრის ჩვენება უნდა გავამრავ-

ლოთ 2-ზე და ა.შ. გაზომვის სიზუსტის გაზრდის მიზნით სასურველია გაზომვის ზედა ზღვარი ხელსაწყოზე ავირჩიოთ ისეთი, რომ მეტი იყოს გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობაზე, მაგრამ რაც შეიძლება მასთან მიახლოებული. მაგალითად, თუ ზემოთ მოყვანილ მაგალითში გასაზომია დაახლოებით 100ვ რიგის ძაბვა, უმჯობესია ავირჩიოთ ზედა ზღვარი 150ვ და არა 300 და მითუმეტეს 600.

ვ) ცნება გაზომვის ცდომილების შესახებ.

არცერთი გაზომვის შედეგი არ არის იდეალურად ზუსტი. გაზომვის შედეგები ყოველთვის მეტ-ნაკლები სიზუსტით უახლოვდება გასაზომი სიდიდის ნამდვილ მნიშვნელობას და იმ მიზნით, რომ განვსაზღვროთ რამდენია მათ შორის სხვაობა, შემოგვაქვს ცნება გაზომვის ცდომილების შესახებ.

გაზომილი (A) და გასაზომი სიდიდის ნამდვილ მნიშვნელობას (A_0) შორის სხვაობას აბსოლუტური ცდომილება ეწოდება.

$$\Delta A = A - A_0.$$

აბსოლუტური ცდომილებით ვერ ვიმსჯელებთ გაზომვის ცდომილებაზე, რამდენადაც იგი გასაზომი სიდიდის

დიაპაზონზეა დამოკიდებული. ასე მაგალითად, თუ იზომება დენი, რომლის სიდიდე 1 ამპერის რიგისაა და აბსოლუტური ცდომილება 0,3 ამპერია, იმ დენების გაზომვისა, რომლის რიგი 1000 ამპერია და აბსოლუტური ცდომილება 5 ამპერია, გაზომვები უფრო ზუსტია, ვიდრე წინა შეთხვევაში.

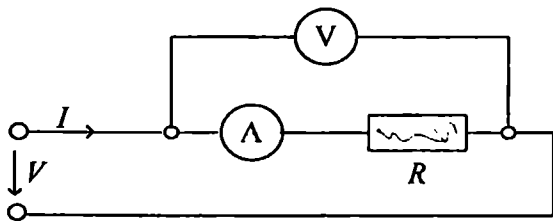
ამიტომ გაზომვის ცდომილება ფასდება ფარდობითი ერთეულებით და გამოისახება პროცენტებით.

$$\text{გაზომვის ფარდობითი ცდომილება } \gamma = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100\%$$

§2.8-ში მოყვანილია დიაგნოსტიკის დროს გამოყენებული ფართოდ გავრცელებული ხელსაწყოები, მათი მახასიათებლები. ქვემოთ დაწვრილებით შევეხებით ელექტრული სიდიდეების გაზომვის სქემებს, პროცესსა და გაზომვის თავისებურებებს.

ზ) დენისა და ძაბვის გაზომვა. დენისა და ძაბვის გასაზომად მუდმივი დენის წრედებში ძირითადად გამოიყენება მაგნიტოელექტრული სისტემის ამპერმეტრები და ვოლტმეტრები, რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი სიზუსტით, მგრძნობიარობითა და გადატვირთვის უნარიანობით. თანამედროვე პირობებში დიდი გამოყენება აქვთ აგრეთვე წინა პარაგრაფში დასახელებულ ციფრულ საზომ ხელსაწყოებს. ცალკეულ შემთხვევებში გამოიყენება აგრეთვე ელექტრომაგნიტური სისტემის ხელსაწყოები.

ცვლადი დენის წრედებში დენებისა და ძაბვების გასაზომად გამოიყენება ელექტრომაგნიტური, ელექტროდინამიური და ციფრული სისტემის ხელსაწყოები. ამ უკანასკნელთ დიდი გამოყენება აქვთ მაღალსიხშირულ გაზომვებში.



ნახ. 2.36 დენისა და ძაბვის გაზომვის სქემა

ხელსაწყოთა არჩევის დროს ამა თუ იმ გაზომვის ჩასატარებლად მხედველობაში უნდა მივიღოთ შემდეგი: გაზომვებისათვის, რომლებიც არ მოითხოვენ დიდ სიზუსტეს შეიძლება გამოყენებული იქნეს 1-1,5 სიზუსტის კლასის ხელსაწყოები, ხოლო დიდი სიზუსტის შემთხვევაში 0,2-0,5 კლასის ხელსაწყოები. სარელეო დაცვის გაწყობისათვის გამოიყენება 0,5 კლასის ხელსაწყოები და ა.შ.

დენისა და ძაბვის ერთდროული გაზომვის დროს ხელსაწყოთა სტაციონალურად დამაგრების შემთხვევაში არჩეული უნდა იყოს ხელსაწყოთა განლაგების ადგილი სქემაში. თუ ვოლტმეტრის შინაგანი წინაღობა თანაზომადია ამპერმეტრის შინაგანი წინაღობისა, მაშინ არ შეიძლება ამპერმეტრი დადგეს ვოლტმეტრამდე, რადგან ვოლტმეტრში გამავალი დენი არ შევიდეს გაზომვაში და ხელსაწყოები უნდა ჩაირთოს შემდეგი სქემით (ნახ. 2.36). ამავე დროს ამპერმეტრის შინაგანი წინაღობა უნდა იყოს რაც შეიძლება დაბალი, რადგან მასში ძაბვის ვარდნამ გავლენა არ იქონიოს გაზომვის შედეგზე.

თუ დენისა და ძაბვის გასაზომი მნიშვნელობა აღემატება ხელსაწყოთა გაზომვის ზღვარს, მაშინ პირველ შემთხვევაში გამოიყენება დენის მზომი ტრანსფორმატორები (ცვლადი დენისათვის) და გარეშე შუნტები (მუდმივი დენისათვის), ხოლო მეორე შემთხვევაში ძაბვის მზომი ტრანსფორმა-

ტორები (ცვლადი დენისათვის) და დამატებითი წინაღობები (მუდმივი და ცვლადი დენის შემთხვევაში). დენის ან ძაბვის ტრანსფორმატორების გამოყენების შემთხვევაში დენისა და ძაბვის გაზომილი მნიშვნელობები განისაზღვრებიან ფორმულებით:

$$I_{\text{გაზ}} = I_{\text{ხელს.}} \cdot K_I;$$

$$V_{\text{გაზ}} = V_{\text{ხელს.}} \cdot K_V,$$

სადაც — K_I და K_V — შესაბამისად დენისა და ძაბვის ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტებია.

შუნტების გამოყენების დროს დენის გაზომილი მნიშვნელობა განისაზღვრება მილივოლტმეტრის ჩვენებით

$$I_{\text{გაზ}} = \frac{V_{\text{ხელს.}}}{\Delta V_{\text{შ.დ.}}} \cdot I_{\text{შ.დ.}},$$

სადაც $V_{\text{ხელს.}}$ — მილივოლტმეტრის ჩვენებაა, $\Delta V_{\text{შ.დ.}}$ — ძაბვის ვარდნა შუნტზე $I_{\text{შ.დ.}}$ დენის დროს.

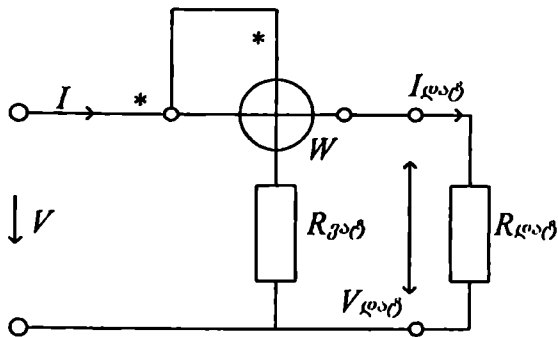
დამატებითი წინაღობის გამოყენების დროს ძაბვის გაზომილი მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$V_{\text{გაზ}} = V_{\text{ხელს.}} \frac{R_{\text{გ}} + R_{\text{ქმ}}}{R_{\text{გ}}},$$

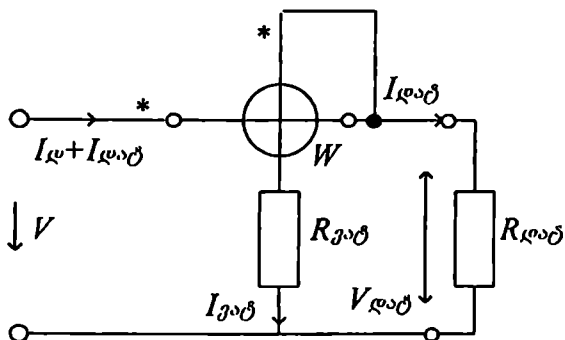
სადაც, $R_{\text{გ}}$ და $R_{\text{ქმ}}$ შესაბამისად ხელსაწყო (ვოლტმეტრის) შინაგანი და დამატებითი წინაღობებია.

თ) სიმძლავრის გაზომვა. ცვლადი დენის წრედებში სიმძლავრის გასაზომად გამოიყენება ელექტროდინამიური და ფეროდინამიური სისტემის ხელსაწყოები 0.2-0.5 სიზუსტის კლასით და ინდუქციური სისტემის ხელსაწყოები, მოძრავი დისკოთი სიზუსტის კლასით 1.5-2.5.

ა)



ბ)



ნახ. 2.37 სიმძლავრის გაზომვა ვატმეტრით მუდმივი დენის წრედებში

ამ ხელსაწყოების სქემების ჩართვა ხორციელდება გრაგნილების პოლარობის დაცვით. ელექტროდინამიური ვატმეტრით სარგებლობის დროს მხედველობაში უნდა მივიღოთ ამ ხელსაწყოს ჩვენების ძლიერი დამოკიდებულება დატვირთვის სიმძლავრის კოეფიციენტზე $\cos \varphi$. ხელსაწყოს ჩვენება შეიძლება იყოს ზუსტი იმ შემთხვევაში, თუ დატვირთვის $\cos \varphi$ ახლოა ხელსაწყოს $\cos \varphi$ -სთან. დაბალი $\cos \varphi$ -ს შემთხვევაში სარგებლობენ სპეციალური ვატმეტრებით, რომლებიც იძლევიან სწორ შედეგებს $\cos \varphi = 0,1 \div 0,3$ ფარგლებში. მუდმივი დენის წრედებში სიმ-

ძლავრეს განსაზღვრავენ მაგნიტოელექტრული სისტემის ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩვენების საფუძველზე, ფორმულით:

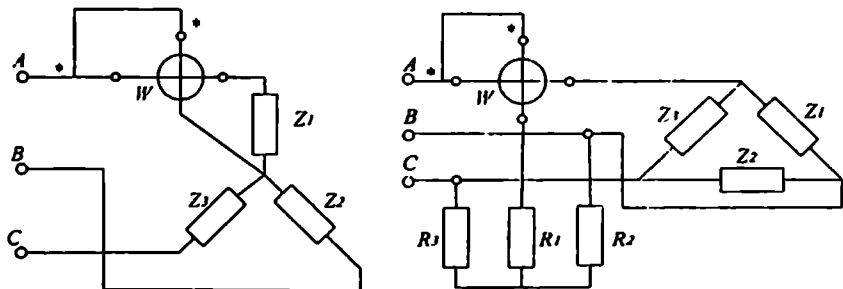
$$P = V \cdot I.$$

უმეტეს შემთხვევაში მუდმივი დენის წრედებში სიმძლავრის გასაზომად გამოიყენებენ ელექტროდინამიური ან მაგნიტოელექტრული სისტემის ვატმეტრებს. ამ შემთხვევაში ისინი წრედში ჩაერთვებიან ქვემოთ მოყვანილი სქემების მიხედვით.

ნახ. 2.37 ა-ზე მოყვანილი სქემა გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა შეიძლება უზუღვეებელყოთ დანაკარგები ვატმეტრის გრაგნილებში. ამ შემთხვევაში სიმძლავრის გასაზომი მნიშვნელობა ტოლია:

$$P_{\text{გაზ.}} = V \cdot I = R_{\text{ვ.ტ.}} (V_{\text{ვ.ტ.}} + V_{\text{ვ.ტ.}}) = I_{\text{ვ.ტ.}} \cdot V_{\text{ვ.ტ.}} + P_{\text{ვ.ტ.}},$$

სადაც, $V_{\text{ვ.ტ.}}$ — არის ძაბვის ვარდნა ვატმეტრის დენის გრაგნილებში; $V_{\text{ვ.ტ.}}$ — ძაბვაა დატვირთვაზე; $I_{\text{ვ.ტ.}}$ — დატვირთვაში გამავალი დენი; $P_{\text{ვ.ტ.}}$ — დატვირთვის სიმძლავრე.



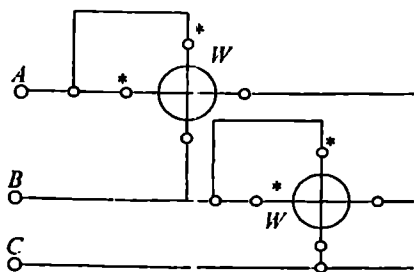
ნახ. 2.38. ერთფაზა ვატმეტრის ჩართვის სქემები

ნახ. 2.37, ბ-ზე მოყვანილი სქემა გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა სიმძლავრის ზუსტი გაზომვა, რადგანაც ვატმეტრის გრაგნილში დანაკარგების შესწორება ამ შემთხვევაში უფრო მარტივად ხდება, ამის გარდა ეს შესწორება უცვლელი რჩება დენის ნებისმიერი მნიშვნელობის დროს. სიმძლავრის გასაზომი მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით:

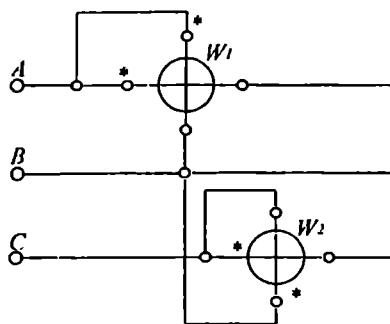
$$P_{\text{გაზ}} = V(I_{\text{გაზ}} + I_{\text{ვტ}}) = P_{\text{გაზ}} + \frac{V^2}{P_{\text{ვტ}}},$$

სადაც, $I_{\text{გაზ}}$ --- ვატმეტრის ძაბვის გრაგნილში გამავალი დენია; $P_{\text{ვტ}}$ --- ვატმეტრის ძაბვის წრედის წინაღობაა.

სამუაზა წრედებში აქტიური სიმძლავრის გასაზომად დიაგნოსტიკური სამუშაოების პრაქტიკაში გამოიყენება ერთუაზა ვატმეტრები, რომლებიც წრედების კონფიგურაციის მიხედვით შეიძლება ჩაირთოს სხვადასხვა სქემით. ნახ. 2.38-ზე ნაჩვენებია ვატმეტრის ჩართვის სქემა სამსადენიან სიმეტრიული დატვირთვის წრედში

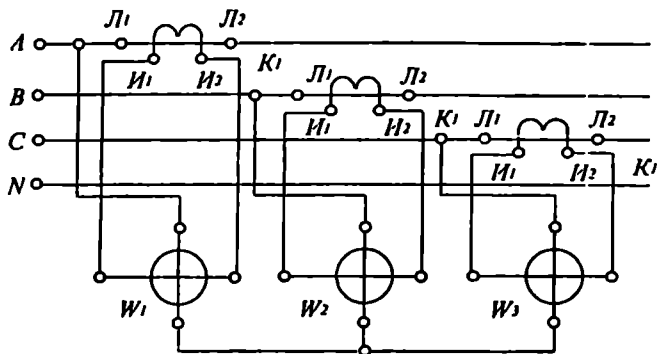


ა)



ბ)

ნახ. 2.39. ვატმეტრების სამუაზა წრედში ჩართვის სქემები

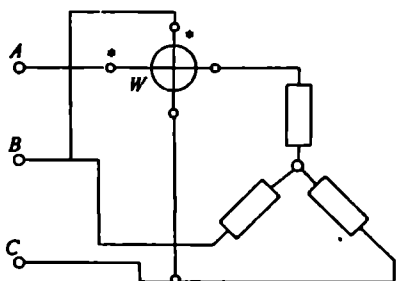


ნახ. 2.40. სამფაზა ოთხსადენიან სისტემაში დენის ტრანსფორმატორებით სიმძლავრის გაზომვის სქემა

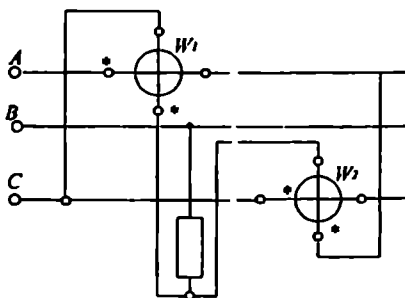
ორივე შემთხვევაში ეატმეტრი ზომავს ერთი ფაზის სიმძლავრეს, მაგრამ რადგანაც დატვირთვა სიმეტრიულია (თანაბარია), ამიტომ ჯამური სიმძლავრე გამოითვლება ფორმულით:

$$P = 3P_{\eta} = 3V_{\eta} I_{\eta} \cos \varphi.$$

ნახ. 2.39-ზე ნაჩვენებია ეატმეტრის ჩართვის უფრო გავრცელებული სქემები:



ა)



ბ)

ნახ. 2.41. რეაქტიული სიმძლავრის გაზომვის სქემები სამფაზა სისტემის სიმეტრიული (ა) და არასიმეტრიული (ბ) დატვირთვის შემთხვევაში

სამფაზა წრედის ჯამური სიმძლავრე განისაზღვრება ორივე ვატმეტრის ჩვენების ჯამით

$$P = P_{W1} + P_{W2}.$$

ნახ. 2.40-ზე ნაჩვენებია სამი ერთფაზა ვატმეტრის ოთხ-გამტარიან სისტემაში ჩართვის სქემა, სადაც გაზომვის ზღვარის გასადიდებლად გამოყენებულია დენის ტრანსფორმატორები. ამ სქემის მიხედვით სამფაზა წრედის ჯამური სიმძლავრე ტოლია

$$P = (P_{W1} + P_{W2} + P_{W3}) \cdot K_I,$$

სადაც, K_I — დენის ტრანსფორმატორის კოეფიციენტი.

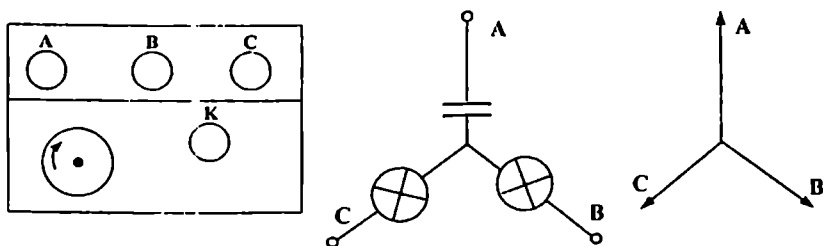
რეაქტიული სიმძლავრე სამფაზა სისტემაში შეიძლება გაიზომოს, ნახ. 2.41, ა-ზე მოყვანილი სქემებით.

ნახ. 2.41, ა-ზე მოყვანილი სქემით რეაქტიული სიმძლავრე განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q = \sqrt{3}P.$$

ხოლო ნახ. 2.41 ბ-ზე მოყვანილი სქემისათვის, ფორმულით:

$$Q = \sqrt{3}(P_{W1} + P_{W2}).$$



ნახ. 2.42. $U517$ ტიპის ფაზამჩენებლის ხედი

ნახ. 2.43. ფაზთა თანმიმდევრობის განმსაზღვრელი წრედი და მისი ემპტორული დიაგრამა

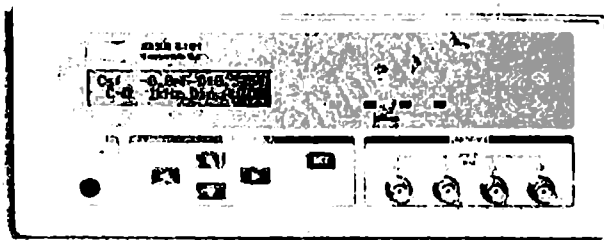
ხოლო ნახ. 2.41 ბ-ზე მოყვანილი სქემისათვის, ფორმულით:

$$Q = \sqrt{3} (P_{W1} + P_{W2}).$$

უკანასკნელ შემთხვევაში წრედში ჩართული წინაღობა ტოლი უნდა იყოს ეატმეტრის ძაბვის გრაგნილის წინაღობისა.

ი) ფაზათა თანმიმდევრობის განსაზღვრა. ელექტრომოწყობილობის სწორი ჩართვის, ექსპლოატაციის, სარგელო დაცვისა და ავტომატიკის მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით, დადგენილია დენგამტარი ნაწილების შეღებვა გამანაწილებელ მოწყობილობებში, სადაც მხედველობაში მიიღება ფაზათა თანმიმდევრობა. წესის მიხედვით A ფაზა შეღებილია ყვითლად, B - მწვანედ და C - წითლად. ფაზათა ასეთი, ანუ პირდაპირი თანმიმდევრობა განისაზღვრება ზემოთ მოყვანილი $BA\phi$ ტიპის ხელსაწყოებით. ამ ხელსაწყოების არქონის შემთხვევაში ფაზათა თანმიმდევრობა მარტივად მოწმდება $U517$ ტიპის ფაზამაჩვენებლით (ნახ. 2.42). შესამოწმებელი სისტემის ძაბვები მიერთდება ფაზამაჩვენებლის შესაბამისი მარკირების მომჭერებთან. პირდაპირი თანმიმდევრობის ($A-B-C$) დროს K ღილაკზე თითის დაჭერით დისკო იწყებს ბრუნვას ისრით ნაჩვენები მიმართულებით, ხოლო უკუთანმიმდევრობის შემთხვევაში - საწინააღმდეგო მხარეს. ღილაკის დაჭერის ხანგრძლივობა არ უნდა აღემატებოდეს 3 წმ-ს.

კიდევ უფრო მარტივად ფაზათა თანმიმდევრობა შეიძლება განისაზღვროს ნახ. 2.43. ა-ზე მოცემული არასიმეტრიული დატვირთვის ვარსკვლავად შეერთებული წრედით, სადაც ნათურების სიმძლავრე ერთნაირია და კონდენსატორის წინაღობა ($1/\omega C$) ნათურის წინაღობის ტოლია.

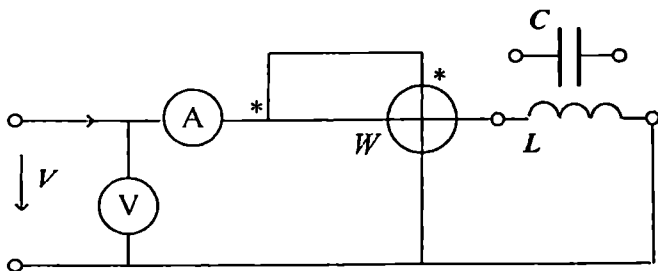


ნახ. 2.44. RLC -ს საზომი ხელსაწყო

წრედის ვექტორული ანალიზით (ნახ. 2.43, ბ) შეიძლება დავადგინოთ, რომ ნახ. 2.43, ა-ზე ნაჩვენები ჩართვის დროს B ფაზაში ჩართული ნათურა მეტად კაშკაშებს, ვიდრე C ფაზაში ჩართული. ნათურები და კონდენსატორი გათვლილი უნდა იყოს სამფაზა წრედის ფაზურ ძაბვებზე.

ვ) ტევადობისა და ინდუქციურობის გაზომვა. მანქანებისა და ტრანსფორმატორების გრაგნილების ტევადობის გასაზომად გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ხელსაწყოები. ჩვენს შემთხვევაში წარმოდგენილია $AKIP-6101$ — ტიპის (ნახ. 2.44) ხელსაწყო, რომლის ძირითადი მახასიათებლებია:

- სრული და აქტიური წინაღობა გაზომვა — 1 გომამდე;
- ტევადობის გაზომვა — 10 მფ-მდე;
- ინდუქციების გაზომვა — 10 კჰნ-მდე;



ნახ. 2.45. ტევადობისა და ინდუქციურობის საზომი სქემა

– გაზომვის სიჩქარე 3 გაზომვა/წმ.

ტევადობისა და ინდუქციურობის გაზომვა შეიძლება ამპერმეტრ-ვოლტმეტრის მეთოდით (კვლად დენზე. კონდენსატორის ტევადობა ამ შემთხვევაში განისაზღვრება ფორმულით:

$$C_x = \frac{I}{V 2\pi f}.$$

ამავე მეთოდით შეიძლება განისაზღვროს ინდუქციურობა:

$$L_x = \frac{V}{2\pi f I}.$$

ტევადობისა და ინდუქციურობის უფრო ზუსტი გაზომვისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს შემდეგი სქემა (ნახ. 2.45).

ამ შემთხვევაში პირველ რიგში განისაზღვრება წრედის სრული წინაღობა:

$$Z = \frac{V}{I} \text{ და აქტიური წინაღობა } R = \frac{P}{I^2} = \frac{V^2}{P};$$

ამის შემდეგ განისაზღვრება რეაქტიული წინაღობა

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2}.$$

რეაქტიული წინაღობის განსაზღვრის შემდეგ განისაზღვრება ტევადობა და ინდუქციურობა, შესაბამისად:

$$C_x = \frac{1}{2\pi f X}; L_x = \frac{X}{2\pi f},$$

სადაც f სიხშირეა.

ზ) იზოლაციის მდგომარეობის შემოწმება. ელექტრულ მანქანებსა და აპარატებში გამოყენებული ნებისმიერი იზოლაცია (დიელექტრიკი) არსებითად წარმოადგენს კონდენსატორს, რომლის შემანაფუნების ერთ მხარეს წარმოადგენს აპარატის კონსტრუქციის ელემენტები (კორპუსი, გულარა), ხოლო მეორე მხარეს დენგამტარი ნაწილები (კაბელის ძარღვები, სადენები, სალტეები). მათ შორის მოთაესებულია საიზოლაციო მასალები, რომელთა სტრუქტურა განისაზღვრება არა მარტო გამოყენებული მასალებით (ქარსი, ქაღალდი, სატრანსფორმატორო ზეთი, ბოჭკო), არამედ მისი მდგომარეობითაც – დეფექტების, სახელობრ, დანესტიანების არსებობით. იზოლაციაში მიმდინარე ფიზიკური პროცესები მასზე მოდებული ძაბვის დროს ანალოგიურია კონდენსატორში მიმდინარე ფიზიკური პროცესებისა. იზოლაციის მდგომარეობის შემოწმებაში მთავარი ადგილი უჭირავს იზოლაციის წინააღობისა და აბსორბციის კოეფიციენტის გაზომვას.

თ) იზოლაციის წინააღობა ($R_{\text{იზ}}$) ელექტრომოწეობილობის იზოლაციის მდგომარეობის ძირითადი მახასიათებელია, რადგანაც ელმოწეობილობის გარეგანი და შინაგანი დეფექტები (დაზიანება, დანესტიანება, ზედაპირის გატუჭყიანება) ამცირებს წინააღობას. ამიტომ იზოლაციის შემოწმების ყველა ეტაპზე ხდება იზოლაციის წინააღობის გაზომვა. იზოლაციის წინააღობა როგორც წინა პარაგრაფში ავლნიშნეთ იზომება მეგაომმეტრით.

მეგაომმეტრის ტიპის არჩევა ხდება ობიექტის ნომინალური წინააღობის (ძალოვანი კაბელები 1-1000; საკომუტაციო აპარატები 1000-5000; ძალოვანი ტრანსფორმატორები 10-20000; ელმანქანები 0.2-1000; ფაიფურის იზოლატორები 100-10000 მომი), მისი პარამეტრებისა და ძაბვის მიხედვით.

როგორც წესი მოწყობილობის იზოლაციის წინააღობის გასაზომად 1000ე ძაბვამდე (მეორადი კომპუტაციის წრედები, ელექტროძრავები და სხვა) გამოიყენება მეგაომეტრები 100, 250, 500 და 1000 ე ნომინალური ძაბვით, ხოლო 1000 ე-ზე მეტი ძაბვის დანადგარებში - 1000 და 2500 ე ძაბვით მეგაომეტრით წინააღობის გაზომვისათვის რეკომენდირებულია ოპერაციების შემდეგი თანმიმდევრობა:

1. გაეზომოთ მეგაომეტრით გამოსაცდელ აპარატთან მისაერთებელი სადენების იზოლაციის წინააღობა, რომლის მნიშვნელობა არ უნდა იყოს მეგაომეტრის გაზომვის ზედა ზღვარზე ნაკლები.

2. მეგაომეტრის გამოყენების წინ უნდა ჩავატაროთ მისი საკონტროლო შემოწმება, რაც გამოიხატება სკალის ჩვენებით გახსნილი და მოკლედ შერთული სადენების დროს. პირველ შემთხვევაში ისარი უნდა იყოს სკალის ნიშანთან “ ∞ ”, ხოლო მეორე შემთხვევაში - “0”.

3. დაერწმუნდეთ რომ შესამოწმებელი ობიექტი არ არის ძაბვის ქვეშ.

4. გამოვრთოთ და დავამოკლოთ ყველა დეტალი, რომელსაც გააჩნია დაბალი იზოლაცია ან დაბალი გამოსაცდელი ძაბვა (კონდესატორები, ნახევარგამტარული ხელსაწყოები და სხვა)

5. ხელსაწყოს ჩართვის დროს დავამიწოთ შესამოწმებელი წრედი.

6. ხელსაწყოზე დავაჭიროთ ხელი ღილაკს “მაღალი ძაბვა” თუ ხელსაწყო იკვებება ქსელიდან, ან ეაბრუნოთ მეგაომეტრის ინდუქციური გენერატორის სახელური დაახლოებით 120 ბრ/წთ სიჩქარით და 60 წმ-ის შემდეგ დავაფიქსიროთ ხელსაწყოს სკალაზე წინააღობის მნიშვნელობა.

7. დიდი ტევადობის მქონე ობიექტების იზოლაციის წინააღობის გაზომვის დროს ხელსაწყოს ჩვენება ავიღოთ ისრის მთლიანი დაწყნარების შემდეგ.

8. გაზომვის დამთავრების შემდეგ, განსაკუთრებით დიდი ტევადობის მქონე მოწყობილობებში (მაგ. დიდი სიგრძის კაბელებში, სანამ გამოერთავთ ხელსაწყოს ბოლოებს, საჭიროა მოეხსნათ დაგროვილი მუხტი ჩამიწების დადების გზით.

იზოლაციის წინააღობის გაზომვის შედეგი შესაძლებელია დამახინჯებული იყოს ზედაპირული გაჟონვის დენებით (მაგ. დანადგარის იზოლირებული ნაწილის დანესტიანების შედეგად), მაშინ ობიექტის იზოლაციაზე ადებენ დენამრთმევე ელექტროდს, რომელიც შეერთებული უნდა იყოს მეგაომმეტრის "3" (экран) მომჭერთან.

მიწისგან იზოლირებული კაბელის იზოლაციის წინააღობის შემოწმებისას მომჭერი უნდა მიერთდეს კაბელის მეტალურ გარსაცმთან. ელექტრული მანქანების გრაგნილებს შორის იზოლაციის გაზომვისას მომჭერი მიერთებული უნდა იყოს გამომყვანი იზოლაციის კალთასთან.

ძალოვანი და განათების სადენების იზოლაციის წინააღობის გაზომვა, უნდა ვაწარმოოთ ჩართული ამომრთველების, მოხსნილი მცველების, გამორთული ელექტრომიმღებების, აპარატების, მოხსნილი ნათურების დროს.

კატეგორიულად აკრძალულია გაიზომოს იზოლაციის წინააღობა ხაზზე, თუ მისი მცირე უბანიც კი გადის ძაბვის ქვეშ მყოფი ხაზის სიახლოვეს და საჰაერო ხაზებზე ჭექა-ქუხილის დროს.

ი) აბსორბციის კოეფიციენტი არის ძაბვის მოდებიდან 60 წმ-ის გაელის შემდეგ იზოლაციის წინააღობის

ფარდობა (R_{60}) 15 წამის გაელის შემდეგ არსებული

იზოლაციის წინაღობასთან (R_{15}) ანუ $K_{\text{ახ}} = \frac{R_{60}}{R_{15}}$

თუ იზოლაცია მშრალია, მაშინ აბსორბციის კოეფიციენტი მნიშვნელოვნად აღემატება ერთეულს, ხოლო ნესტიანი იზოლაციის შემთხვევაში ახლოა ერთთან. ეს გამოწვეულია იმით, რომ მშრალი იზოლაციის შემთხვევაში დრო დიდია, დამუხტვის დენი იცვლება ნელა და 15 და 60 წამის შემდეგ გაზომილი წინაღობები ერთმანეთისგან ძლიერ განსხვავდებიან. ნესტიანი იზოლაციის შემთხვევაში დამუხტვის დენი სწრაფად იცვლება და 15 წამის გავლის შემდეგ აღწევს დამყარებულ მდგომარეობას, ამიტომ 25 და 60 წმ-ის გაელის შემდეგ გაზომილი წინაღობები ერთმანეთისგან თითქოს არ განსხვავდებიან.

აბსორბციის კოეფიციენტი არის მანქანებისა და ტრანსფორმატორების იზოლაციის მდგომარეობის მეორე ძირითადი მაჩვენებელი. R_{∞} და $R_{\text{ახ}}$ ძალიან არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე. ამ სიდიდეების გაზომვა ხდება $+10^{\circ}\text{C}$ -ზე მეტი ტემპერატურის დროს, რადგანაც ნაკლებ ტემპერატურაზე ნესტის არსებობის დროს გაზომვის შედეგები არასტაბილურია.

იზოლაციის აბსორბციის კოეფიციენტის გასაზომად გამოიყენება მეგაომმეტრი. ზუსტი გაზომვის ჩასატარებლად საჭიროა წინასწარ უზრუნველყოთ მეგაომმეტრზე ნორმალური ძაბვა და მერე სწრაფად დავადოთ “საცეცები” გასაზომი ობიექტის წინასწარ გასუფთავებულ დენგამტარ ნაწილს და დავიწყოთ დროის ათვლა. ხელსაწყოს პირველი ჩვენება დავაფიქსირებთ 15 წმ-ის გაელის შემდეგ, ხოლო მეორე 60 წმ -ის გაელის შემდეგ. მათი ფარდობა იქნება

გაზომვის შედეგი. ამ გაზომვის დროს მკაცრად უნდა დავიცვათ სიფრთხილე და უსაფრთხოების წესები, რადგან მეგაომმეტრის ძაბვა საშიშია ადამიანის სიცოცხლისათვის.

გაზომვის შემდეგ საჭიროა განმეუხტოთ გაზომვის ობიექტი.

კ) დიელექტრიკული დანაკარგის კუთხის ტანგენსი და მისი გაზომვა

ელექტრომოწყობილობის იზოლაციის მდგომარეობის განსაზღვრის გაერცელებულ მეთოდს წარმოადგენს დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის ტანგენსი ($\text{tg}\delta$) იგი წარმოადგენს იზოლაციაში გამავალი დენის აქტიური მდგენელის (I_a) ფარდობის რეაქტიულ მდგენელთან (I_c) მასზე მოდებული ცვლადი ძაბვის დროს. $\text{tg}\delta = I_a/I_c$ აქტიური მდგენელი განპირობებულია გახურებით და იონიზაციაზე დანაკარგებით, ხოლო რეაქტიული ძაბვის ცვლილების თითოეულ პერიოდში კონდესატორის დამუხტვა-განმუხტვით.

$\text{tg}\delta$ დამოკიდებულია ტენიანობაზე, მოწყობილობის ზომაზე, ტემპერატურაზე, ძაბვაზე. ტენიანობის გაზრდა ზრდის დენის აქტიურ მდგენელს; ტემპერატურის გაზრდა ამცირებს იზოლაციის წინაღობას და ზრდის დენის აქტიურ მდგენელს და შესაბამისად დანაკარგებს; ძაბვის გაზრდა ზრდის იონიზაციის ხარისხს.

ამის გამო $\text{tg}\delta$ -ს გაზომვა ფართოდ გამოიყენება ტრანსფორმატორებისა და მაღალი ძაბვის შემყვანების იზოლაციის მდგომარეობის შესაფასებლად. გაზომვა უნდა ეწარმოთ $10 - 40^\circ\text{C}$ ტემპერატურის დიაპაზონში.

დიელექტრიკული დანაკარგების კუთხის გასაზომად გამოიყენება თანამედროვე ცვლადი დენის ბოგირები

როგორც ჩვეულებრივი P5026M, Вектор-2.0M, Вектор-С, ასევე პროგრამული უზრუნველყოფით Тангенс-2000, МЕР-4СА მაღალი ძაბვის ბოგირები.

3.1. ელექტრულ წრედებში ყველაზე ხშირად
შემხვედრი დაზიანებები

ელექტრულ წრედებში ყველაზე ხშირად გვხვდება შემდეგი სახის დაზიანებები:

1. წრედის გაწყვეტა, როდესაც ელექტრული წრედის წინაღობა უსასრულოდ დიდია:

2. წინაღობის მნიშვნელოვანი გაზრდა;

3. წინაღობის მნიშვნელოვანი შემცირება;

4. მოკლედ შერთვა, როდესაც ელექტრული წრედის წინაღობა ნულის ტოლია ან ნულთან ახლოსაა.

წრედის გაწყვეტა ხდება წრედის ელემენტების დაძველებით, დიდი დენების გაყვით, დარტყმებით, ვიბრაციითა და კოროზიით.

წინაღობის მნიშვნელოვანი გაზრდა ნომინალურ მნიშვნელობასთან შედარებით გამოწვეულია ელემენტების დაძველებით კონტაქტებისა და საკონტაქტო შეერთებების გაუარესებით, ცალკეული ელემენტების პარამეტრების გადახრით.

წინაღობის მნიშვნელოვანი შემცირება ნომინალურ მნიშვნელობასთან შედარებით გამოწვეულია ელემენტების დაძველებითა და ზედაპირული გაუონეების გაზრდით.

მოკლედ შერთვა გამოწვეულია იზოლაციის გარღვევით, არაიზოლირებული გამტარებისა და ელემენტების შეხებით კორპუსთან და ერთმანეთთან (სხვადასხვა პოლარობისა და ფაზების დროს).

დაზიანების მოძებნის დროს უნდა ვიცოდეთ და უნდა შეგვეძლოს გამოვიყენოთ ამა თუ იმ ელექტრომოწყობი-

ლობის გამართული მუშაობის ნიშნები. ეს ნიშნები იყოფა ორ ჯგუფად: აქტიური და პასიური ანუ მეორეული.

აქტიური ნიშნებია ხმოვანი სიგნალებისა და სიგნალიზატორების, სასიგნალო ნათურების ჩვენებები; დაცვის მოწყობილობის ამუშაება; აგრეთვე ხელსაწყოებით გაზომვის დროს გამომჟღავნებული ნიშნები.

პასიური ნიშნები მჟღავნდება ელექტრომოწყობილობის გარე დათვალიერების დროს.

ხმოვანი სიგნალები, სიგნალიზატორები, სასიგნალო ნათურები საშუალებას გვაძლევენ თვალყური ვადევნოთ ელექტრომოწყობილობის მდგომარეობას.

დაცვის საშუალებები (მცველები, მაქსიმალური ან მინიმალური რელეები, ავტომატური ამომროველები და სხვა) ელექტრულ წრედს ამორთავენ კვების წყაროდან გაჯონვის, გადატვირთვის დენებისა და მოკლედ შერთვის არსებობის დროს.

წრედის გაწყვეტის შემთხვევაში დაცვა ჩვეულებრივ არ ამუშავდება, მაგრამ მისი ნორმალური მდგომარეობა ელექტრულ წრედში დაზიანების არსებობის დროს ირიბად იმის მანიშნებელია, რომ დაზიანებას აქვს გაწყვეტის ხასიათი.

დაზიანების ძიება სწარმოებს ელექტრული წრედის ელემენტების პარამეტრების გაზომვით გადასატანი ხელსაწყოებისა და საზომი კომპლექტების გამოყენებით.

ელექტრულ სქემებში (მაგ. ლოგიკურ, ძრავას და ა.შ.) ცალკეული ელემენტების პარამეტრების (წინაღობა, ძაბვა, დენი) გაზომვის დროს საჭიროა ვისარგებლოთ ამ ელემენტების ცალკეული ელემენტებისა და ბლოკების გამოსასვლელზე ინსტრუქციაში მოყვანილი წინააღობის, ძაბვის, დენის რუკებით.

დაზიანების მოძებნის კერძო ხერხებს მიეკუთვნება შუალედური გაზომვების ჩატარება, რომელიც იძლევა შესაძლებლობას თანმიმდევრულად გავყვეთ სიგნალის გავლას სისტემის სხვადასხვა არხებში; გამორიცხვები, რომელიც საშუალებას იძლევა გაზომვის შედეგად გამოვრიცხოთ შესამოწმებელი სქემების დაუზანებელი ნაწილი და გამოვყოთ დაზიანებული ელემენტი; იმ ბლოკების (დეტალების) შეცვლა, რომელშიც აღმოჩენილია დაზიანება, იმავე ტიპის ვარგისი ბლოკით. დაზიანებული სქემის გამოცდის შედეგების შედარება იმავე ტიპის ვარგისი სქემების გამოცდის მონაცემებთან.

ელექტრული ელემენტების დაზიანების ძირითადი მიზეზებია: დენით გადატვირთვა; გადაძაბვა; გარემო ტემპერატურის აწევა; დაუშვებელი ვიბრაცია და დარტყმები.

ობიექტის (სისტემის, მოწყობილობის, ბლოკის, მოდულის ელექტრონული ფირფიტა) დაზიანების დროს დაზიანებული ელექტრონიკის ელემენტის ძიება რეკომენდირებულია დავიწყოთ ელემენტების: სასიგნალო ნათურების, მცველების, ამომრთველებისა და კომუტაციის სხვა საშუალებების; დაცვის მოწყობილობების ვარგისიანობის წინასწარი შემოწმების შემდეგ.

კვების ბლოკებისა და კვანძების შესასვლელსა და გამოსასვლელზე უნდა შემოწმდეს ძაბვები, შემოწმებული უნდა იქნას გარე მოწყობილობები: გადამწოდები, სიგნალიზატორები, საბოლოო ამომრთველები, მონიტორები, კინესკოპები და ა.შ.

ამის შემდეგ უნდა შემოწმდეს ძაბვისა და იმპულსების პარამეტრების მნიშვნელობები ინსტრუქციაში მოცემულ საკონტროლო წერტილებში.

დაზიანებული ელემენტის შემდგომი ძიება რეკომენდირებულია შესრულდეს შემდეგი მითითებების გათვალისწინებით: უნდა შესწავლილი იქნეს დაზიანებული ობიექტის მოქმედების პრინციპი. თავდაპირველად მოიძებნება უფრო რთული დაზიანებული ობიექტი, ხოლო შემდგომ უფრო მარტივი (პრინციპით სისტემა-ბლოკი-კვანძი-ელემენტი)

ანალიზი გაუკეთდება დაზიანების ნიშნებს, გამოითქმება დაზიანების სავარაუდო მიზეზები და აირჩევა შემოწმების მეთოდი. ამის შემდეგ სწარმოებს იმ უბნებისა და ელემენტების არჩევითი შემოწმება, რომელთა დაზიანების ალბათობა უფრო დიდია, ხოლო მათი შემოწმება იკავებს მცირე დროს.

თუ არჩევითი შემოწმებით დაზიანებული ელემენტი ვერ აღმოაჩინეს, მაშინ გადადიან გამორიცხვის მეთოდზე ობიექტის შესასვლელიდან გამოსასვლელისაკენ მოძრაობით ან შემდგომი შემოწმების წინ ობიექტს პყოფენ შრომატევადობის მიხედვით ორ ტოლ ნაწილად. თუ დაზიანება ობიექტისათვის დამახასიათებელი არ არის, მაშინ პირდაპირ გადადიან გამორიცხვის მეთოდზე.

ობიექტის გარეგანი დათვალიერების დროს სქემის გამორთვისთანავე ყურადღება უნდა მიექცეს: იზოლაციის მდგომარეობას; მის ფერს; სიმუქეს; ნაპრალების არსებობას; დამაგრებების, საკონტაქტო ზედაპირების, შეერთებების, მირჩილების ადგილების წესიერობას; კორპუსების, ტრანზისტორების, რეზისტორების, დიოდების, მიკროსქემების ელექტროლიტური კონდესატორების ტემპერატურას.

პირველ რიგში შემოწმებას ექვემდებარება ის ელემენტები, რომელთაც გააჩნიათ ნაკლი. საჭირო მონაცემების არსებობის დროს ძიება შეიძლება გაგრძელდეს გარკვეულ

უბნებზე გამართულ და დაზიანებულ ელემენტებზე ძაბვების შედარების გზით.

დაზიანებული ელემენტის აღმოჩენის შემდეგ მის შეცვლამდე ანაღიზი უნდა გაუკეთდეს დაზიანების მიზეზებს და მისი დაღგენის შემდეგ უნდა შეიცვალოს ელემენტი.

3.2. ელექტრონიკის ელემენტების დაზიანების ძირითადი სახეები, მათი აღმოჩენის ხერხები და დიაგნოსტიკა

ა) რეზისტორების დიაგნოსტიკა. რეზისტორის მუშაუნარიანობის დაკარგვა შეიძლება გამოწვეული იყოს შემდეგი მიზეზებით: 1. გამომყვანების გაწყვეტით ან გადაწვით; 2. ცვლადი წინაღობის რეზისტორის დენგამტარ ფენასა და მოძრავ კენძის შორის კონტაქტის დარღვევით; 3. დასაშვებზე მეტად წინაღობის ცვლილებით; 4. ფოტორეზისტორებისათვის მგრძნობიარობის შემცირებით ან დაკარგვით.

მუდმივი და ცვლადი დენის მავთულიანი და უმავთულო რეზისტორების შესამოწმებლად საჭიროა გაკეთდეს შემდეგი: ჩატარდეს გარეგანი დათვალიერება; შემოწმდეს ცვლადი რეზისტორის მოძრავი მექანიზმის მუშაობა და მისი ნაწილების მდგომარეობა; მარკირებითა და ზომების მიხედვით განესაზღვროთ წინაღობის ნომინალური მნიშვნელობა, გაბნევის დასაშვები სიმძლავრე და სიზუსტის კლასი; ომმეტრით გავზომოთ წინაღობის ნამდვილი მნიშვნელობა და განესაზღვროთ მისი გადახრა ნომინალურ მნიშვნელობიდან. ცვლად რეზისტორებში დამატებით გავზომოთ ცოცხას მოძრაობის დროს წინაღობის ცვლილების სიმდოვრე. რეზისტორი წესრიგშია, თუ მას არ გააჩნია მექანიკური დაზიანებები, მისი წინაღობის სიდიდე იმყო-

ფება მოცემულ სიზუსტის კლასის დასაშვებ საზღვრებში, ხოლო ცოცხას კონტაქტი დენგამტარ ფენასთან მუდმივი და საიმედოა.

ბ) ინდუქციური კოჭების დიაგნოსტიკა. ინდუქციური კოჭის დაზიანებები შეიძლება გამოწვეული იყოს: ხვიის გაწყვეტით; იზოლაციის დაძველებით; ხვიების დამოკლებით; გამომყვანების ჩაწყვეტით.

ინდუქციური კოჭების შემოწმება იწყება მისი გარეგანი დათვალიერებით, რომლის დროსაც ვრწმუნდებით კარკასის, ეკრანის, გამომყვანების წესრიგში ყოფნით; კოჭის ყველა დეტალის ერთმანეთს შორის შეერთების სისწორეში და საიმედოობაში; სადენების ხილული გაწყვეტის, მოკლედ შერთვის, იზოლაციის დაზიანების არ არსებობაში. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს იმ ადგილებს, სადაც იზოლაცია და კარკასი დანახშირებული, გაშაებული ან გამდნარია.

გაწყვეტაზე შემოწმება ხორციელდება ინდიკატორით. წინააღობის გაზრდა მიუთითებს ერთი ან რამდენიმე ძარღვის გაწყვეტაზე ან ცუდ კონტაქტზე, ხოლო წინააღობის შემცირება უჩვენებს ხვიათა შორის მოკლედ შერთვას. გამომყვანების მოკლედ შერთვის დროს წინააღობა ნულის ტოლია.

კოჭის ვარგისიანობაზე უფრო ზუსტი წარმოდგენისათვის საჭიროა გაიზომოს კოჭის ინდუქციურობა. რეკომენდირებულია აგრეთვე კოჭის მუშაუნარიანობის შემოწმება ისეთივე აპარატზე, რომლისთვისაც ის არის გათვალისწინებული.

გ) კონდენსატორების დიაგნოსტიკა. კონდენსატორების ელექტრულ დაზიანებას მიეკუთვნება: კონდენსატორების გარღვევა; შიგნით ფირფიტების მოკლედ შერთ-

ვა; დიელექტრიკის დაძველების გამო დასაშვებზე მეტად ნორმინალური ტევადობის ცვლილება; მასში სინესტის მოხვედრა; გადახურება; დეფორმაცია; იზოლაციის გაუარესების გამო გაუონვის დენების გაზრდა; ელექტროლიტის გაშრობის შედეგად ელექტროლიტური კონდენსატორების ტევადობის ნაწილობრივი ან მთლიანი დაკარგვა.

კონდენსატორების ვარგისიანობის შემოწმების უმარტივეს ხერხს წარმოადგენს გარე დათვალიერება, რომლის დროსაც შეიძლება აღმოვაჩინოთ მექანიკური დაზიანებები. თუ მექანიკური დაზიანებები არ აღმოჩნდა, მაშინ იწყებენ ელექტრულ შემოწმებას, რომელიც მოიცავს შემოწმებას: მოკლედ შერთვაზე, გარღვევაზე, გამომყვანების მოღიანობაზე, გაუონვის დენზე (იზოლაციის წინააღობაზე) და ტევადობის გაზომვას.

შემოწმების მეთოდთა შემდგომში მდგომარეობს:

1. კონდენსატორის ერთი გამომყვანი უნდა განცალკევდეს დანარჩენი სქემებისაგან;

2. საზომი ხელსაწყო აიწყოთ ათეულ და ასეული კილოომის ან მეგაომის დიაპაზონში;

3. კონდენსატორის გამომყვანებზე მიუერთდება ხელსაწყოს საცეცები: ამ დროს დიდი ტევადობის კონდენსატორებისათვის (რამდენიმე ათეულიდან რამდენიმე ასეულ მიკროფარადის ფარგლებში) დამახასიათებელია პირველ საწყის მომენტში საზომი ხელსაწყოს (ომმეტრის) ისრის გადახრა ნულისაკენ (დამუხტვის მაქსიმალური დენის გაფლის მომენტში), ხოლო შემდგომ ისარი თანდათანობით გადაიხრება “0” ნიშნულზე

4. კონდენსატორის დიელექტრიკის დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობად ითვლება, თუ ომმეტრის ჩვენება არის არანაკლებ 100 კომი

5. თუ დიდი ტევადობის კონდენსატორში (10-100მკუ) აღგილი აქვს გაწყვეტას, მაშინ ხელსაწყო ისარი მყისვე დადგება ნიშნულზე “∞”.

6. საშუალო ტევადობის კონდენსატორებს (500ჰვ-1 მკუ) ამოწმებენ კონდენსატორების გამომყვანებთან მიმდევრობით შეერთებული დენის წყაროსა და ტელეფონის დახმარებით. ვარგისი კონდენსატორის შემთხვევაში წრედის ჩართვის მომენტში ტელეფონში გაისმის წკაპუნი.

7. მცირე ტევადობის (500ჰვ-მდე) კონდენსატორებს ამოწმებენ მაღალი სიხშირის წრედში. კონდენსატორს რთავენ ანტენასა და მიმღებს შორის, თუ მიღების ხმა მაღლობა არ შემცირდა მაშინ გამომყვანების გაწყვეტა არ გვაქვს.

8. მცირე ტევადობის კონდენსატორებისათვის ომმეტრით გაწყვეტის განსაზღვრა შეუძლებელია, რადგან ხელსაწყო გვიჩვენებს ან მოკლედ შერთვას, თუ მოხდა იზოლაციის გარღვევა, ან უსასრულოდ დიდ წინალობას, თუ კონდენსატორი ვარგისია ან არის გამომყვანის გაწყვეტა. კონდენსატორის შიგნით გაწყვეტა განისაზღვრება უშუალოდ სქემის გაზომვით, რომელიც შესდგება მიმდევრობით შეერთებული კონდენსატორის, ცვლადი დენის ამპერმეტრისა და დენის შემზღუდავი რეზისტორისაგან.

სქემა ჩაირთვება ცვლადი დენის წყაროში, რომელზეც მოდებული ძაბვა არ უნდა აღემატებოდეს კონდენსატორის ნომინალური ძაბვის 20 %-ს. წრედში ამპერმეტრის ნულოვანი ჩვენება უჩვენებს კონდენსატორის გაწყვეტას.

გაუთვნის დენის გაზრდა (იზოლაციის შემცირება) განისაზღვრება კონდენსატორის გამომყვანებთან ომმეტრის განმეორებითი ჩართვით.

პირველ ჩართვაზე ხელსაწყოს ისარი გადაიხრება დამუხტვის დენის გამო, ხოლო შემდეგ ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში. თუ შემდგომი ჩართვებისას, რომელიც მეორდება რამდენიმე წამის ინტერვალით, ისრის გადახრა მეორდება, ეს ნიშნავს, რომ კონდენსატორს აქვს გაუონვის მომატებული დენი.

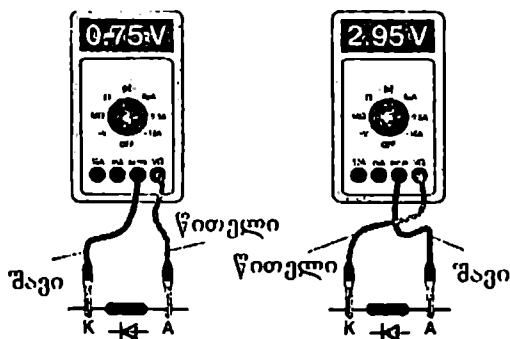
დ) დიოდი. დიოდი წარმოადგენს ნახევარგამტარ ელემენტს, რომელიც დენს ატარებს მხოლოდ ერთი მიმართულებით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, დიოდს გააჩნია ძალიან მცირე წინაღობა ერთი მიმართულების დენისათვის და ძალიან დიდი წინაღობა მეორე მიმართულების დენისათვის. წინაღობის გაზომვისას გასასვომ ელემენტთან ჩართავენ ომმეტრს, რომელსაც გააჩნია საკუთარი კვების წყარო (ბატარეა). ომმეტრის კლემებზე ძაბვა შეადგენს 1,5 ან 3 ვოლტს. პირდაპირი წანაცვლებისათვის დიოდი მოითხოვს 0,7ვ ძაბვას. ამიტომ თუ ომმეტრს დადებით საცეცს მიუერთებთ დიოდის ანოდს (A), ხოლო უარყოფითს – კათოდს (K), მაშინ ადგილების შეცვლის შემდეგ წესიერულ მდგომარეობაში მყოფი დიოდის წინაღობა უნდა იყოს ძალიან დიდი. ამგვარად დიოდის შემოწმებისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ ჩვეულებრივი ომმეტრით.

მრავალ ციფრულ მულტიმეტრს გააჩნია დიოდის შემოწმების ფუნქცია. ხელსაწყოს ზღვრების გადამრთველზე ეს ფუნქცია აღნიშნულია დიოდის სიმბოლური გამოსახულებით () მულტიმეტრს გააჩნია ძაბვის საკუთარი წყარო, რომელიც საკმარისია დიოდის ორივე მხარის შესამოწმებლად. ნახ. 3.1-ზე ილუსტრირებულია დიოდის შემოწმების პროცესი. მულტიმეტრის დადებითი საცეცი (წითელი ფერის) ჩართულია დიოდის ანოდთან.

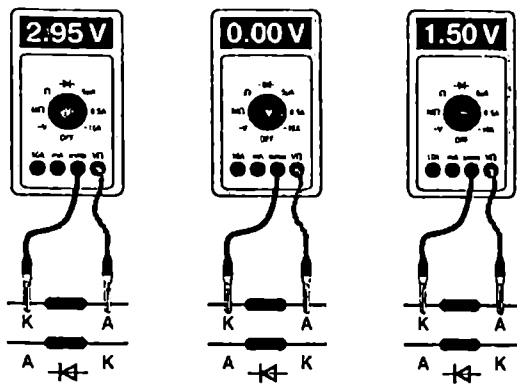
ხოლო უარყოფითი (შავი ფერის) – კათოდთან. თუ დიოდი ვარგისია, მაშინ მულტიმეტრმა უნდა გვიჩვენოს ძაბვის მნიშვნელობა 0.5 დან 0.9 ვოლტის ფარგლებში (ჩვეულებრივ 0.7ვ). შემდეგ საცეცხებს უცვლიან ადგილებს და ამ შემთხვევაში დიოდი მულტიმეტრისათვის წარმოადგენს გაწვევტილ წრედს და მის დისპლეიზე აისახება პრაქტიკულად საკუთარი ძაბვა, რომელიც ჩვეულებრივ იმყოფება 2,5 -3,5 ვოლტის ფარგლებში.

უვარგისი დიოდი წარმოადგენს გაწვევტილ ან ორივე მხრიდან ჩაკეტილ წრედს. ყველაზე ხშირად გვხვდება პირველი შემთხვევა, რაც გამოწვეულია p-n გადასასვლელის გადახურებით. ამ დროს დიოდს გააჩნია ძალიან მაღალი წინაღობა, როგორც პირდაპირი ისე უკუმიმართულებით.

მეორე შემთხვევაში, როცა დიოდი გარღვეულია მულტიმეტრი გვიჩვენებს ორივე მიმართულებით ძაბვის ნულთან მნიშვნელობას. ზოგიერთ შემთხვევაში გარღვეულმა დიოდმა შეიძლება არც გვიჩვენოს მთლიანი ჩაკეტილი წრედი, მაგრამ გააჩნდეს ორივე მიმართულებით წინაღობის ერთი და იგივე მნიშვნელობა. (მაგალითად მულტიმე-



ნახ.3.1. ვარგისი დიოდი



ნახ. 3.2. უვარგისი დიოდი

ტრი გვიჩვენებს 1.5 ვოლტს). ეს შემთხვევები მოცემულია ნახ. 3.2-ზე

თუ მულტიმეტრს არ გააჩნია დიოდის შემოწმების ფუნქცია, მაშინ დიოდი შეიძლება შევამოწმოთ მისი ორივე მხრიდან წინაღობის გაზომვით. ხელსაწყო გადამრთეული დაეაყენოთ “OM”(“Ω”) მდგომარეობაში. დიოდის “პირდაპირი წანაცვლების” დროს ხელსაწყო გვიჩვენებს რამდენი ასეული ომიდან რამდენიმე ათასეულ ომამდე.

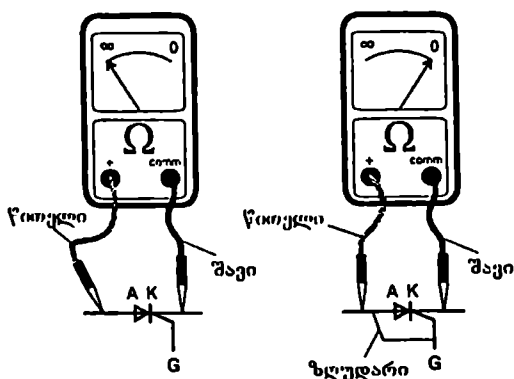
დიოდის რეალური წინაღობა ჩვეულებრივ არ აღწევს 100 ომამდეც კი, მაგრამ უმეტესი მზომი ხელსაწყოების შინაგანი ძაბვა არ არის საკმარისი p-n გადასასვლელის მთლიანი წანაცვლებისათვის. ამ მიზეზით ნაჩვენები მნიშვნელობა მომატებულია. დიოდის “უკუწანაცვლების” დროს მულტიმერი გვიჩვენებს დიაპაზონის საზღვრებიდან გამოსვლას, რადგანაც წინაღობა ამ დროს ძალიან მაღალია გაზომვისათვის.

გასაზომი წინაღობის მნიშვნელობები არსებითი არ არის. მთავარია დაერწმუნდეთ იმაში, რომ დიოდის პირდაპირი და უკუმიმართულებით წინაღობებს შორის განსხ-

ვაგება ძალიან დიდი. ფაქტიურად ეს საკმარისია იმისათვის რომ დიოდი ჩავთვალოთ ვარგისად.

ე) ტირისტორი. ტირისტორი წარმოადგენს დიოდს დამატებითი მართვის ელექტროდით (G). ტირისტორი დენის გატარებას იწყებს მაშინ, როცა „წანაცვლებულია პირდაპირი მიმართულებით“. ამ დროს მართვის ელექტროდზე მიეწოდება გამტები იმპულსი. ამიტომ ტირისტორი შეიძლება შევამოწმოთ ისეთნაირად, როგორც მოწმდება ჩვეულებრივი დიოდი. საზომი ხელსაწყოს დადებითი (წითელი) საცეცი ჩაირთვება ტირისტორის ანოდთან (ნახ.3.3.), ხოლო უარყოფითი (შავი) –კათოდთან. ვარგისი ტირისტორის შემთხვევაში ხელსაწყომ უნდა უჩვენოს უსასრულოდ დიდი წინაღობა.

ტირისტორის გახსნისათვის გამოიყენებენ ზღუდარს, („ПЕРЕМЫЧКА“), რომლითაც ტირისტორის მართვის ელექტროდს შეართებენ დადებით საცეცთან; ამ დროს არ უნდა გამოირთოს საზომი ხელსაწყო. საზომ ხელსაწყოზე ტირისტორის წინააღობის ჩვენება მკვეთრად უნდა დაეცეს.



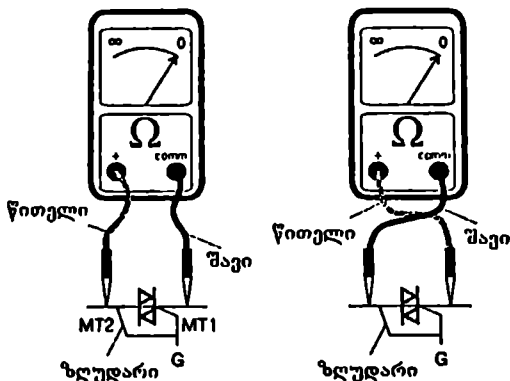
ნახ.3.3. ტირისტორის შემოწმება

ზღუდარის გამორთვის შემდეგ ტირისტორი შეიძლება დარჩეს გახსნილ მდგომარეობაში ან დაუბრუნდეს ჩაკეტილ მდგომარეობას. ეს დამოკიდებულია ტირისტორისა და საზომი ხელსაწყოთა თვისებებზე. თუ ტირისტორს გააჩნია დაჭერის მცირე დენი, მაშინ ომმეტრს შეუძლია დაიჭიროს იგი გახსნილ მდგომარეობაში. თუ ტირისტორის დაჭერის დენი დიდია, მაშინ ზღუდის გამორთვისას ტირისტორი ჩაიკეტება.

ზოგიერთ მძლავრ ტირისტორს შეიძლება ჰქონდეს შინაგანი რეზისტორი, რომელიც ჩართულია კათოდსა და მართვის ელექტროდს შორის. ეს რეზისტორი გააღებს ტირისტორს მცირე დაბრკოლებით. ინჟინერმა თუ არ იცის ამ რეზისტორის არსებობის შესახებ, შეიძლება შეცდომით მიიღოს იგი კათოდსა და მართვის ელექტროდს შორის გაქონვად. ამ წინააღობის გაზომვა შეიძლება ომმეტრით.

ვ) სემისტორები. სემისტორი კონსტრუქციულად შესდგება ორი ტირისტორისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან ჩართულია პარალელურად და საპირისპირო მიმართულებით. ამიტომ სემისტორების შემოწმების პროცესი ძალიან წააგავს ტირისტორების შემოწმების პროცესს. საზომი ხელსაწყოთა დადებითი საცეცი ჩაერთება MT2 გამომყვანთან, ხოლო უარყოფითი – MT1 გამომყვანთან.

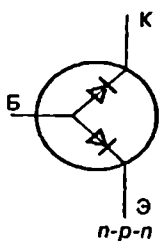
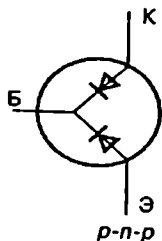
გამორთული მართვის ელექტროდის შემთხვევაში ომმეტრმა უნდა უჩვენოს უსასრულოდ დიდი წინააღობა, შემდეგ ისევე როგორც ტირისტორების შემოწმებისას მართვის ელექტროდს ზღუდარით შეაერთებენ MT2 გამომყვანთან (მიეწოდება დადებითი გამტები იმპულსი). ხელსაწყოზე ნაჩვენები სემისტორის წინააღობის მნიშვნელობა მკვეთრად უნდა დაეცეს. ეს ნიშნავს რომ ტირისტორების ამ წყვილიდან ერთი ტირისტორი ვარგისია.



ნახ. 3.4. სემისტორების შემოწმება

შემდეგ ომმეტრის საცეცებს შეუცვლიან ადგილებს. ისევე, თუ მართვის ელექტროდი გამორთულია, ომმეტრმა უნდა გეიჩვენოს უსასრულოდ დიდი წინაღობა. ამის შემდეგ მართვის ელექტროდს ზღუდარით შეაერთებენ MT2 გამომყვანთან, (მიეწოდება უარყოფითი გამხსნელი იმპულსი). სემისტორის წინაღობა მცირდება, ეს ნიშნავს მეორე ტირისტორის ვარგისიანობას. ეს პროცესი ნაჩვენებია ნახ. 3.4-ზე.

ზ) ბიპოლარული ტრანზისტორები. ბიპოლარული ტრანზისტორები შედგებიან ნახევარგამტარული მასალის სამი ფენისაგან და შეიძლება იყოს p-n-p ან n-p-n ტიპის. თითოეული ტრანზისტორი შეიძლება წარმოადგინოს ორი დიოდის სახით, რომლებიც ერთმანეთთან ჩართულია შემხედრად, რომელთა შეერთების წერტილიდან გამოყვანილია გამომყვანი, რაც ნაჩვენებია ნახ. 3.5-ზე. p-n-p ტიპის ტრანზისტორის ბაზის ექვივალენტით (Б) ერთმანეთთან შეერთებულია ორი დიოდის კათოდები, ხოლო n-p-n ტიპის ტრანზისტორის ბაზის ექვივალენტით ერთმანეთ-



თან შეერთებულია ორი დიოდის ანოდები. დიოდების დარჩენილი ორი გამოყოფილი წარმოადგენენ ემიტერსა (Э) და კოლექტორს (K). ტრანზისტორის p-n ორივე გადასვლას ამოწმებენ ცალ-ცალკე, როგორც ორი დამოუკიდებელი დიოდი. თუ ორივე

ნახ. 3.5. ორი დიოდით წარმოდგენილი ტრანზისტორი

დიოდი ვარგისია, მაშინ ტრანზისტორიც ვარგისია.

დიოდების შემოწმებისათვის განკუთვნილი მულტიმეტრის ფუნქცია შეიძლება გამოვიყენოთ ტრანზისტორის შემოწმებისათვის. ავიღოთ შემოწმებისათვის p-n-p ტიპის ტრანზისტორი. მულტიმეტრის “უარყოფითი საცეცი” (შავი) დავადოთ ჯერ ემიტერს, ხოლო შემდეგ კოლექტორს. მულტიმეტრმა ორივე შემთხვევაში უნდა გვიჩვენოს მცირე წინაღობა. შემდეგ “შავი საცეცის” ადგილზე შევაერთოთ ბაზასთან “წითელი საცეცი” და გავიმეოროთ პროცედურა.

ამ შემთხვევაში მულტიმეტრმა უნდა გვიჩვენოს ორივე შემთხვევაში დიდი წინაღობა.

p-n-p ტიპის ტრანზისტორების შემოწმების პროცედურა იგივეა. განსხვავება მხოლოდ იმაშია, რომ როცა ბაზასთან მიერთებულია “შავი საცეცი”, მაშინ მულტიმეტრი გვიჩვენებს დიდი წინაღობას, ხოლო როცა “წითელი” – მცირე წინაღობას.

თუ მულტიმეტრს არ გააჩნია დიოდების შემოწმების რეჟიმი, მაშინ ტრანზისტორი მოწმდება წინააღობის გაზომვის “OM” (“Ω”) რეჟიმში ისევე როგორც დიოდი. ისევ ავლენივნაეთ, რომ ხელსაწყოს ჩვენება რამდენიმე ასეული ომი-

დან რამდენიმე ათასეულ ომამდე პირდაპირი მიმართულებით არ ნიშნავს ტრანზისტორის აუცილებელ უვარგისობას. ეს შეიძლება ნიშნავდეს მხოლოდ იმას, რომ საზომი ხელსაწყოების შინაგანი კვების წყარო არ ყოფნის p-n გადასვლის მთლიანი წანაცვლებისათვის. უკუმიმართულებით წინააღობის უსასრულო მნიშვნელობა იმავე ტრანზისტორისათვის ცხადად გვიჩვენებს ტრანზისტორის ვარგისობას. აქ მსედველობაში უნდა მივიღოთ მხოლოდ ორი ჩვენების სხვაობა და არა მათი მოქმედი მნიშვნელობანი.

ტრანზისტორი უვარგისია, თუ ორივე p-n გადასასვლელს გააჩნიათ ორივე მიმართულებით ერთნაირი წინააღობები.

თ) ბიპოლარულ ტრანზისტორზე მომუშავე სქემების შემოწმება.

ზოგჯერ ტრანზისტორი ვარგისია, მაგრამ გარეშე წრედში არსებული დაზიანებების გამო შეიძლება იმუშაოს არასწორად. მაგალითად, ცივი რჩილვის შედეგად ტრანზისტორის ბაზა დანარჩენ სქემებთან არ არის შეერთებული. მაშინ წანაცვლების ძაბვა ტრანზისტორზე ნულის ტოლია, რასაც მიეყავართ მის ჩაკეტვასთან. ასეთი ტრანზისტორის შემოწმების დროს ნაბეჭდ ფირფიტაზე იგი გვიჩვენებს რომ ვარგისია, ხოლო გამოსასვლელზე სიგნალი არ გვაქვს.

იმისათვის რომ უკეთესად გავიგოთ როგორ ჩაეატართ დიაგნოსტიკება ბიპოლარულ ტრანზისტორზე, მაგალითისათვის განვიხილოთ ნახ. 3.6-ზე წარმოდგენილი გამაძლიერებელი კასკადი. კასკადი აკრეფილია 2N3946 ტიპის ტრანზისტორზე, საცნობარო მონაცემებიდან ცნობილია, რომ ამ ტრანზისტორის h_{FE} არის 50-150 დიაპაზონში

დავეშვათ ამ ტრანზისტორის $h_{FE} = 100$. წანაცვლების ძაბვას ბაზაზე და კოლექტორზე ვირჩევთ შესაბამისად $V_{BB} = 3$ ვ და $V_{CC} = 9$ ვ. შევასრულოთ გაანგარიშება და განვსაზღვროთ:

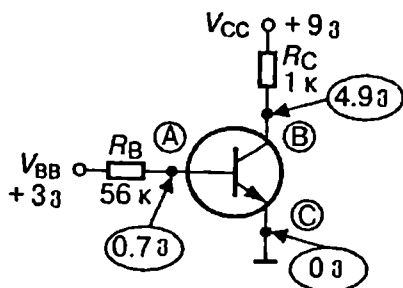
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{3 - 0,7}{56} = 41,4 \text{ მკა,}$$

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B = 100 \cdot 41,4 = 4,1 \text{ მა,}$$

$$V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 9 - 4,1 = 4,9 \text{ ვ.}$$

ნახ. 3.6-ზე ნაჩვენებია ძაბვები და კომპონენტების პარამეტრები. ყველა გაზომილი ძაბვა წარმოდგენილია მიწის მიმართ. თუ სქემა სწორად მუშაობს, მაშინ უნდა გექონდეს შემდეგი ძაბვები: A წერტილში - 0,7 ვ; B-ში - 4,9 ვ და C-ში - 0 ვ. დასაწყისში უნდა შემოწმდეს ტრანზისტორი. თუ ის ვარგისია, მაშინ უნდა დაეთვალიეროთ ნაბეჭდი ფირფიტა, ხომ არ არის მასზე მექანიკური დაზიანებები, გადაშვარი კომპონენტები ან ცუდი მირჩილეის ადგილები. ბოლოს იზომება ძაბვა ტრანზისტორის გამომყვანებზე..

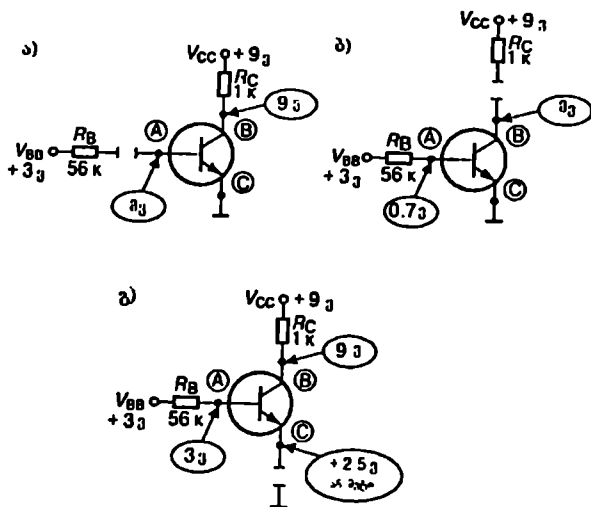
გარე წრედის დაზიანების გამო შეიძლება აღიძვრას არასწორი მუშაობის სამი რეჟიმი. ეს რეჟიმები ნაჩვენებია



ნახ. 3.6. გამაძლიერებლის ერთი კასკადის დიაგნოსტიკა

ნახ. 3.7-ზე. გავზომავთ რა ძაბვას ტრანზისტორის გამომყვანებზე შეიძლება უფრო ეფექტურად განვსაზღვროთ ეს უწყისივრობები.

თუ ძაბვა A წერტილში ნორმალური 0,7 ვ-ის მაგიერ შეადგენს რამდენიმე მიკროვოლტს, ეს ნიშნავს, რომ



ნახ.3.7 ბიპოლარულ ტრანზისტორზე მომუშავე სქემის არასწორი მუშაობის რეჟიმები: ა) ბაზის გაწვევბა; ბ) კოლექტორის გაწვევბა; გ) ემიტერის გაწვევბა

გაწვევტილია ბაზის წრედი (ნახ. 3.7, ა). უნდა შემოწმდეს ტრანზისტორის ბაზისა და ღ წინაღობის მირჩილება. შეიძლება აგრეთვე გაიზომოს R_B რეზისტორის წინაღობა. საჭიროა აგრეთვე შემოწმდეს ტრანზისტორის ბაზასთან მიმავალი ყველა წრედი, სავარაუდოდ სადღაც არის ცუდი მირჩილება ან არაშესაბამისი მახასიათებლის მქონე კომპონენტები.

თუ მულტიმეტრი გვიჩვენებს კოლექტორზე რამდენიმე მილვოლტ ძაბვას (ნახ. 3.7, ბ), ეს ნიშნავს, რომ კოლექტორი ჩართული არ არის წრედის დანარჩენ ნაწილთან. ძაბვა ბაზაზე ამავე დროს უნდა იყოს $0.7V$ რადგან გადასეღა ძაბვა-ემიტერი წანაცვლებულია პირდაპირი მიმართულებით.

ამ დროს უნდა შემოწმდეს კოლექტორისა და R_C რეზის-

ტორის მირჩილვა აგრეთვე გაიზომოს R_c რეზისტორის წინააღობა. გარდა ამისა საჭიროა შემოწმდეს კოლექტორის წრედში რეზისტორთან ჩართული ყველა კომპონენტი.

მიწასთან შეერთების გაწყვეტის ნიშნები შემდეგია: +3 ვ ბაზის გამომყვანზე და +9 ვ კოლექტორის გამომყვანზე, რადგან არ არის კოლექტორისა და ემიტერის დენი (ნახ.3.7, გ). ძაბვა ემიტერზე შეადგენს +2,5 ვ-და ზევით. ის გამოწვეულია დენით, რომელიც გადის შემდეგი გზით: $V_{BB} - R_g$ -ბაზა-ემიტერის გადასასვლელი- საზომი ხელსაწყო-საკუთარი წინააღობა-მიწა.

ამიტომ ვოლტმეტრი არეგისტრირებს ძაბვის ვარდნას p-n გადასასვლელზე. უნდა შემოწმდეს ემიტერის მირჩილვა და მასთან ჩართული ყველა წრედი.

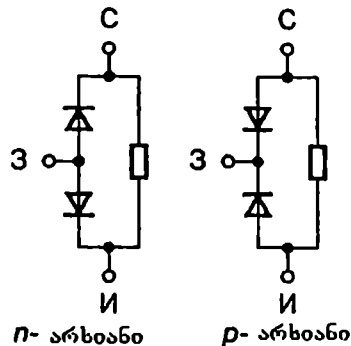
კ) საველე ტრანზისტორები. საველე ტრანზისტორების შემოწმება უფრო რთულია ვიდრე ბიპოლარულის. ამ ტიპის ტრანზისტორების შემოწმების წინ უნდა დადგინდეს ეს ტრანზისტორი არის გადასასვლელით p-n, თუ არის МОП (МОП - металл - оксид - полупроводник) ტრანზისტორი, რომლის ძირითადი მახასიათებლები სხვა ტრანზისტორებთან შედარებით არის მაღალი შესაველი წინააღობა. ამის შემდეგ უნდა დადგინდეს ტრანზისტორი p-არხიანი თუ n-არხიანი.

საველე ტრანზისტორი p-n გადასასვლელით შეიძლება შემოწმდეს ჩვეულებრივი ომმეტრით.

საველე ტრანზისტორის ექვივალენტური ჩანაცვლების სქემა მოცემულია ნახ. 3.8-ზე.

ის წარმოადგენს ჩასადინარსა და სათავეს შორის მიმდევრობით შეერთებულ ორ დიოდს. დიოდების პოლარობა ურთიერთსაწინააღმდეგოა. მათი შუა წერტილიდან გამოყვანილია საკეტი. n არხიანი ტრანზისტორებისათვის საკე-

ტი ჩართულია დიოდების ან-
ოდებთან, ხოლო p არხიანი-
სათვის- კათოდებთან. სილი-
ციუმის ოქსიდის მაიზოლირე-
ბელი ფენა წარმოადგენს მა-
ღალომიან რეზისტორს, რო-
მელიც ჩართულია ჩასადინარ-
ისა და სათავეს შორის დიოდე-
ბის პარალელურად.



ამგვარად ტრანზისტორი ნახ.3.8. საველე ტრანზის-
შეიძლება შევამოწმოთ ომმე- ტორი p - n გადასასვლელის
მართვით
ტრის დახმარებით. გავზომოთ p - n გადასასვლელის წინაღ-
ობა საკეტსა და ჩასადინარს და საკეტსა და სათავეს შორის.
თუ ტრანზისტორი ვარგისია, მაშინ ორივე გადასასვლელ-
ის პარამეტრები უნდა იყოს დიოდის პარამეტრების ანა-
ლოგიური: ერთი მიმართულებით უნდა პქონდეს დიდი
წინაღობა, ხოლო მეორე მიმართულებით- მცირე. შემდეგ
ზომავენ წინაღობას ჩასადინარსა და სათავეს შორის. ომ-
მეტრმა უნდა გვიჩვენოს ტრანზისტორის პარამეტრზე დამოკ-
იდებული რაღაც წინაღობა.

МОП ტრანზისტორის შემოწმება ომმეტრით ძალზედ
რთული ამოცანაა. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ
საკეტი იზოლირებულია არხიდან სილიციუმის ოქსიდის
ძალზედ თხელი ფენით. ამით განპირობებულია МОП ტრან-
ზისტორის ძალზედ მაღალი შესავეალი წინაღობა, რაც მას
ხდის ადვილად დაზიანებადს მცირე სტატიკური დაძაბუ-
ლობის დროსაც კი.

ფაქტიურად МОП ტრანზისტორები ადვილად შეიძლე-
ბა გამოვიყენოთ მწყობრიდან მსუბუქი შესვებითაც. ამ
მიზეზით МОП - ტრანზისტორები შეფუთულია ისეთნაირ-

ად, რომ მისი ყველა გადამყვანები ელექტრულად არის შეერთებული. რაც თავიდან აცილებს ელექტროდებს შორის სტატიკურ დაძაბულობას.

МОП - ტრანზისტორები უნდა შემოწმდეს დაბალვოლტიანი ომმეტრით განსაკუთრებული სიფრთხილით. დაყენებული უნდა იქნეს გაზომვის უდიდეს ზღვარზე. ვარგისი МОП - ტრანზისტორს ჩაშენებული არხით გააჩნია სათავესა ჩასადინარს შორის რაღაც გამტარობა. ამასთანავე საკეტსა და სათავეს, საკეტსა და ჩასადინარს შორის წინაღობა მაღალია. ვარგის МОП - ტრანზისტორში ინდუქციური არხით გამომყვანებს შორის ელგამტარობა პრაქტიკულად არ არსებობს.

ლ) მმართველი p-n გადასასვლელით საველე ტრანზისტორებიანი სქემების დიაგნოსტიკა. სქემებში, სადაც გამოყენებულია საველე ტრანზისტორები, მათი გამორჩილება სქემიდან რეკომენდირებული არ არის. ვიზუალური დათვალიერების შემდეგ, რომელსაც ეატარებთ დაზიანებული კომპონენტების ან ცუდი მირჩილების გამოსაყენებლად, ეზომავთ ძაბვას ჩასადინარზე და სათავეზე მიწის მიმართ.

დაზიანების ტიპური ნიშანია, თუ ძაბვა სათავეზე დაახლოებით ტოლია კვების წყაროს ძაბვისა. ეს ხდება მაშინ, როცა სათავეში გამავალი დენი ნულის ტოლია და ამიტომ არ არსებობს ძაბვა R_g წინააღობაზე (ნახ.3.9, ა). ამის მიზეზი არის ერთ-ერთი ქვემოთ ჩამოთვლილი უწყესიერობა.

არ არის მირჩილული R_g წინააღობა (R_g წრედის გაწყვეტა);

უვარგისია R_g რეზისტორი ან მისი წინააღობა გამოდის დასაშვები ზღვრიდან;

არ არის მირჩილული R_D წინაღობა (R_D წრედის გაწყვეტა);

- უფარგისია R_D რეზისტორი ან მისი წინაღობა გამოდის დასაშვებ ზღვრიდან;

არ არის მირჩილული სათავეს გამოძევანი;

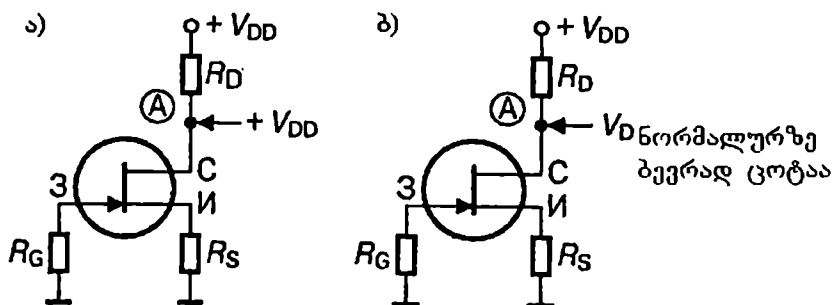
არ არის მირჩილული ჩასადინარის გამოძევანი;

ტრანზისტორებს შიგნით ჩასადინარსა და სათავეს შორის არის წყვეტა.

დაზიანების ტიპიური მეორე ნიშანია სათავეზე ძაბვის ნორმალურ მნიშვნელობაზე მცირე მნიშვნელობა. (ნახ.3.9, ბ) ეს ხდება მაშინ, როცა სათავეს დენი აღემატება ნორმალურ მნიშვნელობას. ამ დროს R_D წინაღობაზე ადგილი აქვს ძაბვის დიდ ვარდნას. ეს შეიძლება გამოწვეული იქნეს შემდეგი უწყისიერობებით:

არ არის მირჩილული R_G წინაღობა (გაწყვეტილია R_G წრედი);

უფარგისია R_G წინაღობა ან მისი მნიშვნელობა გამოდის დასაშვები ზღვრიდან;



ნახ. 3.9. p-n გადასასვლელის მართვით სავსე ტრანზისტორებზე მომუშავე სქემების ტიპიური არასწორი მუშაობის რეჟიმი

არ არის მირჩილული საკეტის გამოძევეანი;

შიგნით ტრანზისტორში ჩაწყვეტილია საკეტის გამოძევეანი.

ზოგიერთი დაზიანება ძნელია გამოვალინოთ. მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ МОП - ტრანზისტორი ნულოვანი წანაცვლებით. მის შიგნით საკეტის გაწყვეტის დროს ძაბვა საკეტ-ჩასადინოზე რჩება იგივე (0 ვ). ამის გამო სათავეს დენი არ იცვლება და წანაცვლება ნორმალურად გამოიყურება.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე სავსე ტრანზისტორების დიაგნოსტიკა ძნელი ამოცანაა და მოითხოვს უფრო მეტ გამოცდილებას ვიდრე ბიპოლარული ტრანზისტორები.

მ) ოპერაციული გამაძლიერებლების დიაგნოსტიკა. ოპერაციული გამაძლიერებლები წარმოადგენენ რთულ მოწყობილობას, რომელსაც ექსპლუატაციის პროცესში უნდა დაზიანდებოდეს. ამასთანავე, როგორც ასეთი, ოპერაციული გამაძლიერებლები არ ექვემდებარებიან შემოწმებას. ამიტომ თუ ოპერაციული გამაძლიერებელი გამოვიდა მწყობრიდან იგი აუცილებლად უნდა შეიცვალოს.

ოპერაციულ გამაძლიერებლიან სქემაში ჩვეულებრივ მონაწილეობს რამდენიმე გარეშე კომპონენტი. ტიპური სქემა შეიცავს შესავალ წინაღობას, უკუკავშირის რეზისტორს და პოტენციომეტრს წანაცვლების ძაბვის კომპენსაციისათვის. თუ სქემა გაითიშა, მაშინ პირველ რიგში უნდა შემოწმდეს გარეშე კომპონენტები. შეიძლება იყოს მიუჩინლავი ადგილები, გადაძვარი კომპონენტები ან კომპონენტები, რომელთა პარამეტრები გამოსულია დასაშვები ზღვრიდან. თუ ყველაფერი წესრიგშია, მაშინ უნდა შემოწმდეს თვით ოპერაციული გამაძლიერებლის კონტაქტები.

ბოლოს თუ ყველა გასინჯული ელემენტი მუშაუნარიანია და სქემა არ მუშაობს, მაშინ უვარგისია თვით ოპერაციული გამაძლიერებელი და იგი უნდა შეიცვალოს.

ქვემოთ მოყვანილია ოპერაციული გამაძლიერებლის მქონე სქემებში რამდენიმე ტიპური უწესიერობა:

1) კვების წყაროს ძაბვა. ეს არის პირველი, საიდანაც უნდა დაიწყოს შემოწმება. უნდა უზრუნველყოფილი იყოს კვების წყაროს შესაბამისი ძაბვითა და ჩამიწებით.

უნდა გვახსოვდეს, რომ მრავალი ინტეგრალური სქემებისათვის კვების ძაბვის სიდიდე კრიტიკულია

2) უკუკავშირის წრედის გაწყვეტა. ამ დაზიანებას მიეყავართ გამოსავალი სიგნალის ამპლიტუდის შეზღუდვამდე, რადგანაც ოპერატიული გამაძლიერებელი მუშაობს ძაბვის გაძლიერების მაქსიმალური კოეფიციენტით (ანუ სქემა წარმოადგენს გამაძლიერებელს უკუკავშირის გარეშე)

3) ჩაკეტილი უკუკავშირი. ამ შემთხვევაში სიგნალი გამოსასვლელზე იმეორებს სიგნალს შესასვლელზე.

4) შესავალი რეზისტორის წრედის გაწყვეტა. მაინვენტირებელ გამაძლიერებელში გამოსასვლელზე სიგნალი არ გვექნება, რადგან სიგნალი არ გვაქვს შესასვლელზე. ანუ გამაძლიერებელი გამოდის ძაბვის გამამეორებლის როლში. გამაძლიერებელში გამაძლიერებლის კოეფიციენტი 1-ის ტოლია და სიგნალი გამოსასვლელზე იმეორებს სიგნალს შესასვლელზე.

5) პოტენციომეტრით არასწორად არის დარეგულირებული. ამას მიეყავართ სიგნალის შეზღუდვამდე ან მხოლოდ ზევიდან, ან მხოლოდ ქვევიდან.

3.3. ელექტრული წრედების შემოწმება გამორთული ძაბვის დროს

ელსამონტაჟო სამუშაოების დამთავრების შემდეგ შესამოწმებელ ელექტრულ წრედებში ხშირად თავს იჩენს ისეთი დეფექტები, როგორიცაა შეცდომითი (არასწორი) შეერთებები, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს ელმოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლა ან მომსახურე პერსონალის დაზიანება ელექტრული დენით, აგრეთვე არასასურველი მოვლენები. ამიტომ ახალი დამონტაჟებული ან გარემონტებული ელექტრო დანადგარი განსაკუთრებული ყურადღებით უნდა იქნეს შემოწმებული და არავითარ შემთხვევაში არ უნდა მოხდეს შეუძომებელ ელექტროდანადგარზე ძაბვის მიწოდება.

ელექტროწრედები შეიძლება შემოწმდეს ტექნოლოგიური აღჭურვილობისა და მათ გარეშე. შემოწმება ტექნოლოგიური აღჭურვილობის გარეშე ხორციელდება ვიზუალური დათვალიერებით. ამოწმებენ ელექტრომონტაჟის შესრულების შესაბამისობას დოკუმენტაციასთან; კონტაქტური შეერთების გარე მდგომარეობას; კოროზიისა და თბური ზემოქმედების კვალს; სალტების ჩართვის სისწორეს ელექტროგამანაწილებელ ფარებში; კაბელებისა და სადენების ჩალაგებას. მაგრამ ელექტრული წრედების უხილავი უბნების შემოწმება ვიზუალური დათვალიერების გზით შეუძლებელია.

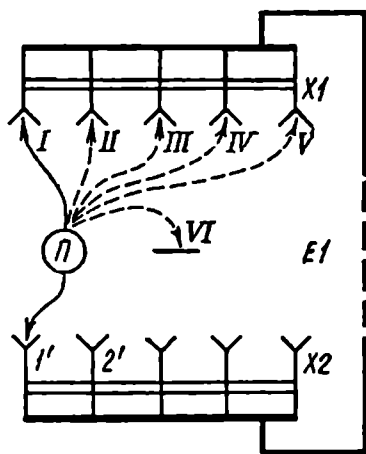
ელექტრული წრედების შემოწმება ტექნოლოგიური საშუალებების გამოყენებით შეიძლება განხორციელდეს უშუალო და ჩამიწების ხერხებით.

უშუალო შემოწმებას გამოიყენებენ იმ შემთხვევაში, როცა ელექტრული წრედების საწყისები და ბოლოები

მდებარეობენ ერთმანეთთან ისე ახლოს, რომ ერთდროულად შეიძლება მიუერთდეს სასინჯის საცეცები.

განვიხილით მაგალითი. დაეუშვათ საჭიროა შემოწმდეს ელექტრული წრედის მთლიანობა კაბელში ან ჩალიჩში ("жирт"), რომლის ბოლოები განმხოლოებულია X1 და X2 შემაერთებლებზე (ნახ. 3.10)

ამ დროს შეერთების სისწორე მოწმდება შემაერთებლის კონტაქტებთან დატანილი აღნიშვნებით. სასინჯის II ერთი საცეცი ჩაერთება კაბელის (ჩალიჩის) X2 შემაერთებლის I' კონტაქტთან, ხოლო სასინჯის მეორე სალტეთი კაბელის (ჩალიჩის) მეორე მხარეს X1 შემაერთებელზე ექებენ შესაბამის I კონტაქტს. შეცდომის თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა სასინჯის მეორე საცეცი რიგრიგობით მიუერთოთ X1 შემაერთებლის ყველა კონტაქტს, შემაერთებლის კორპუსსა და E1 კაბელის (ჩალიჩის) ეკრანს.



ნახ. 3.10 ელექტრული წრედების უშუალოდ შემოწმების ხერხი

აღნიშნული შემოწმება კეთდება იმ შემთხვევაშიც კი, თუ საძებნი ელექტრული წრედი მოძებნილი იქნა პირველ ცდიდანვე. ამგვარადვე ექებენ მეორე, მესამე და ა.შ წრედებს.

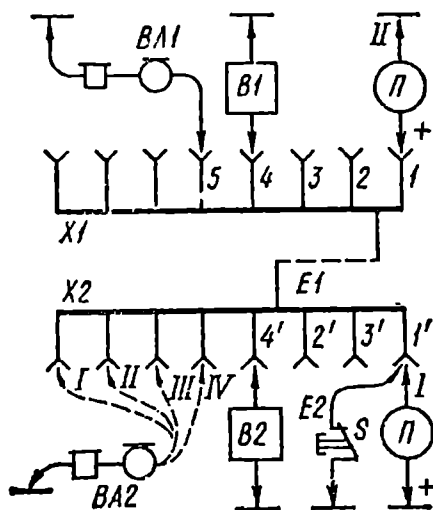
ჩამიწების ხერხი გამოიყენება იმ ელექტრული წრედების შესამოწმებლად, რომელთა საწყისები და ბოლოები მდებარეობენ ერთმანეთისაგან საკმაოდ შორს ან სხვადასხვა შენობებში. ამ

დროს შესამოწმებელ წრედებთან ერთად სარგებლობენ დამხმარე წრედებით: ჩამამიწებელ სადენებს, ნებისმიერი კაბელის ძარღვებს, სპეციალურად ჩადებულ სადენებსა და ჩამიწების სალტეებს.

მაგალითი: საჭიროა შემოწმდეს კაბელის ძარღვებზე დატანილი აღნიშვნების სისწორე (ნახ. 3.11). ამ შემთხვევაში შემოწმებას ახორციელებს ორი ადამიანი, რომელთა შორის წინასწარ დამყარებულია სატელეფონო კავშირი. სალაპარაკო მოწყობილობა B1 და B2 ჩართული ან შესამოწმებელი E1 კაბელის ძარღვებით ან ცალკე ჩადებული სადენებით.

შემოწმება იწყება დროებითი ზღუდარის E2 დაყენებით კაბელის ერთ-ერთი მხარის ნებისმიერ ერთ ძარღვთან. სასინჯის (Π) ერთი საცეცით ეხებიან კაბელის ჩამიწებულ ძარღვს. ამოწმებენ დამხმარე წრედის: მიწა-ლილაკი S-ძარღვი 1' მთლიანობას. ამასთანავე უნდა შემოწმდეს E2 ზღუდარის დაყენების სისწორე ამისათვის S2 ლილაკით უნდა გავწყვიტოთ მისი წრედი და თვალყური ვადევნოთ სასინჯის ჩვენებას.

ზღუდარის E2 დაყენების შემდეგ კაბე-



ნახ. 3.11. ელექტრული წრედის შემოწმება ჩამიწების ხერხით

ლის მეორე მხარეზე იწყებენ ჩამიწებული ძარღვის ძიებას სასინჯის საცეცით. ჩამიწებული ძარღვის პოვნის შემდეგ ან ჩაერთოთ და გამოერთოთ S ღილაკი ან გამოეხსნათ და ისე მიეაერთოთ E2 ზღუდარი რათა დაერწმუნდეთ სასინჯის ჩვენების სისწორეში და დამატებითი E2 ზღუდარების არ არსებობაში. წინააღმდეგ შემთხვევაში შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ სასინჯის ჩვენება გამოწვეულია კაბელის რომელიმე ძარღვის ჩამიწებით E2 ზღუდარისაგან დამოუკიდებლად.

პირველი წრედის შემოწმების შემდეგ E2 ზღუდარს დააყენებენ მეორე წრედზე და გაიმეორებენ აღწერილ მოქმედებას.

3.4. ელექტრული წრედების შემოწმება ძაბვის ქვეშ

ელექტრული წრედი შეიძლება შემოწმდეს მასზე მუშა ან საკონტროლო ძაბვის მიწოდებით. ნებისმიერ შემთხვევაში გამოყენებულ უნდა იქნეს ტექნიკური აღჭურვილობის საშუალებები: ძაბვის მაჩვენებლები, მულტიმეტრები, მარწუხები და სხვა. ძაბვის მაჩვენებლად შეიძლება გამოყენებული იქნეს ვარვარების ნათურა, რომლის ვარგისობა წინასწარ შემოწმებული უნდა იქნეს ძაბვის ქვეშ მყოფ დენგამტარ ნაწილებზე. ნათურა მოთავსებული უნდა იქნეს არმატურაში, რადგან შემოწმების დროს შეიძლება გასკდეს და მომსახურე პერსონალმა მიიღოს ტრავმა.

განვიხილოთ მაგალითი. საჭიროა შემოწმდეს წრედი ნახ. 3.12-ზე მოცემულ სქემაში, რომელზეც მონტაჟის დასრულების შემდეგ არ მიეწოდება ძაბვა. ამ შემთხვევაში დასაწყისში უნდა შემოწმდეს სქემების კვების წრედი მათში მოკლედ შერთვის არ არსებობაზე. ამისათვის კვების

გარეშე ვიზუალურად ერთმანეთისგან არ განსხვავდება.

შევამოწმოთ წრედის დარჩენილი. ნაწილი ძაბვის ქვეშ წრედების შემოწმების დროს გამოიყენება წრედის ელემენტის ისეთი თვისება, როგორიცაა ელემენტზე ძაბვის ვარდნის დამოკიდებულება მის წინააღობაზე. კონტაქტებზე, მცველებზე და მათგვარ ელემენტებზე ძაბვის ვარდნა პრაქტიკულად ნულის ტოლია. ყოველ შემთხვევაში ორი, სამი რიგით ნაკლებია ძაბვის ვარდნაზე ისეთ ელემენტებზე როგორიცაა: რელესა და კონტაქტორის კოჭები, რეზისტორები, ნათურები და დატვირთვის სხვა ელემენტები.

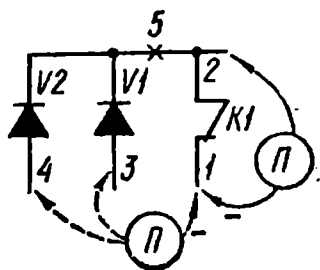
აქედან გამომდინარე შევამოწმოთ ნახ. 3.12-ზე მოყვანილი წრედის ელემენტები. პირველ რიგში ვამოწმებთ წრედის მთლიანობას: 0 წერტილი-მცველი F1-კონტაქტი KK2:1-კონტაქტი KK3:1 წერტილი2. ამისათვის ინდიკატორის ერთ საცეცს მიუერთებ წერტილს 4, ხოლო მეორე საცეცს წერტილთან1. (პოზიცია II). ვარგისი F1 მცველის შემთხვევაში ნათურა აინთება მთლიანი ვარვარებით. ნათურის ვარვარება მოწმობს 1 და 4 საკონტროლო წერტილებს შორის ძაბვის არსებობას. ამის შემდეგ ინდიკატორის საცეცი 1 მდგომარეობიდან გადმოვიტანოთ 1a მდგომარეობაში, ხოლო შემდეგ 2 მდგომარეობაში. (პოზიცია III). ამით ვამოწმებთ KK2:1 და KK3:1 კონტაქტების წესიერობას.

მცველს შევამოწმებთ ანალოგიურად. დაერწმუნდით რა შემოწმებული წრედის ვარგისობაში გადავიდვართ შემდეგ წრედზე: წერტილი 4-მცველი F4-კონტაქტი K1:1- მასთან პარალელურად ჩართული ღილაკი S2-ღილაკი S1-წერტილი 3. ამ შემთხვევაში ინდიკატორის ერთი საცეცი უნდა ჩაერთოთ 0 წერტილთან. თუ მეორე საცეცით შევსებით წერტილს 5, მაშინ 0-5 წერტილებს შორის ძაბვის არსებობით ვამოწმებთ F4 ვარგისობას. თუ S2 ღილაკზე

თითს დავატყურო და შესამოწმებელ წრედში ყველა ელემენტი წესრიგშია, წერტილში 3 წერტილი 0-ის მიმართ უნდა იყოს ძაბვა და უნდა ჩაირთოს K1 კონტაქტი, რომლის ჩართვა გამოიწვევს K1:1 ბლოკ კონტაქტის ჩართვას და S2 ღილაკზე თითის ადების შემდეგ K1 კონტაქტი დარჩება ჩართული. ამგვარად ორ სხვადასხვა წერტილს შორის ჩართული ნათურიანი ძაბვის ინდიკატორის საშუალებით შემოწმებული იქნა მთელი წრედის წესიერულობა.

3.5. შეცდომები ელექტრული წრედის შემოწმებისას

ელექტროდანადგარების ელექტრული სქემების შემოწმება ზოგჯერ გართულებულია იმიტომ, რომ ამა თუ იმ ელექტრული წრედის შესახებ ინფორმაცია შეიძლება დამახინჯდეს. ზოგჯერ თვლიან, რომ დამახინჯება გამოწვეულია ელექტრული სქემების შემოწმების ხერხების შეცდომით არჩევით (უშუალო ჩამოწებით). მაგალითად თვლიან, რომ მომიჯნავე ქვესადგურებში ჩამოწმების მაგისტრალების პოტენციალების განსხვავებულობის გამო ჩამოწმების ხერხების გამოყენება დაუშვებელია. ასეთი აზრი მცდარია, რადგან თუ შესამოწმებელი წრედი არ იმყოფება ძაბვის ქვეშ, მაშინ მასში არ გადის სხვა დენი გარდა სასინჯის წყაროს მიერ შექმნილი დენისა და შესამოწმებელი წრედის ბოლოებზე არ აღიძვრება პოტენციალთა სხვაობა. ასეთ პირობებში თვით გასინჯვის ხერხებს არ შეუძლიათ დაამახინჯოს ელექტრული წრედების მდგომარეობის შესახებ ინფორმაცია. ამიტომ შეცდომის მიზეზი შეიძლება იყოს ან შესამოწმებელი წრედის შუნიტირება სხვა წრედების მიერ ან დამატებითი ელექტრული წრედების წარმოქმნა.



ნახ. 3.13 წრედის წარმოქმნა დიოდების გავლით

მაგალითი1. დამატებითი წრედის წარმოქმნა დიოდის წინააღობის გავლით პირდაპირი მიმართულებით.

დაეუშვათ საჭიროა ისეთი ელექტროდანადგარის გამოყენების ნუმერაციის განსაზღვრა, რომელიც შეიცავს ნახევარგამტარულ დიოდებს.

სქემის ფრაგმენტი მოყვანილია ნახ. 3.13-ზე

ჩაერთოთ სასინჯი Π , ისე როგორც ნაჩვენებია ნახ. 3.13-ზე შევახებთ რა სასინჯის საცეცს 2 სხვა დანარჩენ გამოყენებას, დავინახავთ რომ ყველა სამივე შემთხვევაში სასინჯის ჩვენება ერთნაირია. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ან არსებობს დეფექტი თვითონ სქემაში, ან ჩვენი არასწორი მოქმედებით შევიტანეთ შეცდომა. (ვთვლით, რომ სასინჯის ვარგისობა წინასწარ იქნა შემოწმებული).

რა უნდა გავაკეთოთ იმისათვის რომ განვსაზღვროთ სასინჯის ერთნაირი ჩვენების მიზეზი.

ჩათვალოთ რომ სქემა ვარგისია, მაშინ დეფექტი გამოწვეულია ჩვენი არასწორი მოქმედებით, ამიტომ მის მოსაძებნად განვიხილოთ წრედი, რომელიც წარმოიქმნა სასინჯის ჩართვის დროს.

სასინჯის ჩართვისას 1-3 გამოყენებას შორის იკვრება წრედი: სასინჯის (-) საცეცი-წერტილი1-კონტაქტი წერტილი2-დიოდი1-წერტილი3-საცეცი (+).

სასინჯი გვიჩვენებს, რომ წრედი 1-3 ჩაკეტილია და შესაბამისად გამოყენებები 1 და 3 არ შეიძლება ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდნენ. ყურადღება მივაქციოთ იმას,

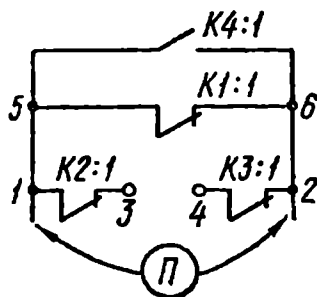
რომ წრედში ჩართული დიოდის, რომლის გამტარობა დამოკიდებულია მასზე მოდებული ძაბვის პოლარობაზე. გადავადგილოთ სასინჯის საცეცები ისე, რომ გამომყვანებთან 1 ჩართული იყოს (-) საცეცები. ამ შემთხვევაში სასინჯის ჩვენება ნულის ტოლია, რაც შეესაბამება გათიშულ წრედს. ამიტომ გამომყვანები 1-3 შეიძლება განვასხვაოთ ერთმანეთისგან. წრედის 1-3 გამომყვანებზე ნათქვამი შეიძლება მივაკუთვნოთ წრედის 1-4 გამომყვანებს.

შემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ ნახევარგამტარული დიოდებიანი წრედების შემოწმების დროს ყურადღება უნდა მივაქციოთ სასინჯის საცეცების პოლარობას.

მაგალითი 2. წრედის წარმოქმნა გამომრთველი კონტაქტის გავლით.

დავუშვათ, რელურ-კონტაქტური სქემის ჩართვის წინ საჭიროა შევმოწმოთ 1-2 წერტილებს შორის ჩართული პარალელური წრედი (ნახ. 3.14), რომელთა შორის არის ორი გამომრთველი კონტაქტის შემცველი წრედი. სახელდობრ წრედი 5-6; გამომყვანი-კონტაქტი K1:1-გამომყვანი-2 წრედი 1-2 გამომყვანი 1- კონტაქტი K2:1-კონტაქტი K3:1-გამომყვანი 2.

მოვხსნათ ძაბვა სქემიდან და სასინჯი ჩავრთოთ 1-2 გამომყვანებთან. სასინჯი გვიჩვენებს რომ ამ გამომყვანებს შორის წრედი ჩაკეტილია და გამართულ მდგომარეობაშია. ჩავრთავთ დანადგარის მუშაობაში. ამ დროს გამომჟღავნდება დე-



ნახ. 3.14. წრედის უნტირე-
ფექტი, რომელიც მდგომარე-
ბა გამომრთველი კონტაქტით

ობს იმაში, რომ ერთ-ერთ რეუიმში 1 და 2 წერტილებს შორის წრედი არ ირთვება, მიუხედავად იმისა, რომ სწორი მუშაობისათვის იგი ჩაკეტილი უნდა იყოს. თუ დაეუკვირდებით სქემებს შეიძლება დავინახოთ, რომ წრედის ჩაკეტვა ხდება კონტაქტებით K2 და K3. ამიტომ ვამოწმებთ მათ წესიერობას. მოხსნილი ძაბვის დროს ჩაერთავთ სასინჯს უშუალოდ 2:1 კონტაქტის 1-3 გამომყვანებთან და K3:1 კონტაქტის 4-2 გამომყვანებთან. სასინჯის ჩვენება გვეუბნება, რომ კონტაქტები წესრიგშია, მაგრამ წრედი 1 და 2 გამომყვანებს შორის არ იკვრება. რაშია მიზეზი?

რადგანაც წრედის K2 და K3 კონტაქტები წესრიგშია, ამიტომ ვამოწმებთ 1 და 2 წერტილებს შორის არსებობს თუ არა დანადგარის მუშაობის დროს წრედი, რისთვისაც 3 და 4 წერტილებს შორის ერთავთ სასინჯს, რომელიც გვატყობინებს წრედის გაწყვეტის შესახებ. ამასთანავე თუ შევამოწმებთ წრედს 3 და 4 წერტილებს შორის გამორთული ძაბვის დროს, მაშინ სასინჯი გვიჩვენებს ჩაკეტილ წრედს. ასეთი მოვლენის ასახსნელად მივმართოთ ნახ. 3.14-ს

1 და 2 გამომყვანებთან მიერთებულია სამი პარალელური წრედი, რომელთაგან ორი წარმოქმნილია გამთიშველი კონტაქტებით და რომლებიც რელეს უდენო მდგომარეობაში ყოფნის დროს ჩაკეტილია. რადგანაც 1-2 და 5-6 წრედები ჩართულია პარალელურად, ამიტომ საკმარისია ჩაკეტილი იყოს ერთი მათგანი, რომ 1-2 გამომყვანებთან მიერთებისას სასინჯმა გვიჩვენოს, რომ მათ შორის წრედი ჩაკეტილია. სასინჯის 3-4 გამომყვანებთან მიერთება არ იძლევა საშუალებას ვიპოვოთ წრედის გაწყვეტა. რადგან ამ დროს იქმნება ჩაკეტილი წრედი: სასინჯის საცეცი-გამომყვანი3-კონტაქტი K2-კონტაქტი K1-გამომყვანი2-კონტაქტი3-სასინჯის საცეცი. ამგვარად, აღმოჩნდა, რომ

ნატარებული შემოწმება არ გეაძლევს საშუალებას გაეაყუ-
თოთ დასკვნა ყველა პარალელური წრედის წესიერობის
შესახებ და საჭიროა შევამოწმოთ ეს წრედები ცალ-ცალკე.
ამიტომ საჭიროა 1-2 წერტილებს შორის წრედი შევამოწ-
მოთ ორჯერ. პირველად გაეთიშოთ K1 კონტაქტი, მაშინ
სასინჯი გეაძლევს საშუალებას შევამოწმოთ მხოლოდ ის
წრედი, რომელშიც შედიან K2 და K3 კონტაქტები. მეორე
შემთხვევაში გაეთიშოთ K2 კონტაქტი (ან K3) ამ შემთხ-
ვევაში მოწმდება წრედი 1 წერტილიდან 2 წერტილამდე
K1 კონტაქტის გავლით.

აღნიშნული ხერხით წარმოებული შემოწმება გვიჩ-
ვენებს, რომ წრედს, რომელშიც შედიან K2 და K3 კონ-
ტაქტები გაწყვეტილია.

აქედან გამომდინარეობს, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში
ელექტრული წრედების შემოწმებისას საჭიროა შესამოწ-
მებელი წრედის მაშუნიტირებელი კონტაქტების იძულები-
თი გამორთვა ან გათიშვა.

3.6. მეორადი კომუტაციის სქემების შემოწმება ძაბვის ქვეშ

განვიხილოთ ოპერატიული წრედების (მართვის, დაცვის,
ავტომატიკის, სიგნალიზაციის, ბლოკირების) შემოწმების
საკითხები ძაბვის ქვეშ.

ძაბვის ქვეშ სქემების შემოწმება სწარმოებს გამორთუ-
ლი ძალოვანი წრედის დროს ელექტრული წრედების მონ-
ტაჟის სისწორის შემოწმების, აპარატურის გაწყობისა და
იზოლაციის გამოცდის შემდეგ. წინასწარ შემოწმებული
უნდა იყოს ყველა საკონტაქტო შეერთებები კლემებსა და
აპარატებზე. აგრეთვე მოწოდებული ძაბვის პოლარობა.

ოპერატიული ძაბვის პირველი მოწოდების დროს უნდა დაერწმუნდეთ, რომ სქემაში არ არის მოკლედ შერთვა. ამისათვის ეყენება მხოლოდ ერთი მცველი, ხოლო მეორეს ადგილზე ჩაირთვება სპონტროლო ნათურა. თუ წრედში მოკლედ შერთვა არ არის ნათურა არ აინთება ან აინთება არასრული ვარვარებით. ნათურას უნდა გააჩნდეს მცირე შინაგანი წინაღობა (სიმძლავრე უნდა იყოს 150-200ვტ)

მცირე წინაღობის რელეს კოჭაზე დიდი წინაღობის ნათურის გავლით ძაბვის მიწოდების დროს ნათურის ვარვარება სრული ვარვარებისგან მცირედ განსხვავდება. ოპერატიული ძაბვის მიწოდების შემდეგ მოწმდება ამუშავების მკაფიობა რელესა და სქემის სხვა ელემენტების ცალკეული კონტაქტების მუშაობის მიმდევრობა წრედის მუშაობის ყველა რეჟიმში.

დაცვის, სიგნალიზაციის, ავტომატიკის სქემების მუშაობა მოწმდება მოწყობილობის ავარიული და არანორმალური რეჟიმების იმიტაციით დაცვის რელეების, ტექნოლოგიური გადამწოდებისა და სხვათა კონტაქტების ხელით ჩაკეტვის გზით.

ძაბვის ქვეშ სქემის შემოწმების დროს შესაძლებელია სქემის ცალკეული ელემენტებისა და კვანძის მუშაობაში მტყუნების შემთხვევები, მიუხედავად იმისა რომ დაზიანებები და დარღვევები სქემაში მრავალგვარია. ისინი შეიძლება მივაკუთვნოთ დაზიანების შემდეგ სახეებს: ა) წრედის გაწყვეტა; ბ) მოკლედ შერთვა; გ) მიწასთან შეერთება; დ) შემოვლითი წრედის არსებობა; ე) სქემაში შემავალი ცალკეული პარამეტრების უწესიერობა ან პარამეტრების შეუსაბამობა სქემის მოთხოვნებთან.

ყველა ეს დეფექტი მაშინვე არ შეიმჩნევა და შეიძლება ჰკონდეს სქემის თვისებებიდან გამომდინარე სხვადასხვაგ-

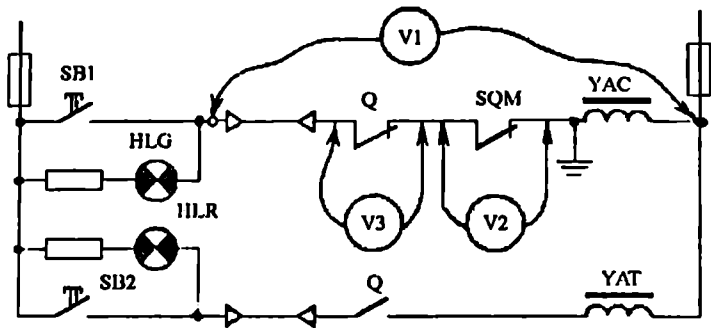
ვარი გარეშე გამოვლინებანი. მხოლოდ სქემის დაწვრილებითი ანალიზი, შემოწმების მოფიქრებული გეგმა იძლევა საშუალებას სწრაფად და ეფექტურად გამოვაფლინოთ და აღმოვფხვრაოთ დაზიანებები. რადგანაც სქემაში თითოეული დაზიანება მოითხოვს სპეციალურ ანალიზს, დაზიანებული ელემენტის განსაზღვრის მეთოდოლოგია არ შეიძლება წარმოვიდგინოთ საერთო სახელმძღვანელოს სახით, რომელიც გამოსაყენებელი იქნებოდა ყველა შესაძლო შემთხვევებისათვის.

ნახ. 3.15-ზე მოყვანილია ზამბარიანი ამპრაგის მქონე ზეთიანი ამომრთველის მართვის პრინციპული სქემა.

მაგალითის სახით განვიხილოთ უმარტივესი დაზიანების შემთხვევა: დარღვეულია ამომრთველის ბლოკ-კონტაქტის წრედი. დაზიანების გარეშე ნიშანია-არ ინთება ნათურა. დაზიანების გამოსავლენად საჭიროა:

1. შევამოწმოთ მცველის ეარგისიანობა;
2. შევამოწმოთ ძაბვა HLG ნათურაზე 3 (თუ ნათურაზე და დამატებით წინაღობაზე არ არის, მაშინ სავარაუდოდ გაწყვეტილია ამომრთველის წრედი);
3. შევამოწმოთ სასიგნალო ნათურის ძაფი;
4. შევამოწმოთ წრედის მთლიანობა Q და SQM კონტაქტებზე მათზე პარალელურად ვოლტმეტრის რიგ-რიგობით ჩართვით. თუ V_2 ვოლტმეტრის ჩვენება ნულის ტოლია, მაშინ SQM კონტაქტები ჩაკეტილია.

SQM და Q კონტაქტებთან პარალელურად ჩართული V_1 ვოლტმეტრის ჩვენება მოწმობს წრედის გაწყვეტას ამ კონტაქტებზე ოპერატიული წრედების შემოწმების დროს უნდა ვისარგებლოთ მაღალომიანი ვოლტმეტრით, რადგანაც დაბალომიანმა ვოლტმეტრმა შეიძლება მიგვიყვანოს სქემის აპარატის მცდარ ამუშაუებასთან.



ნახ. 3.15. ზამბარიანი ზეთიანი ამომრთველის მართვის პრინციპული სქემა

განხილულ სქემაში (ჩართვის წრედის წესიერობის დროს) ვოლტმეტრის მაგიერ საკონტროლო ნათურის დამატებით წინააღობიანი სასიგნალო HLG ნათურასთან პარალელურად ჩართვამ შეიძლება გამოიწვიოს YAS ჩამრთველი კოჭის ამუშავება და ამომრთველის თვითნებურად ჩართვა. ვარვარის ნათურები შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც მოწმდება მცველების მთლიანობა და წრედის მოკლედ შერთვა.

თავი IV. ელექტრული აპარატები და მათი დიაგნოსტიკა

ელექტრული აპარატი წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელიც გამოიყენება ელექტრო მომხმარებლების, კვების წყაროებისა და არაელექტრული პროცესების ელექტრო ენერგიით მართვისათვის.

ზოგადი საწარმოო დანიშნულების ელექტრული აპარატები, ელექტრო-საყოფაცხოვრებო აპარატები და მოწყობილობები გამოშვებულია 1 კვ. ძაბვამდე, ხოლო მაღალი ძაბვისა-1კვ. ზემოთ. 1კვ-მდე ძაბვის აპარატები იყოფიან: ხელის, დისტანციურ, დაცვის აპარატებად და გადამწოდებად.

4.1. ელექტრული აპარატების კლასიფიკაცია

ელექტრული აპარატების კლასიფიკაცია ხდება სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით: 1. დანიშნულების(აპარატის ძირითადი შესასრულებელი ფუნქცია): 2. მოქმედების პრინციპის; 3. სამუშაო ხასიათის; 4. დენის სახეობის (მუდმივი და ცვლადი); 5. დენის სიდიდის; 6. ძაბვის სიდიდის (1 კვ-მდე და 1 კვ ზევით); 7. შესრულების; 8. დაცვის ხარისხის; 9. კონსტრუქციის.

თავის მხრივ ძირითადი შესასრულებელი ფუნქციის მიხედვით ელექტრული აპარატები იყოფა: მართვის, დაცვისა და მაკონტროლებელ აპარატებად.

1. მართვის აპარატების დანიშნულებაა ელექტრული მანქანების, ჩარხების, მექანიზმების გაშვება, რევერსირება, დამუხრუჭება, სიჩქარის, დენისა და ძაბვის რეგულირება, ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტროენერგიის მომხმარებლის გაშვება და პარამეტრების რეგულირება. ამ აპარატების ძირითად ფუნქციას მიეკუთვნება

აგრეთვე ელექტროამძრავებისა და ელექტროენერგიის სხვა მომხმარებლების მართვა, განსაკუთრებით ხშირი ჩართვა-გამორთვის დროს. მართვის აპარატებს მიეკუთვნება ხელით მართვის აპარატები ჩამრაზები, უნივერსალური გადამრთველები, კონტროლერები, კომანდოკონტროლერები, პაკეტური ამომრთველები და გადამრთველები, რეოსტატები და სხვა. დისტანციური მართვის აპარატები ელექტრომაგნიტური რელეები, მაგნიტური გამშვებები კონტაქტორები და სხვა.

2. დაცვის აპარატები გამოიყენება ელექტრული წრედების კომუტაციის, ელექტროწრედებისა და ელექტრომოწყობილობების გადატვირთვის, პიკური და მოკლედ შერთვის დენებისაგან დასაცავად.

დაცვის აპარატებს მიეკუთვნება დნობადი მცველები, თბური და დენის რელეები, ავტომატური ამომრთველები და სხვა.

3. მაკონტროლებელი აპარატების დანიშნულებაა მოცემული ელექტრული ან არაელექტრული აპარატების კონტროლი. აპარატების ამ ჯგუფს მიეკუთვნება გადამწოდები. გადამწოდები ელექტრულ ან არაელექტრულ სიდიდეს გარდაქმნიან და გამოსცემენ ისფორმაციას ელექტრული სიგნალის სახით. ამ სახის აპარატებს მიეკუთვნება: დენის, წნევის, ტემპერატურის, მდგომარეობის, დონის და ფოტო გადამწოდები; აგრეთვე დენის, ძაბვის, დროის, სიჩქარის რელეები.

4. მოქმედების პრინციპის მიხედვით ელექტრული აპარატები იყოფა მათზე მოქმედი იმპულსების ხასიათის მიხედვით, გამომდინარე იმ ფიზიკური მოვლენებიდან რომელზეც დაფუძნებულია მათი მოქმედების პრინციპი. ყველაზე უფრო გავრცელებულია შემდეგი კატეგორიები:

ა) საკომუტაციო ელექტრული აპარატები. გამოიყენება კონტაქტების საშუალებით ელექტრული წრედების წართვა-გამორთვის, ერთი კონტაქტიდან მეორე კონტაქტზე დენის გადასვლისა და ელექტრული წრედების გაწყვეტისათვის (დენმკვეთები, გადამრთველები);

ბ) ელექტრომაგნიტური ელექტრულ აპარატები. მათი მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია აპარატის მუშაობის დროს აღძრულ ელექტრომაგნიტურ ძალაზე (კონტაქტორები, რელეები);

გ) ინდუქციური ელექტრული აპარატები, რომელთა მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია დენის და მაგნიტური ველის ურთიერთქმედებაზე (ინდუქციური რელე);

დ) ინდუქციურობის კოჭები (რეაქტორები, გაჯერების დროსელები);

მუშაობის ხასიათის მიხედვით ელექტროაპარატებს განასხეავენ იმ წრედის რეჟიმიდან გამომდინარე რომელშიც იგი არის დაყენებული: 1. ხანგრძლივად მომუშავე აპარატები; 2. მუშაობის ხანმოკლე რეჟიმში მომუშავე; 3. დატვირთვის ხანმოკლე განმეორებით რეჟიმში მომუშავე.

საერთო მოთხოვნები რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ელექტროაპარატები არის: მათი მოწყობილობისა და მომსახურეობის სიმარტივე, ეკონომიურობა (მცირე გაბარიტები და წონა), ძვირადღირებული მასალების შემცველობის მინიმალური რაოდენობა. თანამედროვე ელექტროტექნიკური მოწყობილობების სქემებში ელექტრო აპარატებს უნდა გააჩნდეთ მაღალი მგრძნობიარობა, სწრაფქმედება და უნივერსალობა, მაღალი მექანიკური და ელექტრული ცვეთამდევობა, დენგამტარი ელემენტების ტემპერატურამ არ უნდა გადააჭარბოს დასაშვებ ზღვარს, იზოლაცია გაანგარიშებული უნდა იქნეს შესაძლო გადაძაბვებზე.

ელექტროტექნიკური მოწყობილობების მუშაობის რეჟიმები იყოფა: ნომინალურ, ნორმალურ და ავარიულ რეჟიმებად.

ნომინალური რეჟიმის დროს ელექტრული წრედის ელემენტი მუშაობს ტექნიკურ პასპორტში დენის, ძაბვისა და სიმძლავრის ნახევრები მნიშვნელობის დროს, რაც ეკონომიურობისა და საიმედოობის თვალსაზრისით შეესაბამება მუშაობის უფრო მომგებიან პირობებს.

ნორმალური რეჟიმის დროს აპარატის ექსპლუატაცია ხდება ნომინალურთან შედარებით მცირედ განსხვავებულ პარამეტრებით

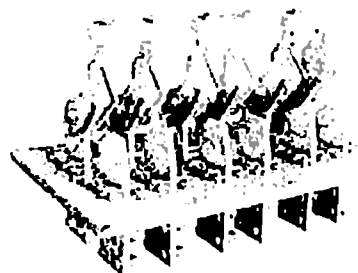
ავარიული რეჟიმი ისეთი რეჟიმია, როცა დენის, ძაბვის, სიმძლავრის მნიშვნელობები ნომინალურს აღემატება ორჯერ და მეტჯერ. ამ შემთხვევაში ობიექტი უნდა იყოს გათიშული. ავარიულ რეჟიმს მიეკუთვნება მოკლედ შერთვისა და გადატვირთვის დენების გავლა წრედში, აგრეთვე ქსელში ძაბვის დაწევა

იმედიანობა - ეს არის ექსპლუატაციის მოქმედი დროის განმავლობაში აპარატის შეუფერხებელი მუშაობა.

4.2. ხელით მართვის აპარატები

ა) ჩამრახები წარმოადგენენ ხელით მართვის უმარტივეს აპარატებს, რომლებიც გამოიყენება ცვლადი დენის 660 ვ და მუდმივი დენის 440 ვ ძაბვამდე ელექტროდანადგარების ჩართვა-გამორთვისათვის.

პოლუსების მიხედვით ჩამრახები იყოფა ერთ,ორ და სამ პოლუსიანად,მართვის მიხედვით: ცენტრალური და გვერდითი სახელურით,ხოლო შეერთების მიხედვით: პანელზე წინა და უკანა შეერთებით. ცენტრალურ სახელურიანი ჩამრახები გამოიყენება უდენო ელექტრულ წრედების



ნახ. 4.1. ჩამრაზები

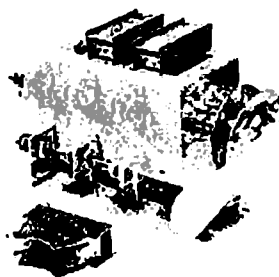
გასათიშად, ხოლო გვერდით სახელურიანი ჩამრაზები დატვირთვის ქვეშ მყოფი წრედების გასათიშად.

ზოგიერთი სახის ჩამრაზი ნაჩვენებია ნახ. 4.1-ზე.

ცენტრალურ სახელურიანი ჩამრაზები გამოშვებულია რკალმქრობი მოწყობილობის გარეშე, ბოლო გვერდით სახელურიანი-რკალმქრობი მოწყობილობით.

გამორთვის დროს დანების გადნობის თავიდან აცილების მიზნით ჩამრაზები მზადდება ნაპერწკალ და რკალმქრობი კონტაქტებით. ნაპერწკალმქრობი კონტაქტები, რომლითაც აღჭურვილია დანები გამორთვის დროს ტუჩებიდან გამოდიან ზამბარების მოქმედებით

ნახ. 4.2-ზე ნაჩვენებია ამომრთველ-განმამხოლოებლები.

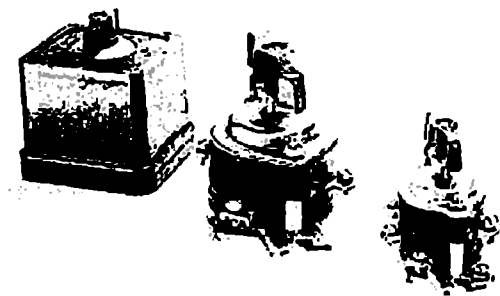


ნახ. 4.2. ამომრთველ-განმამხოლოებლები

ზოგიერთ შემთხვევაში ჩამრაზები შეთავსებულია მცველებთან და ეს მცველები გამოყენებულია დანებად. ასეთი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა ჩამრაზმა შეასრულოს დაცვისა და კომპუტაციის ფუნქცია.

ბ) პაკეტური ამომრთველები და გადამრთველები. პაკეტური ამომრთველები გამოიყენება ცვლადი 380 ვ ძაბვამდე და 60 ა დენამდე და მუდმივი 220 ვ ძაბვამდე და 100 ა დენამდე. პაკეტური ამომრთველები და გადამრთველები ჩამრაზებთან შედარებით უფრო კომპაქტურია ისინი მონტაჟდება ისეთნაირად რომ პანელზე გამოდის მხოლოდ სახელური, რაც უზრუნველყოფს მომსახერე პერსონალის უსაფრთხოებას. პაკეტური გადამრთველი ნასვენებია ნახ. 4.3-ზე.

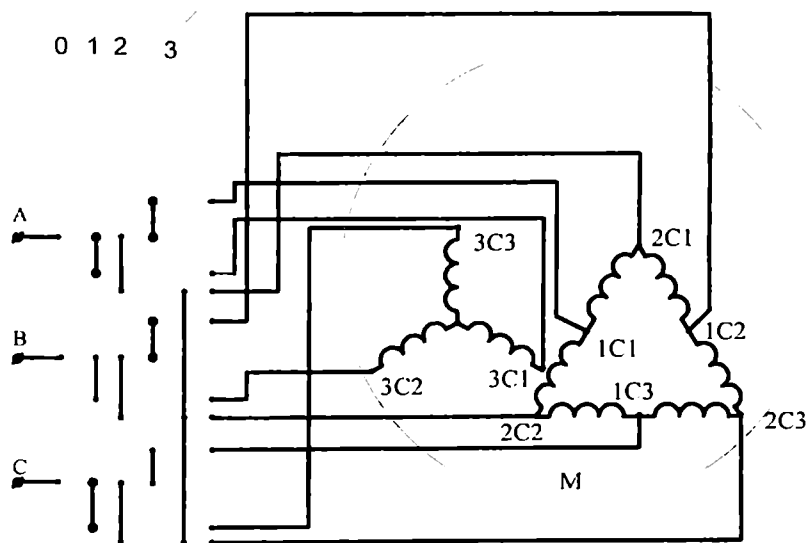
პაკეტური გადამრთველის სახელურის 90° ით შემობრუნებისას შეგვიძლია ჩავერთოთ ან გამოვერთოთ ელ. დანადგარი. სახელურის 4 მდგომარეობიდან ორი შეესაბამება ჩართულ და ორი გამორთულ მდგომარეობას.



ნახ. 4.3. პაკეტური ამომრთველი

პაკეტურ გადამრთველში მხოლოდ ერთი მდგომარეობა შეესაბამება ელექტრო დანადგარის გამორთულ მდგომარეობას, ხოლო დანარჩენი სამი -სხვადასხვა წესით ჩართულს. ნახ. 4.4-ზე ნაჩვენებია სამ სინქარიანი ძრავას პაკეტური გადამრთველით ჩართვის სქემა. ოთხ პოზიციან პაკეტურ გადამრთველს აქვს ექვსი უძრავი კონტაქტი. ერთი პოზიცია (0) შეესაბამება ძრავის გამორთულ მდგომარეობას. ძრავის სტატორში ჩაღებულაა ორი გრაგნილი. ერთი გრაგნილი შეერთებულია ვარსკვლავად, ხოლო მეორე შექცლია გადაირთოს სამკუთხედიდან ორმაგ ვარსკვლავზე.

სქემის მიხედვით სახელურის 1 მდგომარეობაში ძრავა შეერთებულია ქსელის კლემებთან 3C1, 3C2 და 3C3



ნახ. 4.4. სამ სინქარიანი ელექტრო ძრავას პაკეტური გადამრთველით ჩართვის სქემა

თან.ძრავას სტატორში იქმნება მბრუნავი მაგნიტური ველი სამი წყვილი პოლუსით ($2P=3$). ამ დროს ძრავის სინქრონული ბრუნვის სიხარე

$$n = \frac{60f}{2p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ ბრ/წთ,}$$

სადაც $f=50$ ჰც ქსელის სიხშირეა

გადამრთველის მარჯვენა კლემების მარცხენასთან შეერთებას უზენებენ წერტილები ხაზებით, რომელთა ვერტიკალზე ნაჩვენებია გადამრთველის სახელურის მდგომარეობის შესაბამისი ციფრები.

გადამრთველის სახელურის 1 მდგომარეობაში მარცხენა ზედა კლემა შეერთებულია ძრავას 3C1 კლემასთან, მარცხენა შუა კლემა – 3C2- თან, ხოლო მარცხენა ქვედა კლემა -3C3 კლემასთან

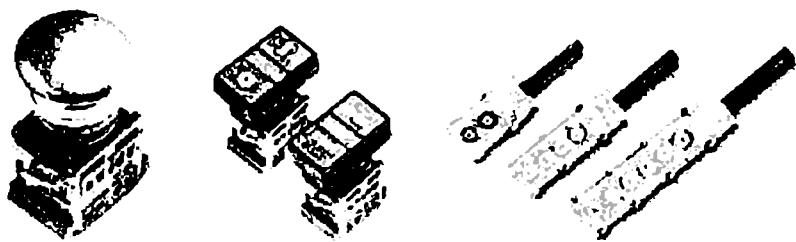
სახელურის 3 მდგომარეობაში გადამრთველის მარცხენა კლემების ძრავას 1C1, 1C2 და 1C3 კლემასთან შეერთებით ხდება 2C1, 2C2 და 2C3 კლემების ერთმანეთთან შეერთება. ამით განპირობებულია ძრავას გრაფილების შეერთება ორმაგ ვარსკვლავად და წარმოიქმნება პოლუსების ერთი ($2p=1$) წყვილი, რის გამოც ძრავას სიხარე $n=3000$ ბრ/წთ.

სახელურის 2 მდგომარეობაში მარცხენა ზედა კლემა უერთდება ძრავას 2C1 კლემას, შუა მარცხენა კლემა- 2C2-ს, ხოლო ქვედა მარცხენა- კლემა= 2C3-ს. ამ დროს ძრავა ჩაირთვება სამკუთხედად და იქნება პოლუსები ორი წყვილი ($2p=2$) და ძრავას სიხარე $n=1500$ ბრ/წთ.

სამუაზა პაკეტური გადამრთველები ჩამრახებისაგან განსხვავდებიან იმით, რომ მოძრავ კონტაქტებს (დანებს) აქვთ არა ერთი არამედ ორი ჩაკეტილი მდგომარეობა. დანები შეიძლება ჩაირთოს სამი მარჯვენა და სამი მარცხ-

ენა უძრავი კონტაქტებით. ასეთი გადამრთველები გამოიყენება სამუცა'ს ძრავას ჩართვისა და ბრუნვის მიმართულების შეცვლისათვის (რევერსირებისათვის).

გ) ღილაკები. ღილაკების დანიშნულებაა 660 ვ ძაბვამდე და 50 კც ცველადი დენის ელექტრულ წრედებში



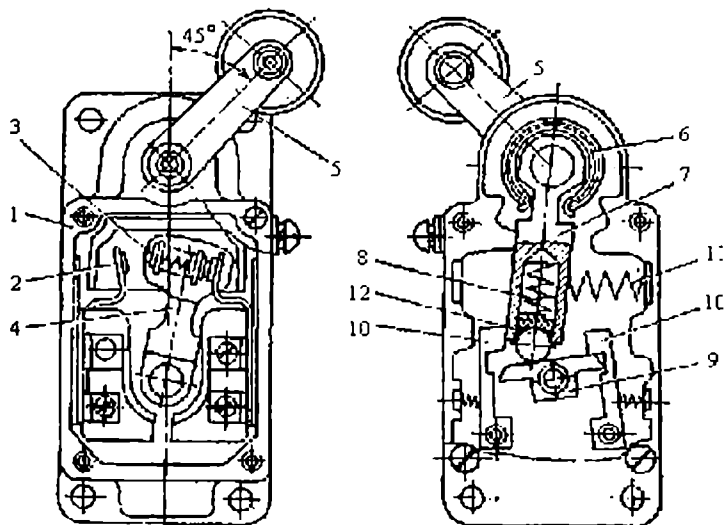
ნახ. 4.5. ღილაკები

მაგნიტური გამშვებების, კონტაქტორებისა და ავტომატიკის რელეების ოპერატიული მართვა.

ნახ. 4.5-ზე მოცემულია სხვადასხვა სახის ღილაკები.

მოცემული ღილაკები გამოიყენება ამწე-მექანიზმების მართვის წრედებში. ღილაკების ძირითად დაზიანებად ითვლება მექანიკური დაზიანება, გაცვეთილი კონტაქტები და ცუდი კონტაქტი სადენების მიერთების ადგილებში.

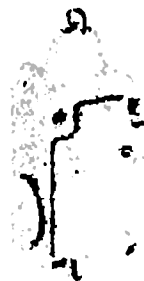
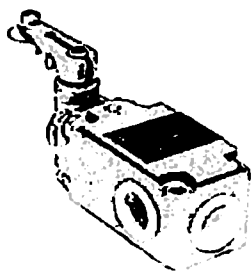
დ) საგზაო და საბოლოო ამომრთველები გამოიყენება მექანიზმების ზუსტი გაჩერების უზრუნველყოფის მიზნით, რადგანაც ზუსტი გაჩერება მიიღწევა ელექტროძრავას დაბალი ბრუნვის სიჩქარეზე გადაყვანით, ამიტომ საბოლოო ამომრთველის არჩევის დროს უპირატესობა ენიჭება კონტაქტების მომენტალური გათიშვის უნარის მქონე ამომრთველებს. ნახ. 4.6-ზე ჭრილში მოყვანილია საბოლოო ამომრთველები კონტაქტების მომენტალური გათიშვით (BK-200Г და BK-300Г)



ნახ. 4.6. BK-200F და BK-300F ტიპის საბოლოო ამომრთველის ჭრილი

კორპუსზე დამაგრებულია უძრავი კონტაქტები 2, ხოლო მოძრავი კონტაქტები დამაგრებულია ბერკეტზე 4. კონტაქტების გადართვა ხორციელდება ამძრავი ბერკეტის 5 მობრუნებით, რომელიც ზამბარის 6 საშუალებით შეერთებულია სამართთან 7. ამძრავი ბერკეტების მობრუნების დროს ზამბარას 8 მოქმედების ძალა გადაეცემა ბურთულას 12 და თამასას 9, რომელიც ხისტად დაკავშირებულია ბერკეტთან 4 მყისიერად მობრუნდება და გაანთავისუფლებს საკეტელა 10. ამ დროს გამომრთველის კონტაქტები გადართვება. გარდა ზემოთ მოყვანილი ამომრთველებისა ნახ 4.7-ზე მოცემულია სხვა სახის ამომრთველები.

ВПК-2110 ტიპის ამომრთველი ხასიათდება საწყის მდგომარეობაში თვითდაბრუნებით.



ა) ბ) გ)
ნახ. 4.7. საგზაო ამომრთველები: ა) **ВПК-15K21**;
ბ) **ВПК-2110 ; 2111; 2112**; გ) **ВП-19M21**

ზემოთ აღნიშნულმა საგზაო ამომრთველებმა ფართო გამოყენება აქოვეს. ისინი ხასიათდებიან სიმარტივითა და სიიაფით. ზოგიერთი მათგანი ხასიათდება საკმაო სიზუსტით, მაგრამ ამ აპარატებს გააჩნიათ რიგი უარყოფითი თვისებები. მათთვის დამახასიათებელია მექანიზმის მოქმედების საკმაოდ დაბალი სიჩქარე; კონტაქტების ეროზიის გამო მუშაობის შესლუდული ვადა, შესლუდული სწრაფქმედება, მოითხოვენ პერიოდულ რეგულირებას. ამიტომ უკანასკნელ ხანებში ამ, მექანიზმების მართვის სქემებში იყენებენ მექანიზმის მდგომარეობის უკონტაქტო გადამწოდებს.

ე) მექანიზმის მდგომარეობის უკონტაქტო გადამწოდები უზრუნველყოფენ მექანიზმის მაღალ სწრაფქმედებას და ჩართვათა დიდ სიხშირეს. მათ უარყოფით თვისებად ითვლება მათი სიზუსტის დამოკიდებულება კვების ძაბვისა და ტემპერატურის ცვლილებაზე. მოთხოვნილებიდან გამომდინარე ამ მოწყობილების გამოსავალ აპარატად შეიძლება გამოყენებული იყოს ან უკონტაქტო ლოგიკური ელემენტი ან ელექტრული რელე.

ელექტროამძრავების ზუსტი განერების სქემებში უკონტაქტო გადამწოდები შეიძლება გამოყენებული იქნეს როგორც დაბალ სიხარეზე გადასვლისას, ასევე განერების ბრძანების გასაცემად.

ყველაზე უფრო გავრცელებულია შემდეგი ტიპის უკონტაქტო გადამწოდები: ინდუქციური, გენერატორული, მაგნიტოგერკონული და ფოტოელექტრონული. ამ გადამწოდებს არ აქვთ მექანიკური კონტაქტი საკონტროლებებს მოძრავ ობიექტთან.

ინდუქციური გადამწოდების მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია ფერომაგნიტურგულარიანი კოჭის ინდუქციურ წინაღობის ცვლილებაზე მაგნიტურ წრედში საპაერო ღრეხოს ცვლილების დროს. მექანიზმის მდგომარეობის კონტროლისათვის გამოიყენება ИКВ-22 ტიპის ინდუქციური გადამწოდი, მეტალურგიულ საამქროებში ИД-5, ლითონსატრელ ქარხნებში გამოიყენება მცირე გაბარიტიანი БСП ტიპის საგზაო გადამრთველი ღოგიკური ელემენტით ან БРП ტიპის ელექტრული რელეით.

ლითონსატრელი ჩარხების ავტომატიზაციისათვის გამოიყენება მაღალი სიზუსტის ВКБ ტიპის გადამწოდები.

გენერატორული გადამწოდების გამოყენების შემთხვევაში საკონტროლო სიდიდის ცვლილება გარდაიქმნება გამოსასვლელზე ე.მ.ძ-ის ცვლილებად. ასეთ გადამწოდებში გამოსასვლელი სიდიდის ცვლილებისთვის არ მოითხოვება ცალკე კვების წყარო. გენერატორული გადამწოდები ხასიათდებიან მაღალი სიზუსტითა და კომპაქტურობით. განსაკუთრებით კარგად მუშაობენ КВД-6М; КВД-25; КВП-8 და КВП-16 სერიის გადამწოდები.

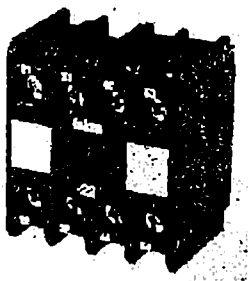
ე) კონტროლერები კონტროლერები წარმოადგენენ მრავალწრედიან ელექტრულ აპარატებს ხელის ამძრავით,

რომლებიც გამოიყენება 440 ვ ძაბვამდე მუდმივი დენისა და 500 ვ ძაბვამდე ცვლადი დენის ძრავების ძალოვანი წრედების კომპუტაციისათვის. კონსტრუქციის მიხედვით ისინი იყოფიან: მეშტადოღურ, ბრტყელ და მაგნიტურ კონტროლერებად.

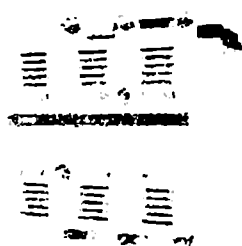
ცვლადი დენის ძაბვების მართვისათვის გამოიყენება KKT-61; KKT-61A, KKT-62; KKT-101; KKT-102 ტიპის კონტროლერები, რომელთაც გააჩნიათ მექანიზმის მოძრაობის ორივე მხარეს სიმეტრიული კონტაქტები 380 ვ ნომინალურ ძაბვაზე.

მუდმივი დენის ძრავების მართვისათვის გამოიყენება KKP-101 და KKP-102 ტიპის კონტროლერები 440 ვ ძაბვამდე. მათ გააჩნიათ 12 ძალოვან კონტაქტებამდე და სახე-

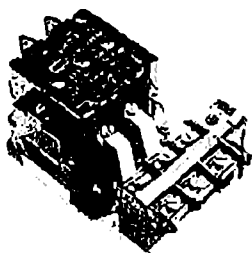
ა)



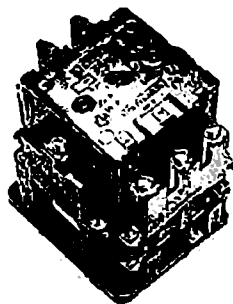
ბ)



გ)



დ)



ნახ. 4.8. მაგნიტური ამამუშავებლები

ლურის ნელოვანი მდებარეობიდან თითოეულ მხარეს 6 პოზიციამდე. თითოეულ პოზიციას გააჩნია ფიქსაცია.

უფრო მეტად გამოიყენება მაგნიტური კონტროლერები, რომლებიც შედგებიან კომანდოკონტროლერებისაგან და კონტაქტორებისაგან. კომანდოკონტროლერი კონტაქტების დახმარებით ჩართავს ან გამორთავს ძაბვას კონტაქტორის კოჭაზე, რომელიც თავისი ძალოვანი კონტაქტით ჩართავს ან გამორთავს ელექტროძრავას. ეს საშუალებას იძლევა ავტომატურად ავტომატიზაციის სარისხი ელექტროძრავის მოძრავი მექანიზმების მართვის სისტემებში.

4.3. დისტანციური მართვის ძალოვანი აპარატები

ა) მაგნიტური ამამუშავებლები მოკლედშერთულ-როტორიანი ასინქრონული ელექტროძრავების ამუშავების, განერების, რევერსირებისა და დაცვისათვის დისტანციური მართვის ძირითადი ელექტრული აპარატებია. ისინი შეიცავენ კონტაქტორებს, რომლებიც ასინქრონულად ძალოვანი ელექტრულ წრედების კომუტაციას ნომინალური და გადატვირთვის დენების დროს; მართვის ღილაკებს; თბურ რელეებს, რომლებიც იცავენ ძრავებს გადატვირთვისაგან

უმეტესად გავრცელებულია ამამუშავებლები, რომელთა ძალოვანი წრედის კომუტაცია ხდება ელექტრომაგნიტური ამძრავით.

დღევანდელ პირობებში ბაზარზე წარმოდგენილია როგორც რუსული, ასევე ევროპული ფირმების მიერ წარმოებული მაგნიტური ამამუშავებლები 690ვ მუშა ძაბვამდე და 250 ა დენის ძალამდე.

ნახ. 4.8-ზე წარმოდგენილია სხვადასხვა სერიის მაგნიტური ამამუშავებლები.



ა)



ბ)

ნახ. 4.9. კონტაქტორები

ნახ. 4.8 ა,ბ -ზე წარმოდგენილია KNL სერიის მაგნიტური ამამუშავებლები. მათ გააჩნიათ მართვის სხვადასხვა კარიანტი, როგორც დისტანციური, ასევე ადგილობრივი.

ნახ. 4.8. გ-ზე წარმოდგენილია ПМА-300 სერიის, ხოლო ნახ.4.8.დ-ზე ПМЕ-200 სერიის მაგნიტური ამამუშავებლები. ეს მაგნიტური ამამუშავებლები გამოიყენებიან სტაციონალურ დანადგარებში სამფაზა ასინქრონული ძრავების დისტანციური ამუშავებისათვის უშუალოდ ქსელთან ჩართვის, გახერებისა და რევერსირებისათვის.

ბ) ელექტრომაგნიტური კონტაქტორები წარმოადგენენ დისტანციური მოქმედების აპარატებს, რომელთა დანიშნულებაა ძალოვანი ელექტრული წრედების კომუტაცია. კონტაქტორების ჩართვა-გამორთვა ხდება ელექტრომაგნიტური ამძრავის დახმარებით. იგი შედგება ძირითადი კვანძებისაგან: მთავარი კონტაქტები, რკალმქრობი სისტემები, ელექტრომაგნიტური სისტემები, დამხმარე კონტაქტები.

მთავარი კონტაქტები ახორციელებენ ძალოვანი წრედის ჩართვა-გამორთვას, ისინი გათვლილი უნდა იყოს ნომინალური დენის ხანგრძლივ გატარებაზე და ჩართვა-გამორთვის დიდ რიცხვზე.

რკალმქრობი სისტემები უზრუნველყოფენ მთავარი კონტაქტების გათიშვის დროს წრმოდგენილი ელექტრუ-

ლი რკალის ჩაქრობას. რკალმქრობი სისტემების კონსტრუქცია განისაზღვრება მთავარი წრედის დენის სახეობითა და კონტაქტორის მუშაობის რეჟიმით.

კონტაქტორის ელექტრომაგნიტური სისტემა უზრუნველყოფს კონტაქტორის დისტანციურ მართვას.

ელექტრომაგნიტური სისტემა შედგება გულარას, ღუზის, კოჭისა და სამაგრი დეტალებისაგან.

დამხმარე კონტაქტები აწარმოებენ გადართვებს კონტაქტორის მართვის ბლოკირებასა და სიგნალიზაციის წრედებში. ისინი გათვლილია არა უმეტეს 20ა დენის ხანგრძლივ გატარებაზე და არაუმეტეს 5ა დენის გამორთვაზე.

კონტაქტები სრულდება როგორც ნი, ისე ნლ სახით.

კონტაქტორები დანიშნულების მიხედვით გვხვდება მუდმივი და ცვლადი დენის, უკანასკნელ ხანებში დიდი გამოყენება აქვთ ვაკუუმურ კონტაქტორებს.

ნახ. 4.9-ზე წარმოდგენილია ორი ტიპის კონტაქტორი.

ნახ. 4.9, ა-ზე წარმოდგენილია KT-7100 Y სერიის კონტაქტორი, რომლის ნომინალური დენია 125 ა, ნომინალური ძაბვა 630 ვ, ხოლო კოჭა შეიძლება გათვლილი იყოს 36, 127, 220, 380, 440, 500 და 600 ვ ცვლად ძაბვაზე.

ნახ. 4.9, ბ-ზე ძაბვაზე წარმოდგენილია KB 1 სერიის ვაკუუმური კონტაქტორი, რომელიც წარმოების მიერ გამოშვებულია 160, 250, 400ა დენზე და 1140 ვ ძაბვამდე.

კოჭა გათვლილი შეიძლება იყოს 24, 36, 75, 110, 220 ვ მუდმივ და 127, 220, 380 ვ ცვლად ძაბვაზე.

გ) მაგნიტური ამამუშავებლებისა და კონტაქტორების დიაგნოსტიკა.

მაგნიტურ ამამუშავებლებს და კონტაქტორებს ამოწმებენ შემდეგი პროგრამის მიხედვით: გარე დათვალიერება,

მაგნიტური და კონტაქტური სისტემის რეგულირება, დენ-გამტარი ნაწილების იზოლაციის წინააღობის შემოწმება.

მთავარი კონტაქტების მდგომარეობა. კონტაქტური სისტემა წარმოადგენს მაგნიტური ამამუშავებლებისა და კონტაქტორების ძირითად ნაწილს, ამიტომ მათი მდგომარეობის შემოწმებისას უნდა გამოხენილ იქნეს განსაკუთრებული ყურადღება. შემოწმების დროს მოწმდება ყველა დეტალის: არამაგნიტური საფენის, მოკლედ შერთული ხვიის, რკალმქრობი კამერის, დამტკერი ტანტიკებისა და ქანჩების, საყელურების არსებობა

კონტაქტები უნდა ირთვებოდეს ერთდროულად. არაერთდროულობა შეიძლება აღმოიფხვრას მთავარი კონტაქტების დილაკსე ცალულის ("XOMYT") გადატერით.

ჩართულ მდგომარეობაში კონტაქტები ერთმანეთს უნდა ეხებოდნენ ქვედა ნაწილებით კონტაქტების მთელ სიგრძეზე არ უნდა გადიოდეს სინათლის სხივი. კონტაქტების ზრდაპირზე მეტალის წვეთების არსებობა ზრდის კონტაქტის წინააღობას 10 და მეტჯერ, ამიტომ ასეთი წვეთების შემწნევის შემთხვევაში ისინი უნდა მოვაცილოთ კლიბით. კონტაქტების ზედაპირის ზუმფარის ქაღალდით გაწმენდა და გაპოხვა აკრძალულია. ჩართული კონტაქტების შემოწმება უნდა მოხდეს მიკროომეტრით.

მაგნიტური სისტემების მდგომარეობის შემოწმებისას პირველ რიგში ხელის დაწოლით მოწმდება კონტაქტორის სვლის სიმსუბუქე. მაგნიტური სისტემის სვლა უნდა იყოს მდორე ბიძგებისა და ჩატეკვის გარეშე. ცველადი დენის კონტაქტორის კოჭაში დენის გავლის დროს უნდა ისმოდეს სუსტი ხმაური. ძლიერი გუგუნის მიუთითებს ღუზის ან გულარის არასწორ დამაგრებაზე, მოკლედშერთული ხვიის დაზიანებაზე ან ელექტრომაგნიტურ გულარასთან

არამჭიდრო მიბჯენაზე. გუგუნის შემცირებისათვის საჭიროა: 1. ღუზისა და გულარას დამჭერი ხრახნის დაჭერა; 2. ან დაზიანებული მოკლედშერთული ხეიის გამოცვლა; ამამუშავებლის ელექტრომაგნიტური სისტემის ორივე ნახევრის შეხების ზედაპირების გასუფთავება და მორგების სიზუსტის შემოწმება.

ღუზასა და გულარას შორის შეხების სიზუსტის შემოწმებისათვის მათ შორის უნდა დაედოთ ქაღალდის თეთრი ფურცელი და ხელით დავაწვეთ კონტაქტორს, ან ამამუშავებელს შეხების ზედაპირი უნდა იყოს მაგნიტოგამტარის განივეკეთის არანაკლებ 70%.

მცირე შეხების ზედაპირის დროს ეს დეფექტი შეიძლება გამოსწორდეს გულარისა და ღუზის სწორი დაყენებით. თუ ღრეწო დიდია, მაშინ საჭიროა მაგნიტური სისტემის ფურცლოვანი ფოლადის გასწვრივ ზედაპირის გახეხვა.

გარდა ამისა განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო კონტაქტორებსა და მაგნიტურ ამამუშავებლებში განსაზღვრავენ მთავარი კონტაქტების საწყის და საბოლოო დაწოლის ძალას. საწყისი დაწოლის ძალა იქმნება კონტაქტების შეხების მომენტში საკონტროლო ზამბარის მიერ. იგი ახასიათებს ზამბარის დრეკადობას. დაწოლის საბოლოო ძალა ახასიათებს მთლიანად ჩართულ კონტაქტორის დროს კონტაქტების დაწოლას. დაწოლის საწყისი და საბოლოო ძალები განისაზღვრება დინამომეტრის დახმარებით

ღუზის მიწებება გულარასთან. ღუზის მიწებება გულარასთან ხდება არამაგნიტური საფენის არ არსებობისა ან მისი არასაკმარისი სისქის გამო, ამამუშავებელი შეიძლება არ გამოირთოს კოჭიდან ძაბვის მთლიანი მოხსნის შემთხვევაშიც კი. ამ დროს საჭიროა საკმარისი სის-

ქის არამაგნიტური საფენის გამოყენება ან საპერო ღრეჩოს არსებობა.

ჩართვის დროს არ ხდება ამამუშავებლის თვით-ბლოკირება. ამ დროს საჭიროა შემოწმდეს ამამუშავებლის მბლოკირებელი კონტაქტების მდგომარეობა. კონტაქტები ჩართულ მდგომარეობაში მჭიდროდ უნდა იყოს მიბჯენილი ერთმანეთს და უნდა ირთვებოდნენ მთავარ კონტაქტებთან ერთად. ბლოკ-კონტაქტების ღრეჩოები არ უნდა აღემატებოდეს დასაშვებ მნიშვნელობებს. საჭიროა ჩავატაროთ ამამუშავებლის ბლოკ-კონტაქტების რეგულირება. თუ ბლოკ-კონტაქტების ჩაყარდნა 2მმ-ზე ნაკლებია, მაშინ ბლოკ-კონტაქტები უნდა შეიცვალოს.

კონტაქტორების და მაგნიტური ამამუშავებლების დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის წინააღობა მოწმდება მეგაომმეტრით 500 ან 1000 ვ ძაბვაზე. კოჭის იზოლაციის წინააღობა არ უნდა იყოს 0.5 მომზე ნაკლები.

4.4. დაცვის ძალოვანი აპარატები

დაცვის აპარატების დანიშნულებაა ავტომატურად ამოერთოს დასაცავი ელექტრული წრედი მუშაობის არანორმალური რეჟიმის დროს.

დაცვის აპარატებს მიეკუთვნება: დნობადი მცველი, ავტომატური ამომრთველი, დენისა და თბური რელეები.

ა) დნობადი მცველი ეს არის ელექტრული აპარატი, რომელიც იცავს ელექტროდანადგარს გადატვირთვისა და მოკლედ შერთვის დენებისაგან დენის განსაზღვრული მნიშვნელობის გადაჭარბების შემთხვევაში სპეციალურად ამისათვის გათვალისწინებული დენგამტარი ნაწილის გაწყვეტის გზით.

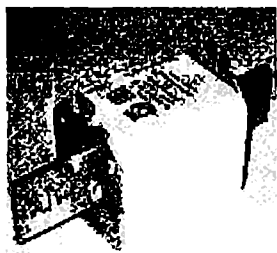
ხანგრძლივი ექსპლუატაციის პირობებში მცველები იცვლიან თავის მახასიათებლებს – “სველდებიან”. ამიტომ საჭიროა ისინი პერიოდულად შეეცვალოთ ახლით.

მცველების მომსახურება დაიყვანება კონტაქტური შეერთებების მდგომარეობის შემოწმებამდე და გადამწვარი მცველების სათადარიგო ქარხნული წესით დამზადებული მცველებით შეცვლამდე.

პრაქტიკაში ხშირად დნობად მცველებს ცვლიან სპილენძის სადენით, რომელსაც ამაგრებენ მასრის გარე ზედაპირზე, რაც ყოველად დაუშვებელია. სადენის გადაწვის შემთხვევაში შეიძლება გაჩნდეს ხანძარი ან დათვალიერების დროს შეიძლება მივიღოთ თვალის ტრავმა ან ხელის დამწვრობა.

მცველების შეცვლის დროს უნდა დავიცვათ უსაფრთხოების წესები. მცველი უნდა შეიცვალოს მოხსნილი ძაბვის დროს. თუ ძაბვის მოხსნა შეუძლებელია, მაშინ მცველების შეცვლა უნდა მოხდეს დიელექტრული ხელთათმანების ან მარწუხების საშუალებით.

PH2 ტიპის (ნახ. 4.10) დნობად მცველს უსაფრთხო მომსახურებისათვის გააჩნია T-სებრი გამონაშვარი, რომ-



ნახ.4.10. PH2 ტიპის
დნობადი მცველი

ლითაც სპეციალური სახელურის გამოყენებით ადვილად გამოვიღებთ კონტაქტებიდან.

დნობადი მცველის გამოყენებას გააჩნია მნიშვნელოვანი დადებითი თვისება, კერძოდ, რომელიმე უბნის დაზიანების შემთხვევაში გამართავს მხოლოდ ამ უბანს და დანარჩენი დარჩება მუშაობაში.

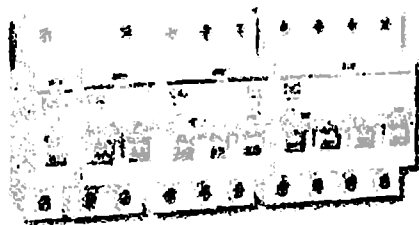
0.4.კვ საჰაერო ხაზების დატვირთვის დნობადი მცვევლების გამოყენებისას, ელექტროდანადგარის მოწყობის წესების თანახმად, ისინი არჩეულ უნდა იქნას მოკლედ შერთვის დენების მნიშვნელობაზე 3-ჯერ ნაკლები სიდიდის.

ბ) ავტომატური ამომრთველები. ავტომატური ამომრთველების დანიშნულებაა დაიცვას ელექტრული წრედები გადატვირთვისა და მოკლედ შერთვის დენებისაგან.

ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნეს უბნების ოპერატიული მართვის განსახორციელებლად. გადატვირთვისაგან დაცვა ხორციელდება თბური ან ელექტრონული მოწყობილობით, ხოლო მოკლედ შერთვის დენებისაგან დაცვა ხორციელდება ელექტრომაგნიტური ან ელექტრონული გამოთიშებით.

ავტომატური ამომრთველების თანამედროვე თაობას მიეკუთვნება ნახ. 4.11-ზე მოცემული BA-47-29 სერიის ამომრთველები.

ელექტრულ წრედებში გადატვირთვისა და მოკლედ შერთვის დენებისაგან დასაცავად, მოკლედშერთულ როტორიანი ასინქრონული ძრავების, გაშვების, გაჩერებისა და დატვირთვის, აგრეთვე 380 ვოლტ ძაბვამდე ელექტრულ წრედებში ნორმალურ რეჟიმში კომუტაციისათვის ზემოთხსენებულის გარდა ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა სერიის



ნახ. 4.11. BA-47-29 სერიის ავტომატური ამომრთველი



ა)

ბ)

ნახ. 4.12. ა) **AE-2040** სერიის სამფაზა ავტომატური ამომრთველი; ბ) **A63** სერიის ერთფაზა ავტომატური ამომრთველი

ავტომატური ამომრთველები. მაგალითისათვის ნახ. 4.12-ზე მოყვანილია ორი მათგანი.

მიუხედავად ავტომატური ამომრთველების ტიპების მრავალრიცხოვნებისა, ყველა ისინი შესდგებიან ხუთი ძირითადი ნაწილისაგან, ესენია: კორპუსი, მუშა მექანიზმი, კონტაქტები და რკალმქრობები, დაცვის ელემენტები და შემაერთებელი კაბები.

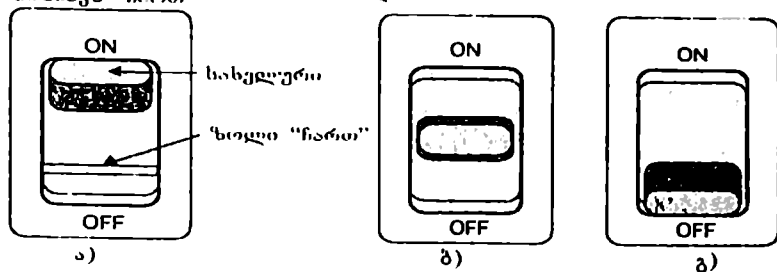
კორპუსი ჩამოსხმულია პოლიმერულ ან მინაბოჭკოვანი მასალისაგან, რომელშიც შერწყმულია ცვეთამდეგობა და მაღალი ელექტრული სიმტკიცე. კორპუსში განლაგებულია ამომრთველის დეტალები და რაც ყველაზე მთავარია კორპუსი უზრუნველყოფს ძაბვის ქვეშ მყოფი დეტალებს შორის იზოლაციას.

მუშა მექანიზმი უზრუნველყოფს ჩართვასა და გამორთვას სახელურის საშუალებით. “ON” მდგომარეობიდან “OFF” მდგომარეობაში ან (ნახ. 4.13, ა) პირიქით.

მუშა მექანიზმი დაცვის მექანიზმისაგან დამოუკიდებელია ანუ სახელურის “ON” მდგომარეობაში დაჭერა ხელს კერ შეუშლის დაცვის ამოქმედებას. თუ ამომრთველის სახელური იმყოფება ზედა (“ON”) მდგომარეობაში, მაშინ

თეთრი ზოლი
ნიშნავს "ჩართ"

ზოლი "ჩართ" არ ჩანს

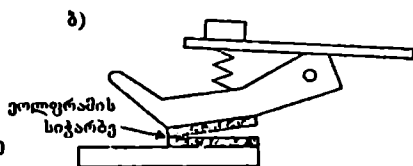
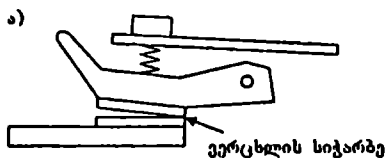


ნახ.4.13. ამომრეველის სახელურის მდგომარეობა

ავტომატური ამომრთველი ჩართულია (ნახ. 4.12, ა), თუ იმყოფება ქვედა ("OFF") მდგომარეობაში- გამორთულია (ნახ. 4.2, ბ), ხოლო თუ იმყოფება შუა მდგომარეობაში (ნახ. 4.12, ბ), მაშინ ეს ნიშნავს, რომ იმოქმედა დაცვამ. ხელახალი ჩართვისათვის საჭიროა ჯერ სახელურს დავაწვეთ ძირს მდგომარეობა "OFF", ხოლო შემდეგ გადავიყვანოთ სახელური "ON" მდგომარეობაში.

კონტაქტები და რკალმჭრობები. მოძრავი და უძრავი კონტაქტები ქმნიან წყვილს. ამომრთველის ჩართვა-გამორთვის დროს მათზე მოდის დიდი დატვირთვა, ამიტომ კონტაქტების მასალები აირჩევა შემდეგი სამი კრიტერიუმიდან: მინიმალური წინაღობა, მაქსიმალური ცვეთადეგობა და მიწებებისადმი მაქსიმალური მედეგობა. ამიტომ კონტაქტების მექანიზმი დამუშავებულია ჩართვისა და გამორთვის ადგილების დაყოფით. ჩართვის ადგილი შეიცავს დიდი რაოდენობით ვერცხლს, ხოლო გამორთვის (რკალის წარმოქმნის) ადგილი-ვოლფრამს. (ნახ. 4.14).

მოკლედ შერთვის დენების გათიშვის დროს წარმოიქმნება საჭიროება გავფანტოთ რკალისა და გამოყოფილი სითბოს სახით აღძრული ენერგიის დიდი რაოდენო-

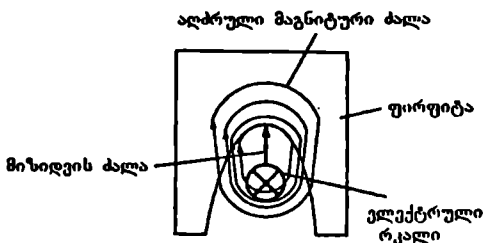
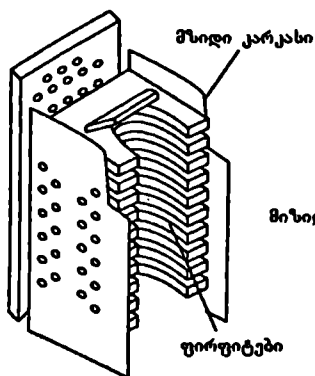


ნახ. 4.14. ორმაგი მოქმედება კონტაქტები:

ა) ჩართვა; ბ) გამორთვა

ბა. ამისათვის გამოიყენება რკალმქრობი მესერი (ნახ 4.15), რომელიც შედგება სპეციალური ფორმის, ერთმანეთისაგან იზოლირებული ფოლადის ფირფიტისაგან. როცა კონტაქტები გაითიშება, მაშინ წარმოიქმნება ელექტრული რკალი, ფირფიტაში აღიძვრება მაგნიტური ველი, რომელიც რკალს წაანაცვლებს მესერისაკენ. ელექტრული რკალი გრძელდება და იშლება მრავალ მცირე რკალად, რომელთა ტემპერატურა ეცემა მესერის ფირფიტების მაღალი თბოგამტარობის გამო და აღარ იწვევს ჰაერის იონიზაციას.

დაცვის ელემენტები. ამ ელემენტების ფუნქციაა გადატვირთვის ან მოკლედ შერთვის შემთხვევაში გათიშოს მუშა მექანიზმი.



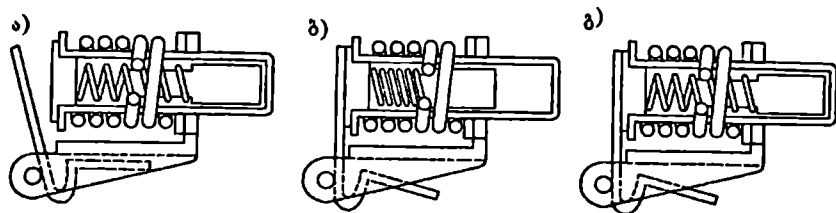
ნახ. 4.15. რკალმქრობი

გადატვირთვის შემთხვევაში არსებობს გათიშვის ორი მეთოდი: ბიმეტალური და პიდრაველიკური. ბიმეტალური მეთოდის გამოყენების დროს წრედს თიშავს ორი სხვადასხვა გვარის მეტალისაგან შედგენილი ბიმეტალური ელემენტი. დიდი დენების გავლის დროს ბიმეტალური ელემენტი მოიღუნება იმდენად, რომ იმოქმედებს გამთიშავ ფირფიტაზე. ეს ელემენტი აიწყობა მხოლოდ საქარხნო პირობებში და არ შეიძლება დაეარდვიოთ მათი მთლიანობა.

პიდრაველიკური მეთოდი დაფუძნებულია სოლენოიდში გამავალი დენის მიერ გამოწვეულ ძალაზე. ნორმალურ პირობებში ელექტრომაგნიტის ძალა (ნახ. 4.16) გაწონასწორებულია ზამბარის წნევის ძალით. გადატვირთვის დროს ელექტრომაგნიტის ძალა იზრდება, რის გამოც იზრდება დაწოლა ზამბარაზე და მოძრავი რკინის გულარი გათიშავს მუშა მექანიზმს.

მოკლედ შერთვის შემთხვევაში საჭიროა უფრო სწრაფ-მოქმედი დაცვის მოწყობილობა. ამ მიზეზით თერმოელემენტთან ერთად გამოიყენება მაგნიტური გათიშვის პრინციპი.

მოკლედ შერთვის შემთხვევაში მოკლედ შერთვის დენი აიძულებს ელექტრომაგნიტს მიიზიდოს ღუზა, რომელიც



ნახ. 4.16. პიდრაველიკური გათიშვის მეთოდი:

- ა) ნორმალური მოქმედების; ბ) შენელებული მოქმედების;
გ) მყისიერი მოქმედების

ხსნის გამოთიშველ მექანიზმს. ეს პროცესი ხდება ძალიან სწრაფად და შეადგენს დაახლოებით 20 მწმ

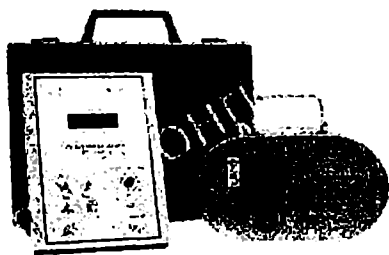
შემაერთებელი კლემების საშუალებით ამომრთველი უერთდება კვების წყაროსა და დატვირთვას. არსებობს 'შეერთების რამდენიმე მეთოდი. მაგალითად სალტეებით, ჭანჭიკებით, გასართებითა და სხვა.

ავტომატური ამომრთველების გამოცდის დროს გასა-
ზომ სიდიდეს წარმოადგენს დენის მოცემული სიდიდისას
(რომელიც აღემატება ავტომატური ამომრთველის ნომი-
ნალურ დენს) გამორთვის დრო.

გამოცდის დროს ავტომატური ამომრთველი უნდა იყოს დაყენებული ვერტიკალურად და გამორთული ქსელიდან.

ავტომატური ამომრთველის თითოეულ პოლუსში ჩამონ-
ტაჟებულია თავისი თბური ელემენტი, რომელიც მოქმედებს
საერთო მომხსნელზე.

რომ დავრწმუნდეთ ყველა თბური ელემენტის მოქმედე-
ბის სისწორეში საჭიროა თითოეული მათგანი 'შევამოწ'-
მოთ ცალკე, რადგანაც თითოეული ამომრთველის 'შემოწ-
მებაზე' იხარჯება რამდენიმე საათი, ამიტომ რეკომენდირე-



ნახ. 4.17. PT-2048-01 ტიპის გამოსაცდელი კომპლექტი

ბუღია გამოცადოთ იგი ორმაგი-სამმაგი ნომინალური დენის სიდიდით ყველა პოლუსის ერთდროული დატვირთვის დროს. თუ თბური ელემენტი არ არსებობს, მაშინ ავტომატური ამომრთველი უვარგისია და შემდგომ გამოცდას აღარ ექვემდებარება. ავტომატური ამომრთველების გამოცდისათვის გამოიყენებელია სხადასხვა ტიპის აპარატები. ნახ. 4.17-ზე მოყვანილია PT-2048-01 ტიპის გამოსაცდელი კომპლექტი, რომლის რეგულირების დიაპაზონია 10-1000 ამპერი.

4.5. რელეები

რელე ეწოდება მოწყობილობას, რომელშიც განსაზღვრულ საზღვრებში უწყვეტად ცვალებადი მართვის (შესავალი) სიგნალის ზემოქმედებით ხორციელდება გამოსავალი სიგნალის ცვლილება (გადართვა).

რელეებმა ფართო გამოყენება პპოვეს ავტომატიკის სისტემებში, რადგანაც მათი დახმარებით მცირე სიმძლავრის შესავალი სიგნალით შეიძლება დიდი სიმძლავრეების მართვა; ღოგიკური ოპერაციების შესრულება, მრავალფუნქციური სარელეო მოწყობილობების შექმნა; ელექტრული წრედის კომუტაცია; საკონტროლო პარამეტრების მოცემული დონიდან გადახრის დაფიქსირება; დამამახსოვრებელი ელემენტების ფუნქციის შესრულება და სხვა. უპირველესი გამოყენება რელეებმა პპოვეს სარელეო დაცვისა ავტომატიკის მოწყობილობებში.

რელეების კლასიფიკაცია ხდება სხვადასხვა ნიშნების მიხედვით: შესავალი ფიზიკური სიდიდის, რომელზეც ისინი რეაგირებენ; მართვის სისტემებში შესრულებული ფუნქციის, რომელსაც ისინი ასრულებენ; კონსტრუქციისა და ა.შ. ფიზიკური სიდიდის მიხედვით განასხვავებენ

ელექტრულ, მექანიკურ, თბურ მაგნიტურ და ა.შ. რელეებს. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ რელემ შეიძლება რეაგირება მოახდინოს არა მარტო კონკრეტული სიდიდის მნიშვნელობაზე არამედ მნიშვნელობათა სხვაობაზე (დიფერენციალური რელე); სიდიდის ნიშანის ცვლილებაზე (პოლარიზებული რელე) ან შესავალი სიდიდის ცვლილების სიჩქარეზე.

რელეს მოწყობილობა. ჩვეულებრივ რელე შედგება სამი ძირითადი ფუნქციონალური ელემენტისაგან: მიმღები, შუალედური და შემსრულებელი. მიმღები (პირველადი) ელემენტი მიიღებს საკონტროლო სიდიდეს და გარდაქმნის მას სხვა ფიზიკურ სიდიდედ. შუალედური ელემენტი შეადარებს ამ სიდიდის მნიშვნელობას მოცემულ მნიშვნელობას და მისი გადაჭარბების შემთხვევაში გადასცემს ზემოქმედებისათვის შემსრულებელ ელემენტს. შემსრულებელი ელემენტი ახორციელებს ზემოქმედებას რელეს ან ძრავას წრედში.

შემსრულებელი ელემენტის მიხედვით რელეები იყოფა კონტაქტურ და უკონტაქტო რელეებად.

კონტაქტური რელე ზემოქმედებს ძრავას წრედზე ელექტრული კონტაქტების დახმარებით. კონტაქტების ჩაკეტილი ან გახსნილი სისტემა საშუალებას იძლევა უზრუნველყოთ გამოსასვლელი წრედის ჩაკეტვა ან მთლიანი მექანიკური გახსნა.

უკონტაქტო რელე ზემოქმედებს მართვის წრედზე ელექტრული წრედის გამოსასვლელი პარამეტრების (წინალობა, ინდუქციურობა, ტევადობა) მკვეთრი (ნახტომისებური) ან ძაბვის (დენის) სიდიდის ცვლილების გზით.

რელეს ძირითადი მახასიათებლები განისაზღვრება შესავალი და გამოსავალი პარამეტრებს შორის დამოკიდებულებით.

განასხვავებენ რელეს შემდეგ ძირითად მახასიათებლებს:

1. რელეს ამუშავების სიდიდე $X_{\text{ა}}$ - წარმოადგენს შესავალი სიდიდის პარამეტრის მნიშვნელობას, რომლის დროსაც რელე ჩაირთვება, ამუშავების სიდიდეს, რომელზეც დარეგულირებულია რელე, ეწოდება დაყენება ("УСТАНОВКА")

2. რელეს ამუშავების სიმძლავრე $P_{\text{ა}}$ - მინიმალური სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა მიეიყვანოთ მიმღებ ორგანოსთან მშვიდი მდგომარეობიდან მუშა მდგომარეობაში გადასაყვანად.

3. რელეს მმართველი სიმძლავრე $P_{\text{მართ}}$ - რომელიც მართავს რელეს მაკომუტირებელ ორგანოებს გადართვის პროცესში. მართვის სიმძლავრის მიხედვით განასხვავებენ მცირე (25ვტ-მდე), საშუალო (100ვტ-მდე), და დიდი სიმძლავრის (100ვტ ზემოთ) რელეებს ეს უკანასკნელი მიეკუთვნება ძალოვან რელეებს (კონტაქტორებს).

4. რელეს ამუშავების დრო $t_{\text{ა}}$ -ეს არის დროის შუალედი რელეს შესავალზე $X_{\text{ა}}$ სიგნალის მიწოდებიდან მართვის წრედზე ზემოქმედებამდე. ამუშავების დროის მიხედვით განასხვავებენ ნორმალურ, სწრაფმოქმედ, შენელებულ და დროის რელეებს.

ჩართვის ხერხის მიხედვით რელეები იყოფიან: პირველად და მეორეულ რელეებად.

პირველადი რელე უშუალოდ არის ჩართული დასაცავ ელემენტთან. ამ რელეების მთავარი ღირსებაა ის რომ მათი ჩართვისთვის არ მოითხოვება საზომი ტრანსფორმატორები, ოპერატიული დენის წყარო და საკონტროლო კაბელები.

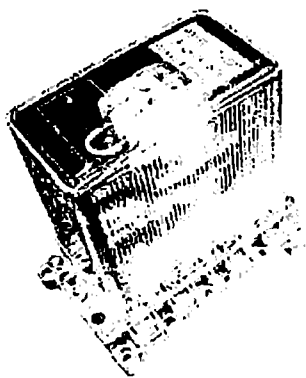
მეორეული რელე ჩაირთვება დენის ან ძაბვის სა-
ზომ ტრანსფორმატორის გავლით. უპირატესი გამოყენება
ჰქონდა მეორეულმა რელეებმა სარელეო დაცვის ტექნიკაში.

ამ რელეების ღირსებად მიიჩნევა ის რომ: იზოლირებუ-
ლია მაღალი ძაბვისაგან, განლაგებულია მომსახურეობი-
სათვის მოსახერხებელ ადგილას; სრულდება სტანდარტ-
ულ 5 (1)ა დენსა და 100ვ ძაბვაზე, მიუხედავად დასაცავი
წრედის ძაბვისა და დენის სიდიდისა.

შესრულების მიხედვით რელეები იყოფა:
ელექტრომექანიკური ან ინდუქციური-მოძრავი ელემ-
ენტებით და სტატიკური- უძრავი ელემენტებით
(ელექტრონული, მიკროპროცესორული).

დანიშნულების მიხედვით რელეები იყოფა:
ელექტრომაგნიტური, საზომი. დენის, ძაბვის, დროის, სინ-
ქარის, ფოტო, წინაღობების გერკონული და სხვა.

ა) ელექტრომაგნიტური რელე (ნახ. 4.18) წარმოად-
გენს დისტანციური მართვის ელექტრულ აპარატს, რომ-
ლის დანიშნულებაა ელექტრული ზემოქმედების მოცემუ-



ლი მნიშვნელობის დროს
განასორციელოს მართვის
წრედებში ნახტომისებური
ცვლილება. თავის მოქმედე-
ბის პრინციპის სიმარტივე-
ისა და მაღალი საიმედოო-
ბის გამო ელექტრომაგნი-
ტურმა რელეებმა ფართო
გამოყენება ჰქონეს ავტომა-
ტიკის სისტემებსა და ელ-

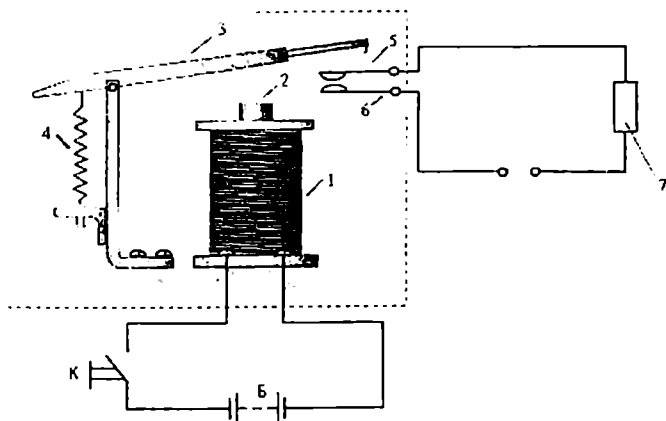
ნახ. 4.18. ელექტრომაგნიტური ელექტროდანადგარების დაც-
რელეს საერთო ხედი

ვის სქემებში. ელექტრომაგნიტური რელეები იყოფა მუდმივი და ცვლადი დენის რელეებად. მუდმივი დენის რელეები თავის მხრივ იყოფა ნეიტრალურ და პოლარიზებულ რელეებად. ნეიტრალური რელე ერთნაირად რეაგირებს მუდმივ დენზე ორივე მიმართულებით, ხოლო პოლარიზებული რელე რეაგირებს მართველი სიგნალის პოლარობაზე.

ელექტრომაგნიტური რელეს მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია ელექტრომაგნიტური ძალების გამოყენებაზე, რომლებიც აღიძვრებიან მეტალურ გულარაში მასზე ნამოცმულ კოჭაში გამავალი დენის დროს.

რელეს დეტალები დამონტაჟებულია ფუძეზე და დახურულია სახურავით, ელექტრომაგნიტის გულარის თავზე დაყენებულია ღუზა (ფირფიტა) ერთი ან რამდენიმე კონტაქტით. ამ კონტაქტების მოპირდაპირე მხარეს მოთავსებულია უძრავი კონტაქტების შესაბამისი წვეილი. საწყის მდგომარეობაში ღუზა დაჭერილია ზამბარით.

გავეცნოთ ნახ. 4.19-ზე მოყვანილი მუდმივი დენის რელეს მუშაობას. K ნამრთველის ჩართვის შემდეგ ელექტრო-



ნახ. 4.19. ელექტრომაგნიტური რელეს სქემა

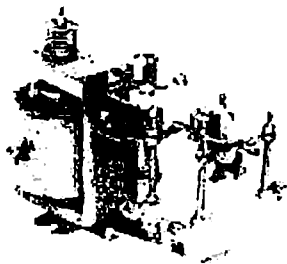
კვება მიეწოდება კოჭას 1 და მასში გაივლის დენი, რის შედეგადაც მეტალურ გულარაში 2 აღიძვრებიან ელექტრომაგნიტური ძალები და მიიზიდავენ ღუსას 3, რომელიც დაძლევს სამბარის 4 დრეკადობის ძალას და ჩართავს მოძრავ 5 და უძრავ 6 კონტაქტებს რის შედეგადაც წინაღობაში 7 გაივლის ცვლადი (“~”) დენი.

ჩამრთველის გათიშვის შემდეგ სამბარა დააბრუნებს ღუსას საწყისს მდგომარეობაში და 5 და 6 კონტაქტები გაითიშება, რის გამოც კვება შეუწყდება წინაღობას 7.

ნაპერწკლიანობის თავიდან აცილების მიზნით კონტაქტორებთან პარალელურად რთავენ კონდენსატორს. სამართავი წრედი ელექტრულად არანაირად არ არის დაკავშირებული მართველ წრედთან. უფრო მეტიც სამართავ წრედში გამავალი დენი შეიძლება ბევრად აღემატებოდეს მართველ წრედში გამავალს. ე.ი. ამ შემთხვევაში რელე არსებითად ასრულებს ელექტრულ წრედში დენის, ძაბვის და სიმძლავრის გამაძლიერებლის ფუნქციას.

ცვლადი დენის რელეები მუშაობს კოჭაზე განსაზღვრული სიხშირის ძაბვის მიწოდების დროს, ასეთი რელეების კონსტრუქცია მსგავსია მუდმივი დენის რელეების კონსტრუქციების. ამ შემთხვევაში გულარა და ღუსა მზადდება ელექტროტექნიკური ფოლადის ფურცლებისაგან, რათა შემცირდეს დანაკარგები ჰისტერეზისზე და გრიგალურ დენებზე.

ბ) დენის რელე. დენის რელე ისეთი რელეა, რომლის მიმღები ორგანო რეაგირებს დენის ცვლილებაზე. მიმღები ორგანო არის აპარატის ნაწილი, რომელიც უშუალოდ იღებს რელესთან მოყვანილი ელექტრული სიდიდის ცვლილებას და აწარმოებს შესაბამის ცვლილებას რელეს დანარჩენ ორგანოებში.



ა)



ბ)

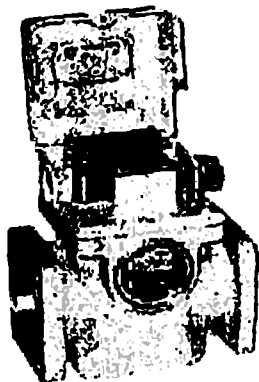
ნახ. 4.20. დენის რელეები

დენის რელეები შეიძლება იყოს: პირველადი, რომელიც ჩამონტაჟებულია ამომრთველის ამძრავში; მეორეული, რომელიც ჩართულია დენის ტრანსფორმატორების გაედლით; ელექტრომაგნიტური; ინდუქციური; თბური; დიფერენციალური; ინტეგრალურ მიკროსქემებზე; დენის უკუთანმიმდევრობის რელე-ფილტრი.

ნახ. 4.20. ა-ზე ნახვენებია РЭВ-830 ტიპის კონტროლის რელე, რომელიც გამოიყენება მინიმალური დენის რელედ, მუდმივი დენის წრედში. იგი მზადდება ნომინალურ დენზე 1.6-630 ამპერის ფარგლებში, ხოლო ნახ. 4.20, ბ-ზე ნახვენებია РТ-81...РТ-86 ტიპის მაქსიმალური დენის რელე, რომელიც გამოიყენება ელექტრული მანქანების, ტრანსფორმატორების, გადამცემი ხაზების დატვირთვის, გადატვირთვისა და მოკლედ შერთვის დროს. РТ-81 და РТ-82 ტიპის რელეები მოქმედებენ მყისიერად მოკლედ შერთვის დროს და დროის დაყოვნებით გადატვირთვის დროს; РТ-85 და РТ-86 მუშაობენ ცველად ოპერატი-



ნახ. 4.21. ძაბვის რელე



ნახ. 4.22. PTT-50 ტიპის
ტრანსფორმატორის ბაზური
დაცვის რელე

ულ დენზე და გააჩნიათ
აგრეთვე ჩამკეტი სასიგნალო
კონტაქტი.

გ) ძაბვის რელეები. რე-
აგირებენ ძაბვის ცვლილება-
ზე და დენის რელეების მს-
გავსად ისინი არის პირველა-
დი, მეორეული, ელექტრომაგ-
ნიტური, მიკროსქემებზე და
ძაბვის რელე-ფილტრი. ნახ.
4.21. ნაჩვენებია PH-55 ტიპის
ძაბვის რელე, რომელიც
მუშაობს ძაბვებს შორის
ძვრის კუთხეზე 20° - 40° შორის.

აღნიშნული რელე გამოიყენება ავტომატური განმეორებითი
ნართვის სქემებში ორმხრივი კვების ხაზებში. რელე
აკონტროლებს ხაზებზე ძაბვის არსებობას და ძვრის კუთხეს
ხაზებისა და ქვესადგურის საღებების ძაბვების ვექტორებს
შორის.

დ) მაჩვენებელი რელეები. ამ რელეებს სხვაგვარ-
ად სასიგნალო რელეებს უწოდებენ. ისინი ემსახურებიან
როგორც თვით რელეს, ასევე სხვა მეორეული აპარატების
მოქმედების რეგისტრაციას. ნახ. 4.22-ზე წარმოდგენილია
PTT-50 ტიპის ტრანსფორმატორის ბაზური დაცვის რელე.
რომელსაც გააჩნია მარტივი და საიმედო კონსტრუქცია
და მოხერხებულია ექსპლუატაციაში. ამ რელეს სასიგნა-
ლო კონტაქტები ჩაიკეტება ზეთის დონის დაწევის დროს.
მასში გამოყენებულია მაღალი ელექტრული სიმტკიცის
გერკონები. რელეს კონსტრუქცია იძლევა საშუალებას



ნახ. 4.23 დროის რელე
ВЛ-4У

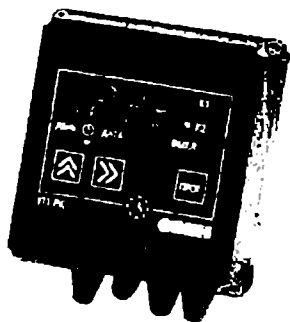
მოუახდინოთ საკონტროლო კვანძის დათვალიერება და შეცვლა ადგილზე, რელეს გახსნის გარეშე.

დაყენების რეგულირების სრახნი გამოყვანილია რელეს კორპუსის სახურავზე, რის გამოც დაყენება შეიძლება ვარეგულიროთ რელეს გახსნის გარეშე.

ამ რელეს ზომები საშუალება იძლევა ყოველგვარი გადა-

კეთების გარეშე შევცვალოთ ექსპლუატაციაში მყოფი სხვა ტიპის რელეები.

ე) დროის რელეები ემსახურებიან დაცვის მოქმედების შენელებას. ნახ. 4.23-ზე წარმოდგენილია ВЛ-4У ტიპის რელე, რომლის დანიშნულებაა წინასწარ განსაზღვრული დროის დაყოვნებით ელექტრული წრედების კომუტაცია. იგი გამოიყენება ავტომატიკის სქემებში. ნახ. 4.24-ზე წარმოდგენილია УТ1-Рiс ტიპის ორარხიანი რელეური დროის უნივერსალური ტაიმერი. მისი დანიშნულებაა დროის მოცემულ მომენტში შესრულებული მექანიზმების ავტომატური ჩართვა-გამორთვა და გამოიყენება განათების მართვისათვის ქუჩაში, სათბურებსა და ინკუბატორებში, აგრეთვე ტექნოლოგიურ პროცესებში. სადაც დანადგარის ჩართვა-გამორთვა დაკავშირე-



ნახ. 4.24. УТ1-Рiс ტიპის
უნივერსალური ტაიმერი

ბულია კალენდარულ თარიღ-
თან ან დღე-ღამურ დროსთან.

ე) შუალედური რელეე-
ბი ემსახურებიან რელეური
დაცვის ელემენტებს შორის
ურთიერთკავშირის განხორ-
ციელებას. მისი დანიშნულე-



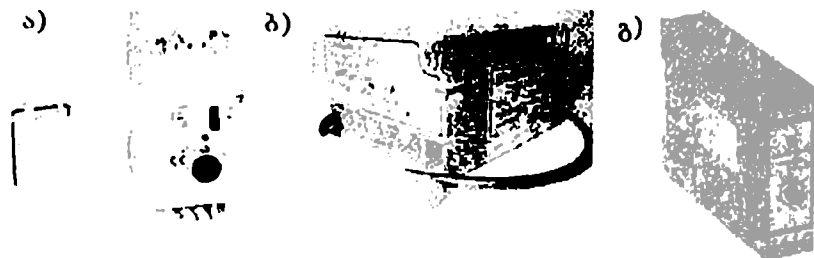
ნახ. 4.25. შუალედური
რელეები

ბაა სხვა რელედან მიღებული სიგნალების გამრავლება, ამ
სიგნალების გაძლიერება და ბრძანების გადაცემა სხვა
აპარატებზე. ნახ. 4.25-ზე წარმოდგენილია РП21М-В ტი-
პის 'შუალედური რელე, რომელიც გამოიყენება მედმივი
დენის 220ვ ძაბვამდე და 50 კვ სიხშირის ცვლადი დენის
380 ვ ძაბვამდე წრედებში.

ზ) თბური რელეების დანიშნულებაა მოკლედ
შერთულ როტორიანი სამფაზა ასინქრონული ძრავების
დაცვა ხანგრძლივი გადატვირთვისაგან აგრეთვე ერთი ფაზის
გაწყვეტის დროს წარმოქმნილი გადატვირთვისაგან.

თ) საზომი რელეები. ამ ტიპის რელეებისათვის
დამახასიათებელია საყრდენი ელემენტის არსებობა ზამ-
ბარის, სტაბილური ძაბვის, დენის წყაროსა და სხვათა სახე-
ით. საყრდენი ელემენტები შედიან რელეს კომპლექტაცია-
ში და აწარმოებენ რაიმე ფიზიკური სიდიდის წინასწარ
დადგენილი მნიშვნელობას (ე.წ. დაყენებას), რომელთანაც
შედარდება საკონტროლო სიდიდე. საზომი რელე ხასიათ-
დება მაღალი მგრძნობიარობითა და გააჩნია მაღალი კოე-
ფიციენტი.

ი) წინაღობის რელე რეაგირებას ახდენს ძაბვისა და
დენის ფარდობაზე



ნახ. 4.26. ფოტორელები: ა) Z7-LMS; ბ) **ФР-1М1** და
გ) **ФР-7М** ტიპის

ვ) სიმძლავრის რელე რეაგირებს მოკლედ შერთვის სიმძლავრის გადინების მიმართულებაზე

ლ) სიხშირის რელე რეაგირებს ელექტრულ ელემენტებზე ძაბვის სიხშირის ცვლილებაზე.

მ) ციფრული რელე წარმოადგენს მრავალფუნქციურ ციფრულ მოწყობილობას, რომელიც ერთდროულად ასრულებს დენის, ძაბვის, სიმძლავრის და სხვა რელეების ფუნქციებს

ნ) ფოტო რელეს დანიშნულებაა განათების ჩართვა-გამორთვა დღის ცვლილების ინტენსივობის ცვლილებით. მგრძნობიარობის ფართო დიაპაზონში ცვლილება იძლევა საშუალებას გამოყენებულ იქნეს ქუჩებში, ვიტრინების, შუქრეკლამების განათებისათვის. ნახ.4.26-ზე წარმოდგენილია სხვადასხვა ტიპის ფოტორელები.

ФР-7М ტიპის ფოტორელე გარდა ზემოთაღნიშნულისა დამატებით გამოიყენება სამრეწველო ავტომატიკის მოწყობილობებში, მისი გადამწოდის გატანა შეიძლება 50მ მანძილზე.

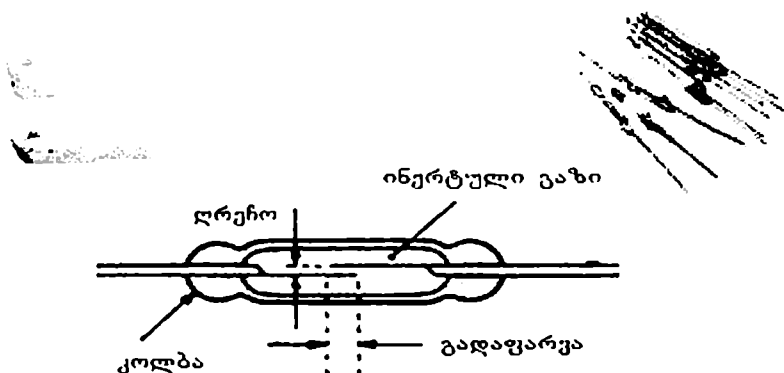
ო) გერკონები და გერკონული რელეები. ელექტრომაგნიტური რელეს ნაკლებად საიმედო კვანძად ითვლება კონტაქტური სისტემა, არსებით ნაკლად ითვლება აგრეთვე

მოხახუნე დეტალების არსებობა, რომელთა ცვეთას მიჰყავართ რელეს მუშაუნარიანობის დაქვეითებამდე. ჩამოთვლილმა უარყოფითმა მხარეებმა საჭირო გახადა გერმეტული, მაგნიტურად მართვადი კონტაქტების შექმნა, რომელსაც გერკონები ეწოდება.

გერკონების მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია მაგნიტურ კელში ფერომაგნიტურ რელეებს შორის აღძრულ ურთიერთქმედების ძალის გამოყენებაზე. ეს ძალები იწვევენ დეფორმაციას და ფერომაგნიტური დენგამტარების ელემენტების გადაადგილებას.

მაგნიტურად მართული კონტაქტი (გერკონი) წარმოადგენს ელექტრულ აპარატს, რომელიც მაგნიტური ველის გავლენით ჩაკეტავს ან გახსნის ელექტრული წრედის კონტაქტებს.

თანამედროვე პირობებში გერკონების ბაზაზე შექმნილია გერკონული რელეების, ლილაკების, ტუმბლერების, გადამრთველების, სიგნალების გამანაწილებლების, გადამწოდებისა და რეგულატორების დიდი რაოდენობა.



ნახ. 4.27. გერკონული რელე

მცირე გარდამავალი წინაღობის შესაქმნელად კონტაქტების ზედაპირები დაფარულია ძვირფასი ლითონებით: ოქროთი, რადიუმით, პალადიუმით ან ვერცხლით.

გერკონულ რელეებში გრაგნილში დენის გათიშვის შემდეგ ელექტრომაგნიტის ძალა ქრება და დრეკადობის ძალის მოქმედებით კონტაქტები გაითიშება.

უმარტივესი გერკონული რელე ჩამკეტი კონტაქტებით შედგება მაღალი მაგნიტური შეღწევადობის (პერმალოი) ორი საკონტაქტო გულარისგან, რომელებიც მოთავსებულია ჰერმეტიკულ მინის ბალონში. ბალონი ავსებულია ინერტული აირით, რაც ხელს უშლის საკონტაქტო გულარების დაჟანგვას. მინის ბალონი ჩაყენებულია მართვის გრაგნილის შიგნით, რომელიც იკვებება მუდმივი დენით. გრაგნილში დენის გატარებისას აღიძვრება მაგნიტური ველი, რომელიც ქმნის წრედის ელექტრომაგნიტურ ძალას, ეს ძალა გადასძლევს საკონტაქტო გულარების დრეკადობის ძალას და კონტაქტებს ერთმანეთთან შეაერთებს. ნახ. 4.27-ზე წარმოდგენილია გერკონული რელე და მისი ჭრილი

გერკონები იდეალურია მინიატურული ელექტრომოწყობილობებისათვის. საკომუტაციო დენისა და სიმძლავრის გაზრდისათვის გერკონულ რელეებს გააჩნიათ დამატებითი რკალმქრობი კონტაქტები. ასეთ რელეებს გერსიკონები ეწოდებათ. წარმოების მიერ გამოშვებულია 6.3-დან 18 ამპერამდე დენის ძალის გერსიკონები. გერსიკონების დახმარებით შეიძლება განხორციელდეს 3 კვტ-მდე სიმძლავრის ასინქრონული ძრავების გაშვება.

4.6. ელექტრული აპარატების კოჭები და მათი დიაგნოსტიკა

კოჭა ეწოდება ისოლირებული სადენისაგან კარკასზე ან უკარკასოდ დახვეულ გრაგნილს, რომელსაც გააჩნია გამომყვანები შესაერთებლად. კარკასი მზადდება მუყაოს ქაღალდისა ან პლასტმასისაგან. კოჭები, უმეტესი ელექტრული აპარატების ძირითადი შემადგენელი ელემენტია და ემსახურებიან მაგნიტური ნაკადის შექმნას, რომლებიც ქმნიან ელექტრომაგნიტურ ძალებს აპარატების ასამუშავებლად ან ინდუქციური წინააღობის შესაქმნელად, თუ კოჭა წარმოადგენს დროსელს

ა) კოჭების კლასიფიკაცია. კოჭები იყოფა ორ ჯგუფად: 1) დენური, რომელიც შეიცავს დიდი კვეთისა და მცირე რაოდენობის ხვიებს; 2) ძაბვის, რომელიც შეიცავს მცირე კვეთისა და დიდი რაოდენობის ხვიებს.

კოჭები გამოიყენება ელექტრომაგნიტურ კონტაქტორებში, მაგნიტურ ამამუშავებლებში, რელეებში, ავტომატურ ამომრთველებში, ელექტრულ მუხრუჭებში, ელექტროსაზომ ხელსაწყოებში. დროსელების სახით ლუმინესცენციური ნათურების გამშვებ-მარეგულირებელ აპარატებში და ავტომატიკისა და რადიოტექნიკის აპარატების კვების ბლოკებში.

ერთი და იგივე ზომის კოჭები შეიძლება დამზადებული იქნეს სხვადასხვა ძაბვებზე, ცვლად – 36; 110; 220; 380 და 669 ვ ძაბვაზე. მუდმივ – 6; 12; 24; 36; 48; 60; 110; 220; 440 ვ ძაბვაზე. ამიტომ ახალი აპარატების კოჭები უნდა შემოწმდეს შესაბამის ძაბვაზე, რაზეც ისინი არის დამზადებული. თუ კოჭას არ გააჩნია ეტიკეტი, მაშინ უნდა გავზომოთ მისი წინააღობა და შევადაროთ იგივე ტიპის აპარატის კოჭას.

კოჭების გადახურება იწვევს სადენის აქტიური წინაღობის გაზრდას, გამავალი დენის შემცირებას და შესაბამისად მცირდება ელექტრომაგნიტის გულარის მიზიდვის ძალა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს რელეს მცდარი მოცვეთა, საპაერო ღრეშოს გაზრდა ღუშისა და გულარას შორის და კოჭას კიდევ უფრო გადახურება და გრაგნილის იზოლაციის დაწვა. ამიტომ ყურადღება უნდა მიექცეოდეს, რომ კოჭები არ გადახურდეს გარეშე სითბოს წყაროდან, მაგალითად დაყენებული რეზისტორებიდან

კოჭის მაღალი ტემპერატურა შეიძლება განპირობებული იყოს შენობაში არსებული მაღალი ტემპერატურით; მართვის კარადებში აპარატების მიერ გამოყოფილი მაღალი ტემპერატურით; აგრეთვე აპარატის ხშირი ჩართვა-გამორთვით. მაღალი ტემპერატურა აჩქარებს კოჭას იზოლაციის დაჰველების პროცესს. ნესტიანობამ შეიძლება შეაღწიოს ფენებს შორის იზოლაციაში, რაც იწვევს მოკლედ შერთვას და შესაბამისად შეიძლება მოხდეს გრაგნილის ხვიის გაწვევტა ან კოჭას გარკვეული ნაწილის დაშენება.

დაბალი ტემპერატურის დროს ნესტი შეიძლება გაიყინოს კოჭაში და კოჭა გამოვიდეს მწყობრიდან. კოჭაზე გავლენას ახდენს აგრეთვე მექანიკური ზემოქმედებები, ვიბრაციისა და რყევის სახით.

ზემოთგანხილულ ზემოქმედებების გამო კოჭაში შეიძლება დაირღვეს დენის წრედი ხვიის გაწვევტის, გამოძევიანი მომჭერების დაჟანგვის, გამოძევიანების გაწვევტის, ხვიათა ნაწილის ან მთლიანად ხვიის იზოლაციის დაწვის გამო, უკანასკნელ შემთხვევაში ამბობენ რომ კოჭა გადაიწვა.

ბ) კოჭების დიაგნოსტიკა კოჭების დიაგნოსტიკა პირველ რიგში იწვება მათი დათვალიერებით, რადგან უმეტეს შემთხვევაში იწვის კოჭის გარეგანი იზოლაცია.

თუ გარეგანი იზოლაცია დამწვარი არ არის და კოჭა არ მუშაობს, მაშინ უნდა მოვახდინოთ კოჭის ხეიების შემოწმება გაწყვეტაზე ძაბვის ინდიკატორისა და ომმეტრის საშუალებით.

ძაბვის ინდიკატორის გამოყენების დროს ვარგისი გრაგნილის შემთხვევაში ძაბვა უნდა არსებობდეს, როგორც გრაგნილის ერთ, ისე მეორე ბოლოზე. ეს უკანასკნელი შეცდომის თავიდან აცილების მიზნით უნდა იყოს გათიშული წრედიდან.

ომმეტრის გამოყენების დროს მისი ორივე ბოლო უნდა მიუერთოთ წრედიდან გამორთული კოჭას ბოლოებზე და ვარგისიანობის შემთხვევაში ომმეტრი გვიჩვენებს მისი პასპორტით ნაჩვენებ წინაღობას; ხოლო ხეიების დამოკლების შემთხვევაში - ნაკლებ წინაღობას. თუ ხეიების მოკლედ შერთვა ხდება მხოლოდ ძაბვის მოქმედების ქვეშ, მაშინ ომმეტრმა შეიძლება არ გვიჩვენოს წინაღობის ცვლილება.

ბ) კოჭების შეცვლა. ხეიის გაწყვეტის, მოკლედ შერთვის ან სხვა დაზიანების შემთხვევაში უნდა მოხდეს კოჭების შეცვლა.

კოჭები უნდა შეირჩეს არსებული კოჭას, ძაბვისა და გაბარიტული ზომების მიხედვით. კოჭას დამაგრების წინ უნდა შემოწმდეს ხომ არ ეხება ელექტრომაგნიტური მოძრავი დეტალები კოჭის იზოლაციას; თუ ეხება, მაშინ კოჭა უნდა დაეყენოთ ისე, რომ არ იყოს შეხება ან დაეარეგულიროთ მოძრავი ნაწილების სელა და მხოლოდ ამის შემდეგ დაემაგროთ კოჭა.

ყურადღება უნდა მივაქციოთ, რომ ელექტრომაგნიტის ღუზისა და გულარას შეხების დროს მათ შორის არ დარჩეს საძაერო ღრეჩო, რადგანაც საძაერო ღრეჩოს არსებობა

ამცირებს გრაგნილის ინდუქციურ წინაღობას, ამ შემთხვევაში იზრდება დენი, რის გამოც შეიძლება კოჭა გადახურდეს და გამოვიდეს მწყობრიდან.

4.7. როგორ მოვახდინოთ ელექტრული აპარატების კოჭების გადახვევა ერთი სახეობიდან მეორეზე

ელექტროაპარატების (რელე, ამამუშავებელი, კონტაქტორი და სხვა) რემონტის დროს ზოგჯერ საჭირო ხდება მუდმივი დენის კოჭიდან ცვლადი დენის კოჭაზე გადასვლა ან პირიქით. ამ დროს მოსახერხებელია ვისარგებლოთ მარტივი ფორმულებით და არ ეაწარმოთ მაგნიტური წრედის გაანგარიშება.

დაუშვათ მოითხოვება მუდმივი დენის კოჭიდან გადავიდეთ ცვლადი დენის კოჭაზე. ამ შემთხვევაში უნდა მოვახდინოთ კოჭას გადახვევა. გადახვევამდე საჭიროა:

1. გაეზომოთ კოჭას ომური წინაღობა (R_1 ან R_2)

2. გაეზომოთ გრაგნილის სრული წინაღობა (Z_1 ან Z_2) ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის მეთოდით ცვლად დენზე, ფორმულით:

$$Z = \frac{V}{I} \text{ ომი.}$$

3. დავითვალოთ (W_1 ან W_2) ხვიათა რიცხვები

4. განვსაზღვროთ სადენის დიამეტრები d_1 და d_2 , მმ. R_1 , Z_1 , W_1 , d_1 მნიშვნელობები მიეკუთვნება მუდმივი დენის კოჭას ანუ გადახვევამდე, ხოლო R_2 , Z_2 , W_2 , d_2 მიეკუთვნება ცვლადი დენის კოჭას ანუ გადახვევის შემდეგ.

გრაგნილების გადახვევის დროს საჭიროა ამპერ-ხვიების ტოლობა ე.ი.

$$I_1 W_1 = I_2 W_2 \quad \text{ანუ} \quad \frac{V_{\text{მუდგ}}}{R_1} W_1 = \frac{V_{\text{ცვლადი}}}{Z_2} W_2.$$

რადგანაც ცვლადი დენის დროს ინდუქციური წინაღობა დიდია, ამიტომ საჭიროა კოჭის ხვიათა რიცხვი შევამციროთ n -ჯერ ანუ $W_2 = \frac{W_1}{n}$.

ამპერხვიების შენარჩუნებისათვის დენი უნდა გაიზარდოს n -ჯერ, ამიტომ სადენის დიამეტრიც უნდა გაიზარდოს

$$d_2 = d_1 \cdot \sqrt{n}.$$

სრული წინაღობა ახალი კოჭას ხვიების რიცხვის შემცირების შემდეგ ტოლი იქნება:

$$Z_2 = \frac{Z_1}{n^2}.$$

თუ ჩავსვამთ $W_2 Z_2$ მნიშვნელობებს გამოსახულებებში მივიღებთ:

$$n = \frac{V_{\text{მუდგ}}}{V_{\text{ცვლადი}}} \cdot \frac{Z_1}{Z_2},$$

სადაც Z_1 - გრაგნილის სრული წინაღობაა გადახვევამდე.

4.8. ელექტრული აპარატების კონტაქტები

ა) კონტაქტების კლასიფიკაცია და მათი დეფექტების დახასიათება. კონტაქტები წარმოადგენენ ელექტრული წრედის ელემენტებს, რომლებიც რეალიზებულია საკონტროლო კვანძებისა და საკონტაქტო შეერთებების სახით.

საკონტაქტო კვანძი საკომუტაციო აპარატების ძირითადი ნაწილია, ხოლო საკონტაქტო შეერთება ახორციელებს ელექტრული წრედის არაგანთავად კონტაქტს.

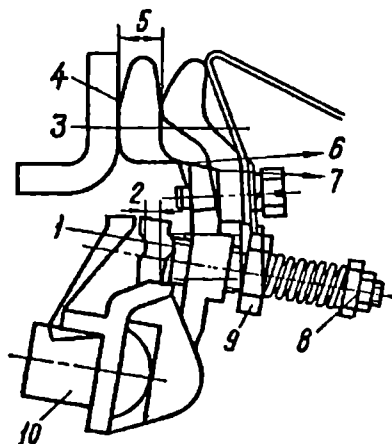
კონტაქტებში გარდა “ელექტრული” დეფექტებისა (გაწვევტა) არსებობს სპეციფიკური დეფექტებიც, რომლებიც დამოკიდებულია მათ მიერ შესრულებულ ფუნქციაზე. პირველ რიგში ყურადღება უნდა მიექცეს იმ დეფექტებს, რომლებიც იწვევენ კონტაქტების მუშა მდგომარეობის მახასიათებელი პარამეტრებიდან გადახრას და მათი ტემპერატურების აწევას.

საკონტაქტო კვანძებისათვის დამახასიათებელია დეფექტები, რომლებიც ხელს უშლიან მათი პირდაპირი დანიშნულებით გამოყენებას, ანუ წრედის ჩართვა-გამორთვას.

ბ) ელექტრული აპარატების საკონტაქტო კვანძების შემოწმება. საკონტაქტო კვანძების მუშაობის ხარისხი პირველ რიგში ფასდება ისეთი პარამეტრებით, როგორიცაა ღრეჩო, განაცვეთი და კონტაქტების დაწოლა.

ღრეჩო ეწოდება გათიშულ მდგომარეობაში მოძრავ და უძრავ კონტაქტებს შორის მინიმალურ დაშორებას, ხოლო განაცვეთი-დაშორებას რომელზეც გადაადგილდება ერთი კონტაქტი, თუ მოვაშორებთ მეორეს, რომელიც ხელს უშლის პირველის გადაადგილებას მათი შეხების შემდეგ. კონტაქტების განაცვეთი შეიძლება განსაზღვრული იქნეს როგორც კონტაქტსაჭერების სელასა და კონტაქტის ღრეჩოს შორის სხვაობა. კონტაქტის კონსტრუქციისა და ტიპის მიხედვით ღრეჩოსა და განაცვეთის განსაზღვრისათვის ზომავენ სხვადასხვა დაშორებებს, ხოლო მათი რეგულირებისათვის იყენებენ სხვადასხვა სარეგულირებელ ელემენტებს.

კონტაქტის ღრეჩოს დასაშვები მნიშვნელობა განსაზღვრულია კონკრეტულ ელექტრულ აპარატის კონსტრუქციულ დოკუმენტაციაში რკალის საიმედო ჩაქრობის პრინციპიდან გამომდინარე.



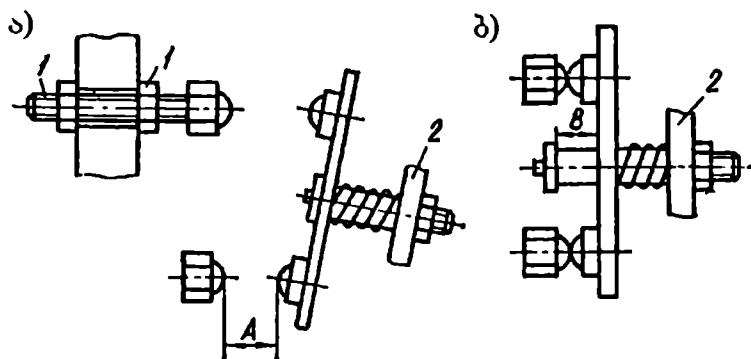
ნახ. 4.28. KT-6000 ტიპის კონტაქტორის ელემენტები:
 1-საწყისი დაწოლის შესამოწმებლად ქაღალდის ზოლის დაყენების ადგილი; 2-კონტაქტორსა და მარეგულირებელ ხრახნს შორის არსებული ღრეჩო; 3-კონტაქტების შეხების ხაზი; 4-საბოლოო დაწოლის შესამოწმებლად ქაღალდის ზოლის დაყენების ადგილი; 5-კონტაქტებს შორის ღრეჩო გათიშულ მდგომარეობაში; 6-საბოლოო დაწოლის განსაზღვრის დროს მოდებული ძაღვის მიმართულება; 7-მოდებული ძაღვის მიმართულება საწყისი დაწოლის დროს; 8-მარეგულირებელი ელემენტი (ხრახნი-ქანჩის წყვილი), რომელიც ცვლის ზამბარის შეკუმშვას; 9-მარეგულირებელი ელემენტი(ხრახნი), რომელიც ცვლის კონტაქტების განაკვეთს; 10-მაბრუნი ლარტყა.

განაცვეთს ირჩევენ იმგვარად, რომ ზესადების მაქსიმალურად დასაშვები ცვეთის შემთხვევაში კონტაქტებით უზრუნველყოფილი იქნეს წრედის საიმედო ჩართვა, რადგანაც პრაქტიკულად განაცვეთის მნიშვნელობის განსაზღვრა შეუძლებელია, ამიტომ ამოწმებენ ღრეჩოს, მაკონტროლებელ განაცვეთს და მთავარი კონტაქტების მთლიანად ჩართვის დროს კონტაქტსაჭერისა და მოძრავი კონ-

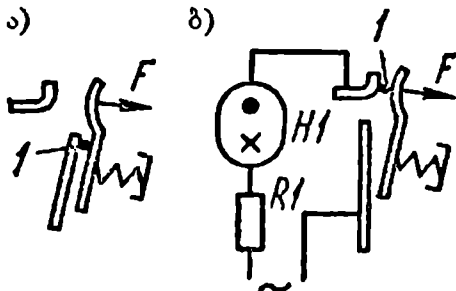
ტაქტების წამყვანი სახელურის მარეგულირებელ ხრახნს შორის წარმოქმნილ ღრეჩოს.

მთავარი კონტაქტების განაცვეთს აკონტროლებენ კონტაქტორის მაგნიტური სისტემის ჩაკეტილი მდგომარეობის დროს. კონტაქტების ზედაპირის ცვეთის შედეგად განაცვეთი მცირდება, რაც ამცირებს კონტაქტების დაწოლას, რის გამოც იზრდება კონტაქტების შორის გარდამავალი წინაღობა და კონტაქტები გადახურდება.

ღრეჩო და მაკონტროლებელი განაცვეთი იზომება ფირფიტოვასი საღტეებით. ღრეჩოს მნიშვნელობა ტოლია კონტაქტებს შორის შემავალი ფირფიტების ჯამური სისქის. შედეგის შესამოწმებლად ჯერ ფირფიტების ნაკრებს შეამცირებენ ერთ-ერთი ყველაზე თხელი სისქის ფირფიტით. თუ გაზომვა სწორად არის შესრულებული, მაშინ დარჩენილი ფირფიტების ნაკრები თავისუფლად უნდა შევიდეს ღრეჩოში. ამის შემდეგ პირველ საწყისს ნაკრებს დაუმატებენ ერთ ყველაზე თხელი სისქის ფირფიტას. ამ შემთხვევაში ფირფიტების ნაკრები არ უნდა შევიდეს ღრეჩოში.



ნახ. 4.29. ღრეჩოს (ა) და განაცვეთის (ბ) გაზომვა სარკველური სისტემის კონტაქტორებში



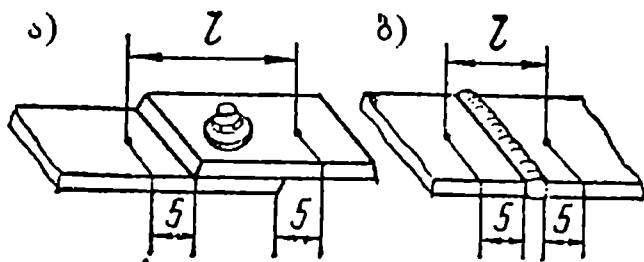
ნახ. 4.30. კონტაქტების დაწოლის გაზომვა

ნახ. 4.28-ზე ნაჩვენებია KT-6000 ტიპის კონტაქტორის ელემენტები. ნახაზზე ქანჩი 9 წარმოადგენს მარეგულირებელ ელემენტს, რომელსაც შეუძლია შეცვალოს განაცვეთი მოცემული კონსტრუქციის კონტაქტებში. კონტაქტების ღრეო რეგულირდება ღუზის თავის ღერძის გარშემო საბჯენამდე მობრუნებით, რაც გვაძლევს საშუალებას ვაწარმოოთ ამ პარამეტრის საფეხურებრივი რეგულირება.

სარქველური სისტემის კონტაქტორებში (ნახ. 4.29) კონტაქტების ღრეოს მარეგულირებელ ელემენტს წარმოადგენს ხრახნი-ქანჩის წყვილი რომელიც სქემაზე აღნიშნულია 1-ით, თუ შეეცვლით ქანჩის მდგომარეობას ხრახნზე, მაშინ შეიცვლება დაშორება A, ანუ ღრეო კონტაქტებს შორის.

კონტაქტების განაცვეთი რეგულირდება ღრეოს სვლით და შესაბამისად ტრავერსით 2, რომელზეც დამაგრებულია მოძრავი კონტაქტი.

კონტაქტების დაწოლა იზომება დინამომეტრით. ამასთანავე ძალვა უნდა მოედოს იმ მიმართულებით რაც ნაჩვენებია საკომუტაციო აპარატის კონკრეტულ დოკუმენტებში. (ნახ.4.30, ა)



ნახ. 4.31. საკონტაქტო შეერთების წინააღობის გაზომვა
ა) ქანჩით შეერთება; ბ) შედუღებით შეერთება

საბოლოო დაწოლა იზომება იმ მომენტში, როცა ჩაქრება ნეონის ნათურა ნ1, რომელიც მიმდევრობით არის ჩართული კონტაქტის წრედში. (ნახ.4.30, ბ)

გ) საკონტაქტო შეერთებების შემოწმება. ჭანჭიკებით საკონტაქტო შეერთებების შემოწმება შეიძლება ჩაეატაროს ვიზუალური დაკვირვებით, რომლის დროსაც ყურადღება უნდა მიექცეს ჭანჭიკების რაოდენობას, ზომას, საჩურო ელემენტების არსებობას, შემაერთებელი მეტალების მდგომარეობას. გამორთული ძაბვის დროს სალტების საკონტაქტო ზედაპირების მომჭერის ხარისხი მოწმდება ზათ შორის ღრეხოს გაზომვით. სისქით 0,02-0,03 მმ და სიგანით 10მმ არ უნდა შევიდეს სალტებს შორის ღრეხოში საყელურის პარამეტრებით შეზღუდული ზონის იქით. საკონტაქტო შეერთების უფრო ზუსტი შეფარდება ხორციელდება წინააღობის კოეფიციენტით (ნახ. 4.31)

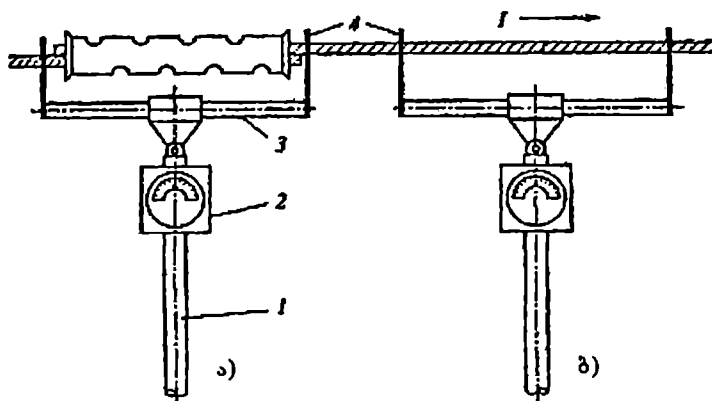
$$K_R = \frac{R_K}{R_n} \leq 1,2,$$

სადაც R_K - არის l სიგრძის უბნის წინააღობა, რომელიც შეიცავს კონტაქტურ შეერთებას; R_n - არის l სიგრძის უბნის წინააღობა, რომელიც არ შეიცავს კონტაქტურ შეერთებას.

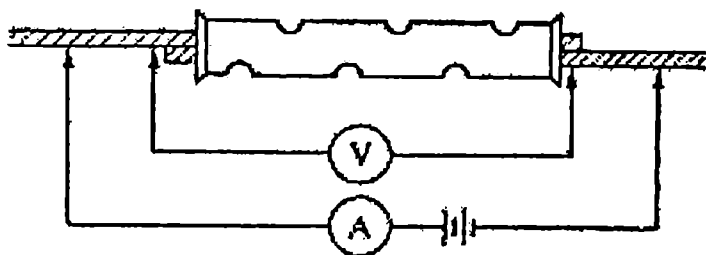
კონტაქტების გაცხელებას განსაზღვრავენ მაქსიმალური დატვირთვის პერიოდში, მაგრამ კონტაქტების მეტალებს, როგორც ცნობილია აქვთ მნიშვნელოვანი თბოტევადობა და თბოგამტარობა. ამიტომ კონტაქტის დეფექტის განსაზღვრა ძნელია.

ექსპლუატაციის პროცესში კონტაქტების მდგომარეობის უფრო ზუსტი შეფასება შესაძლებელია არა გახურების არამედ: 1) შეერთების უბანზე ძაბვის ვარდნის სიდიდით, კონტაქტში დენის გავლის დროს; 2) გარდამავალი წინააღობის სიდიდის გაზომვით მილივოლტმეტრის ან ამპერმეტრის (ან მიკროომეტრის) დახმარებით.

პირველ შემთხვევაში გაზომვას აწარმოებენ მუშა ძაბვის ქვეშ საზომ შტანგაზე დამაგრებული მილივოლტმეტრის საშუალებით ისე, როგორც ნაჩვენებია ნახ.4.32-ზე,



ნახ. 4.32. ძაბვის გაზომვის დროს შტანგის თავის მდგომარეობა: ა) საკონტაქტო შეერთებაზე; ბ) სადენის უბანზე; 1-საზომი შტანგის იზოლირებული ნაწილი; 2-მილივოლტმეტრი; 3-საზომი შტანგის თავი; 4- საცეცები, რომლითაც ჩართულია მილივოლტმეტრი



ნახ.4.33. საკონტაქტო შეერთების წინააღობის განსაზღვრა მილივოლტმეტრისა და ამპერმეტრის მეთოდით

გაზომვის მეთოდი დაფუძნებულია ძაბვის ვარდნების შედარებაზე. პირველ რიგში ზომავენ ძაბვის ვარდნას უბანზე, რომელიც შეიცავს საკონტაქტო შეერთებას, შემდეგ იმ უბანზე, რომელიც არ შეიცავს საკონტაქტო შეერთებას. ორივე შემთხვევაში დატვირთვის დენი უნდა იყოს უცვლელი.

მეორე შემთხვევაში წრედის გამორთულ და დამიწებული უბანზე ჩართავენ ხელსაწყოებს ნახ.4.33-ზე მოცემული სქემით. ხელსაწყოს კეება ხორციელდება მუდმივი დენის წყაროთი.

ხელსაწყოების ჩვენებების მიხედვით განისაზღვრება გარდამავალი წინააღობა ფორმულით:

$$R = \frac{V}{I}.$$

ელექტრული კონტაქტური შეერთების წინააღობის გაზომა ხდება 20° ტემპერატურის დროს, თუ გაზომა ხდება განსხვავებულ ტემპერატურაზე, მაშინ წინააღობის მიღებული მნიშვნელობა დაიყვანება საანგარიშო (20°) ტემპერატურაზე.

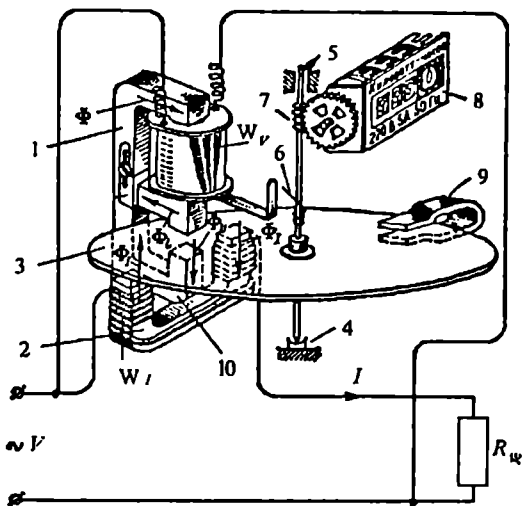
5.1. ელექტრული მრიცხველები, მათი მოქმედების პრინციპი და დიაგნოსტიკა

სამრეწველო სიხშირის ცვლადი დენის წრედებში დახარჯულ ან გამომუშაებულ ელექტრო ენერგიას აღრიცხავენ ელექტრული ენერგიის მრიცხველებით. დღეისათვის გამოყენებულია ინდუქციური და ელექტრონული სისტემების მრიცხველების ფართო სპექტრი. პირველ რიგში განვიხილავთ ინდუქციური სისტემის მრიცხველებს, რომლებიც ჯერ კიდევ ფართოდ არის გამოყენებული აღრიცხვის სისტემებში.

ინდუქციური სისტემების ხელსაწყოები წარმოადგენენ საზომი ვატმეტრების სისტემას და მიეკუთვნებიან არა მაჩვენებელ, არამედ მაინტეგრირებელი (მაჯამებელი) სისტემის ხელსაწყოებს. მათი მოძრავი ნაწილის მობრუნების კუთხე არ არის შეზღუდული და ის ბრუნავს სიმძლავრის მნიშვნელობის პროპორციული სიდიდით. ამ შემთხვევაში მოძრავი ნაწილის ბრუნვათა რიცხვის რაოდენობის მიხედვით იზომება ელექტროენერგია, რომელიც განისაზღვრება სიმძლავრის დროზე ნამრავლით ($W = Pt$)

ელმომარაგების სქემის მიხედვით განასხვავებენ ერთფაზა და სამფაზა მრიცხველებს. ერთფაზა მრიცხველები გამოიყენება ისეთი მომხმარებლების მიერ დახარჯული ელექტროენერგიის აღრიცხვისათვის, რომლებიც იკვებებიან ერთფაზა დენით.

ნახ. 5.1-ზე მოყვანილია აქტიური ენერგიის ერთფაზა ინდუქციური მრიცხველის მოწყობილობის სქემატური გამოსახულება. მის ძირითად კვანძებს წარმოადგენენ:

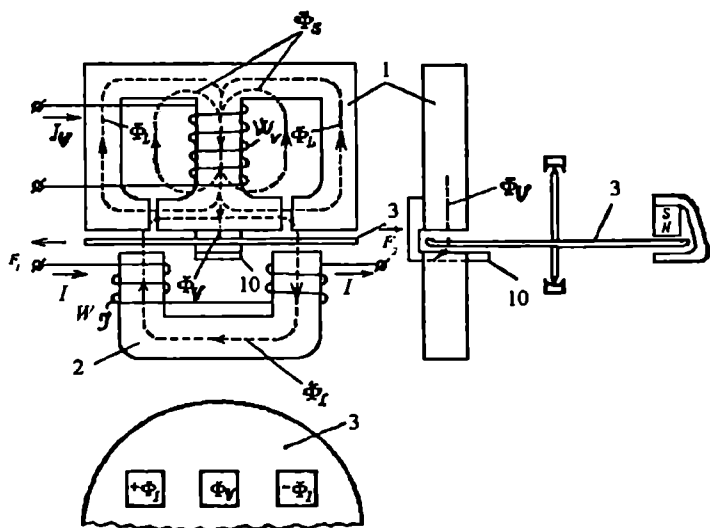


ნახ. 5.1. აქტიური ენერგიის ერთფაზა ინდუქციური მრიცხველის მოწყობილობის სქემატური გამოსახულება

ელექტრომაგნიტური კოჭა 1, რომელზეც ჩამოცმულია რამდენიმე ათასი სპილენძის იზოლირებული წერილი სადენებისაგან დახვეული ძაბვის გრაგნილი W_v , მისი წინაღობა შეადგენს ასეულ ომს; ელექტრომაგნიტური კოჭა 2, რომელზეც ჩამოცმულია რამდენიმე სხივსაგან შემდგარი სპილენძის მსხვილი სადენისაგან დახვეული დენის გრაგნილი W_p , მისი წინაღობა თითქმის ნულის ტოლია; მათ შორის მოთავსებულია ალუმინის შენადნობისაგან დამზადებული დისკო 3, რომელიც თავისუფლად ბრუნავს საქუსლე 4 და საკისარ 5 შორის დამაგრებული ღერძი 6-ის გარშემო. ღერძზე 6 ჩამოცმულია კბილანა 7, რომელიც თავის მხრივ დაკავშირებულია მთელელ მექანიზმთან 8. უკუმოქმედი ანუ დამამუხრუჭებელი მომენტის შექმნისათვის გამოყენებულია მუდმივი მაგნიტი 9, რომლის პოლუსებს შორის მოძრაობს ალუმინის დისკო; და უკუპოლუსი 10.

ნახ. 5.2-ზე მოცემულია აქტიური ენერგიის ერთფაზა ინდუქციური მრიცხველის მოქმედების პრინციპის ასახსნელი სქემა.

როგორც ნახ. 5.1-დან ჩანს ძაბვის გრაგნილი W_v ქსელთან მიერთებულია პარალელურად და იგი მუდმივად ძაბვის ქვეშ იმყოფება. ამ გრაგნილში გამავეალი დენი I_v დაძრულია V ძაბვისაგან ფაზით დაახლოებით 90° (რადგანაც ამ გრაგნილს გააჩნია დიდი ინდუქციური წინააღობა). I_v დენი ელექტრომაგნიტი 1 შუა გულარაში ქმნის მაგნიტური ნაკადს, რომელიც იყოფა Φ_v, Φ_L და Φ_s ნაკადებად. ნაკადი Φ_v შეიკვრება უკუპოლუსი 10 გაელით და გადაჰყვით ალუმინის დისკოს 3 ერთ ადგილზე, ხოლო Φ_L



ნახ. 5.2. აქტიური ენერგიის ერთფაზა ინდუქციური მრიცხველის მოქმედების პრინციპის ასახსნელი სქემა

ნაკადი. შეიკერება ელექტრომაგნიტი 1 გვერდითი დეროფის გაყვლით ისე, რომ არ გადაჰყვეთ ალუმინის დისკოს 3.

Φ_3 ფანტეის ნაკადია იგი შეიკერება ძაბვის გრაგნილის ხეიებთან და არ გადაჰყვეთ ალუმინის დისკოს.

Φ_4 ცვლადი ნაკადი მაგნიტურ პოლუსებს შორის დისკოში აღძრავს ე.მ.ძ-ს. რადგან დისკო წარმოადგენს ჩაკეტილ კონტურს, ამიტომ ე.მ.ძ დისკოზე მაგნიტურ პოლუსებს შორის წარმოქმნის ელექტრომაგნიტურ ნაკადებს.

ელექტრომაგნიტურ ნაკადებსა და ელექტრომაგნიტურ პოლუსებს შორის წარმოიშეება მიზიდულობის F_1 და F_2 ძალა. რადგან $F_1 = F_2$, ამიტომ დისკო გაწონასწორებულია და იგი არ გადაადგილდება.

დისკოს ქვემოთა მხრიდან მოთავსებულია ელექტრომაგნიტი 2, რომელზეც ჩამოცმულია W_1 დენური გრაგნილი, რომელშიც გადის დატვირთვის დენი I , ეს დენი ქმნის Φ_1 ნაკადს, და რადგან მაგნიტოგამტარს აქვს U -სებრი ფორმა, ამიტომ ეს ნაკადი ორჯერ გადაჰყვეთ ალუმინის დისკოს 3. დისკოზე მოხდება მაგნიტური ძაღხაზების ვექტორული შეკრება.

ერთ მხარეს მაგნიტური ნაკადი შემცირდება და გვექნება $\bar{\Phi}_4 - \bar{\Phi}_1$, ხოლო მეორე მხარეს მაგნიტური ნაკადი გაიზრდება და გვექნება $\bar{\Phi}_4 + \bar{\Phi}_1$,

$$\text{ე.ი. } \bar{\Phi}_4 - \bar{\Phi}_1 < \bar{\Phi}_4 + \bar{\Phi}_1,$$

$$\text{აქედან } F_1 < F_2.$$

დისკოზე მოქმედი ძაღების წონასწორობა დაირღვევა და დისკო იწყებს ბრუნვას. რაც უფრო მეტი დენი გაიფ-

ლის დენურ კოჭაში, მით უფრო გაიზრდება სხეაობა F_1 და F_2 შორის და დისკო უფრო სწრაფად იწყებს ბრუნვას. ჩვენ თუ ძაბვის ან დენურ კოჭას შევეუცვლით პოლარობას, დავინახავთ რომ დისკო ბრუნვას დაიწყებს საწინააღმდეგო მიმართულებით.

დისკოზე წარმოქმნილი მაბრუნე მომენტი მომხმარებლის P აქტიური სიმძლავრის პროპორციულია

$$M = C V I \cos \varphi = C \cdot P, \quad (5.1)$$

სადაც C – პროპორციულობის კოეფიციენტი;

$\cos \varphi$ - სიმძლავრის კოეფიციენტი, მისი მნიშვნელობები მოცემულია დანართში 2.

რაც უფრო მეტია მომხმარებლის P აქტიური სიმძლავრე მით უფრო მეტია ალუმინის დისკოს ბრუნვის სიჩქარე და გარკვეული დროის განმავლობაში დახარჯული W ელექტროენერგია გამოითვლება ფორმულით:

$$W = V I t \cos \varphi, \quad (5.2)$$

სადაც V – ფაზური ძაბვა (კე);

I – ფაზური დენი (ა);

t – დრო (სთ).

მრიცხველის კონსტრუქციაში ტექნოლოგიურად განხორციელებულია (5.2) გამოსახულებაში შემავალი ყველა პარამეტრის ფუნქცია.

სამფაზა დენის წრედებში ელექტროენერგიის აღრიცხვისათვის გამოყენებულია სამფაზა მრიცხველები, რომელთა კლასიფიკაცია ხდება შემდეგი სახით:

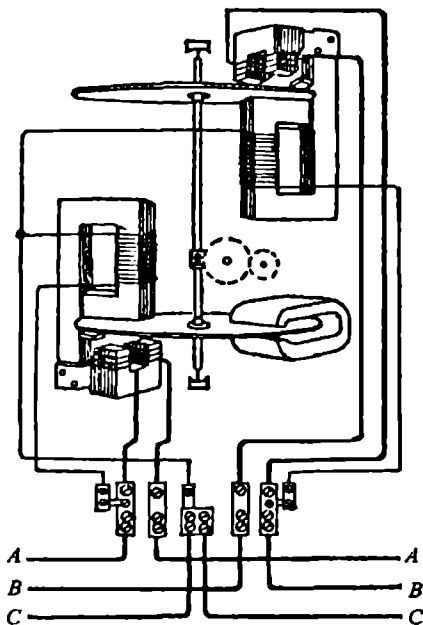
გასაზომი ენერგიის სახეობის მიხედვით- აქტიური და რეაქტიული ენერგიის;

ელექტრომომარაგების სქემის მიხედვით – სამსადენიანი მრიცხველები, რომლებიც მუშაობენ ქსელში ნეიტრალური სადენის გარეშე და ოთხსადენიანი, რომლებიც მუშაობენ ნეიტრალურ სადენიან ქსელებში.

ჩართვის წესის მიხედვით სამფაზა მრიცხველები იყოფიან სამ ჯგუფად: საშუალო ანუ პირდაპირი ჩართვის, რომლებიც ქსელში ირთებიან საზომი ტრანსფორმატორების გარეშე. ასეთი მრიცხველები გამოშვებულია 0.4/0.23 კვ ძაბვაზე და 100 ამპერამდე დენზე; ნახევრად ირიბი ჩართვით, ასეთი მრიცხველები დენური გრაგნილებით ჩართულია საზომი ტრანსფორმატორების გავლით, ხოლო ძაბვის გრაგნილები ჩართულია უშუალოდ ქსელში. ასეთი მრიცხველები გამოიყენება 1 კვ ძაბვამდე; ირიბი ჩართვის მრიცხველები წრედში ჩაირთვებიან დენისა და ძაბვის საზომი ტრანსფორმატორების გავლით, ასეთი მრიცხველები გამოიყენება 0.4 კვ ზევით;

ტრანსფორმატორული მრიცხველები – რომლებიც ირთებიან ქსელში საზომი ტრანსფორმატორების გავლით და გააჩნიათ გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი ($10 \cdot n$);

ტრანსფორმატორული უნივერსალური მრიცხველები, რომლებიც ირთებიან ქსელში საზომი ტრანსფორმატორების გავლით და გააჩნიათ ტრანსფორმაციის ნებისმიერი კოეფიციენტი. ასეთი მრიცხველებისათვის გადასაანგარიშებელი კოეფიციენტი განისაზღვრება დადგენილი საზომი ტრანსფორმატორების კოეფიციენტის მიხედვით. დანიშნულებიდან გამომდინარე მრიცხველს ენიჭება პირობითი აღნიშვნა. აღნიშვნებში ციფრები და ასოები აღნიშნავენ: C – მრიცხველი; 0 – ერთფაზა; A – აქტიური



ნახ. 5.3. ორელემენტიანი
სამფაზა ინდუქციური
მრიცხველის სქემატური გა-
მოსახულება

ენერგიის; P - რეაქტიუ-
ლი ენერგიის; Y უნი-
ვერსალები 3 ან 4-სამსად-
ენიანი ან ოთხსადენიანი
წრედისათვის.

აქტიური და რეაქტი-
ული ენერგიის მრიცხ-
ველები, რომლებიც აღ-
ჭურვილია დამატებითი
მოწყობით მათ მიეკუთვნებიან სპეცია-
ლური დანშნულების
მრიცხველებს, ასეთებია:

ორტარიფიანი
მრიცხველები, რომ-
ლებიც გამოიყენებიან
ისეთი ელექტროენერგი-
ის აღრიცხვისათვის, რომ-
ლის ტარიფი იცვლება

დღე-ღამისა და დატვირთვის მაქსიმუმის მიხედვით.

ტელესაზომი მრიცხველები, რომლებიც აღჭურვილია
იმპულსების გადამწოდებით და მთელელი მექანიზმის ჩვე-
ნებას გადასცემენ დისტანციურად მუდმივი დენის იმპულსე-
ბის სახით.

სანიმუშო მრიცხველები, გამოიყენებიან საერთო
დანიშნულების მრიცხველების შესამოწმებლად.

ნახ. 5.3-ზე მოყვანილია ორელემენტიანი სამფაზა მრიცხ-
ველი. ასეთ მრიცხველებში გამოყენებულია ისეთვე კონ-
სტრუქციული ელემენტები (ორი ან სამი), რაც გამოყენებ-

უღია ერთფაზა მრიცხველებში. დისკოები (ორი ან სამი) დამაგრებულია საერთო ღერძზე. დისკოებზე მოქმედი მბრუნავი მომენტები იჯამება და დისკოების ბრუნვის სიჩქარე დამოკიდებულია ჯამურ მოხმარებულ სიმძლავრეზე.

სიზუსტის კლასის მიხედვით აქტიური ენერგიის მრიცხველი მზადდება: 0.5; 1.0; 2.0; 2.5; ხოლო რეაქტიული ენერგიის მრიცხველები მზადდება: 1.5; 2.0 და 3.0 კლასის

5.2. მრიცხველების დაყენება და ჩართვა

მოთხოვნები მრიცხველის დასადგმელი სათაესობებისადმი. მრიცხველის ჩვენების სიზუსტეზე გავლენას ახდენს გარეშე ფაქტორები: ტემპერატურა, ტენიანობა, ჰაერის ქიმიური შემადგენლობა, ვიბრაცია და სხვა. ამიტომ მრიცხველის დასადგელმა ადგილმა უნდა დააკმაყოფილოს რიგი მოთხოვნები:

სათაესო, სადაც იდგმება მრიცხველი უნდა იყოს მშრალი, უნდა თბებოდეს და მასში ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს $+40^{\circ}\text{C}$ -ს. ჰაერი არ უნდა შეიცავდეს აგრესიულ მინარევებს.

მოთხოვნები ელექტრომრიცხველის მონტაჟისათვის განკუთვნილი კონსტრუქციებისადმი. მრიცხველები იდგმება კარადებში, პანელებზე, კომპლექტური გამანაწილებელი მოწყობილობების კამერებში, კედლებზე, ნიშებში. კონსტრუქცია, რომელზეც იდგმება მრიცხველი უნდა იყოს საკმაოდ მტკიცე, ანუ არ უნდა ექვემდებარებოდეს ვიბრაციას, დეფორმაციას და წანაცვლებას.

დასაშვებია მრიცხველების დამაგრება ხის, პლასტმასისა და მეტალის ფარებზე. დადგმის სიმაღლე უნდა იყოს $0.8 \div 1.7$ მ. დასაშვებია მრიცხველის დადგმა უფრო

დაბალ სიმაღლეზე, მაგრამ არა უმცირეს 0,4 მ-ზე. მრიცხველი დადგმული უნდა იყოს მკაცრად ვერტიკალურ სიბრტყეში.

დაუშვებელია მრიცხველების დადგმა KCO-266 და KCO-272 და სხვა ამგვარი უჯრედების კარებებზე, რადგანაც გამოკვლევაში აჩვენა, რომ ამ შემთხვევაში ამოძრვებულების მუშაობის დროს რყევის გამო მრიცხველები ზიანდება.

მრიცხველის დამაგრება უნდა მოხდეს ისეთნაირად, რომ შესაძლებელი იყოს მისი მოხსნა და დადგმა სიბრტყის წადმა მხრიდან.

მრიცხველების დადგმის თანმიმდევრობა. მრიცხველების დადგმის წინ საჭიროა შედგეს სამონტაჟო სქემა ან შეტანილ იქნეს საჭირო ცვლილებები მოცემული შეერთების მეორად წრედებში. დადგმისათვის მომზადებულ მრიცხველს უნდა ჩაუტარდეს გარე დათვალიერება. იგი გაწმენდილი უნდა იქნეს მტვერისა და ჭუჭყისაგან; მოწმდება ვარგისიანობა, მისი ტიპისა და ტექნიკური მახასიათებლების მიხედვით და სახელმწიფო შემოწმების პლომბების არსებობა გარსაცმის დამამაგრებელ ხრახნებზე.

პლომბებზე აღნიშნული უნდა იყოს სახელმწიფო შემოწმების წელი და კვარტალი, აგრეთვე უნდა გააჩნდეს სახელმწიფო შემოწმების დამლა. მოწმდება გარსაცმისა და სარკმლის მინის მთლიანობა, ყველა ხრახნისა და სახურავის შიგა მხარეზე სქემის არსებობა.

მრიცხველი დაცული უნდა იქნას დარტყმისაგან და რყევისაგან, რადგან მათ შეუძლიათ გამოიწვიონ საყრდენების დაზიანება და ღერძების გაღუნვა, რაც თავისთავად გამოიწვევს ცდომილებებს. ამიტომ მრიცხველების ტრანსპორტირება უნდა მოხდეს სპეციალური შეფუთვით.

მრიცხველი დამაგრებული უნდა იქნეს სამი ხრახნით აუცილებლად ვერტიკალურ მდგომარეობაში.

სადენების მრიცხველთან შეერთების დროს მიზანშეწონილია მარაგის სახით 6-7 სანტიმეტრი სიგრძის სადენის დატოვება. ეს შესაძლებლობას იძლევა მოხდეს გაზომვის ჩატარება ელექტროსაზომი მარწუხებით; აგრეთვე თუ სქემა აკრეფილია არასწორად, ადვილად მოხდეს სადენის გადაადგილება. ბოლოს სადენებს უნდა ჩამოეცვას ნიშნსადები საჭდე.

თითოეული სადენი მოჭერილი უნდა იქნეს ორი ხრახნით. ჯერ მსუბუქად მოეჭირება ზედა ხრახნი, ხოლო შემდეგ ქვედა. თუ მონტაჟი სრულდება მრავალ ძარღვიანი სადენით, მაშინ მისი ბოლოები წინასწარ უნდა იქნეს დაფარული კალით.

უშუალო ჩართვის მრიცხველების მონტაჟის დროს, თუ მრიცხველის ნომინალური დენი 20 ამპერი და მეტია, მაშინ საიმედო კონტაქტების უზრუნველყოფის მიზნით სადენების შემაერთებელ კონტაქტებს უკეთდება დაბოლოებები. დაბოლოება სადენთან მირჩილული უნდა იქნეს მძლავრი სარჩილავით. მრიცხველებთან ახლოს სადენის სიგრძე დატოვებული უნდა იქნეს არა ნაკლებ 12 სმ -ისა.

ნულოვანი სადენის გარსაცმს უნდა პქონდეს განმასხვავებელი ფერი. მონტაჟის დამთავრების შემდეგ მრიცხველი, მომჭერების კრებული, გადამყვანი კოლოფები უნდა იქნეს დალუქული.

მრიცხველის მექანიზმი მთლიანად მოთავსებულია პლასტმასის დახურულ ყუთში, მხოლოდ გარედან ფანჯარაში იკითხება მრიცხველის საპასპორტო მონაცემები და ჩვენებები, როგორიცაა: მრიცხველის ტიპი, საქარხნო ნომერი, ნომინალური ძაბვა და დენი, გადაცემათა რიცხვი,

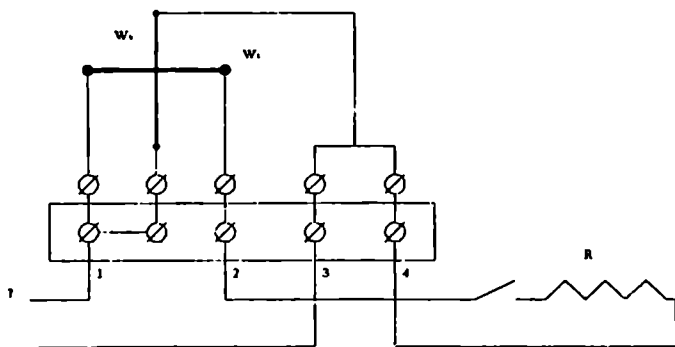
აღრიცხული ენერგიის რაოდენობა, დისკოს მოძრაობის მიმართულება, სიზუსტის კლასი და სხვა. მრიცხველი გადის ლაბორატორიულ შემოწმებას და კორპუსი ილუქება, მაგრამ ექსპლუატაციის პერიოდში საჭიროება მოითხოვს მის პერიოდულ შემოწმებას ადგილზე, მრიცხველის მოუხსნელად მუშა მდგომარეობაში.

5.3. აქტიური ენერგიის ერთფაზა მრიცხველის შემოწმება

ნახ. 5.4-ზე მოყვანილია აქტიური ენერგიის ერთფაზა მრიცხველის ელექტრული სქემა.

შემოწმებას ვიწყებთ მრიცხველის ვიზუალური დათვალიერებით. მრიცხველს გარედან არ უნდა ემჩნეოდეს რაიმე ფიზიკური ძალის ზემოქმედების ნიშანი, ამის შემდეგ ვიწყებთ მრიცხველის მუშაობის შემოწმებას.

თავდაპირველად მრიცხველის შემოწმება წარმოებს მრიცხველის დისკოს თვითსვლაზე. ამისათვის საჭიროა მრიცხველს მოეხსნათ დატვირთვა ანუ ამოვრთოთ მრიცხ-



ნახ. 5.4. აქტიური ენერგიის ერთფაზა მრიცხველის ელექტრული შეერთების სქემა

ველის გამოძიებად ქსელზე შეერთებული ამომრთველი. ამ დროს დისკო ანელებს მოძრაობას და ჩერდება. თუ დისკო არ განქრდა და გააგრძელა ბრუნვა მომდევნო წრეზე, მაშინ ასეთ მრიცხველს გააჩნია თვითსელა და იგი უვარგისია.

შემდგომ მრიცხველი უნდა შევამოწმოთ დატვირთვის ქვეშ. ამისათვის საჭიროა ჩავართოთ ამმორთველი და წამმზომის საშუალებით გავიგოთ დისკოს ბრუნვის სიჩქარე და გამოვთვალოთ მრიცხველში გამავალი აქტიური სიმძლავრე მოცემულ მომენტში ფორმულით:

$$P_{\text{აქ}} = \frac{3600 \cdot n}{N \cdot t} \text{ კვტ} \quad (5.3)$$

სადაც n არის შემოწმების პროცესში ათეული დისკოს მიერ შესრულებული სრული ბრუნვათა რიცხვი;

t - დისკოს ბრუნვათა რიცხვის შესაბამისი დრო (წმ);

N - მრიცხველის გადაცემათა რიცხვი (ბრ/კვტ·სთ).

ამის შემდეგ გავზომოთ ქსელში გამავალი სიმძლავრე სიმძლავრის საზომი რაიმე ხელსაწყოთი. თუ ასეთი ხელსაწყო არ გაგვაჩნია, მაშინ მრიცხველი დატვირთვით ისეთი ტვირთით, რომელთა $\cos \varphi = 1$. ასეთებია, გამახურებელი ხელსაწყოები: უთო, ელექტროქურა, წყლის გამაცხელებელი, ვარვარა ნათურები; ხოლო დანარჩენი ხელსაწოები გამოვრთოთ ქსელიდან და მრიცხველის შემოწმება ჩავატაროთ წამმზომისა და დენის მარწუხის (ნახ. 2.26) საშუალებით. დენის მარწუხის საშუალებით გავზომოთ ქსელის ძაბვა და დატვირთვის დენი. შემდეგ გამოვთვალოთ ქსელში გამავალი სიმძლავრე მოცემულ მომენტში ფორმულით:

$$P_{\text{კ}} = V \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ კვტ.} \quad (5.4)$$

ბოლოს (5.3) და (5/4) ფორმულებით მიღებული შემოწმების შედეგები შევადაროთ ერთმანეთს:

$$P_{js} \approx P_{\pi\pi} \quad (5.5)$$

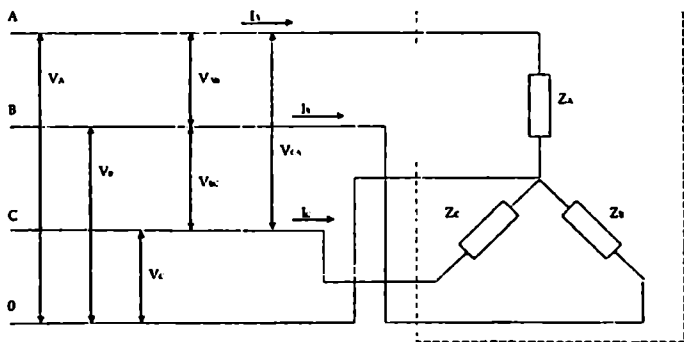
განსხვავება ამ ორ სიდიდეს შორის არ უნდა აღემატებოდეს 2%-ს

$$\delta_p = (P_{\pi\pi} - P_{js}) \cdot 100 / P_{js} \leq 2\%.$$

5.4. დაბალი ძაბვის პირდაპირი ჩართვის აქტიური ენერგიის სამფაზა მრიცხველი

სამრეწველო და სამოქალაქო ელექტრომომარაგება, დაბალი ძაბვის მხარეს ყველაზე ხშირად განხორციელებულია ნახ. 5.5-ზე მოცემული სამფაზა, ოთხსადენიანი სქემით, რომელშიც ხაზური ძაბვა (V_{AB}, V_{BC}, V_{CA}) 380 ვ-ია, ხოლო ფაზური (V_A, V_B, V_C) 220 ვ. ასეთი შეერთების დროს ქსელის ჯამური სიმძლავრე ტოლია თითოეული ფაზის აქტიურ სიმძლავრეთა ჯამისა:

$$P_{\Sigma} = P_A + P_B + P_C \text{ კვტ.}$$



ნახ. 5.5. ელმომარაგების სამფაზა ოთხსადენიანი სქემა

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, სამფაზა მრიცხველში კონსტრუქციულად მოთავსებულია სამი ერთფაზა მრიცხველი, სამი ელემენტისაგან შემდგარი, იმ განსხვავებით, რომ მრიცხველის სამივე ელემენტი ზემოქმედებას ახდენს მრიცხველის ერთ დისკოზე და შესაბამისად მრიცხველის მთელელი ახორციელებს ელენერგიის ჯამურ ათვლას.

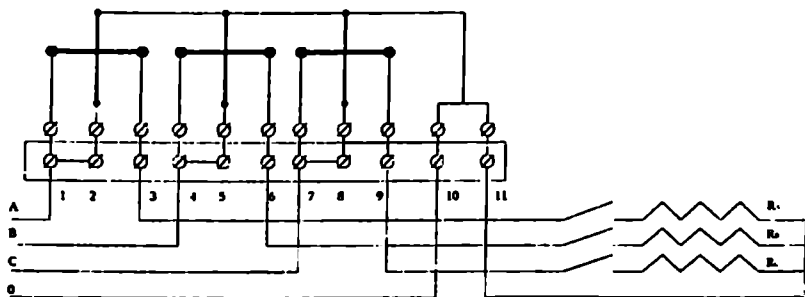
ნახ. 5.6-ზე მოცემულია პირდაპირი ჩართვის სამფაზა აქტიური ენერგიის მრიცხველის ელექტრული შეერთების სქემა. სამფაზა სისტემის ცნებიდან გამომდინარე, აქტიური ენერგიის მრიცხველის ვექტორულ დიაგრამას ექნება ნახ. 5.7-ზე მოცემული სახე, სადაც φ_A, φ_B და φ_C წარმოადგენენ ძვრის კუთხეებს დენებსა და შესაბამის ფაზურ ძაბვებს შორის.

ვექტორული დიაგრამიდან გამომდინარე, ჯამური სიმძლავრე ტოლია

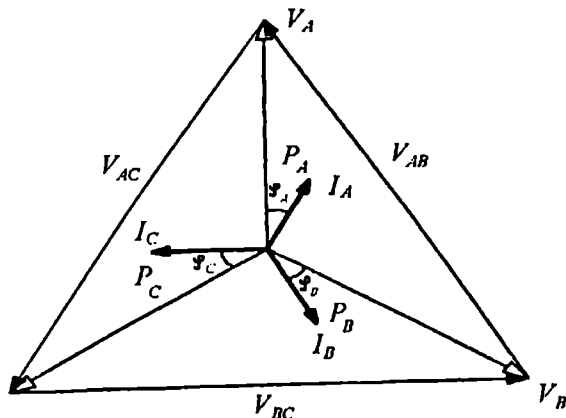
$$P_{\Sigma} = P_A + P_B + P_C = V_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A + V_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B + V_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C.$$

თუ მივიღებთ, რომ სამივე ფაზაში დატვირთვები ტოლია, მაშინ

$$P_{\Sigma} = \sqrt{3} V_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A, \text{ კვტ.}$$



ნახ. 5.6. პირდაპირი ჩართვის სამფაზა აქტიური ენერგიის მრიცხველის სამონტაჟო სქემა



ნახ. 5.7. აქტიური მრიცხველის ვექტორული დიაგრამა

მაგრამ პრაქტიკაში დენები სამივე ფაზაში უმეტესად განსხვავებულია, ამიტომ P_{Σ} -ის გამოსახულებაში უნდა შევიტანოთ სამივე ფაზის დენების საშუალო სიდიდე და P_{Σ} მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$P_{\Sigma} = \sqrt{3} \cdot V_b \frac{I_A + I_B + I_C}{3} \cos \varphi. \quad (5.6)$$

გამარტივების შედეგად მიიღება

$$P_{\Sigma} = V_{\vartheta} (I_A + I_B + I_C) \cos \varphi. \quad (5.7)$$

მრიცხველის შემოწმებას ვაწარმოებთ იგივე მეთოდით, როგორც ერთფაზა მრიცხველის დროს რომელიც აღწერილია §5.3-ში. იმ განსხვავებით, რომ მრიცხველის შემავალ მომჭერებზე უნდა დავიცვათ სამფაზა დენის ფაზების სწორი თანმიმდევრობა. შემოწმებას ვაწარმოებთ ფაზამანქნელებით. ფაზების პირდაპირი თანმიმდევრობის დროს აღნიშნული ხელსაწყოს დისკო ბრუნავს საათის ისრის მიმართულებით, ხოლო უკუთანმიმდევრობის დროს

საწინააღმდეგო მიმართულებით. უკუ თანმიმდევრობის შემთხვევაში მრიცხველის რომელიმე ორ ფაზას უნდა შეუცვალოთ ადგილები. პირველ რიგში მრიცხველს ეამოწმებათ თვითსვლაზე. შემდეგ სიმძლავრის საზომი რაიმე ხელსაწყოს არსებობის შემთხვევაში გაეზომოთ ქსელის თითოეულ ფაზაში გამავალი სიმძლავრეები ცალ-ცალკე და მიღებული შედეგები შევაჯამოთ. ჯამური სიმძლავრე ტოლი იქნება:

$$P_{\Sigma} = P_A + P_B + P_C \text{ კვტ.}$$

თუ სიმძლავრის საზომი ხელსაწყო არ გაგეაჩნია, მაშინ წამმზომითა და დენის მარწუხით ჩავატაროთ გაზომვები იგივე მეთოდით, როგორც ერთფაზა მრიცხველის შემთხვევაში და (5.6) ან (5.7) ფორმულებით განვსაზღვროთ ქსელის აქტიური სიმძლავრე.

მიღებული სიდიდე შევადაროთ (5.3) ფორმულით მიღებულ $P_{\text{გა}}$ სიდიდეს. თუ

$$P_{\Sigma} \approx P_{\text{გა}}.$$

მაშინ მრიცხველი სწორად მუშაობს.

პირდაპირი ჩართვის აქტიური ენერგიის მრიცხველები საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ისეთ ქსელში, სადაც დატვირთვა არ აღემატება 120 ამპერს. უფრო მძლავრ ქსელში სიმძლავრის აღსარიცხავად გამოვიყენება ირიბი-შეერთების მრიცხველები, რომლებიც ქსელთან მიერთებული არიან დენის ტრანსფორმატორის საშუალებით.

5.5. გაზომვის ზღვარის გაფართოება

ზემოთ განხილული მრიცხველები ქსელში უშუალოდ არის ჩართული, ამიტომ ასეთ მრიცხველებს პირდაპირი ჩართვის მრიცხველებს უწოდებენ. პირდაპირი ჩართვის

მრიცხველებით შეიძლება აღირიცხოს ქსელში გამავალი ენერგია, რომლის დენი არ აღემატება 120 ამპერს, ხოლო ძაბვა 400 ვოლტს. მაგრამ პრაქტიკაში გვხვდება შემთხვევები, როდესაც საჭიროა მრიცხველებში 120 ამპერზე მეტი დენის გატარება ან ქსელში არის 400 ვ ძაბვაზე მეტი. ასეთ შემთხვევაში საზომი ხელსაწყოების გაზომვის ზღვრის გაფართოების მიზნით გამოიყენებენ დენისა და ძაბვის საზომ ტრანსფორმატორებს, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ ქსელში გამავალი დიდი სიდიდის დენი ან ქსელის მაღალი ძაბვა დაედაბლოთ მრიცხველის ნომინალურ დენამდე და ძაბვამდე.

5.6. დენის საზომი ტრანსფორმატორი

დენის საზომი ტრანსფორმატორი (შემოკლებით დენის ტრანსფორმატორი) გამოიყენება ისეთი საზომი ხელსაწყოების ზღვრის გაფართოებისათვის რომელთაც გააჩნიათ დენური გრაგნილი (ამპერმეტრები, მრიცხველები, ფაზომეტრები, ვატმეტრები და სხვა). დენის ტრანსფორმატორი შედგება მაგნიტოგამტარისაგან, ერთი პირველადი და ერთი ან რამდენიმე მეორეული გრაგნილისაგან.

დაბალი ძაბვის ირიბი შეერთების მრიცხველის ნომინალურ დენი სტანდარტით მიღებულია 5 ა. ამიტომ დენის საზომი ტრანსფორმატორების მეორეული გრაგნილის ნომინალური დენი ჩვეულებრივ 5 ამპერზეა გათვალისწინებული. იშვიათად გვხვდება დენის ტრანსფორმატორები 1ა და 10 ა მეორეული დენით. პირველადი დენი შეიძლება იცვლებოდეს 5-15000 ამპერის ფარგლებში საზომი ტრანსფორმატორის ტიპის მიხედვით.

დენის ტრანსფორმატორის ელექტრული სქემა მოცემულია ნახ. 5.8-ზე.

პირველადი გრაგნილი წარმოადგენს სპილენძის ან ალუმინის საღტეს, რომელიც გატარებულია გულარას შუაში და განკუთვნილია უშუალოდ ძალოვან ქსელში ჩასართველად, ხოლო მეორეული გრაგნილი, რომელიც რამდენიმე ათეული ხეიისაგან შედგება, დახვეულია აღნიშნულ გულარაზე და განკუთვნილია ელ.აპარატურაზე მისაერთებლად. ფაქტობრივად დენის საზომი ტრანსფორმატორი წარმოადგენს ძაბვის ამამაღლებელ ტრანსფორმატორს, მაგრამ რადგან მეორეული გრაგნილი მიერთებულია ისეთ ხელსაწყოებთან როგორიცაა: მრიცხველების დენის გრაგნილი, ამპერმეტრი და სხვა რომელთაც წინააღობა თითქმის არ გააჩნია, მეორეულ გრაგნილს მოკლედ შერთვის რეჟიმში უწევს მუშაობა და ამიტომ მას დენის ტრანსფორმატორს უწოდებენ. აქედან გამომდინარე უსაფრთხოების მიზნით, ქსელში ჩართული დენის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილი, თუ ის გამოყენებული არ არის ან შემოწმების დროს მოითხოვს წრედის გახსნას, ყოველთვის უნდა იყოს დამოკლებული. წინააღმდეგ შემთხვევაში მეორეულ წრედში აღიძვრება დიდი ე.მ.ძ (1000-1500ე), რომელიც საშიშია ადამიანის სიცოცხლისა და მეორეული გრაგნილის იზოლაციისათვის.

დენის ტრანსფორმატორის პირველი გრაგნილის საწყისი და ბოლო აღინიშნება Λ_1 და Λ_2 , ხოლო მეორეული გრაგნილისა - H_1 და H_2 . Λ_1 და H_1 მომჭერები ერთსახელა მომჭერებია. ეს ნიშნავს რომ თუ პირველად წრედში დენი მიმართულია Λ_1 -დან Λ_2 -საკენ, მაშინ მეორეულ წრედში H_1 იქნება შემავალი, ხოლო H_2 გამომავალი. გამანაწლებელ მოწყობილობებში დენის ტრანსფორმატორე-

ბი უნდა გაყენდეს ისე რომ Λ_1 მომჭერი მიმართული იყოს შემკრები საღტეების მხარეს.

დენის ტრანსფორმატორში პირველადი დენის შეფარდებას შესაბამის მეორეულ დენტან დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ეწოდება და განისაზღვრება ფორმულით:

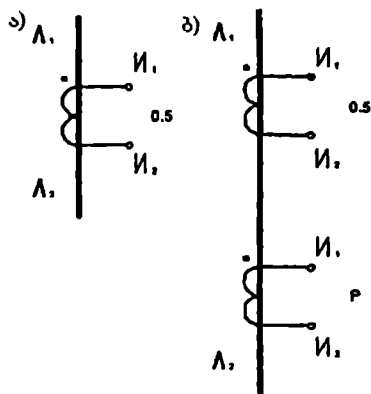
$$K_1 = \frac{I}{i}, \quad (5.8)$$

სადაც I პირველადი დენის სიდიდე;

i მეორეული დენის სიდიდე.

ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ტრანსფორმატორის პასპორტში ნაჩვენებია წილადის სახით. მრიცხველში ნაჩვენებია ნომინალური პირველადი დენი, ხოლო მნიშვნელში – მეორეული დენი. მაგ. 100/5 ა, ანუ $K_1 = 20$.

აღნიშნული წრედებში გამოყენებული დენის ტრანსფორმატორების სიზუსტის კლასი არ უნდა აღემატებოდეს 0,5.



ნახ. 5.9-ზე ნაჩვენებია დენის ტრანსფორმატორის სიზუსტის კლასის დატვირთვაზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

როგორც გრაფიკული გამოსახულებიდან ჩანს, დენის ტრანსფორმატორის სიზუსტის კლასი 20%-დან 120%-ის დატვირთვის ფარგლებში აკმაყოფილებს სიზუსტის კლასის პირობას. დანარჩენ შემთხვევაში სიზუსტის კლასი დარ-

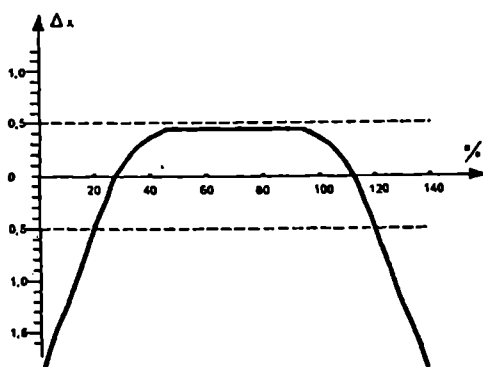
ნახ. 5.8. დენის საზომი ტრანსფორმატორის ელექტრული სქემა

დევუღია. რაც უფრო მცირედ და რაც უფრო ზედმეტად არის დატვირთული დენის ტრანსფორმატორი, მით უფრო იზრდება ცდომილება. აქედან გამომდინარე დენის ტრანსფორმატორის შერჩევისას საჭიროა გაეითვალისწინოთ ზემოთ აღნიშნული პირობები.

დენის ტრანსფორმატორზე დამაგრებულია მისი საპასპორტო მონაცემები: ტიპი, საქარხნო ნომერი, დასაშვები ძაბვა, ნომინალური სიმძლავრე, სიზუსტის კლასი.

უდიდესი დატვირთვა, რომლის დროსაც დენის ტრანსფორმატორის ცდომილება არ გამოდის სიზუსტის კლასის საზღვრებიდან ნაჩვენებია საპასპორტო ცხრილში. მაგ., 0.5 კლასის ТПН ტიპის დენის ტრანსფორმატორის გრაგნილის დატვირთვა არ უნდა აღემატებოდეს 0,4 ომს.

დენის ტრანსფორმატორის დამონტაჟებისას დენის ტრანსფორმატორების მეორეული გრაგნილის ერთი ბოლო და გარსაცმი უნდა იქნეს ჩამიწებული და უნდა გააჩნდეს შემოწმების ოქმი, სადაც დაფიქსირებული იქნება მისი საპასპორტო მონაცემები და გაზომვის შედეგები, როგორიცაა:



ნახ. 5.9. სიზუსტის კლასის დატვირთვაზე დამოკიდებული გრაფიკი

1. იზოლაცია;
2. ვოლტამპერული მახასიათებლები;
3. ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი;
4. პოლარობა.

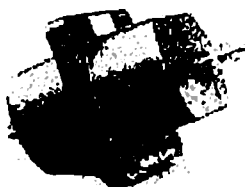
რაც შეეხება მაღალი ძაბვის (6/10)კვ. დენის ტრანსფორმატორებს, მათ გააჩნიათ ორი მეორეული გრაგნილი (ნახ 5.8, ბ) აღრიცხვისა და საზომი ხელსაწყოებისათვის 0.5 კლასით და სარელეო დაცვისათვის განკუთვნილი გრაგნილი, რომლის კლასი არის 10.

მაღალი ძაბვის დენის ტრანსფორმატორების იზოლაცია დამატებით უნდა იქნას შემოწმებული მაღალ ძაბვაზე.

ნახ. 5.10-ზე ნაჩვენებია სხვადასხვა ტიპის დენის ტრანსფორმატორები.



ა)



ბ)



გ)



დ)



ზ)

ე)

ნახ. 5.10. დენის ტრანსფორმატორები:

- ა) Т-0,66; ბ) ТПОЛ-10-1; გ) УТТ-5М;
 დ) ТШЛ; ე) ТЗРЛ; ზ) ТЗЛМ ტიპის

დენის ტრანსფორმატორების არჩევა უნდა მოხდეს შემდეგი მონაცემების მიხედვით: ა) ნომინალური დენის; ბ) ტრანსფორმატორის კოეფიციენტის; გ) სიზუსტის კლასის, რომელიც განსაზღვრავს ფარდობითი ცდომილების სიდიდეს ნომინალური დატვირთვის დროს; დ) პირველადი წრედის ნომინალური ძაბვის მიხედვით.

დენის ტრანსფორმატორები მზადდება 0.66; 6; 10; 15; 20; 24; 27; 35; 110; 150; 220; 330; 500; 750 კე ნომინალურ ძაბვაზე და 1-40000ა ნომინალურ დენზე.

დენის ტრანსფორმატორებს შემოკლებული აღნიშვნები: *T* - დენის ტრანსფორმატორი; *Π* - გამავალი; *O* - ერთხიანი; *W* - სასაღტე; *K* - კოჭიანი; *Φ* - ფაიფურის იზოლაციით; *Λ* - იზოლაცია სინთეტიკური ფისისაგან; *Υ* - გაძლიერებული; *B* - ამომრთველში ჩაშენებული; *Δ* - სწრაფგაქვნილი; *D,3* - დიფერენციალური და მოკლედ შერთვის დაცვის; *A* - აღუმინის პირველადი გრაგნილით; *P* - სარელეო დაცვის; *H* - გარე დაყენების; *M* - ზეითიანი; *ყ* - ამალღებული სიხშირის.

5.6. ძაბვის საზომი ტრანსფორმატორი

ძაბვის საზომი ტრანსფორმატორი (შემოკლებით ძაბვის ტრანსფორმატორი) გამოიყენება ავტომატიკის, სარელეო დაცვის, სიგნალიზაციის კვებისა და ასეთი ხელსაწყოების გაზომვის ზღვარის გაფართოებისათვის, რომელთაც გააჩნიათ ძაბვის გრაგნილები (ვოლტმეტრები, მრიცხველები, ვატმეტრები, ფაზომეტრები, სიხშირზომები და სხვა).

მაღალი ძაბვის ქვესადგურებში ძაბვის მაკონტროლებელი ხელსაწყოები როგორიცაა: კილოვოლტმეტრი, რელეური დაცვის ძაბვის გრაგნილები, მრიცხველის ძაბვის გრაგნილები და სხვა სტანდარტის მიხედვით დამზადებულია

100ე სიდიდს დაბეჭდვით, ამიტომ ჩვეულებრივ დაბეჭდვის ტრანსფორმატორის მეორეული დაბეჭდვა 100 ვოლტია. დაბეჭდვის ტრანსფორმატორი მაღალ დაბეჭდვას (6-10კე) დააბეჭდებს 100 ვოლტის სიდიდემდე, მაგრამ ფაქტიური დაბეჭდვის მნიშვნელობის მისაღებად საჭიროა მიღებული დაბეჭდვა გაემრავლოს დაბეჭდვის ტრანსფორმატორის კოეფიციენტზე. დაბეჭდვის ტრანსფორმატორის კოეფიციენტი ტოლია

$$K_v = \frac{V_{\text{მაღ.}}}{V_{\text{დაბ.}}} \quad (5.9)$$

თუ ჩვენ შემთხვევაში მაღალი დაბეჭდვა 6კე-ია, მაშინ

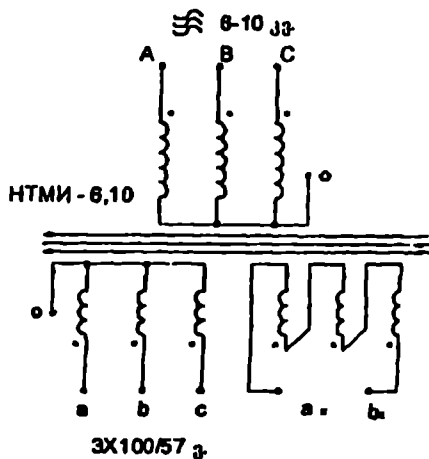
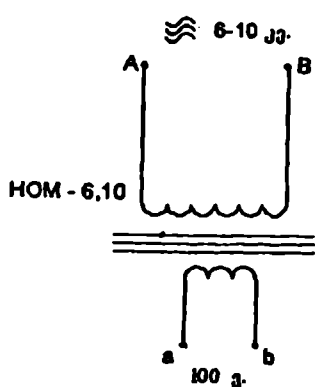
$$K_v = \frac{6000}{100} = 60,$$

ხოლო თუ მაღალი დაბეჭდვა 10 კე-ია, მაშინ

$$K_v = \frac{10000}{100} = 100.$$

დაბეჭდვის ტრანსფორმატორი შეიძლება იყოს როგორც ერთფაზა, ისე სამფაზა. ერთფაზა დაბეჭდვის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის (BH) გამოყენებით აღინიშნებიან A-X-ით. ეს გრაგნილი ქსელის დაბეჭდვასთან პარალელურად არის მიერთებული; მეორეული გრაგნილის (HH) გამოყენებით აღინიშნება a-x-ით. ეს გრაგნილი მიერთებულია ვოლტმეტრთან ან უფრო რთული ხელსაწყო დაბეჭდვის გრაგნილთან.

სამფაზა დაბეჭდვის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის გამოყენებით აღინიშნება A, B, C ასოებით, ხოლო მეორეული გრაგნილის გამოყენებით a, b, c-თი. სამფაზა დაბეჭდვის ტრანსფორმატორს დამატებით გააჩნია კიდევ ერთი გრაგნილი. ღია სამკუთხედი, რომელიც გამოიყენება ქვე-



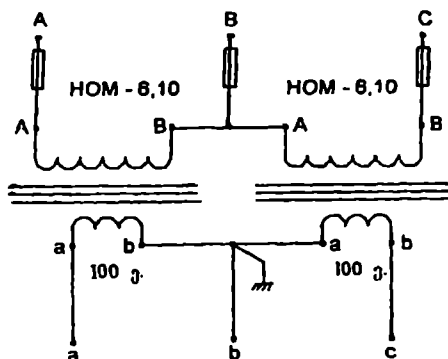
ა) ერთფაზა ტრანსფორმატორი ბ) სამფაზა ტრანსფორმატორი

ნახ. 5.11. ძაბვის ტრანსფორმატორის ელექტრული სქემა

სადგურებში ჩამიწების დაცვის კონტროლისათვის. მისი გამოყენებები აღნიშნულია α_x და x_x -თი. ძაბვის ტრანსფორმატორების ნომინალური სიმძლავრე 200-2000 ვოლტამპერია. გაზომვების დროს შეცდომის თავიდან აცილების მიზნით ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილთან უნდა ჩაირთოს ხელსაწყოთა ისეთი რაოდენობა, რომელთა საერთო მომხმარებლის სიმძლავრემ არ გადააჭარბოს ამ ტრანსფორმატორის ნომინალურ სიმძლავრეს.

ნახ. 5.11-ზე მოყვანილია ერთფაზა და სამფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორის ელექტრული სქემა

ძაბვის ტრანსფორმატორის საშიშ რეჟიმად ითვლება მეორეული წრედის მომჭერების მოკლედ შერთვა, რადგან ამ შემთხვევაში აღიძვრებიან დიდი ზედენები. ზედენებისაგან დაცვის მიზნით ძაბვის ტრანსფორმატორები მაღალი ძაბვის ქსელთან დაკავშირებულია მდნობადი მცველებ-

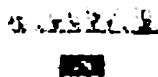


ნახ. 5.12. ღია სამკუთხედზე წართული ძაბვის ტრანსფორმატორი

ის საშუალებით, ხოლო დაბალი ძაბვის მსარე დაცეულია ავტომატური ამომრთველის საშუალებით. მაღალი ძაბვის მდნობადი მცველი ПКТ-10 სპეციალურად ძაბვის ტრანსფორმატორისათვის არის დამზადებული. მას გააჩნია 50 ომი შიგა წინაღობა. ძაბვის ტრანსფორმატორის კორპუსი და მეორეული გრაგნილი აუცილებლად უნდა იყოს დამიწებული. ჩვენთვის უმჯობესია დავამიწოთ მეორეული გრაგნილის გამომავალი *b* ფაზა. თუ სამფაზა ძაბვის



ა)



ბ)



გ)



დ)

ნახ. 5.13. ძაბვის ტრანსფორმატორები: ა) ერთფაზა ზეთიანი; ბ) სამფაზა ზეთიანი НДМИ-10-95; გ) ერთფაზა მშრალი-ОСМ1; დ) სამფაზა მშრალი -ТСЗИ

ტრანსფორმატორი ჩართული არის ღია სამკუთხედზე (ნახ. 5.12) ამ შემთხვევაში b ფაზა აუცილებლად უნდა დავამიწოთ

ექსპლუატაციაში შესვლის წინ, საჭიროა ადგილზე მაღალი ძაბვის მეგომეტრის საშუალებით გაიზომოს ძაბვის ტრანსფორმატორის გრაგნილებს და კორპუსს შორის იზოლაცია. ასევე შემოწმდეს გრაგნილების მთლიანობა.

ნახ. 5.13-ზე წარმოდგენილია სხვადასხვა ტიპის ძაბვის ტრანსფორმატორები

ძაბვის ტრანსფორმატორებს ირჩევენ შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

ა) პირველადი ქსელის ნომინალური ძაბვის მიხედვით, რომელიც შეიძლება იყოს; 0.5; 3.0; 6.0; 10; 35 კვ და ა.შ.

ბ) ტრანსფორმატორის ნომინალური კოეფიციენტის მიხედვით. ეს კოეფიციენტი ჩვეულებრივ ნაჩვენებია ტრანსფორმატორის პასპორტზე წილადის სახით. მრიცხველში ნაჩვენებია პირველადი გრაგნილის ძაბვა, მნიშვნელში მეორეული გრაგნილის. მაგ 6000/100, ანუ $K_T=60$.

გ) ნომინალური მეორეული ძაბვის;

დ) სიზუსტის კლასის, რომელიც განისაზღვრება ნომინალური დატვირთვის დროს არსებული ფარდობითი ცდომილებით. ძაბვის ტრანსფორმატორები იყოფა სიზუსტის ოთხ კლასად: 0.2; 0.5; 1.0; 3.0;

3 კვ ძაბვამდე ძაბვის ტრანსფორმატორები მზადდება ჰაერის (მშრალი) გაცივების, ხოლო 6კვ ძაბვის ზევით-ზეთის გაცივებით

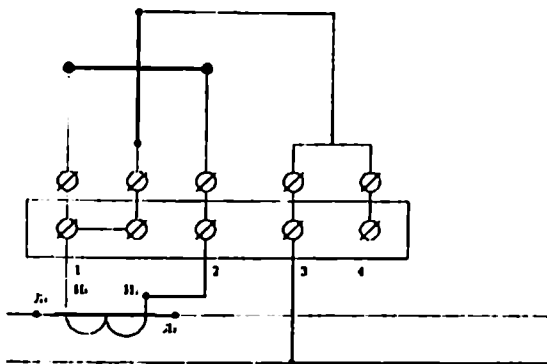
5.7. დაბალი ძაბვის არაპირდაპირი მიერთების აქტიური ენერგიის სამფაზა მრიცხველის მონტაჟი და შემოწმება

ნახევრად ირიბი ჩართვის შემთხვევაში მრიცხველის ქსელთან მიერთება განხორციელებულია დენის ტრანსფორმატორის საშუალებით. დენის ტრანსფორმატორის შერჩევა ხდება § 5.5-ში მოყვანილი მონაცემების მიხედვით. ნახ. 5.14-ზე მოცემულია ერთფაზა აქტიური ენერგიის მრიცხველის ნახევრად ირიბი ჩართვის სქემა. ამ შემთხვევაში მრიცხველის შემოწმება მიმდინარეობს იგივე მეთოდით, როგორც პირდაპირი ჩართვის შემთხვევაში, იმ განსხვავებით, რომ აქ (5.3) გამოსახულებაში დამატებით შედის დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის K -ს მნიშვნელობა და გამოსათვლელ ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$P_{\text{აქ}} = \frac{3600 \cdot n}{N \cdot t} K \text{ კვტ.} \quad (5.10)$$

ნახევრად ირიბი ჩართვის სამფაზა აქტიური ენერგიის მრიცხველი წარმოადგენს სამელემენტიან მრიცხველს, რომელიც განკუთვნილია ოთხსადენიან სისტემაში მუშაობისთვის ყოველი ელემენტის დენის გრაგნილები გათვლილია $I_H=5$ ა-ზე, ხოლო ძაბვის გრაგნილები გათვლილია $V_H=220$ ვ ფაზურ ძაბვებზე. ძაბვის გრაგნილები ერთმანეთთან შეერთებულია ვარსკვლავად, ამიტომ მრიცხველის ძაბვის 2-5-8 მომჭერებზე, ერთმანეთს შორის გვაქვს ხაზური ძაბვები 380 ვ, ხოლო იგივე მომჭერებსა და ნულს შორის ფაზური ძაბვები 220 ვ. ასეთი ოთხსადენიანი სისტემის მრიცხველებზე ძაბვა აღინიშნება 220/380 ვ-ით.

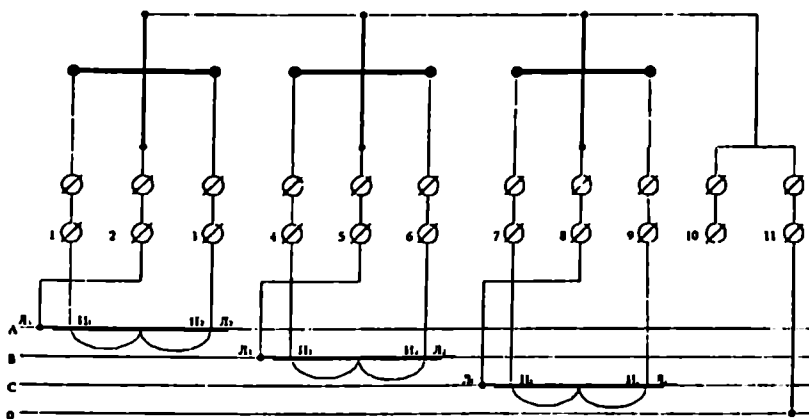
მრიცხველის ელექტრული სქემა იგივეა, რაც პირდაპირი ჩართვის სამფაზა მრიცხველის (ნახ. 5.6) შემთხვევაში,



ნახ. 5.14. ერთფაზა აქტიური ენერგიის მრიცხველის ნახევრად ირიბი ჩართვის სქემა

ხოლო სამონტაჟო სქემა განსხვავებულია იმით, რომ აქ ძაბვის გრადსილები 2-5-8 გამოყენებულია (ვალკე მომჭერე-ბზე (ნახ. 5.15) და ზღედარები გათიშულია.

პრაქტიკაში გამოყენებულია სამფაზა ირიბი მრიცხვე-ლის დენის ტრანსფორმატორებთან შეერთების სამი სქემა,



ნახ. 5.15. სამფაზა აქტიური ენერგიის მრიცხველის ნახევრად ირიბი ჩართვის სქემის პირველი ვარიანტი

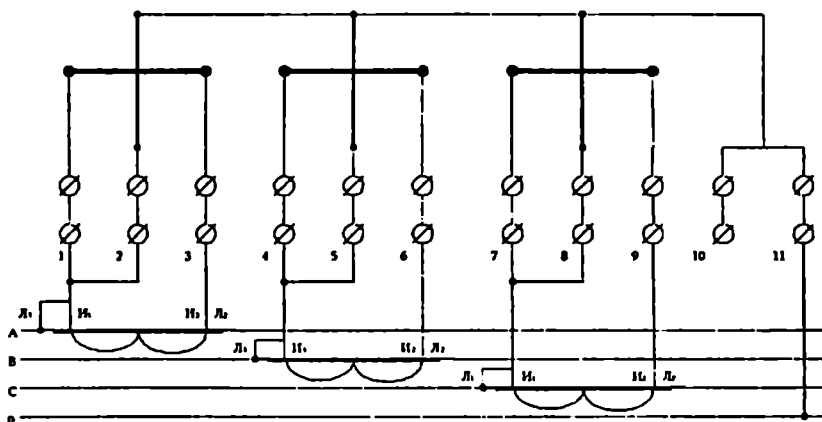
რომლებიც ვარიანტების სახით მოცემულია ნახ. 5.15; ნახ. 5.16; ნახ. 5.17-ზე.

სადენი, რომლის საშუალებითაც აღრიცხვის კვანძის მეორეულ კომუტაციას ვაწარმოებთ, უნდა იყოს აუცილუბლად სპილენძის და მისი კვეთი 2.5 მმ^2 უნდა შეადგენდეს.

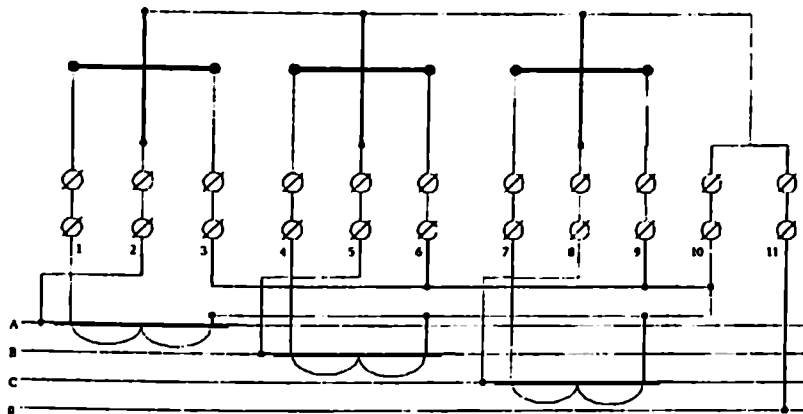
ეს იმ შემთხვევაში, თუ სადენის სიგრძე დენის ტრანსფორმატორებიდან მრიცხველამდე არ აღემატება 10 მეტრს

სადენის სიგრძის ზრდასთან ერთად უნდა გაეზარდოს მისი განივკვეთის ფართობი.

მრიცხველების ჩართვა დენის ტრანსფორმატორებთან მოითხოვს მოცემული სქემის ზუსტ შესრულებას. წინააღმდეგ შემთხვევაში აღრიცხვის კვანძი იმუშავებს ცდომილებით. ყურადღება უნდა მივაქციოთ იმას, რომ მრიცხველს არ გააჩნდეს თვითსვლა. ამისათვის საჭიროა პირველ რიგში § 5.4-ში მოყვანილი პირდაპირი ჩართვის სამფაზა მრიცხველის შემოწმების ანალოგიურად შევამოწ-



ნახ. 5.16. სამფაზა არაპირდაპირი ჩართვის აქტიური ენერგიის მრიცხველის დენის ტრანსფორმატორებთან მიერთების სქემის მეორე ვარიანტი



ნახ.5.17. სამფაზა აქტიური ენერგიის მრიცხველის
ნახევრად ირიბი ჩართვის სქემის მესამე ვარიანტი

მოთ მრიცხველის ძაბვის მომჭერებზე ფაზების სწორი თანმიმდევრობა.

ამის შემდეგ შევამოწმოთ მრიცხველის ყოველი ელემენტი ცალცალკე მრიცხველის დისკოს ბრუნვის მიმართულებაზე ამისათვის საჭიროა ვიქონიოთ დამატებითი აქტიური წინაღობა სიმძლავრით 2-დან 5 კვტ-მდე. აღნიშნული წინაღობით უნდა დაეტვირთოთ ქსელი სათითაოდ ფაზების მიხედვით და ერთდროულად უნდა დაეაკვირდეთ მრიცხველის დისკოს. დისკო ყოველთვის უნდა მუშაობდეს “წინ” მიმართულებით. თუ რომელიმე ფაზაზე დისკო ბრუნავს “უკან” მიმართულებით, მაშინ ამ ელემენტზე შემაჯავალი დენის სადენის წვერები უნდა გადავადგილოთ ერთმანეთში. თუ ამანაც არ უშეულა, მაშინ უნდა ვივარაუდოთ რომ ძაბვის სადენების წვერები სწორად არ არის შერჩეული თავის ფაზაზე. დისკო, რომელიმე ელემენტის შემოწმების დროს, შეიძლება საერთოდ არ დაიძრას, მაშინ

უნდა მოვეძებნოთ დენის წრედში დაზიანება (ან სადენია გაწყვეტილი, ან დენის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილია დაზიანებული) ან შეიძლება ამ ელემენტს ძაბვა არ მიეწოდება. საბოლოოდ უნდა მივაღწიოთ იმას, რომ ყოველი ელემენტის შემოწმების დროს, მრიცხველი უნდა მიდიოდეს “წინ” მიმართულებით.

მაგრამ არის ისეთი შემთხვევა, როდესაც მრიცხველის დისკო თითოეული ელემენტის შემოწმების დროს მიდის “წინ” მიმართულებით, მაგრამ ქსელში გამავალი სიმძლავრე დასაშვებზე მეტად განსხვავდება მრიცხველის მიერ ნაჩვენები სიმძლავრისაგან:

$$P_{js} \neq P_{\pi}$$

ეს იმ დროს ხდება, როდესაც მრიცხველის სამივე ელემენტზე დენები მიეწოდება შებრუნებით და ძაბვები კი შესაბამისად დენებს არ ეთანადება, ანუ ძაბვები დაძრულია დენების მიმართ. ამ შემთხვევაში, თუ ქსელში გვაქვს სუფთა აქტიური დატვირთვა, მრიცხველი აღრიცხავს ნახევარ სიმძლავრეს, ხოლო თუ ქსელში გვაქვს რეაქტიული სიმძლავრე, მაშინ ძაბვების დაძვრით მრიცხველმა შეიძლება აღრიცხოს ფაქტიურ სიმძლავრესთან შედარებით ან ძალიან მცირე (შეიძლება მრიცხველის დისკომ საწინააღმდეგო მიმართულებითაც იმოძრაოს) ან ძალიან დიდი ენერგია.

ქსელში არსებული სიმძლავრის კოეფიციენტის დასადგენად, თუ საჭირო ხელსაწყოები არ გაგვანია დაგვეზომარება აღრიცხვის წრედში აქტიურ მრიცხველთან ერთად ჩართული რეაქტიული მრიცხველი.

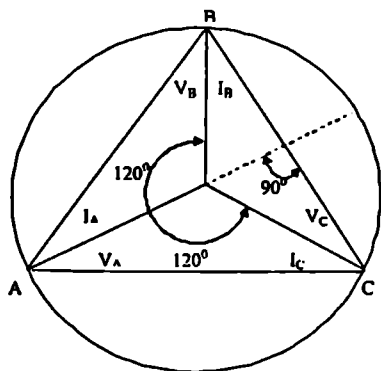
5.8. დაბალი ძაბვის რეაქტიული ენერგიის სამფაზა მრიცხველის მონტაჟი და შემოწმება

თუ აქტიური ენერგიის სამელემენტიან მრიცხველში ჩართვის სქემას შევცვლით ისეთნაირად, რომ თითოეული ელემენტის დენსა და ძაბვას შორის იქნება დამატებითი 90° -იანი ძვრის კუთხე, მაშინ აქტიური ენერგიის მრიცხველი გარდაიქმნება რეაქტიული ენერგიის მრიცხველად, რადგან $\sin \varphi = 90^\circ - \varphi$, ხოლო სამფაზა წრედის რეაქტიული ენერგია გამოითვლება ფორმულით:

$$Q = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi, \text{ კვარ,} \quad (5.11)$$

სადაც $\sin \varphi$ -ს მნიშვნელობა აიღება დანართი 2-ში მოცემული ცხრილიდან.

90° -იანი ძვრის კუთხის მიღების პრინციპი აიხსნება ნახ. 5.18-ზე წარმოდგენილი ვექტორული დიაგრამითა და ნახ. 5.19-ზე მოცემული სამფაზა რეაქტიული ენერგიის 90° -



ნახ. 5.18. სამფაზა რეაქტიული ენერგიის 90° -იანი ძვრის კუთხის მქონე მრიცხველის ვექტორული დიაგრამა

იანი ძვრის კუთხის მქონე მრიცხველის სქემით, სადაც ძაბვის გრაგნილები შეერთებულია სამკუთხედად და დენურ გრაგნილებთან შედარებით გადაადგილებულია. ამ ნახაზებიდან ჩანს, რომ პირველ ელემენტში I_A დენი შეუღლებულია არა V_{AB} ძაბვასთან, როგორც ეს ხდება აქტიური ენერგიის შემთხვევაში, არამედ V_{BC} ძაბვასთან. სუფთა აქტიური დატვირთვის დროს I_A

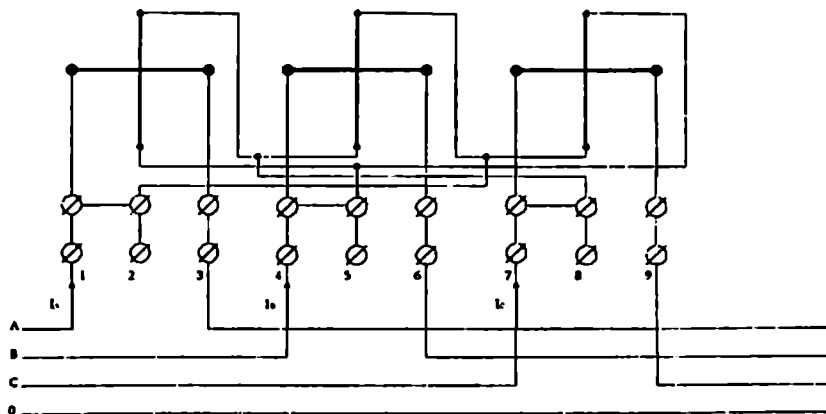
დენი უმთხვევა V_A ძაბვას და დაძრულია V_{BC} ძაბვისაგან 90° -ით. თუ I_A და V_A -ს შორის ძერის კუთხე არის φ , მაშინ I_A დენი V_{BC} ძაბვის მიმართ დაძრული იქნება $(90^\circ + \varphi)$ კუთხით. ანალოგიურად 90° -იანი ძერა მიიღება ორ სხვა დანარჩენ ელემენტებზე და სამფაზა ჯამური რეაქტიული ენერგია გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{\Sigma} = Q_A + Q_B + Q_C = \frac{V_{BC}}{\sqrt{3}} I_A \cdot \sin \varphi_A + \frac{V_{CA}}{\sqrt{3}} I_B \cdot \sin \varphi_B + \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}} I_C \cdot \sin \varphi_C. \quad (5.12)$$

თუ მივიღებთ, რომ

$$V_{BC} = V_{CA} = V_{AB}; I_A = I_B = I_C; \angle \varphi_A = \angle \varphi_B = \angle \varphi_C,$$

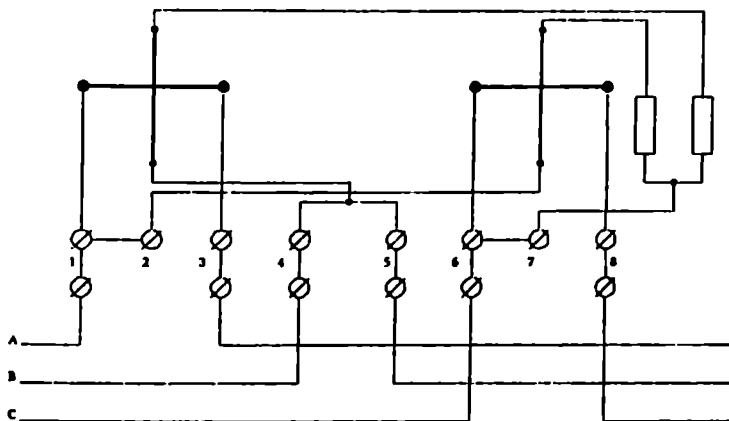
$$\text{მაშინ } Q = \sqrt{3} V_b \cdot I_b \cdot \sin \varphi. \quad (5.13)$$



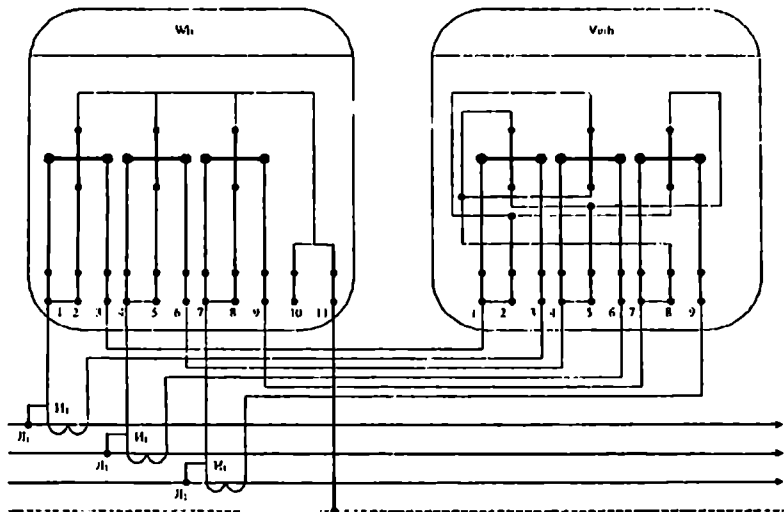
ნახ. 5.19. სამფაზა რეაქტიული ენერგიის 90° -იანი ძერის კუთხის მქონე მრიცხველის სქემა

რეაქტიული ენერგიის გაზომვისათვის სამელემენტო სისტემებში ნულოვანი სადენის გარეშე ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე მარტივი ორელემენტოანი სამფაზა მრიცხველი 60°-იანი ძერის კუთხით. ასეთი ძერა მიიღწევა ძაბვის წრედებში დამატებითი რეზისტორების ჩართვით. 60°-იანი ძერის კუთხე იძლევა შესაძლებლობას მივიღოთ $\sin \varphi$ -ს პროპორციული მბრუნავი მომენტი მარტივი კონსტრუქციით. 60°-იანი ძერის კუთხის მქონე მრიცხველი (ნახ. 5.20) უფრო მოხერხებულია, რადგან მისი ჩართვის სქემა ისეთივეა როგორც ორელემენტოანი აქტიური ენერგიის მრიცხველისა. რეაქტიული ენერგიის მრიცხველის. დენის გრაფიკები გათვლილია 5 ა დენზე, ხოლო ძაბვის გრაფიკები -400 ვ ძაბვაზე.

რეაქტიული მრიცხველის მიერ აღრიცხული ელენერგია განისაზღვრება 5.3-ში მოყვანილი აქტიური ენერგიის მრიცხველის შემოწმების ანალოგიურად, ფორმულით:



ნახ. 5.20. 60°-იანი ძერის კუთხის მქონე სამფაზა რეაქტიული ენერგიის მრიცხველის სქემა



ნახ. 5.21. სამფაზა რეაქტიული ენერგიის მრიცხველის ჩართვის სქემის ერთ-ერთი ვარიანტი

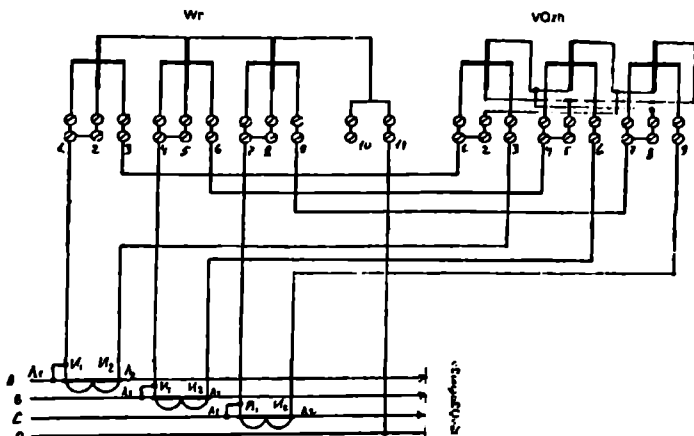
$$Q_{\text{მრ}} = \frac{3600 \cdot n \cdot K}{N \cdot t} \text{ კვარ.} \quad (5.14)$$

ძირითადად რეაქტიული მრიცხველები ჩართულია აღრიცხვის წრედში აქტიურ მრიცხველებთან ერთად. ეს საშუალებას იძლევა ადვილად გამოითვალოს რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტი მოცემულ მომენტში, ფორმულით:

$$Q_{\text{მრ}} / P_{\text{მრ}} = \operatorname{tg} \varphi. \quad (5.15)$$

შემდეგ დანართი 2-ში მოცემული ცხრილის საშუალებით ვპოულობთ $\cos \varphi$ სიდიდის მნიშვნელობას. თუ ცხრილი არ გაგვაჩნია, მაშინ $\operatorname{tg} \varphi$ -ს მიხედვით ესაზღვრავთ ქსელის სიმძლავრის კოეფიციენტს ფორმულით:

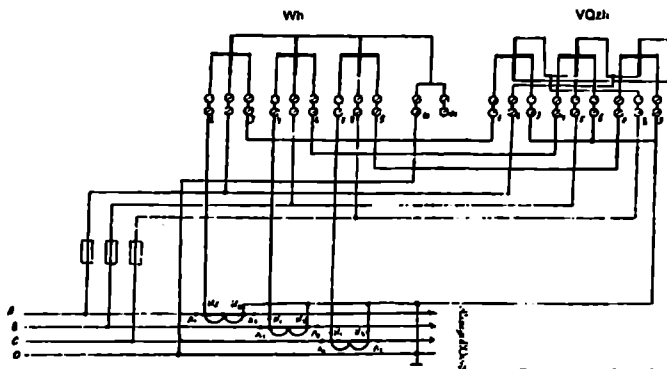
$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}. \quad (5.16)$$



ნახ. 5.22. აქტიური და რეაქტიული ენერგიის სამელემენტური მრიცხველების ოთხსადენიან ქსელში ნახევრად ირიბი ჩართვის სქემა ძაბვისა და დენის შეთავსებული წრედებით

$$\text{ხოლო } \sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}. \quad (5.17)$$

ნახ. 5.22-ზე მოცემულია აქტიური და რეაქტიული ენერგიის სამელემენტური მრიცხველების ოთხსადენიან ქსელში ნახევრად ირიბი ჩართვის სქემა ძაბვისა და დენის შეთ-



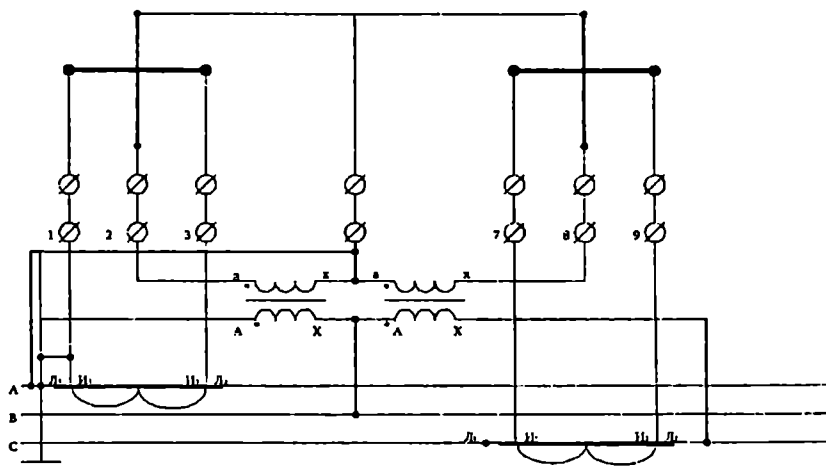
ნახ. 5.23. აქტიური და რეაქტიული ენერგიის სამელემენტური მრიცხველების ოთხსადენიან ქსელში ნახევრად ირიბი ჩართვის სქემა განცალკევებული წრედებით

ავსებული წრედებით, ხოლო ნახ. 5.23-ზე - განცალკევებული წრედებით.

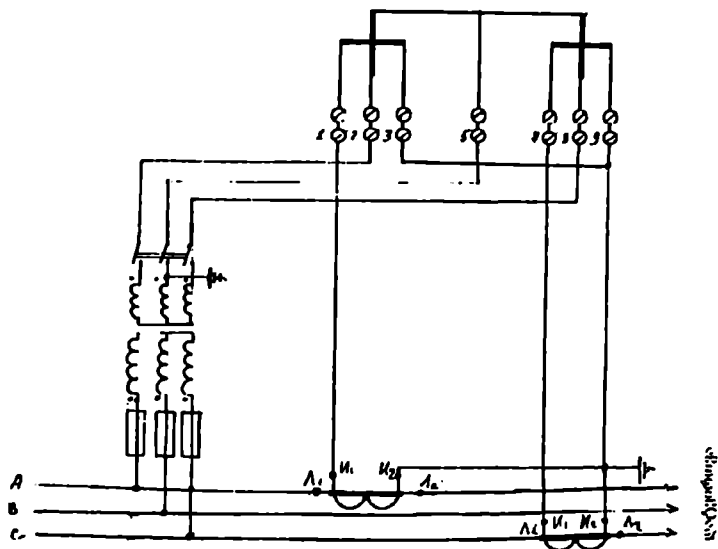
აქტიური და რეაქტიული მრიცხველების მიერ აღრიცხული ელენერგიის დღე-ღამური ან თვიური ხარჯების მიხედვით (5.15) და (5.16) გამოსახულებებით შეიძლება გაანგარიშებული იქნეს დღე-ღამური ან თვიური საშუალო შეწონილი აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის კოეფიციენტები.

5.9. მაღალი ძაბვის აქტიური და რეაქტიული ენერგიის სამფაზა მრიცხველის მონტაჟი და შემოწმება

მაღალი ძაბვის (6/10 კე) ქსელი წარმოადგენს სამსადენიან სისტემას (სამი ფაზა ნულოვანი სადენის გარეშე). ასეთი სისტემის აქტიური ენერგიის აღრიცხვისათვის გამ-

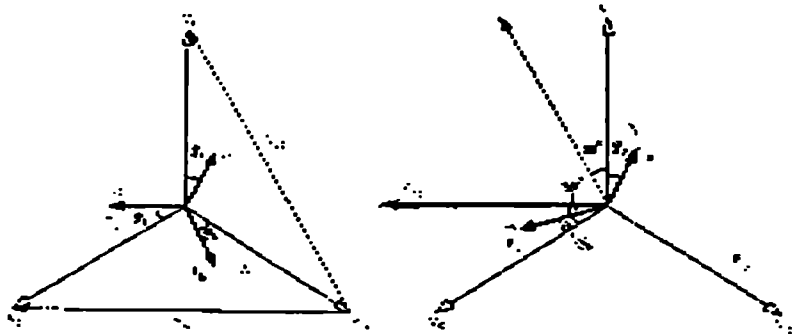


ნახ. 5.24 აქტიური ენერგიის მრიცხველის ორი ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორის საშუალებით მაღალი ძაბვის ქსელში ჩართვის სქემა



ნახ.5.25.ორელემენტიანი აქტიური ენერგიის მრიცხველის სამფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორით ჩართვის სქემა

ოიყენება ორელემენტიანი მრიცხველები,რომელთა დენის გრაგნილები შესრულებულია 5 ა დენზე, ხოლო ძაბვის გრაგნილი შესრულებულია 100 ვ ძაბვაზე. ძაბვის გრაგნილები მრიცხველში ჩართულია ხაზურ ძაბვაზე ღია სამკუთხედის სქემით. ეს სქემა უზრუნველყოფს სიმეტრიულ სამფაზა ხაზურ ძაბვებს და ამიტომ გამოიყენება ფაზების შორის ჩართული ხელსაწყოებისა და რელეების კეებისათვის. ნახ. 5.24-ზე მოცემულია აქტიური ენერგიის მრიცხველის ორი ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორის საშუალებით მაღალი ძაბვის ქსელში ჩართვის სქემა,ხოლო ნახ.5.25-ზე -ორელემენტიანი აქტიური ენერგიის მრიცხველის სამფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორით ჩართვის სქემა.



ნახ. 5.26.ორელემენტის მრიცხველის ვექტორული დიაგრამები

ნახ. 5.26.ა-ზე მოცემულია ორელემენტის მრიცხველის ვექტორული დიაგრამა. ამ ვექტორულ დიაგრამას მივცეთ ნახ. 5.26.ბ-ზე წარმოდგენილი სახე:

ამ ვექტორული დიაგრამებიდან გამომდინარეობს, რომ

$$P = P_a + P_c = V_{ab} \cdot I_a \cdot \cos(30^\circ + \varphi_a) + V_{bc} \cdot I_c \cdot \cos(30^\circ - \varphi_c).$$

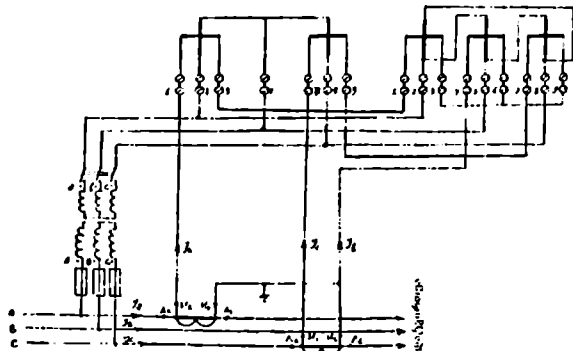
თუ მივიღებთ, რომ $V_{bc} = V_{ab}$; $I_a = I_c$; $\angle \varphi_a = \angle \varphi_c$,

მაშინ
$$P = \sqrt{3} V_b \cdot I_y \cdot \cos \varphi.$$

აქედან გამომდინარეობს რომ სამსადენიან სისტემაში, ორელემენტის მრიცხველით, სამფაზა აქტიური ენერგიის აღრიცხვა შესაძლებელია.

რაც შეეხება მაღალი ძაბვის სამფაზა რეაქტიული ენერგიის მრიცხველს, იგი წარმოადგენს სამელემენტის მრიცხველს, ანალოგიურს იმ მრიცხველსა, რომელიც ადრე გეჰონდა განხილული, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ აქ ძაბვის გრადნილები 100 ვ-ზეა შესრულებული.

მაღალი ძაბვის სამფაზა აქტიური და რეაქტიული ენერგიის მრიცხველები აღრიცხვის კვანძში ერთ სისტე-



ნახ. 5.27. აქტიური და რეაქტიული ენერგიის მრიცხველების სამონტაჟო სქემა

მაშინ გაერთიანებული. ნახ. 5.27-ზე მოცემულია აქტიური და რეაქტიული ენერგიის მრიცხველების ქსელთან მიერთების ელექტრული სქემა.

5.10. მაღალი ძაბვის აღრიცხვის კვანძის შემოწმება

მაღალი ძაბვის აღრიცხვის კვანძის შესამოწმებლად გამოიყენება ხელსაწყო БАФ-ი. თავდაპირველად იწვეება ძაბვების შემოწმება მრიცხველის მე-2, მე-5 და მე-8 მომჭერებზე ერთმანეთისა და კორპუსის მიმართ. იმ შემთხვევაში, თუ b ფაზა არის ჩამოწეული, მაშინ მე-2 და მე-8 მომჭერებსა და კორპუსს შორის ძაბვა ტოლი უნდა იყოს ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეული ხაზური ძაბვისა (100 ვ ფარგლებში), ხოლო მე-5 მომჭერსა და კორპუსს შორის ნულის ტოლი იქნება.

$$V_{ab} = V_{bc} = V_{ca} = V_{ao} = V_{co} = 100 \text{ ვ, ხოლო } V_{bo} = 0.$$

თუ ჩამოწეულია ძაბვის ტრანსფორმატორის დაბალი მხარის ნეიტრალი, მაშინ ხაზური ძაბვები ტოლია:

$$V_{ab} = V_{bc} = V_{ac} = 100 \text{ გ},$$

ხოლო ფაზური ძაბვები ტოლი იქნება:

$$V_{ao} = V_{co} = V_{bo} = 57 \text{ გ}.$$

ამ შემთხვევაში აუცილებლად უნდა დავრწმუნდეთ, რომ b ფაზის გრაგნილის გამომყვანი ნამდვილად მიერთებულია მე-5 მომჭერთან. ამისათვის საჭიროა ძაბვის ტრანსფორმატორის მაღალ ძაბვაზე დროებით გავთიშოთ a და c ფაზის მცველი. ამ დროს ძაბვები $V_{ao} = V_{co} = 57 \text{ გ}$, ხოლო V_{bo} ნულის ტოლი გახდება, ან სულ რამდენიმე ვოლტის ფარგლებში იქნება. ამის შემდეგ უნდა აღვადგინოთ მცველი და БАФ-ის საშუალებით შევამოწმოთ ფაზების მიმდევრობა მრიცხველზე. БАФ-ის ლიმფი უნდა ბრუნავდეს საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით. თუ ლიმფი დატრიალდა საწინააღმდეგო მიმართულებით, მაშინ მრიცხველზე უნდა გადავაადგილოთ a და c ფაზების გრაგნილების მომჭერები ერთმანეთის მიმართ.

ამის შემდეგ ვიწყებთ მეორეული დენების შემოწმებას, როგორც ნახ. 5.27-დან ჩანს დენის ტრანსფორმატორები ქსელში მხოლოდ ორ ფაზაში არის ჩართული არასრული ვარსკვლავის მეთოდით, ეს ნიშნავს, რომ ქსელში სიმეტრიული დატვირთვის დროს $I_a = I_c$. ამ დროს დენის ტრანსფორმატორების მეორეული გრაგნილების ნეიტრალშიც იგივე სიდიდის დენი გადის, რომელიც სიდიდით I_b -ს წარმოადგენს. ე.ი.:

$$I_a = I_b = I_c.$$

მაგრამ თუ გაზომვით მივიღეთ, რომ I_b დენი 1.73-ჯერ მეტია ვიდრე I_a ან I_c დენი, მაშინ ადგილი აქვს ერთ-ერთი დენის ტრანსფორმატორის არასწორ ჩართვას და ამიტომ უნდა ვეცადოთ, რომ ყოველთვის დაცული იყოს პირობა:

$$I_a \approx I_b \approx I_c.$$

ამის შემდეგ განვსაზღვროთ აქტიური და რეაქტიული ენერგიის მრიცხველების მიერ დაფიქსირებული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეები.

აქტიური ენერგიის მრიცხველის მიერ დაფიქსირებული სიმძლავრე $P_{\text{აქ}}$ განისაზღვრება (5.7) ფორმულით, ოღონდ ამ შემთხვევაში ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ტოლია:

$$K = K_v \cdot K_r, \quad (5.20)$$

სადაც K_r არის დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი (5.8);

K_v - ძაბვის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი (5.9).

იმავე (5.7) ფორმულით განისაზღვრება რეაქტიული ენერგიის მრიცხველის მიერ დაფიქსირებული რეაქტიული სიმძლავრე $Q_{\text{აქ}}$.

საზომი ხელსაწყოების გამოყენებით გაეზომოთ მეორეულ წრედში გამავალი დენები და მოდებული ძაბვები და განვსაზღვროთ ქსელში გამავალი აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეები, ფორმულებით:

$$P_{\text{აქ}} = \sqrt{3} V_k \cdot \frac{(I_a + I_b + I_c)}{3} K \cdot \cos \varphi. \quad (5.21)$$

$$Q_{\text{აქ}} = \sqrt{3} V_k \cdot \frac{(I_a + I_b + I_c)}{3} K \cdot \sin \varphi. \quad (5.22)$$

აქ V_k არის ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეული ხაზური ძაბვა, კვ.

I_a, I_b, I_c - დენის ტრანსფორმატორის მეორეული დენები, ა.

$I_g \cos \varphi$ და $\sin \varphi$ განსაზღვრისათვის გამოვიყენოთ (5.15), (5.16) და (5.17) გამოსახულებები.

თუ მოსახერხებელია და ამის საშუალებას მაღალი ძაბვის უჯრედი იძლევა, უმჯობესია მაღალი ძაბვის მარ-წუხის საშუალებით გავსომოთ მაღალი ძაბვის პირველადი დენები, მაშინ:

$$P_{js} = \sqrt{3} V_b \cdot \frac{(I_A + I_B + I_C)}{3} K_v \cdot \cos \varphi, \quad (5.23)$$

$$Q_{js} = \sqrt{3} V_b \cdot \frac{(I_A + I_B + I_C)}{3} K_v \cdot \sin \varphi, \quad (5.24)$$

აქ V_b არის ქსელის მეორეული ძაბვა, კვ.

I_a, I_b, I_c არის ქსელში პირველადი დენები, ა.

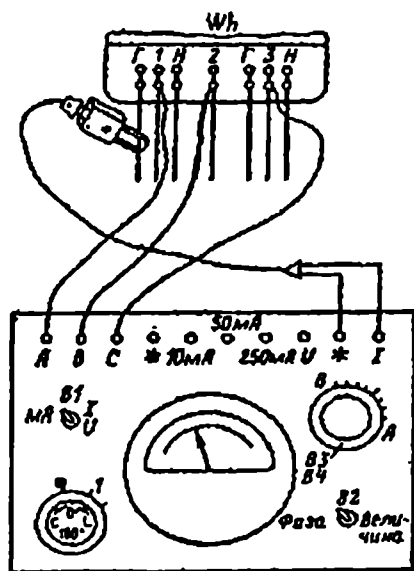
საბოლოოდ უნდა მოვახდინოთ P_{js} და P_{ms} , Q_{js} და Q_{ms} სიმძლავრეების შედარება

$$P_{js} \approx P_{ms}.$$

$$Q_{js} \approx Q_{ms}.$$

აღრიცხვის კვანძის ნომინალური მუშაობის სურათის მისაღებად გამოგედგება БАФ-ის საშუალებით ეექტორული დიაგრამის აგება.

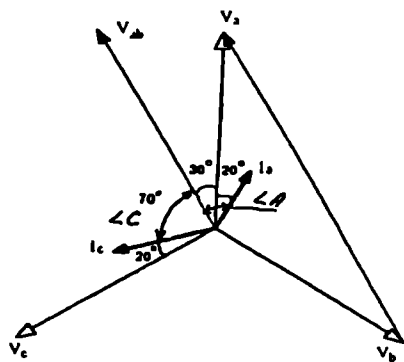
ექტორული დიაგრამის გადაღება ხდება შემდეგნაირად (ნახ. 5.28):



ნახ. 5.28. ეექტორული დიაგრამის გადაღება БАФ-85 ხელსაწყოთი

ხელსაწყოს A, B, C მომჭერები უშუალოდ შეერთებულია მრიცხველის ძაბვის გრაგნილის მომჭერებთან თანმიმდევრობით მარცხნიდან მარჯვნივ. მუხრუჭის აშვების შემდეგ ლიმფის ბრუნვის მიმართულების მიხედვით განისაზღვრება ფაზათა თანმიმდევრობა. ლიმფის ბრუნვა საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით შეესაბამება ფაზათა პირდაპირ თანმიმდევრობას შემდეგ ლიმფი უნდა დამუხრუჭდეს. ხელსაწყოების გამომყვანებთან (*) და (1) შემაერთებული შლანგით ჩაირთვება ელექტროსახომი მარწუხი. შემაერთებული ჩანგლების მანჭვალები უნდა შევიდეს მარწუხებისა და ხელსაწყოს ერთსახელა აღნიშვნების ბუდეებში.

გადამრთველი B1 უნდა დაეაყენოს მდგომარეობაში "U, I", გადამრთველი B2-მდგომარეობაში "Величина", გადამრთველი B3-მდგომარეობაში "5 ან 1A" დენის მოსალოდნელი მნიშვნელობიდან გამომდინარე. მარწუხებით პირველ რიგში მოიცავენ მრიცხველის დენის გრაგნილს A ფაზის შემავალ სადენს. მარწუხის ნიშნული (*) მიმართული უნდა იყოს დენის ტრანსფორმატორის მხარეს.



იზომება დენის მნიშვნელობა A ფაზაში. შემდეგ B2 გადამრთველი უნდა დაეაყენოს მდგომარეობაში "Фазы". ლიმფის ბრუნვით ხელსაწყოს ისარი უნდა დაეაყენოს ნულზე. ამ დროს ისრის მობრუნების მიმართულება უნდა იყოს ლიმფის ბრუნვის მიმართულების თანხედრილი.

ნახ. 5.29. БАФ-ით გადაღებული ვექტორული დიაგრამა

მიზანშეწონილია ვაბრუნოთ ღიმფი საათის ისრის მოძრაობის მიმართულების საწინააღმდეგოდ. ვაფიქსირებთ ამ დროს ისრის ნულთან მისვლას სკალის მარჯვენა მხრიდან. სკალის ნულთან დაყენების შემდეგ ღიმფის დანაყოფების მიხედვით აითვლება კუთხე, რომელიც შეთავსებულია ნაკაწრთან. ანალოგიურად აითვლება სხვა ფაზებისა და ნულოვანი სადენების კუთხეები.

ვექტორული დიაგრამის გადაღების შემდეგ ვიწყებთ მის აგებასა და ანალიზს. დასაწყისში ვაგებთ V_a , V_b და V_c ფაზური ძაბვების ვექტორებს, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ სივრცეში დაძრულნი არიან 120° -ით. ამის შემდეგ ვაგებთ V_{ab} ძაბვის ვექტორს, რომელიც V_a ძაბვის ვექტორისაგან გასწრებულია 30° -ით. V_{ab} ვექტორის მიმართ უნდა გადავზომოთ გაზომილი კუთხეები დეხის ვექტორების ასაგებად. კუთხე “L” ნიშნით უნდა გადავდოთ V_{ab} ვექტორიდან საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, ხოლო კუთხე “C” ნიშნით- საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ბოლოს განვსაზღვრავთ კუთხეებს დენსა და ფაზური ძაბვის ერთსახელა ვექტორებს შორის და ვაკეთებთ დასკვნას მრიცხველის ჩართვის სისწორის შესახებ. მაგალითად დაუშვათ $\angle A = 50^\circ L$ და $\angle C = 70^\circ C$ (ნახ. 5.29), მაშინ აგებული დიაგრამიდან ჩანს, რომ ფაზაში V_a ძაბვასა და I_a დენს შორის კუთხე $\phi_a = 50 - 30 = 20^\circ$; ასევე V_c ძაბვასა და I_c დენს შორის კუთხე $\phi_c = 120 - (70 + 30) = 20^\circ$ დანართი 2-ის დახმარებით ვადგენთ, რომ ამ შემთხვევაში სიმძლავრის კოეფიციენტი $\cos \phi = \cos 20^\circ = 0,94$.

ორელემენტიანი. სამფაზა მრიცხველის შემოწმების დროს ყურადღება უნდა მივაქციოთ იმ გარემოებას რომ ქსელში თანაბარი დატვირთვის დროს მრიცხველის ორივე

ელემენტი ყოველთვის ერთი და იგივე ძალით არ ახდენს ზემოქმედებას მრიცხველის დისკოზე. თუ მრიცხველის სიმძლავრის გამოსახულებაში

$$P = V_{ab} \cdot I_a \cdot \cos(30^\circ + \varphi_a) + V_{bc} \cdot I_c \cdot \cos(30^\circ - \varphi_c).$$

შევიტანო კუთხე $\angle \varphi$ -ის სხვადასხვა მნიშვნელობებს მივიღებთ, რომ როდესაც კუთხე $\angle \varphi_a = \angle \varphi_c = 0$, მაშინ ორივე ელემენტის მრიცხველის დისკოზე თანაბარი ძალით ახდენს ზემოქმედებას.

ნათქვამის დემონსტრირება შეიძლება მოვახდინოთ შემდეგნაირად: ჯერ მრიცხველის პირველი ელემენტის დენის გრაგნილის 1-3 მომკერს დავამოკლებთ, ხოლო შემდეგ მეორე ელემენტის გრაგნილის 7-9 მომკერს და ორივე შემთხვევაში დავაფიქსიროთ მრიცხველის დისკოს ბრუნვის სიჩქარე. დავინახავთ, რომ ორივე შემთხვევაში დისკოს ბრუნვის სიჩქარე ერთი და იგივე იქნება.

კუთხეების $\angle \varphi_a$ და $\angle \varphi_c$ -ს ზრდასთან ერთად იგივე ცდის დროს, პირველი ელემენტი ნაკლებად ზემოქმედებს დისკოზე, ვიდრე მეორე ელემენტი და შესაბამისად დისკოს ბრუნვის სიჩქარე ერთმანეთის მიმართ განსხვავებული იქნება. როდესაც კუთხეები $\angle \varphi_a$ და $\angle \varphi_c$ გაუტოლდება 60° -ს, მაშინ პირველი ელემენტი საერთოდ არ ზემოქმედებს დისკოზე და ძირითადი ზემოქმედების ძალა დისკოზე მოდის მეორე ელემენტის საშუალებით, ხოლო როდესაც კუთხეები $\angle \varphi_a$ და $\angle \varphi_c$ მეტია 60° -ზე, მაშინ პირველი ელემენტი დისკოს აბრუნებს „უკან“ მიმართულებით, ხოლო მეორე ელემენტი „წინ“ მიმართულებით.

5.11. სპეციალური დანიშნულების მრიცხველები

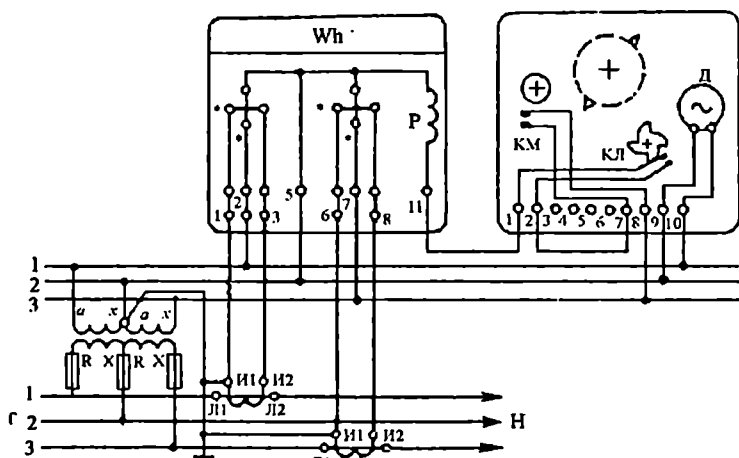
სამრეწველო მომხმარებლების მიერ ელექტროენერგიის რაციონალური მოხმარებისა და სხვადასხვა მიზნები-

სათვის გამოყენებიან სპეციალური დანიშნულების მრიცხველები.

დატვირთვის მაქსიმუმის მაჩვენებელი მრიცხველი .თანამედროვე პირობებში სამრეწველო მომხმარებლებისათვის გამოიყენება ელექტროენერგიაზე ორგანაკვეთიანი ტარიფი,რომელიც შესდგება თითოეული მოხმარებული კვტსთ ელექტროენერგიის განაკვეთისა და ენერგოსისტემის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში იშუშაობის პერიოდში მოხმარებული თითოეული კვტსთ ელექტროენერგიის განაკვეთებისაგან.

გადახდის ასეთი სისტემა სტიმულს აძლევს ელექტროენერგიის მომხმარებლებს,რათა იშუშაონ რაციონალურ რეჟიმში და ამით შეამცირონ ენერგოსისტემის პიკური დატვირთვები.

ასეთი ტარიფით გაანგარიშება ხორციელდება სპეციალური მრიცხველებით, რომლებიც აღჭურვილია დატვირთვის



ნახ.5.30. კონტაქტებიან საათიანი მაქსიმალური დატვირთვის მაჩვენებელი მრიცხველის ჩართვის სქემა

მაქსიმუმის მაჩვენებლითა და კონტაქტებიანი საათით. საათი აღჭურვილია ძრავით D და ორი წვეილი კონტაქტით K_M და K_H ასეთი მრიცხველის ჩართვის სქემა მოცემულია ნახ. 5. 30-ზე.

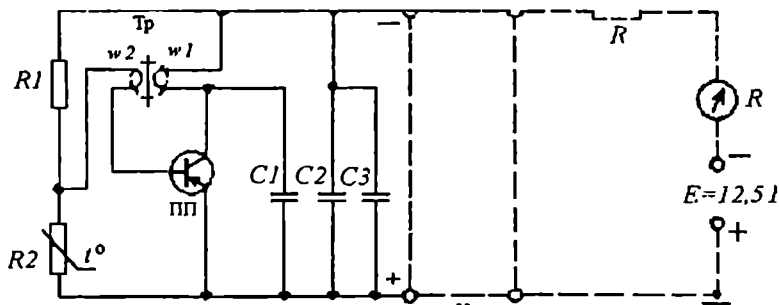
პირველი K_H კონტაქტების წვეილი იმართება მბრუნავი დისკოთი. ამ დისკოს გააჩნია სკალა, რომელიც შეესაბამება 24 სთ-ს და აკეთებს დღე-ღამეში 1 ბრუნს. ამ კონტაქტების ჩართვა-გამორთვის დრო დაყენებულია ენერგოსისტემების დილისა და საღამოს მაქსიმუმების დასაწყისის და დასასრულის შესაბამისად.

კონტაქტების მეორე, K_M წვეილი ჩაირთვება დროის მოკემულ (15 ან 30 წთ) შუალედში. შემდეგ ხდება მათი გათიშვა და დროის ამ შუალედის გასვლის შემდეგ მყისიერად ჩაირთვება. ეს ციკლი მეორდება უწყვეტად.

მრიცხველის დატვირთვის მაქსიმუმის მაჩვენებლის წამყვანი ისარი, რომლის გადახრა პროპორციულია დროის მოკემულ ინტერვალში (მაგ. 30 წთ) სიმძლავრის საშუალო შეწონილი მნიშვნელობისა, დაკავშირებულია გადამცემი სისტემის ბრუნვის ღერძთან. ამ გადამცემის გადახრასა და გადაბმას აწარმოებს P ელექტრომაგნიტური რელე, რომელიც ჩართულია ძაბვის ორივე წვეილი კონტაქტების გავლით. 30 წუთის განმავლობაში ეს რელე ჩართულია და ისარი მოძრაობს და გადაადგილდება. ამ დროის განმავლობაში გადაიხრება საშუალო სიმძლავრის პროპორციული კუთხით. რელეს გათიშვისა ან განმეორებითი ჩართვის დროს აღნიშნული ისარი ზამბარის მოქმედებით ბრუნდება ნულოვან მდგომარეობაში და თავიდან იწყებს გადაადგილებას. ეს ციკლი მეორდება მაქსიმუმის დროის გასვლამდე.

წამყვან ისართან დაკავშირებულია საბუქსირე ისარი, რომელიც აფიქსირებს წამყვანი ისრის ჩვენებას განვლილი 30 წუთის განმავლობაში. თუ დროის შემდეგ ინტერვალში დატვირთვა არ გაიზარდა, მაშინ საბუქსირე ისრის მდგომარეობა არ შეიცვლება, ხოლო დატვირთვის გაზრდის შემთხვევაში წამყვანი ისარი გადაადგილებს საბუქსირე ისარს უფრო დიდი კუთხით. ამგვარად, საბუქსირე ისრის მდგომარეობა შეესაბამება ენერგოსისტემის მაქსიმალურ რეჟიმში მუშაობის დროს მომხმარებლის მაქსიმალური სიმძლავრის საშუალო შეწონილ მნიშვნელობას ნახევარი საათის ინტერვალში. ნახევარსაათიანი ინტერვალის საჭიროა იმისათვის რომ მაქსიმუმის მანევრებელში არ აღნიშნოს დატვირთვის ხანმოკლე ბიძგები. საბუქსირე ისარი შეიძლება დაბრუნებული იქნეს საწყის მდგომარეობაში ღილაკის საშუალებით.

ტელესაზომი მრიცხველები. ასეთ მრიცხველებს გააჩნიათ იმპულსების გადამწოდი რომლებიც მოვლელი მექანიზმის ჩვენებას გარდაქმნიან მუდმივი დესის იმპულსებად და გადასცემენ შორს მანძილზე. ასეთი მრიცხველის ტიპის აღნიშვნაში ფიგურირებს ასო D , მაგალითად $CA3-H670D$ იმპულსების მიმღები შეიძლება იყოს იმ-



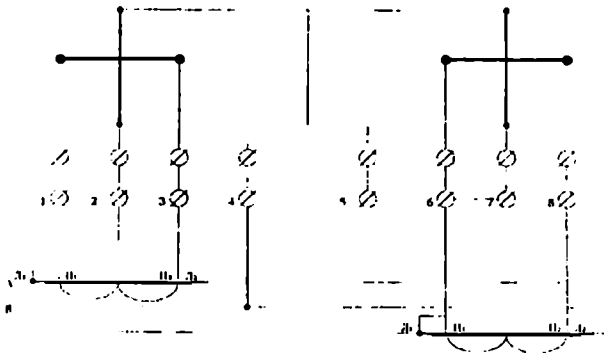
ნახ. 5.31. იმპულსების გადამწოდების სქემა

პულსების ელექტრომაგნიტური მრიცხველი ან გამომთვლელი მანქანის შემაჯავლი მოწყობილობა.

თანამედროვე პირობებში შეიქმნა საჭიროება ავტომატურად შევაჯამოთ ცალკეული მსხვილი მომხმარებლის მიერ მოხმარებული აქტიური და რეაქტიული ენერგიები. ეს იძლევა საშუალებას ვაწარმოოთ ანგარიშები ორგანაკვეთიანი ტარიფით და მივიღოთ აგრეთვე სრული ინფორმაცია მოხმარებული ელექტროენერგიის რეჟიმების შესახებ. ამ მიზნით გამოშვებულია ელექტროენერგიის აღრიცხვისა და კონტროლის ავტომატიზირებული საინფორმაციო-სახოში სისტემა *ИИСЭ-1-48*, რომელთანაც კავშირგაბმულობის არხების საშუალებით შეიძლება მიერთებული იქნას 48-მდე ტელესახოში მრიცხველი.

ტელესახოში მრიცხველის იმპულსების გადამწოდი წარმოადგენს *МП41* ტიპის ტრანზისტორზე აკრეფილ უკუკავშირით მართულ გენერატორს.

სქემის ყველა ელემენტი გარდა უკუკავშირის T_p ტრანსფორმატორისა განლაგებულია მთელელი მექანიზმის ახლოს. მას აქვს ფერიტის გულარა ორი (W_1 და W_2) გრაგნილით რომლის განაჭერში ბრუნავს დისკო ორი დიამეტრალურად საწინააღმდეგო ამონაჭერით. ბრუნვა გადაეცემა მთელელი მექანიზმის დისკოს. ზოგიერთ მოდიფიკაციაში დისკოს მაგიერ ბრუნავს თითბრის ალაში, რომელიც დამაგრებულია მოძრავი სისტემის ღერძზე. როცა ალაში მდებარეობს ტრანსფორმატორის ღრეჩოს გარეთ, მაშინ გენერატორი აგზნებულ მდგომარეობაშია და კავშირის ხაზებში გადის დენი, რომლის მუდმივ მდგენელს აქვს 10 მა რიგის მნიშვნელობა. ალმის ღრეჩოში შესვლის დროს ინდუქციური ცვლილებების გამო ხდება გენერაციის შეწყ-



ნახ.5.32. სპეცდანიშნულების დაბალი ძაბვის მრიცხველის ნახევრად ირიბი ჩართვის სქემა

ყვეტა და დენი მცირდება 0.8 მა-მდე. ამგვარად გენერატორი მუშაობს როგორც გასაღები, რომელიც უზრუნველყოფს 12ე მუდმივი დენის კვების წყაროს წრედის კომუტაციას: ამასთანავე იმპულსების რიცხვი პროპორციულია დისკოს ბრუნთა რიცხვისა. იმპულსების გადამწოდის მომჭერებთან ჩართულია 3კმ-მდე სიგრძის კავშირის ორსადენიანი ხაზი (II) არაუმეტეს 190 ომი/კმ წინაღობითა და 0.1 მკფ/კმ ტევადობით. კვების წყარო მიმდევრობით ჩაერთვება კავშირის იმავე ხაზზე მიმღების (III) მხრიდან.

მიწისქვეშა ან სპეცდანიშნულების ელექტრო დანადგარებისათვის უსაფრთხოების ტექნიკის წესებიდან გამომდინარე გამოიყენება სამსადენიანი სისტემა 3X380 ვ ან 3X220 ვ ნულოვანი ასეთ ქვესადგურებში აღრიცხვის კვანძი შესრულებულია ორელემენტიანი მრიცხველით(ნახ. 5.32).

ასეთი მრიცხველის შემოწმება სწარმოებს მაღალი ძაბვის კვანძის მრიცხველის ანალოგიურად. უმ-ით აგებული ელექტორული დიაგრამის გამოყენებით.

5.12. ადრიცხვის კვანძების ელემენტების უწყესიერობანი

ა) მრიცხველის უწყესიერობა. შეიძლება აღიძვრას უეცრად გარეშე ზემოქმედების გაელენით. ამ ზემოქმედებას მიეკუთვნება დარტყმები, რყევები, ხანგრძლივი გადატვირთვები, მოკლედ შერთვა მიერთებებზე, ჭექა-ქუხილისა და კომუტაციის გადაძაბვები. მრიცხველი აგრეთვე შეიძლება გადავიდეს უწყესიერო მდგომარეობაში სარემონტო ვადის გასვლამდე. ვადაზე ადრე გაცეუთის შედეგად, რომელიც გამოწვეულია ექსპლუატაციისათვის მიუღებელი პირობებით. ჩნდება სხვადასხვა დეფექტი: მუდმივი მაგნიტის, ელექტრომაგნიტების გულარებისა და სხვა მეტალური ნაწილების კოროზია, საყრდენების ცვეთა, იმ ღრეწობის დანაგვიანება, სადაც ბრუნავს დისკო; საპოხის გასქელება; მაგნიტისა და სხვა დამაგრებების მოშვება; მრიცხველის ყველა ამ უწყესიერობას მიეყავართ შემდეგ შედეგამდე: მოძრავი ნაწილის გაჩერება, მომატებული ცდომილება, მთვლეელი მექანიზმის არასწორი მუშაობა, თვითსვლა.

უძრავი დისკოს დროს უნდა შემოწმდეს მრიცხველის მომჭერებზე ყველა ფაზის არსებობა და დენის მნიშვნელობა მიმდევრობით ჩართულ გრაგნილებში. შემდეგ გადაღებული უნდა იქნას ვექტორული დიაგრამა. თუ ყველა ამ გაზომვით არ გამოჩედავდა მიზეზი, მაშინ ეს მიზეზი იმალება მრიცხველის შიგნით.

თუ ეჭვი არის მრიცხველის მნიშვნელობის გაზრდაზე, მაშინ უნდა ჩატარდეს მრიცხველის საკონტროლო შემოწმება დადგმის ადგილზე, მაგრამ თუ ამის პირობები არ არის, მაშინ მრიცხველი უნდა მოიხსნას და უნდა შემოწმდეს ლაბორატორიულ პირობებში.

ბ) საზომი ტრანსფორმატორების უწყესიერობა. დენის ტრანსფორმატორის დაზიანების დამახასიათებელი ნიშანია მეორეული დენის შეუსაბამობა პირველად-

თან $\left(I_2 \leq \frac{I_1}{K_1} \right)$. ამასთანავე მეორეული დენის მნიშვნელო-

ვანი შემცირება შეიძლება მოხდეს სქემის უწყესიერობით დაშვებული შეცდომის გამო. ამიტომ შემოწმებას ექვემდებარება როგორც ტრანსფორმატორი, ასევე წრედი.

დენის ტრანსფორმატორის დაზიანების გამოვლენა შესაძლებელია შემდეგი დამახასიათებელი ნიშნების მიხედვით: მეორეული დენი მეორეული წრედების წინაღობების დროს ნულის ტოლია ან ნულთან ახლოსაა (ამ დროს გრაგნილი დამოკლებულია მომჭერებზე); დენი მნიშვნელოვნად მეტია, ვიდრე უნდა იყოს ფაქტიური წინაღობების დროს.

ძაბვის ტრანსფორმატორის დაზიანება იწვევს მაღალი ძაბვის მხარეს ერთი ან რამდენიმე მცველის გადაწვას, რის შედეგადაც მეორეული ძაბვა გამორთულ ფაზაზე გაქრება ან მნიშვნელოვნად შემცირდება.

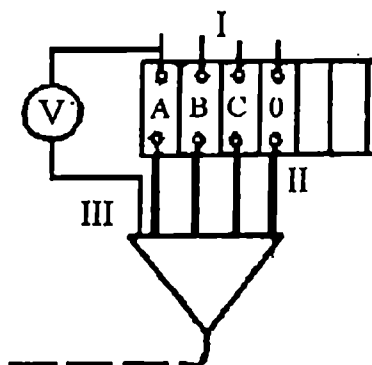
გ) საზომი ტრანსფორმატორების გაზრდილ დატვირთვას, რომელიც აღემატება მოცემული სიზუსტის კლასის დასაშვებ დატვირთვას, შეაქვს დამატებითი უარყოფითი ცდომილება. მეორეული გრაგნილის დატვირთვა შეიძლება განისაზღვროს ანგარიშის გზით ან ექსპერიმენტალურად. ექსპერიმენტით დატვირთვის განსაზღვრის დროს მეორეულ წრედებში ერთდროულად ზომავენ დენებსა და ძაბვებს. გაზომვები შეიძლება ჩატარდეს, როგორც მუშა დენისა და ძაბვის ქვეშ, ასევე მიერთებების გამორთვის შემდეგ გარეშე კვების წყაროდან ძაბვის მიწოდებით.

დენის ტრანსფორმატორების მეორეული გრაგნილის დატვირთვის შემცირება შეიძლება დენურ წრედებში კაბელების ძარღვების კვეთის გაზრდითა და ამ წრედებიდან დამატებითი აპარატის გამორთვით.

ძაბვის ტრანსფორმატორის დატვირთვისა და ცდომილების შემცირებისათვის დატვირთვა შესაძლებლობის ფარგლებში უნდა გაეანაწილოთ ისე, რომ ყველა ფაზაში იყოს ერთნაირი.

თუ ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილი შეერთებულია ღია სამკუთხედად, მაშინ მიზანშეწონილია დატვირთვა გაეანაწილოთ ისეთნაირად, რომ $V_{\text{ფ}}$ ძაბვაზე დატვირთვა არ ჩაირთოს და შესაძლებლობის ფარგლებში თანაბრად გაეანაწილოთ $V_{\text{ფ}}$ და $V_{\text{ფ}}$ ძაბვებს შორის.

საჭიროა შემოწმდეს დატვირთვის შემცირების შესაძლებლობა ძაბვის წრედებიდან დამატებითი აპარატურის გამორთვის შედეგად, აგრეთვე უნდა შემოწმდეს ძაბვის ტრანსფორმატორისა და მრიცხველის შემაერთებელ სადენებზე ძაბვის ვარდნა.



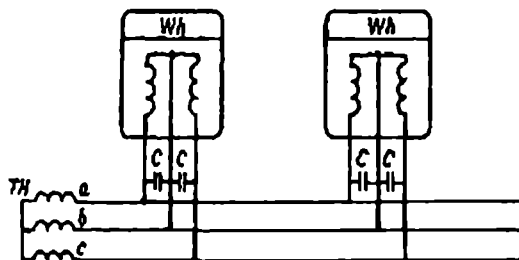
ნახ. 5.33. საკონტროლო კაბელში ძაბვის ვარდნის გაზომვა: 1-ძაბვის ტრანსფორმატორის მომჭერები; 2- აღრიცხვის წრედების მომჭერები; 3- სარეზერვო ძარღვი

სადენებში ძაბვის ვარდნის გაზრდას, რომლებიც აერთებენ ძაბვის ტრანსფორმატორს მრიცხველთან მიუყვართ უარყოფითი ცდომილების გაზრდამდე. პრაქტიკულად ეს შეიძლება მოხდეს, თუ სადენის სიგრძე აღემატება 15 მეტრს.

ძაბვის ვარდნა სადენებში შეიძლება განისაზღვროს ცდით. ამ მიზნით გამოიყენება ცელადი დენის ვოლტმეტრი, რომლის შინაგანი წინაღობა 1-10 კომია. ვოლტმეტრი ჩაერთვება კაბელის ძარღვის ბოლოებთან (ნახ. 5.33).

ძაბვის ვარდნის გაზომვამ, როგორც კაბელის ბოლოში ხაზური ძაბვების გაზომვამ არ შეიძლება მოგვცეს უარყოფითი შედეგი. დიდი შეცდომა შეიძლება შეიტანოს ვოლტმეტრების ცდომილებამ, ათელის არაერთდროულობამ და სხვა მიზეზებმა.

ძაბვის ვარდნის შემცირების მიზნით საჭიროა კაბელის ძარღვების კეეთის გაზრდა. ცალკეულ შემთხვევაში საჭირო ხდება მრიცხველები ეკვებოთ არა ძაბვით საერთო სალტებიდან, არამედ გაიყვანოთ ცალკე კაბელი. ძაბვის ტრანსფორმატორსა და მრიცხველის შემაერთებელ სადენებში ძაბვის ვარდნის შემცირებისათვის კარგ შედეგ



ნახ.5.34. ძაბვის ტრანსფორმატორის წრედში მაკომპენსირებელი კონდენსატორის ჩართვის სქემა

გებს იძლევა მრიცხველის ძაბვის გრაგნილის ინდუქტიუობის ტევადობით კომპენსაცია.

ტევადობითი კომპენსაცია გამოიყენება მრიცხველის ძაბვის გრაგნილების მიერ მოხმარებული ენერგიის შემცირებისათვის მათი სიმძლავრის კოეფიციენტის გაზრდის გზით. ეს მიიღწევა იმით, რომ ძაბვის თითოეული გრაგნილის პარალელურად ჩაირთვება 1-1.5 მკე ტევადობის კონდენსატორი (ნახ. 5.34.). ამგვარად გრაგნილის ინდუქციური წინაღობა კომპენსირდება კონდენსატორის ტევადური წინააღობით. შედეგად ძაბვის ტრანსფორმატორის $\cos \varphi$ იზრდება 0,8-0,9-მდე, ხოლო მისი დატვირთვის სრული სიმძლავრე მცირდება 2.5-3-ჯერ. გაზომვის სიზუსტე იზრდება ძაბვის ტრანსფორმატორის გრაგნილისა და შემაერთებელ სადენებში ძაბვის ვარდნის შემცირების ხარჯზე. გარდა ამისა მცირდება ძაბვის ტრანსფორმატორის კუთხური ცდომილება, რადგანაც ჩოს უახლოვდება ნომინალურ მნიშვნელობას (0,8-0,9).

თუ მრიცხველები ერთმანეთისაგან დაშორებულია, მაშინ მიზანშეწონილია კონდენსატორები დაყენდეს თითოეული მრიცხველისათვის. მრიცხველების ცენტრალიზებული განლაგების დროს საკმარისია დაყენდეს კონდენსატორების ბატარეა.

დ) მრიცხველის ჩართვის არასწორ სქემას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ორ შემთხვევაში

1. თუ პირველადი შემოწმების დროს დაშვებული იქნა შეცდომა.

2. თუ ექსპლუატაციის პროცესში სქემაში შეტანილი იქნა ცვლილება. ამიტომ ყველა შემთხვევაში აღრიცხვის

სისტემების დარღვევის დროს საჭიროა შემოწმების ხელახლა ჩატარება.

ე) მეორეული წრედების ელემენტების უწესიერობას მიეკუთვნება ძაბვის წრედის გაწყვეტა, მიმდევრობითი წრედის გაწყვეტა და რომელიმე ფაზაზე მცველის გადაწვა. უმეტეს შემთხვევაში უწესიერობას მიეყვართ ერთი მაბრუნი ელემენტის უწესიერობასთან. უწესიერობა ამ დროს ადვილად ელინდება მრიცხველის მომჭერებზე ძაბვისა და გაზომვის გზით.

5.13. მრიცხველების დიაგნოსტიკა გამორთული ძაბვის შემთხვევაში

დიაგნოსტიკური სამუშაოები გამორთული ძაბვის შემთხვევაში სრულდება მიმდინარე ექსპლუატაციის საზომი ტრანსფორმატორების კაპიტალური რემონტების დროს და აღრიცხვის სისწორის დარღვევის შემთხვევაში მეორეული წრედების გადაკეთების შემდეგ.

დიაგნოსტიკურ სამუშაოებს მიეკუთვნება: გარე დათვალიერება, სადენების გარეკვა, იზოლაციის შემოწმება, საზომი ტრანსფორმატორების ერთსახელა მომჭერების შემოწმება.

ა). გარე დათვალიერება. გარე დათვალიერებას ექვემდებარება ყველა მეორეული წრედი საზომი ტრანსფორმატორებიდან მრიცხველებამდე. მოწმდება მეორეული წრედების ელემენტების კომპლექტაცია და მექანიკური დაზიანებების არ არსებობა (მომჭერების ნაკრები, გადამყვანი კოლოფები, საცდელი ბლოკები და სხვა); საკონტროლო კაბელების დაცალკევების ხარისხი; მრიცხველების დამაგრების საიმედოობა და სისწორე. საკონტაქტო შეერთებებში ჟანგის არ არსებობა და გამათბობელი მოწყობილობის მდგომარეობა.

საჭიროა მთლიანად შემოწმდეს სადენებისა და საკონტროლო კაბელების მარკირება. მრიცხველების ცენტრალიზებულად განლაგების დროს მოწმდება წარწერების არსებობა მიერთებების დასახელებით. ყველა შემჩნეული დარღვევა დაუყოვნებლივ უნდა გამოსწორდეს.

ბ) სადენების გარეკვა. სადენების გარეკვის მიზანია დადგინდეს მთლიანი შესაბამისობა პრინციპული სქემის მონტაჟსა და სამონტაჟო სქემას შორის მარკირების შესაბამისობის ჩათვლით.

გარეკვისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს ომ-მეტრი ან მეგაომმეტრი. გამოიყენება აგრეთვე საკონტრო-ლო ნათურა, ელექტროზარი ან ვოლტმეტრი. კვების წყაროდ შეიძლება გამოყენებული იქნეს ბატარეა 4-6-ე ძაბვით ან დამწვევი ტრანსფორმატორი 220/12 ვ.

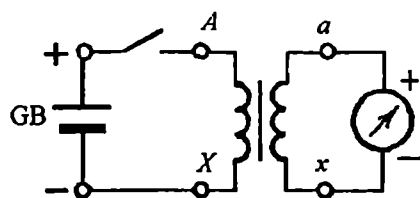
გარეკვის დაწყების წინ საჭიროა შემოწმდეს ძარღვის არსებობა ყველა მომჭერზე ვოლტმეტრის ან ძაბვის მაჩვენებ-ლის გამოყენებით.

უკუინფორმაციის თავიდან აცილების მიზნით ძაბვის ტრანსფორმატორი გამორთული უნდა იყოს ორივე მხრი-დან. გასარეკი სადენი ერთი მხრიდან მაინც უნდა იყოს გამორთული, რაც გამორიცხავს შესაძლო შემოვლითი წრედის არსებობას.

გარეკვის შედეგად დგინდება შემდეგი:

სადენს არ აქვს წყვეტა; მოკლედ არ არის ჩართული სხვა სადენებთან; სადენების ბოლოები სწორად არის მარკირებული; სადენების ბოლოები ჩართულია სქემის შესაბამისად.

გ) იზოლაციის შემოწმება მოიცავს, იზოლაციის გამოცდას 1 წუთის განმავლობაში 1000 ვ ცვლადი ძაბვითა და იზოლაციის წინააღობის გაზომვას მეგაომმეტრით. საექს-

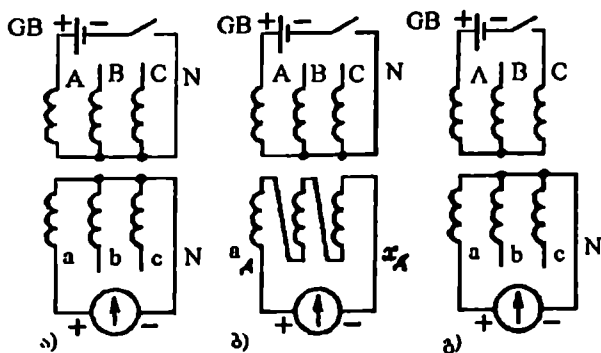


ნახ.5.35. ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორის ერთსახე-ლა მომჭერების გან-საზღვრის სქემა

პლუტაციო შემოწმების დროს დასაშვებია გამო-საცდელი 1000ვ ცვლადი ძაბ-ვის შეცვლა 2500ვ მუდმივი ძაბვით შესაბამისი ვოლტმე-ტრის გამოყენების დროს. შემოწმების წინ საჭიროა გამოვრთოთ დენის ტრანს-

ფორმატორის ჩამოწება. კეთდება სამი გაზომვა: მიმდევრობით (დენურ) წრედებსა და “მიწას” შორის; პარალელურ (ძაბვის) წრედებსა და მიწას შორის; მიმდევრობით და პარალელურ წრედებს შორის. ყველა შემთხვევაში იზოლაციის წინააღობა არ უნდა იყოს 1 მომ-ზე ნაკლები. იგივე თანმიმდევრობით ხდება იზოლაციის გამოცდაც. გამოცდის შემდეგ სქემა უნდა იქნეს აღდგენილი.

დ) საზომი ტრანსფორმატორების ერთსახელა მომჭერების განსაზღვრა. საზომი ტრანსფორმატორების ერთსახელა მომჭერების განსაზღვრა აუცილებელია იმ შემთხვევაში: თუ დაზიანებულია საქარხნო აღნიშვნები, არ გაგვანინია საქარხნო საპასპორტო მონაცემები, რემონტების შემდეგ; ფაზომგრძნობიარე ელემენტებიანი ავტომატიკისა და სარელეო დაცვის მოწყობილობების გამოყენებისას.



ნახ. 5.36. სამუაზა ძაბვის ტრანსფორმატორის ერთსახელა მომჭერების განსაზღვრის სქემები ა) სამუაზა ∇/∇ შეერთებით; ბ) სამუაზა ∇/∇ შეერთებით; გ) სამუაზა ∇/∇ შეერთებით

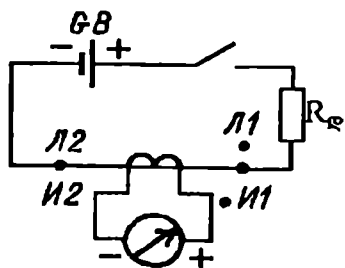
ძაბვის ტრანსფორმატორის ერთსახელა მომჭერე-
ბია $A-a-a_x$ და $X-x-x_x$ ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმა-
ტორის პოლარობის შემოწმებას ახდენენ მუდმივი დენის
იმპულსებით ნახ. 5.35-ზე მოცემული სქემით.

ბატარეისა და ხელსაწყოს (გალვანომეტრის) (+) მომჭ-
ერი შეერთებულია შესაბამისად ძაბვის ტრანსფორმატორის
 A და a მომჭერებთან. თუ ეს მომჭერები ერთსახელაა,
მაშინ წრედის ჩართვის შემთხვევაში ხელსაწყოს ისარი
გადაიხრება მარჯვნივ, ხოლო გამორთვისას-მარცხნივ.

ზოგიერთი განსაკუთრებული თვისებით ხასიათდება
სამფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორის მომჭერების პოლარ-
ობის განსაზღვრა. თუ ძაბვის ტრანსფორმატორების გრაგ-
ნილები შეერთებულია სქემით γ/γ_n (ვარსკვლავი-ვარსკე-
ლაზე ნეიტრალური სადენებით), რომელიც ნაჩვენებია
ნახ. 5.36, ა-ზე, მაშინ წრედის ჩართვის დროს ხელსაწყოს
ისარი გადაიხრება მარჯვნივ. ხელსაწყოს (+) მომჭერის
მეორეული გრაგნილების სხვა მომჭერებთან მიერთების
დროს წრედის ჩართვისას ხელსაწყოს ისარი გადაიხრება
მარცხნივ.

ნახ. 5.36, ბ-ზე ნაჩვენებია შეერთების γ_n/d (ვარსკე-
ლავი-გახსნილ სამკუთხედზე) დროს ბატარეის (+) მომჭ-
ერი რიგ-რიგობით მიერთდება A, B, C მომჭერებს, ხოლო
ხელსაწყოს (+) მომჭერი მუდმივად მიერთებულია a_x - სთან.
თუ მომჭერები ერთსახელაა, მაშინ წრედის ჩართვისას ხე-
ლსაწყოს ისარი ყოველთვის გადაიხრება მარჯვნივ.

ძაბვის ტრანსფორმატორის γ/γ_n შეერთების დროს
რეკომენდირებულია შემოწმება ვაწარმოთ ნახ. 5.36, გ-ზე
ნაჩვენები სქემით. რიგრიგობით ხელსაწყოს (+) მომჭერი



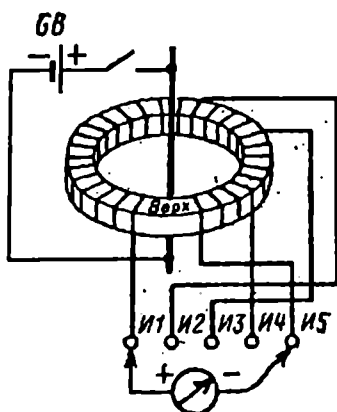
ნახ. 5.37. დენის ტრანსფორმატორის პოლარობის შემოწმების სქემა

და ხელსაწყო (+) მომჭერი მიერთებულია ა მომჭერთან, მაშინ მისი ისარი გადაიხრება მარჯვნივ; C მომჭერთან მიერთებისას— მარცხნივ; B მომჭერთან მიერთებისას უმნიშვნელოდ გადაიხრება ნებისმიერ მხარეზე ან გადაიხრა იქნება ნულის ტოლი.

დენის ტრანსფორმატორების ერთსახელა მომჭერებია Λ_1 და H_1 (Λ_2 და H_2) ამ მომჭერების განსაზღვრისათვის 4-6-ე მუდმივი ძაბვის კვების წყარო მიუერთდება დენის ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილს, ხოლო საზომი ხელსაწყო (გალვანომეტრი) მიუერთდება მეორეულ გრაგნილს. კვების წყაროსა და ხელსაწყო-

ჩაერთვება A, B, C მომჭერებთან, ხოლო (-) მომჭერი მუდმივად მეორეული გრაგნილის ნულთან.

ბატარეა მიმდევრობით ჩაერთვება AB, BC და CA მომჭერებზე, ბატარეის (+) მომჭერი ამ შემთხვევაში მიერთებულია შესაბამისად A, B, C მომჭერებთან. წრედის ჩართვის დროს, თუ გრაგნილის პოლარობა სწორია

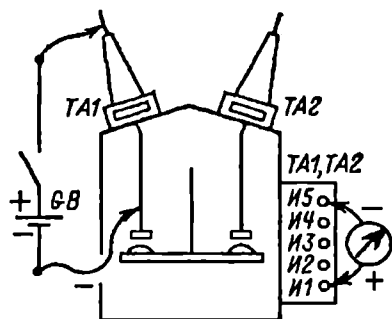


ნახ. 5.38. ჩაშენებული დენის ტრანსფორმატორის პოლარობის განსაზღვრის სქემა

ოს (+) მომჭერები ამ დროს უნდა მიერთებული იქნას იმ მომჭერებთან, რომლებიც მიჩნეულია ერთსახელად (Λ_1 და H_1). წრედის ჩართვისას ხელსაწყო ისრის მარჯვნივ გადახრა ამტკიცებს აღნიშვნის სისწორეს (ნახ. 5.37)

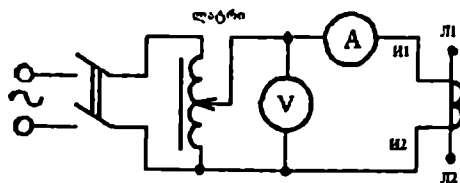
ჩამოწებული დენის ტრანსფორმატორის პოლარობის განსაზღვრის სქემა მოცემულია (ნახ.5.38)

ჩაშენებული დენის ტრანსფორმატორის Λ_1 (“ზევით”) და Λ_2 (“ქვევით”) გამოყვანების განსაზღვრისათვის საჭიროა ჩამრთველების დაყენების წინ დენის ტრანსფორმატორის ფანჯრებში გავატაროთ სადენი, რომელიც ასრულებს პირველადი გრაგნილის როლს. გამტართან ჩამრთველის გავლით კვების წყაროს (+) მომჭერი ჩაერთდება დენის ტრანსფორმატორის “ზევით” მხრიდან. გალვანომეტრის (+) მომჭერი H_1 მომჭერთან, ხოლო (–) მომჭერით მუშა განშტოებასთან. თუ “ზევით” და H_1 ერთსახელაა, მაშინ წრედის ჩართვისას ხელსაწყო ისარი გადაიხრება მარჯვნივ. როცა არსებობს ეჭვი ჩაშენებული დენის ტრანს-



ნახ. 5.39. ამომრთველზე დენის ტრანსფორმატორის დაყენების სისწორის შემოწმების სქემა

ფორმატორის პოლარობის განსაზღვრის სისწორეში, მაშინ მოწმდება მეორეული გრაგნილის პოლარობა. რიგრიგობით ჩაერთდება ხელსაწყო ყველა განშტოებასთან $H_1 - H_2$; $H_1 - H_3$ და ა.შ. ხელსაწყო სწორად არჩეული მდგომარეობის დროს დიდ განშტოებებზე გადასვლისას



პარალელურად ისრდება ხელსაწყოთა ისრის გადახრა.

ამომრთველების მონტაჟის დამთავრების შემდეგ ზეთის ჩასხმამდე საჭიროა გაკონტროლდეს დენის ტრანს-

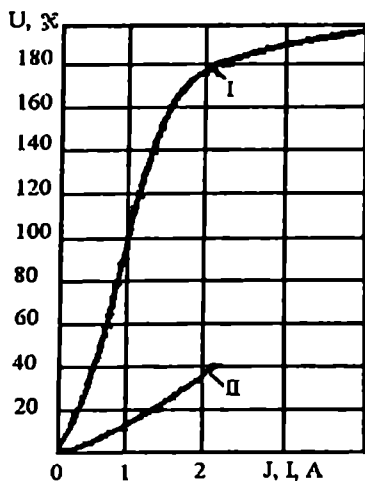
ნახ. 5.40. დენის ტრანსფორმატორის ვოლამპერული მახასიათებლის (დამაგნიტების) გადაღების სქემა

ფორმატორის დაყენებისა და მეორეული წრედების მონტაჟის სისწორე. ამისათვის ბატარეის (+) მომჭერი რიგრიგობით ჩაირთვება ამომრთველის გარე შემყვანების მომჭერებზე, ხოლო (-) მომჭერი ამომრთველის უძრავ კონტაქტზე ავზის შიგნით, ისე როგორც ნაჩვენებია ნახ. 5.39-

ზე. ხელსაწყო ჩაირთვება კარადაში განლაგებულ მეორეული წრედის მომჭერებზე.

ამით მოწმდება არა მარტო დენის ტრანსფორმატორის დაყენების ადგილი და სისწორე, არამედ გამოყვანების აღნიშვნის სისწორეც.

პერსონალის უსაფრთხოების მოთხოვნებიდან გამომდინარე დაუშვებელია შემოწმების ჩატარება ჩართული



ნახ. 5.41. დენის ტრანსფორმატორის დამაგნიტების მახასიათებლები: I - წესიერულის; II - მოკლე შეერთული ხეივებით

ამომრთველის დროს, მისი თვითნებურად გამორთვის თავიდან აცილების მიზნით.

თუ ამომრთველი აესებულება ზეთით, მაშინ დენის წყარო უნდა ჩაირთოს მხოლოდ გარე მომჭერებზე.

ე) ვოლტმეტრული მახასიათებლის გადაღება. ვოლტმეტრული მახასიათებელი წარმოადგენს მეორეული გრაგნილის მომჭერეზე არსებული ძაბვის დამოკიდებულებას მასში გამავალ დამამაგნიტებელ დენზე. იგი წარმოადგენს ძირითადი მახასიათებელს, რომელიც განსაზღვრავს დენის ტრანსფორმატორის წესიერულობას.

ვოლტამპერული მახასიათებლის გადასაღები სქემა ნაჩვენებია ნახ. 5.40-ზე.

ამ მახასიათებლის შემცირებით და მისი დახრილობის მიხედვით ვლინდება დენის ტრანსფორმატორის ყველაზე უფრო გავრცელებული და საშიში უწესიერობა- მეორეულ გრაგნილში ხვიათაშორისი მოკლედშერთვა. რიგ შემთხვევაში მახასიათებელი შეიძლება გამოყენებული იქნას ტრანსფორმატორის ცდომილების შესაფასებლად.

ვოლტამპერული მახასიათებლის გადაღებისას განრთული პირველადი გრაგნილის დროს მეორეულ გრაგნილში ლაბორატორიული ავტოტრანსფორმატორის (ლატრი) საშუალებით საფეხურებრივად ვზრდით ძაბვის მნიშვნელობას, რომლის გასაზომად გამოყენებულია 0.5 სიზუსტის კლასის ელექტრომაგნიტური სისტემის ვოლტმეტრი და ძაბვის თითოეული მნიშვნელობისათვის იგივე სისტემისა და იგივე კლასის ამპერმეტრით ვზომავთ დენის მნიშვნელობას. ამგვარად ახალი ჩართვის დროს ვიღებთ 10-12 წერტილს და ვაგებთ ვოლტამპერულ მახასიათებელს (ნახ. 5.41)

გეგმიური შემოწმების დროს ვიღებთ 3-4 წერტილს და ეამოწმებთ მის დამთხვევას ადრე გადაღებულ მაჩასიათუბელთან.

მოკლედ შერთული ხეების არსებობის დროს მაჩასიათუბელი მკვეთრად ეცემა, რაც ნაჩვენებია ნახ. 5.41-ზე. მაჩასიათუბელის დაცემა შეიძლება შემწნეული იქნეს მისი ადრე გადაღებული მაჩასიათუბელიდან, ან იმავე ტიპის დენის ტრანსფორმატორის მაჩასიათუბელთან შედარებით.

5.14. მრიცხველის ჩართვის სისწორის შემოწმება მოქმედ მიერთებებზე

ა). მრიცხველების ჩართვის სისწორის შემოწმება 1000ვ ზევით დანადგარებში. მრიცხველის ჩართვის სისწორის შემოწმების შესახებ შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, თუ მის მომჭერებზე გადაღებული ეექტორული დიაგრამა ემთხვევა ნახ. 5.29-ზე მოცემულ ნორმალურ დიაგრამას. ამისათვის საჭირო და საკმარის პირობად ითვლება: 1) ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეული წრედების მონტაჟისა და მათთან მრიცხველის ძაბვის გრაგნილების მიერთების სისწორე; 2) დენის ტრანსფორმატორის მეორეული წრედების მონტაჟისა და მათთან მრიცხველის დენის გრაგნილების მიერთების სისწორე.

ამგვარად, მრიცხველის ჩართვის სისწორის შემოწმება შედგება ორი ეტაპისაგან: ძაბვისა და დენის წრედების შემოწმებისაგან (ექტორული დიაგრამის გადაღება).

ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეული წრედების შემოწმება. ეს შემოწმება მდგომარეობს ფაზების მარკირების სისწორესა და ძაბვის წრედების წესიერობის შემოწმებაში. შემოწმება სრულდება სხვადასხვა ძაბვის ქვეშ. იზომება ყველა ხაზური და თითოეული ფაზის ძაბვა

“მიწის” მიმართ (ფაზური დაბვა), წესიერულ წრედებში ყველა ხაზური დაბვა ერთმანეთის ტოლია და შეადგენს 100-110 ვოლტს, ხოლო დაბვების მნიშვნელობა ფაზასა და “მიწას” შორის დამოკიდებულია დაბვის ტრანსფორმატორის ჩართვის სქემაზე და მეორეული წრედების შესრულებაზე. თუ დაბვის ორი ერთფაზა ტრანსფორმატორი შეერთებულია ღია სამკუთხედით ან გამოყენებულია დაბვის სამფაზა ტრანსფორმატორი ჩამიწებული ფაზით, მაშინ ამ ფაზის დაბვა “მიწის” მიმართ ნულის ტოლია, ხოლო დანარჩენი ფაზების დაბვა ტოლია ხაზური დაბვისა.

თუ დაბვის სამფაზა ტრანსფორმატორში მეორეული გრაგნილის ნეიტრალი ჩამიწებულია, მაშინ ყველა ფაზის დაბვა მიწის მიმართ შედგენს დაახლოებით $58\% \left(\frac{100}{\sqrt{3}} \right)$.

ფაზების დასახელების სისწორის შემოწმებას ვიწყებთ *b* ფაზით, რომელიც მიერთებული უნდა იქნას მრიცხველის შუა მომჭერთან. პირველ შემთხვევაში იგი ადვილად შეიძლება მოიძებნოს “მიწის” მიმართ დაბვების გაზომვის შედეგებით. მეორე შემთხვევაში შეიძლება მოვიქცეთ შემდგენიარად: დაბვის ტრანსფორმატორი გამოვრთოთ ორივე მხრიდან. დაბვის არ არსებობისა და უსაფრთხოების ზომების მიღების შემდეგ ამოვიღოთ მაღალი დაბვის შუა ფაზის მცველი. ჩაერთოთ დაბვის ტრანსფორმატორი მუშაობაში.

გავზომოთ მეორეული ხაზური დაბვები. გამორთულ ფაზაზე ხაზური დაბვა იქნება შემცირებული (დაახლოებით ორჯერ), ხოლო გამოუერთებელ ფაზებზე ხაზური დაბვები უცვლელია. ნაპოვნი ფაზა უნდა მიეუერთოთ მრიცხველის შუა მომჭერის დაბვის წრედს, ხოლო დანარჩენი ორი მიეუერთოთ შესაბამისი მარკირების კიდურა მომჭერებს.

შემდეგ ხელმეორედ გამოერთავთ ძაბვის ტრანსფორმატორს, მივიღებთ უსაფრთხოების ზომებს, მცველი ჩაყენდება თავის ადგილზე და ძაბვის ტრანსფორმატორს ჩაერთავთ მუშაობაში. დანარჩენი ფაზები ყველა შემთხვევაში განისაზღვრება ფაზომანქენების დახმარებით, რომლის დანიშნულებაა სამფაზა წრედში ფაზების თანმიმდევრობის დადგენა.

შემოწმებისათვის ფაზომანქენების მარკირებული გამოძეგნები იმავე თანმიმდევრობით მიეუერთათ მრიცხველის ძაბვის გრაგნილის გამოძეგნებს და დაეაჭიროთ ღილაკს თითო, დაეაკვირდეთ ფაზომანქენების დისკოს ბრუნვის მიმართულებას. დისკოს ბრუნვა ისრის ნაჩვენები მიმართულებით გვიჩვენებს მარკირების სისწორეს და ამასთანავე გვიჩვენებს ძაბვის გრაგნილის ჩართვის სისწორეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა გამოვაელინოთ ფაზათა უკუთანმიმდევრობის მიზეზები: პირველადი წრედების არასწორი მარკირება (ფაზების შეფერილობა) ან ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეული წრედების მონტაჟისა დაშვებული შეცდომები;

ფაზების უკუთანმიმდევრობის მიზეზების გამოვლენის მიზნით ვამოწმებთ ფაზების თანმიმდევრობას უახლოესი ძაბვის ტრანსფორმატორის მომჭერებზე და ვიმეორებთ ძაბვის წრედების შემოწმებას. შეცდომის გამოსწორების შემდეგ ფაზების თანმიმდევრობის შემოწმებას ვიმეორებთ.

მარკირების სისწორის განსაზღვრა მნიშვნელოვნად მარტივდება, თუ ამ ძაბვის ტრანსფორმატორით იკეპება სხვა მრიცხველი ან რელეური დაცვის მოწყობილობები, რომლებიც წინასწარ არიან შემოწმებული. ამ შემთხ-

ვევაში საკმარისია მოვახდინოთ მათთან შესაბამისი მრიცხველის ფაზირება.

განვიხილოთ რამდენიმე შეცდომა და უწესიერობა რომელიც ელინდება ძაბვის წრედების შემოწმების დროს, ესენია: 1) მეორეულ წრედებში ძაბვის წრედების დენის გრაგნილებთან შეცდომით ჩართვის შედეგად გამოწვეული მოკლედ ჩართვით მცველის გადაწვა ან ავტომატური ამომრთველის გათიშვა; 2) ხაზური ძაბვის შემცირება ან არარსებობა, რომლებიც შეიძლება გამოწვეული იყოს სხვადასხვა მიზეზებით: სადენის გაწყვეტით ან მცველის გადაწვით, ძაბვის ტრანსფორმატორის უწესიერობით, ორ მომჭერზე ერთი და იგივე ფაზის მიერთებით, კონკრეტული მიზეზი გამოვლინდება ძაბვის ტრანსფორმატორის ქსელიდან გამორთვის შემდეგ ჩატარებული შემოწმების შედეგად.

თუ ხაზური ძაბვის გაზომვის დროს ერთი მათგანი იქნება დაახლოებით 173ვ, მაშინ ეს ნიშნავს, რომ ერთი ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილი გადაბრუნებულია მეორეული ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის მიმართ. შეცდომის გასწორების შემდეგ გაზომვები უნდა განმეორდეს.

დენის ტრანსფორმატორის მეორეული წრედების შემოწმება. თუ მომჭერების კოლოფზე ადგილებს შევეუცვლით ძაბვის წრედის ორ კიდურა სადენს, მაშინ სიმეტრიული დატვირთვის დროს მრიცხველის დისკო სწორად ჩართვის შემთხვევაში უნდა გაჩერდეს (შესაძლოა მცირე სვლა ნებისმიერ მხარეს). მეორე ხერხით შემოწმების დროს 1-3 წმ დროს შუალედში ითვლება აქტიური ენერგიის მრიცხველის დისკოს ბრუნთა რიცხვი, შემდეგ გამორთავენ მრიცხველის ძაბვის წრედის შუა ფაზის სადენ-

სა და დროის იგივე შუალედში აითვლიან ბრუნთა რიცხვს. თუ მრიცხველი ჩართულია სწორად, მაშინ ბრუნთა რიცხვი უნდა შემცირდეს ორჯერ.

ბ) მრიცხველების ჩართვის სისწორის შემოწმება 1000ე ქვევით დანადგარებში

თუ მრიცხველი ჩართულია სწორად, მაშინ ნებისმიერ შემთხვევაში უზრუნველყოფილია დენისა და ძაბვის ერთსახელა ფაზების შეუღლება თითოეულ მაბრუნ ელემენტში.

მრიცხველის ჩართვის სისწორის შემოწმების დროს იზომება ფაზური და ხაზური ძაბვები, აგრეთვე განისაზღვრება ფაზათა თანმიმდევრობა. თუ არის უკუთანმიმდევრობა, მაშინ საჭიროა ადგილები შეეუცვალოთ ორ ნებისმიერ მაბრუნ ელემენტს და მათ მკვებავ დენის ტრანსფორმატორებს. შემდეგ რიგრიგობით ვამოწმებთ დისკოს ბრუნვის მიმართულების სისწორეს თითოეული მაბრუნ ელემენტის მოძრაე სისტემებზე ცალცალკე ზემოქმედების დროს. შემოწმება სწარმოებს მომჭერების კოლოფში ზღუდარების რიგრიგობით მოხსნის გზით, ამ დროს მუშაობაში რჩება ერთი მაბრუნ ელემენტი, ხოლო დანარჩენი ორი გამოყვანილია მუშა მდგომარეობიდან. ზღუდარების ჩართვა-გამორთვა ხდება მხოლოდ ძაბვის მოხსნის შემდეგ.

მეორე ხერხის დროს მიერთებები გამორთულია თითოეულ ფაზასთან ხანმოკლედ რიგრიგობით ჩაირთვება ხელოვნური ერთფაზა დატვირთვა. დატვირთვად შეიძლება გამოყენებული იქნეს 40-50 ომი წინაღობა სიმძლავრით 200ეტ, თუ მრიცხველი სწორად არის ჩართული, მაშინ თი-

შემაერთებელი სადენების დასაშვები კვეთები

გამტარის სიგრძე, მ	10-მდე	10-15	15-25	25-35	35-40
სპილენძის სადენის უმცირესი კვეთი, მმ ²	2.5	4	6	8	10

თოვული ელემენტი დააბრუნებს დისკოს მარჯვნივ. დისკოს ბრუნვა საწინააღმდეგო მიმართულებით გეიჩვენებს, რომ მრიცხველის დენის გრაგნილში დენი გაედინება უკუ-მიმართულებით და ამ შეცდომის გამოსასწორებლად საჭიროა შეეუცვალოთ ადგილები ამ ელემენტთან მიერთებულ სადენებს.

5.15. ელექტროენერგიის გაზომვის ცდომილება და მოთხოვნები საზომი ტრანსფორმატორებისადმი

მრიცხველების სიზუსტის კლასის არჩევა დამოკიდებულია მის დანიშნულებაზე, ჩართვის წესსა და გასაზომი ენერგიის სახეობაზე (აქტიური თუ რეაქტიული). დანიშნულების მიხედვით მრიცხველები იყოფა საანგარიშო და ტექნიკური აღრიცხვის კატეგორიებად, ხოლო ჩართვის წესის მიხედვით, როგორც ზემოთ ავლნიშნეთ უშუალო ან პირდაპირი ჩართვისა და ირიბი ანუ ძაბვისა და დენის ტრანსფორმატორების საშუალებით.

პირდაპირი ჩართვის აქტიური ენერგიის მრიცხველის სიზუსტის კლასი უნდა იყოს 2,5-ს, ხოლო რეაქტიული ენერგიისა – 3,0. საზომი ტრანსფორმატორების საშუალებით ჩართული აქტიური და რეაქტიული ენერგიის საანგარიშო მრიცხველების სიზუსტის კლასი უნდა იყოს 2,0, ხოლო ტექნიკური აღრიცხვის მრიცხველებისათვის – არანაკლებ 2,0 და 2,5-ს.

დიდი სიმძლავრის გაზომვის დროს რეკომენდირებულია გამოყენებული იქნეს აქტიური ენერგიის საანგარიშო მრიცხველები არანაკლებ 1,0 სიზუსტის კლასისა, ხოლო რეაქტიული ენერგიის -არანაკლებ 1,5-ს. საანგარიშო მრიცხველების დროს დენისა და ძაბვის ტრანსფორმატორებს უნდა ჰქონდეს არანაკლებ 0,5 სიზუსტის კლასი (დასაშვებია გამოყენებული იქნეს 1,0 სიზუსტის კლასის დენის ტრანსფორმატორი. იმ შემთხვევაში თუ 0,4 ომი წინააღობით დატვირთვის შემთხვევაში მისი ნამდვილი ცდომილება არ აღემატება 0,5 კლასის დენის ტრანსფორმატორის დასაშვებ ცდომილებას); ტექნიკური აღრიცხვის მრიცხველებისათვის საჭიროა ვისარგებლოთ არანაკლებ 1,0 კლასის ტრანსფორმატორებით. საზომი ტრანსფორმატორების მეორეული წრედების დატვირთვა არ უნდა აღემატებოდეს სიზუსტის მოცემული კლასისათვის დასაშვებ ნომინალურ დატვირთვას. აქედან გამომდინარე საორიენტაციოდ მიღებულია ტრანსფორმატორის მეორეულ წრედზე მიერთებული შემაერთებელი სადენების წინააღობა არაუმეტეს 0,2 ომისა, ამიტომ ქვემოთ ცხრილში 5.1 მოყვანილია შემაერთებელი სადენების დასაშვები კვეთები.

პირდაპირი ჩართვის მრიცხველები ჩვენებას იძლევიან უშუალოდ კილოვატსაათებში ან კილოვოლტამპერსაათებრეაქტიულში.

საზომი ტრანსფორმატორების საშუალებით ჩართული მრიცხველების ჩვენება მრავლდება კოეფიციენტზე $K = K_1 \times K_2$, სადაც K_1 და K_2 შესაბამისად დენისა და ძაბვის ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტებია.

მრიცხველების ტრანსფორმატორების საშუალებით ჩართვის დროს კატეგორიულად აკრძალულია მცველების დაყენება საზომი ტრანსფორმატორების მეორეულ წრედებში. რეკომენდირებულია დენისა და ძაბვის ტრანსფორმატორების მეორეული წრედების ერთსახელა მომჭერებით ჩამიწება.

5.16. ელექტრონული მრიცხველების თანამედროვე მდგომარეობა

აქტიური ენერგიის ინდუქციური ტიპის ელექტრომექანიკური მრიცხველი დღევანდლამდე იჭერს წამყვან ადგილს მოხმარებული ენერგიის აღრიცხვის სისტემაში არა მარტო საქართველოში, არამედ დსთ-ს ქვეყნებსა და მსოფლიოში.

საუკუნეზე მეტი ხნის განმავლობაში ასეთი მრიცხველების უზარმაზარი მასშტაბებით წარმოების შედეგად მათი კონსტრუქცია და წარმოების ტექნოლოგია დამუშავებულია უწვრილმანეს დეტალებამდე. ამჟამად ამ ტიპის მრიცხველები სრულიად დახვეწილია, გააჩნია ექსპლუატაციის ხანგრძლივი ვადა და შედარებით დაბალი ღირებულება. ამასთანავე ინდუქციურ მრიცხველებს გააჩნიათ რიგ შემთხვევაში არასაკმარისი სიზუსტე და შეზღუდული ფუნქციონალური შესაძლებლობანი, რაც მუდავნდება უმარტივესი ორტარიფიანი სისტემის შექმნისა და მრიცხველების ჩვენების დისტანციური შეკრების ორგანიზაციის დროს.



მოხმარებული ელექტროენერგიის აღრიცხვის ავტომატიზირებული სისტემის ინტენსიურმა განვითარებამ, მრავალ-

ნახ. 5.42. ელექტრონული მრიცხველების სახე

ტარიფიანობის შემოღებამ და წინასწარმა გადახდებმა წინა პლანზე წამოსწია უფრო მაღალი სიზუსტის მქონე ახალი ხელსაწყო- ელექტრონული მრიცხველის შექმნის ამოცანა.

ელექტრონული მრიცხველების მოქმედების პრინციპი დამყარებულია აქტიური სიმძლავრის იმპულსების სიხშირეში გარდაქმნაზე, რომელთა ათვლა მთელელი მექანიზმით იძლევა მოხმარებული ელექტროენერგიის სიდიდეს. იმპულსების სიხშირე გამოსასვლელი სიმძლავრის პროპორციულია.

მოწინავე საზღვარგარეთული ფირმების („SIMENS“, „АББ“ და სხვა) გამოცდილების შესწავლამ გვიჩვენა რომ ელექტრონულმა მრიცხველებმა მყარად დაიკავეს ადგილი საბაზრო სექტორში, ხოლო მათი ტექნიკური დონისა და ხარისხის ასამაღლებლად სამუშაოები მიმდინარეობს საკმაოდ ინტენსიურად.

ნახ. 5.42-ზე წარმოდგენილია კონკურსი „ЭНЕРГОМЕР“-ს ელექტრონული მრიცხველები. უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტროენერგიის ელექტრონული მრიცხველის დამუშავება წარმოადგენს საკმაოდ რთულ სამეცნიერო-ტექნიკურ ამოცანას, რადგანაც მან უნდა უზრუნველყოს დენის, ძაბვისა და სიმძლავრის კოეფიციენტის ფართო დინამიური დიაპაზონი. დამატებითი შეზღუდვებია ძაბვის წრედებისა და ელექტრომაგნიტური თავსებადობის მოთხოვნების მიმართ. მკაცრი მოთხოვნებია მომსახურეობის ხანგრძლივი ვადა და შემოწმებებს შორის დიდი ინტრვალი.

სამფაზა ელექტრონული მრიცხველები გამოშვებულია აქტიური და რეაქტიული ენერგიისა და ორივე მიმართულებით ენერგიის ნაკადის გასაზომად.

დღეისათვის შეგვიძლია გამოვეყნოთ ელექტრონული მშრომელების განვითარების შემდეგი ტენდენციები:

1. სპეციალიზირებული საზომი საშუალებებისა და მიკროპროცესორების გამოყენება საშუალებას იძლევა ერთ მხრივ ავტომატურად სიზუსტის კლასი და საიმედოობა, ხოლო მეორე მხრივ აპარატურის დანახარჯების გაზრდის გარეშე არსებითად გაეზარდოს მრიცხველის ფუნქციონალური შესაძლებლობანი. აგალითად, დაეფიქსირეთ მოხმარებული სიმძლავრის მაქსიმუმი, შეექმნათ „ელექტრონული არქივი“, ეზრუნეფეფოთ წინასწარ გადახდის ალგორითმი და სხვა;

2. ინდუქციური მრიცხველების თანდათანობითი შეცვლა ელექტრონული საანგარიშო მოწყობილობებით;

3. დენის ტრანსფორმატორის გუფარებად, ელექტრომაგნიტური ფოლადის ნაცველად ალტერნატიული ამორფული რკინის გამოყენება;

4. პოლის ეფექტის საფუძველზე სიმძლავრის გარდამქმნელებიანი ერთფაზა მრიცხველის დამზადების შესაძლებლობა;

5. კეების მოდულური ბლოკების შექმნა, რომელნიც უზრუნვეფეფონ მაჯამებელი მოწყობილობის ინფორმაციის შენახვას უდენო მდგომარეობაში და ქსელის გარდამავალ პროცესებში;

6. კავშირგაბმელობის მოდულური ბლოკების შექმნა, რომელიც უზრუნვეფეფონ ინფორმაციის გადაცემას ძალოვანი კაბელით. ეს საშუალებას გვაძლევს მოხდეს მრიცხველის ჩვენებების დისტანციურად შეკრება;

7. ტექნიკური საშუალებების შექმნა, რომელიც საშუალებას მოგეცემს შეიქმნას უფრო ეფექტური გაანგარიშების სისტემა წინასწარი გადახდისა და შეღავათებისათვის.

5.17. ელექტრონული მრიცხველის შემოწმება

ელექტრონული მრიცხველის შემოწმება ინდუქციური მრიცხველის მსგავსად იწყება ვიზუალური დათვალიერებით. მრიცხველს გარედან არ უნდა ემჩნეოდეს რაიმე ფიზიკური ძალის ზემოქმედების ნიშანი. ამის შემდეგ ვიწყებთ მრიცხველის შემოწმებას თვითსვლაზე დატვირთვის წრედის გათიშვის დროს, როცა ძაბვა ტოლია $1,15V_g$, მაშინ მრიცხველის გამოსავალი მოწყობილობა Δt დროში არ ქმნის ერთ იმპულსზე მეტს, სადაც Δt გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta t \geq \frac{R \cdot 10^6}{N \cdot m \cdot V_g \cdot I_{\text{გაქს}}},$$

სადაც N არის მუდმივა (1 კვტ.სთ ელენერგიის შესაბამისი იმპულსების რაოდენობა), იმპ/კვტ.სთ;

m -საზომი ელემენტების რიცხვი; ერთფაზა მრიცხველის შემთხვევაში $m=1$, ხოლო სამფაზა მრიცხველის შემთხვევაში $m=3$.

V_g -ნომინალური ძაბვა;

$I_{\text{გაქს}}$ -მრიცხველის მაქსიმალური დენი;

R -კოეფიციენტი, რომელიც 1.0 სიზუსტის კლასის მრიცხველებისათვის 600 ტოლია, ხოლო 2.0 სიზუსტის კლასისათვის -480.

ამის შემდეგ მრიცხველი უნდა შევამოწმოთ დატვირთვის ქვეშ §5.3-ის მიხედვით. მრიცხველში გამავალი აქტიური სიმძლავრე პირდაპირი ჩართვის შემთხვევაში გამოითვლება ფორმულით;

$$P_{\text{არ}} = \frac{3600 \cdot n}{N \cdot t} \text{ კვტ}$$

ხოლო დენის ტრანსფორმატორით ჩართვის შემთხვევაში:

$$P_{\text{მთ}} = \frac{3600 \cdot n}{N \cdot t} K, \text{კვტ},$$

სადაც n - არის იმპულსების რაოდენობა;

N - მუდმივა, იმპ/კვტ.სთ;

t - დრო, რომელიც შეესაბამება n იმპულსების რაოდენობას;

K - დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

ერთი იმპულსის ხანგრძლივობის შესაბამისი დრო აითვლება იმპულსის ორ გამონათებას შორის. მაგალითად, თუ $n=5$, მაშინ დრო უნდა აეითვალოს 6 გამონათებას შორის, ხოლო თუ $n=6$, მაშინ 7 გამონათებას შორის და ა.შ.

დენის მარწუხის გამოყენებისას ქსელში გამავალი სიმძლავრე ერთფაზა დენის შემთხვევაში გამოითვლება (5.4) ფორმულით, ხოლო სამფაზა დენის შემთხვევაში - (5.6) ან (5.7) ფორმულებით.

თუ გაზომვის შედეგებით დაკმაყოფილდა პირობა $P_{\text{კ}} \approx P_{\text{მთ}}$, მაშინ მრიცხველი სწორად მუშაობს.

5.18. მრიცხველის ჩვენების სისწორის შემოწმება საყოფაცხოვრებო პირობებში

ელექტრომრიცხველის ჩვენების მიხედვით გამოითვლება დახარჯული ელექტროენერგიის საფასური. თუ გაჩნდა ეჭვი მრიცხველის ჩვენების სისწორის შესახებ, მაშინ ის ადვილად შეგვიძლია შევამოწმოთ.

ამისათვის საჭიროა პირველ რიგში გამოვრთოთ ქსელიდან ბინაში არსებული ყველა ელექტროენერგიის მომხ-

მარებელი ხელსაწყო და დაერწმუნდეთ იმაში, რომ მრიცხველის დასათვალიერებელ ფანჯარაში დისკო არ ბრუნავს.

თუ დისკო განაგრძობს ბრუნვას ეს ნიშნავს, რომ სადღაც დარჩა ჩართული ხელსაწყო და სანამ დისკო არ გაჩერდება მანამ მრიცხველს ვერ შევამოწმებთ. თუ ყველა ხელსაწყო გამორთულია და დისკო მაინც განაგრძობს ბრუნვას, მაშინ მრიცხველს აქვს თვითსვლა და იგი აუცილებლად ექვემდებარება ლაბორატორიულ შემოწმებას.

თითოეული მრიცხველის ფარზე ნაჩვენებია დისკოს რამდენი ბრუნი შეესაბამება. 1 კეტ.სთ ელექტროენერგიას, მაგალითად, ფარზე ნაჩვენებია 400 ბრ/კეტ.სთ. ეს ნიშნავს, რომ 1 კეტ.სთ ელექტროენერგიას შეესაბამება დისკოს 400 ბრუნი. მრიცხველის შემოწმებისათვის საჭიროა აგრეთვე ვიცოდეთ ენერგიის რა რაოდენობა შეესაბამება დისკოს ერთ ბრუნს. ეს სიდიდე აღინიშნება // ასოთი და ცხადია, რომ თუ 1 კეტ.სთ-ს შეესაბამება 400 ბრუნი, მაშინ ერთ ბრუნს შეესაბამება

$$C = \frac{1}{400}.$$

შემოწმებისათვის ყველაზე კარგია ვისარგებლოთ ელექტრული ვარვარა ნათურებით. საჭიროა ჩაერთოთ ქსელში 1 ნათურა 100 ვტ სიმძლავრის და მაგალითად, 5 წუთის

$\left(\frac{5}{60}\right)$ სთ განმავლობაში დავითვალოთ დისკოს ბრუნთა რიცხვი.

ნათურების მიერ დახარჯული ელენერგია გამოითვლება ფორმულით:

$$W_1 = \frac{5}{60} \cdot P \text{ (კეტ.სთ),}$$

სადაც P ჩართული ნათურის სიმძლავრეა კვტსთ-ებში.

ჩვეულებრივ ნათურის სიმძლავრე ნაჩვენებია ნათურაზე ეატებში. ამიტომ ის უნდა გადავიყვანოთ კილოვატებში.
 $100\text{ვტ}=0.1\text{კვტ}$.

მრიცხველის მიერ აღრიცხული დახარჯული ელექტროენერგია გამოითვლება ფორმულით:

$$W_2 = C \cdot n \text{ (კვტ.სთ),}$$

სადაც N დისკოს ბრუნთა რიცხვია 5 წუთის $\left(\frac{5}{60}\right)$ სთ განმავლობაში.

თუ $W_1 = W_2$, მაშინ მრიცხველი სწორად მუშაობს.

მაგალითი. ქსელში ჩართულია ორი ნათურა საერთო სიმძლავრით 150 ვტ. მრიცხველის დისკომ საკონტროლო შემოწმების დროს 5 წუთში გააკეთა $N = 5$ ბრუნი. მრიცხველის ფარზე ნაჩვენებია, 400 ბრ/კვტ.სთ. ანუ $C = \frac{1}{400}$ კვტ.სთ.

განვსაზღვროთ ნათურების მიერ მოხმარებული ენერგიის ფაქტიური ხარჯი. ნათურების სიმძლავრე $P = 150$ ვტ $= 0,15$ კვტ. 5 წუთის განმავლობაში ნათურების მიერ მოხმარებული ენერგიის რაოდენობა ტოლი იქნება

$$W_1 = \frac{5}{60} \cdot 0,15 = 0,0125 \text{ სთ.}$$

იმავე დროის განმავლობაში მრიცხველის მიერ აღრიცხული ელექტროენერგია ტოლი იქნება

$$W_2 = \frac{1}{400} \cdot 5 = 0,0125 \text{ სთ.}$$

ანუ $W_1 = W_2$.

ე.ი. მრიცხველი სწორად მუშაობს.

ელენერგიის მრიცხველის ცდომილების განსაზღვრა. ელექტროენერგიის მრიცხველის სიზუსტე განისაზღვრება სიზუსტის კლასით. საყოფაცხოვრებო მრიცხველებისათვის დასაშვებია ცდომილება, რომელიც არ აღემატება 4%-ს. ეს ნიშნავს, რომ სრულიად წესრიგში მყოფ მრიცხველს შეუძლია აღრიცხოს ნომინალური სიმძლავრის 4%-ით მეტი ან ნაკლები ელექტროენერგია.

თუ W_1 და W_2 მნიშვნელობებს შორის განსხვავება 4%-ზე მეტია, მაშინ მრიცხველის ჩვენება უნდა ჩათვალით არასწორად.

მაგალითად, იდეალურ მრიცხველს, რომელიც განკუთვნილია 220 ვ ძაბვაზე და 10 ა დენზე მუშაობისათვის ერთ საათში შეუძლია აღრიცხოს $220 \cdot 10 = 2200$ ვტ. სთ = 2,2 კვტ.სთ. ელექტროენერგია. მაგრამ მხედველობაში ვიღებთ რა მრიცხველის სიზუსტის კლასს, წესიერულ მდგომარეობაში შეიძლება ჩაითვალოს ის მრიცხველი, რომელიც იმავე პირობებში აღრიცხავს $2,2 + \left(2,2 \cdot \frac{4}{160}\right) = 2,2 + 0,088 = 2,288$ კვტ. სთ..

ან $2,2 - \left(2,2 \cdot \frac{4}{160}\right) = 2,2 - 0,088 = 2,112$ კვტ. სთ. ელექტროენერგიას.

წესიერულ მდგომარეობაში მყოფმა მრიცხველმა სიზუსტის კლასის საზღვრებში უნდა იმუშაოს დასაშვები გადატვირთვების დროსაც. მცირე დატვირთვების დროს ჩვენების სიზუსტე მცირდება, ხოლო ძალიან მცირე დატვირთვების დროს დისკომ შეიძლება არც იბრუნოს.

5.19. რა შეიძლება განისაზღვროს მრიცხველით გარდა ელექტროენერგიის ხარჯისა

1. პირველ რიგში შეიძლება განისაზღვროს მოცემულ მომენტში ბინაში ჩართულია თუ არა ნათურები და სხვა ელექტროხელსაწყოები. თუ მრიცხველის დისკო ბრუნავს, მაშინ ჩართულია, ხოლო თუ უძრავია მაშინ ყველა გამორთულია.

2. რა ჯამური სიმძლავრის დატვირთვა არის ჩართული მრიცხველზე. ვისარგებლოთ საათის წამისომით და განვსაზღვროთ რა დროში გააკეთებს მაგალითად 20 ბრუნს მრიცხველის დისკო. ეს ადვილად გასაკეთებელია რადგან დისკოზე არის რაიმე ფერის ზოლი, რომელიც მკაფიოდ ჩანს მრიცხველის ფანჯარაში. დაუშვათ 20 ბრუნი მრიცხველმა გააკეთა 50 წმ-ში. შემდეგ მრიცხველზე ვკითხულობთ მაგალითად 400 ბრ/კვტსთ. ვადგენთ პროპორციას:

თუ 1კვტ.სთ=1000ვტ.3600 წმ=3600000 ვტ.წმ შესაბამისად სრულდება 400 ბრუნი, მაშინ X ვტ.წმ-ის შესაბამისად შესრულდება 20 ბრუნი. აქედან

$$X = \frac{3600 \times 40}{400} = 360000 \text{ ვტ.წმ.}$$

ვიცით რა, რომ 3600000 ვტ.წმ ელექტროენერგია დახარჯულია 50 წმ-ში ადვილად შეგვიძლია განვსაზღვროთ მრიცხველზე ჩართული ხელსაწყოების ჯამური სიმძლავე

$$\frac{360000}{50} = 7200 \text{ ვტ} = 7,2 \text{ კვტ}$$

3. მრიცხველში გამაეალი დენის სიდიდე. მიღებული სიმძლავრეს (7200ვტ) გაყოფთ ქსელის ნომინალურ ძაბვაზე (მაგ 220ვ) და მივიღებთ

$$7200 : 220 = 32,73 \text{ ა}$$

4. ვიცით რა მრიცხველიდან გამოძეული სადენების კეეტი და მათში გამძეალი დენის ხანგრძლივად დასაშეე-ბი მნიშვნელობა (დანართი3) შეიძლება გაევიგოთ გადატვირთულია თუ არა ქსელი. მაგალითად,სადენის დასაშეეები დენია 20 ა. მაშინ $220 \text{ ვ} \times \text{ძაბვის დროს მას შეესაბამება სიმძლავრე } 20 \text{ ა} \times 220 \text{ ვ} = 4400 \text{ ვტ.}$ მიეცეთ დროს რაღაც მნიშვნელობა. მაგალითად, 30 წმ და გაეამრავლოთ მიღებულ სიმძლავრეზე $4400 \times 30 = 132000$. დაეუშეათ მრიცხველის დაფაზე აწერია 400 ბრ/კეტსთ ანუ 1 კეტსთ=3600000 ვტ.წმ ენერგიას შეესაბამება 400 ბრუნი, ხოლო 132000 ვტ.წმ შეესაბამება

$$\text{ფორმულა } \frac{132000 \cdot 40}{3600000} = 15 \text{ ბრუნი.}$$

ანუ თუ სადენები გადატვირთული არ არის, მაშინ მრიცხველის დისკო ნახევარი წუთის განმავლობაში აკეთებს არა უმეტეს 15 ბრუნისა.

5. გადატვირთულია თუ არა თვითონ მრიცხველი. დაეუშეათ მრიცხველზე დაწერილია 5-15 ა 220 ვ; 1კეტსთ=1250 ბრუნი. მაქსიმალურ დენს შეესაბამება სიმძლავრე $15 \times 220 = 3300 \text{ ვტ}$ ელექტროენერგიის ხარჯი 30წმ-ის განმავ-

$$\text{ლობაში ტოლია } 3300 \times 30 = 9900 \text{ ვტწმ და } 99000 - \frac{1250}{3600000} = 34$$

ბრუნი, ე.ი. თუ 30 წმ ის განმავლობაში დისკო აკეთებს არა უმეტეს 34 ბრუნსა , მაშინ მრიცხველი გადატვირთული არ არის.

6. შეიძლება გაეიანგარიშოთ რა რაოდენობის ელექტროენერგია დაიხარჯა კომუნალური ბინის საერთო ფართობზე. დაეუშეათ კომუნალურ ბინაში არის ორი საანგარიშო მრიცხველი, რომელთა დატვირთვა დაახლოებით თანაბრად არის განაწილებული. გარდა ამისა 5 ოჯახს

გააჩნია საკონტროლო მრიცხველები. ერთი თვის განმავლობაში ერთმა საერთო მრიცხველმა აღრიცხა 300 კეტსთ, ხოლო მეორემ 200 კეტსთ, ანუ მთლიანად დაიხარჯა $300+200=500$ კეტსთ. საკონტროლო მრიცხველმა კი აღრიცხა $60+70+40+30+35=235$ კეტსთ. აქედან განისაზღვრება, რომ საერთო ფართობზე დახარჯულია $500-235=265$ კეტსთ.

ლიტერატურა

1. თ.მუსელიანი, გ. დოლაბერიძე. შესავალი ელექტროექნიკაში. გამომცემლობა "ტექნიკური უნივერსიტეტი". თბილისი, 2008 წ. გვ. 484.
2. პ.მერაბიშვილი, გ. ხოსროშვილი. ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლები. გამომცემლობა "განათლება", თბილისი, 1988. – გვ. 312.
3. შ. ნემსაძე, შ. ნაჭყებია. ელექტრული წრედების თეორია. საგამომცემლო სახლი "ტექნიკური უნივერსიტეტი", თბილისი, 2008 წ. გვ. 296.
4. მ.რუხვაძე. ელექტრულ სისტემებში მოკლედ შერთვის დენების გაანგარიშების მეთოდები. გამომცემლობა "ტექნიკური უნივერსიტეტი", თბილისი, 2005 წ. გვ. 77.
5. Акимов Н.А., Котеленец Н.Ф., Сентюрхин Н.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования. Учеб. пособие для сред. проф. образования. – М.: издательский центр «Академия», 2005. – 296 стр.
6. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. Т. I. – М.: Энергия, 1979.
7. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: «Машиностроение». 1978. – 240 стр.
8. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Ч. I. – М.: Высшая школа, 1984 г.
9. Браун М., Раутани Дж., Пэтил Д. Диагностика и поиск неисправностей электрооборудование и цепей управления. – М.: Издательский дом «Додэка XXI», 2007. – 328 стр.
10. Вавин В.Н. Трансформаторы напряжения и их вторичные цепи. – М.: Энергия, 1977. – 104 стр.
11. Верзаков Г.Ф. и др. Введение в техническую диагностику. Под ред. К.Б.Карандеева. М.: Энергия, 1968, – 224 стр.

12. Гуртовцев А. Погрешность электронных счетчиков. Исследование и оценка // Новости электротехники. -2007. -№2(44).
13. Гуртовцев А. Измерительные трансформаторы тока. Проблемы нижней границы вторичной нагрузки // Новости электротехники. -2008 г, -№2(50).
14. Даниелян Н. Точность учета электроэнергии зависит от правильного выбора и подключения измерительных трансформаторов. // Новости электротехники. -2003. -№3(21).
15. Захаров О.Г. Дефекты в электрооборудовании. Поиск и управление. –Л.: Лениздат, 1989, -208 стр.
16. Каминский Е.А. Техника чтения схем электроустановок. –М.: «Энергия», 1972. -120 стр.
17. Камнев В.Н. Чтение схем и чертежей электроустановок. Практическое пособие для ПТУ. –М.: Высшая школа, 1990. -144 стр.
18. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учебн. пособие для сред. проф. образования. –М.: Издательский центр «Академия», 2006. -320 стр.
19. Корякин-Черняк С.Л., Партала О.Н. Справочник электрика для проф. и не только ... –Спб.: Наука и техника, 2008. -592 стр.
20. Минин Г.П. Измерение электроэнергии. –М.: энергия, 1974. -104 стр.
21. Мусаэлян Э.С. Наладка и испытание электрооборудование электростанций и подстанций. Учебник для техникумов. –М.: Энергоатомиздат, 1986. -504 с.
22. Нестеренко В.М., Мысьянов А.М. Технология электро-монтажных работ. Уч. пособие для нач. проф. образования. – М.: Издательский центр академия, 2007. –592 с.
23. Панфилов А.И., Энгомамов В.И. Настольная книга энергетики. –М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. -650 стр.
24. Панфилов В.А. Электрические измерения. Учебник для сред. проф. оборудования. –М. Издательский центр «Академия», 2006. -288 стр.

25. Шилоносов М.А. Электролаборатория промышленного предприятия и ремонт приборов. М.: Машиностроение. 1972. - 455 стр.
26. www.forca.ru/
27. www.elec.ru/
28. www.kipia.ru/
29. www.electronpribor.ru/
30. www.electrik.info
31. www.electrolibrary.info/
32. www.electricalschool.info

დანართი 1.

პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები

ცხრილი 1

ელექტრული წრედის ელემენტების პირობითი
გრაფიკული აღნიშვნები

პარამეტრი		გრაფიკული სიმბოლო
ელექტრული წინააღობა- R ბაძტარობა- G	მუდმივი	
	ცვლადი	
ინდუქციულობა- L ურთიერთინდუქციულობა- M	მუდმივი	
	ცვლადი	
ტემპერატურა- C	მუდმივი	
	ცვლადი	
საზომი უნარი		
სრული წინააღობა- Z სრული ბაძტარობა- Y		
მუდმივი ძაბვის (უმც.) წყარო		
მუდმივი და ცვლადი ძაბვის (უმც.) წყარო		
მუდმივი და ცვლადი დენის წყარო		
სინუსოიდური უმც. წყარო		
გენერატორი		
საკმისტ მართვადი ძაბვის წყარო		

ცხრილი 2

ელექტროსაზომი ხელსაწყოების პირობითი აღნიშვნები

საზომი	ბრუნვის სიმბოლო
ამპერმომი	Ⓐ
ვოლტმომი	Ⓥ
სიმძლავრე	Ⓜ
ძაბვა	Ⓦ
ხელახლის კოეფიციენტის მართი და წესიერება	Ⓢ
ამპერი ინტეგრის გრაფიკი	Wh
ვატები ინტეგრის გრაფიკი	Wh

**ГОСТ(რუსეთი) და DIN (გერმანია) სტანდარტებით
მიღებული პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები**

ცხრილი 3

**საკომუტაციო მოწყობილობების ფუნქციების პირობითი
გრაფიკული აღნიშვნები**

ქონტაქტის მახასიათებელი	ГОСТ	DIN
ქონტაქტური		
აგომბრუნელი		
გაყვანი		
აგომბრუნელ-გაყვანი		
აქტიუმატური ავთვისარი		
საბოლოო აგომბრუნელი		
თვითღებრუნებით		
თვითღებრუნების გაყვანა		
რეალმბრუნე		

ცხრილი 4

**საკომუტაციო მოწყობილობების კონტაქტების პირობითი
გრაფიკული აღნიშვნები**

კონტაქტის მახასიათებელი	NOCT	DIN
სომხალურად ღია (ნა) კონტაქტი		
სომხალურად ჩაქრონი (ნა) კონტაქტი		
ბალანსირებული კონტაქტები		
ბალანსირებული კონტაქტები მიმართული მდგომარეობით		
ბალანსირებული კონტაქტები გაითიშვის ტარში		
სომხალურად ღია (ორმაგი) კონტაქტები		
სომხალურად ჩაქრონი (ორმაგი) კონტაქტები		მონაცემი არ არის
სომხალურად ღია კონტაქტები ამონტაჟების მსოფლიო ნაგებობით		
სომხალურად ღია კონტაქტები მიმართული ნაგებობით უმთავრესი დროს		მონაცემი არ არის
სომხალურად ღია კონტაქტები მიმართული ნაგებობით ავტომატურად და უკუაქრონი დროს		მონაცემი არ არის
სომხალურად ჩაქრონი კონტაქტები მიმართული გაითიშვის უკუაქრონი დროს		მონაცემი არ არის
სომხალურად ჩაქრონი კონტაქტები მიმართული გაითიშვის უკუაქრონი დროს		მონაცემი არ არის
სომხალურად ჩაქრონი კონტაქტები მიმართული გაითიშვის უკუაქრონი დროს		მონაცემი არ არის
სომხალურად ღია კონტაქტები უზრუნველყოფის ტარში		

მონტაჟის მახასიათებელი	ГОСТ	DIN
ბაზირების სურსათი უნდა იქონიებდეს		
ამოხრთველ-ბაზირების სურსათი უნდა იქონიებდეს		
საბურთო ამოხრთველის სურსათი უნდა იქონიებდეს		
საბურთო ამოხრთველის სურსათი უნდა იქონიებდეს		მონაცემი არ არის
ურთიერთობა ბაზირების სურსათი უნდა იქონიებდეს		
ბაზირების სურსათი უნდა იქონიებდეს	მონაცემი არ არის	
სურსათი უნდა იქონიებდეს	მონაცემი არ არის	
ტუმბორატორიული მანქანის სურსათი უნდა იქონიებდეს		
ტუმბორატორიული მანქანის სურსათი უნდა იქონიებდეს		მონაცემი არ არის
სურსათი უნდა იქონიებდეს		
სურსათი უნდა იქონიებდეს		მონაცემი არ არის
სურსათი უნდა იქონიებდეს		მონაცემი არ არის
სურსათი უნდა იქონიებდეს		მონაცემი არ არის
სურსათი უნდა იქონიებდეს		

კონტაქტის მახასიათებელი	FOCT	DIN
გამოყენების კონტაქტები ხელის ტალღისთვის	მონაცემი არ არის	
ერთკუთხეული ამოერთვების წორმალურად ღია კონტაქტები		მონაცემი არ არის
სამკუთხეული ამოერთვების წორმალურად ღია კონტაქტები		მონაცემი არ არის
სამკუთხეული ამოერთვების წორმალურად ღია კონტაქტები მაღალი ძალის ავტომატური ამოერთვებით		მონაცემი არ არის
სამკუთხეული გამთივების წორმალურად ღია კონტაქტები		მონაცემი არ არის
სამკუთხეული ამოერთვების გამთივების წორმალურად ღია კონტაქტები		მონაცემი არ არის
თხევალური თხევალურიდან ამოერთვების წორმალურად ღია კონტაქტები		
თხევალურის წორმალურად ღია კონტაქტები		მონაცემი არ არის
წორმალურად ღია კონტაქტები გახიტი ამხვეულ ბაღოვში	მონაცემი არ არის	
მაღალი ძალის ამოერთვების წორმალურად ღია კონტაქტები ავტომატური დატვირთვით		
მაღალი ძალის ამოერთვების წორმალურად ღია კონტაქტები ავტომატური დატვირთვით დატვირთვით		მონაცემი არ არის
მაღალი ძალის ამოერთვების წორმალურად ღია კონტაქტები ავტომატური დატვირთვით დატვირთვით		მონაცემი არ არის
მაღალი ძალის ამოერთვების წორმალურად ღია კონტაქტები ავტომატური დატვირთვით დატვირთვით		მონაცემი არ არის
თხევალური ამოერთვების წორმალურად ღია კონტაქტები		

კონტაქტის მახასიათებელი	ГОСТ	DIN
ნაწილობრივი გაყოფილების კონტაქტი (ნიმუშა 1-ში მხოლოდ ერთი)		
ორპოლური გაყოფილების კონტაქტი (ნიმუშა 2-ში კონტაქტები)		მონაცემი არ არის
ორპოლური გაყოფილების კონტაქტი (ნიმუშა 2-ში მხოლოდ ერთი პოლუსი დატვირთული)		მონაცემი არ არის
ხუთი ძირითადი ავარიის კონტაქტი	მონაცემი არ არის	
შეჩაღის მართვითი ავარიის კონტაქტი	მონაცემი არ არის	
მიხედვის მართვითი ავარიის კონტაქტი	მონაცემი არ არის	
მაგნიტის მიხედვის მართვითი ავარიის კონტაქტი	მონაცემი არ არის	
სამიპოლური ავარიის კონტაქტი (ნიმუშა 3-ში ავარიის დეტალი)	მონაცემი არ არის	
მარჯვნივ გაყოფილი სამიპოლური კონტაქტი	მონაცემი არ არის	
ავარიის კონტაქტი	მონაცემი არ არის	
ავარიის კონტაქტი, გარეული (ნიმუშა 4-ში მხოლოდ ერთი პოლუსი)	მონაცემი არ არის	
მარჯვნივ გაყოფილი კონტაქტი		

ცხრილი 6

მცველებისა და განმუხტელების პირობითი გააფიკული
აღნიშვნები

აღნიშვნა	ГОСТ	ДН
მცველი კონტაქტის ანთხვა		
მცველი გათიხრობად ნაყოფი იქნება მცველი ჩვეუბრივ ხაზად		
მცველი გრძელად ამოხაზად(აღიჭმით)		
მცველი დაზიანად საიხრად კონტაქტით		
გაგრილებელი მცველი		
სამუშაოა მანქანაში გამოყენებული მცველი განმუხტად კონტაქტით მცველი ავტომატურად მოქმ.		
მცველგაერთი		
ავტომატგაერთი მოქმედ. მანქანაში		
00, 10A ტიპის ჩასახრები მცველი		
00, 25A ტიპის მცველი დაზიანად კონტაქტით		
მცველი სიზღარბად დაზიანად(აღიჭმით)		მცველი ავ. ავტ.
მცველი (იხილეთ) დაზიანად		მცველი ავ. ავტ.

ცხრილის გაგრძელება

ქსოვი(რავი) მქოვი		მონაცემი არ არის
მქოვი სარაყვინძეო		მონაცემი არ არის
მქოვი-გაყვინძეო		მონაცემი არ არის
ოპერატორული ნაბრუნის შეკედი		
ოპერატორული სიმბოლური ნაბრუნის შეკედი		მონაცემი არ არის
სამუშაოპერატორული ნაბრუნის შეკედი		მონაცემი არ არის
განმეხტედი		
გაერთიანებული განმეხტედი		
ვაქუმუმი განმეხტედი		მონაცემი არ არის
მიწისზედა განმეხტედი		მონაცემი არ არის

ცხრილი 7

სიდიდეების სიმბოლოების და ჩამიწების მახასიათებლის
პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები

სიმბოლოების ლატინურიზაცია	ГОСТ	DIN
მუშითი ძაბვის სიმბოლო		
(ჯგუფი) ძაბვის სიმბოლო სიმბოლო დიალუმი სიმბოლო ძაბვის საშუალო სიმბოლო ძაბვის მაღალი სიმბოლო ძაბვის	~50V 3V-50V 220/380E 	~50V 3V-50V 220/380E
მუშითი ძაბვის სიმბოლო (ჯგუფი) მდგომარეობა ჩამოწმება შემაღრმე ჩამოწმება	 	
დამუშავი ჩამოწმება მისა (პროექტი)	 	

სადენების პირობითი აღნიშვნა

აღნიშვნა სადენი, საბაზური ხაზი	ГОСТ	DIN
სადენი		
კაბელისა და სადენის ქსელის აღნიშვნა		
მისამართი სადენი		
მასშტაბიანი სადენი		
მასშტაბიანი სადენი		
მასშტაბიანი სადენი		
მასშტაბიანი სადენი		
სადენის ხაზიანი ფორმა		
სადენი სადენი (მთი კაბელზე)		
მთიანი უწყვეტი სადენი, ბაზისითა და საბაზური ხაზით		
მთიანი სადენი (მთიანი სადენი)		
მთიანი სადენი საბაზური მთიანი		
მთიანი სადენი		
მთიანი სადენი (მთიანი სადენი)		
საბაზური ხაზი		
მთიანი		

ცხრილი 9

**გადამრთველებისა და ამომრთველების პირობითი
გრაფიკული აღნიშვნები**

დასახელება მონაკვეთი (მონაკვეთის გადახატვის)	ГОСТ	DIN
ამომრთველი უძრავი გადახატვის	მონაკვეთი არ არის	
ამომრთველი უძრავი გადახატვის	მონაკვეთი არ არის	
სამუშაო (მონაკვეთი) ამომრთველი უძრავი	მონაკვეთი არ არის	
გადახატვის უძრავი	მონაკვეთი არ არის	
გადახატვის უძრავი	მონაკვეთი არ არის	
გადახატვის უძრავი	მონაკვეთი არ არის	

ცხრილი 10

სინათლის წყაროების პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები

აღნიშვნა		ГОСТ	DIN
სინათლის წყარო	ლაგალი	•	მონაცემი არ აქვს
	გალალი	•	მონაცემი არ აქვს
	•	•	•
	უჩინალალო	•	მონაცემი არ აქვს
იმპულსური გაბნელობა			მონაცემი არ აქვს
გალენი გამზარდული გაბნეობა	ნერგი	Ne	Ne
	ქსენონი	Xe	Xe
	ნატრიუმი	Na	Na
	ჰერმეტიზაციული თიხა	Hg	Hg
გალენი აბრეშო წყარო	მთავი		მონაცემი არ აქვს
	გაბნეობა		მონაცემი არ აქვს
რკაწები (მუხმბრები)		 	მონაცემი არ აქვს
განათებისა და სინათლესაბრეშო ნათება		 	
სინათლის სინათლესაბრეშო ნათება			
ნათების შედეგი	წითელი	C2	R2
	მომთბო	C4	YE
	ყვითელი	C5	GN
	ლურჯი	C6	BU
	თეთრი	C9	W1
ორიგინა მონათბრის ნათება	საბრეშო		მონაცემი არ აქვს
	ორიგინა		მონაცემი არ აქვს
განათებისა და სინათლესაბრეშო ნათება			მონაცემი არ აქვს

ცხრილის გაგრძელება

მანქანის და სპორტული ავტომობილების (საბურთო) ტიპი გაყვანილობით			მანქანი ავტოს
	მუხრუჭოვანი		მანქანი ავტოს
	მუხრუჭოვანი და მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	(მუხრუჭოვანი) მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	სპორტოვანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	სპორტოვანი (მუხრუჭოვანი) და სპორტოვანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	მუხრუჭოვანი და (მუხრუჭოვანი) მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	მანქანი (მუხრუჭოვანი) და (მუხრუჭოვანი) მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	სპორტოვანი (მუხრუჭოვანი) და (მუხრუჭოვანი) მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	სპორტოვანი (მუხრუჭოვანი) და (მუხრუჭოვანი) მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	სპორტოვანი (მუხრუჭოვანი) და (მუხრუჭოვანი) მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	სპორტოვანი (მუხრუჭოვანი) და (მუხრუჭოვანი) მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
მანქანი ავტოს ავტომობილის (საბურთო)	სპორტოვანი (მუხრუჭოვანი) და (მუხრუჭოვანი) მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს
	სპორტოვანი (მუხრუჭოვანი) და (მუხრუჭოვანი) მანქანი (მუხრუჭოვანი)		მანქანი ავტოს

ცხრილის გაგრძელება

	მარტყვი ელექტროუღეობი		მონაცემი არ არის
	კომპიონენტული ელექტროუღეობა და წინაგწარი განუღებობი		მონაცემი არ არის
სამყალბი წნევის აირბანმმმტმის საბურბი	მარტყვი ელექტროუღეობი		მონაცემი არ არის
	კომპიონენტული ელექტროუღეობა და უბბა ბოკიღეობი		მონაცემი არ არის
აირბანმმტმის საბურბის ტიბბი	ელექტროლ უბბმმმმბბბბბბ	EL	მონაცემი არ არის
	უღუბრმმმმმბბბბბ	FL	მონაცემი არ არის
	მარტყრა საბურბი ბმბბბბბბბბბ ბაბბბბბბბბ		მონაცემი არ არის
	მარტყრა საბურბი ბბბბ აბბბბბბბ		მონაცემი არ არის
	ბბბბბბ საბურბ		მონაცემი არ არის
	ბბბბბბ საბურბ ბბბბბბ ბაბბბბბბბ ელექტროუღეობი		მონაცემი არ არის
	ლ უბბბბბბბბბბბბ აბბბბბბბბბბბბ		მონაცემი არ არის
	კომპიბბბბბბ (ბაბბბბბბ ბაბბბბბ)		მონაცემი არ არის
	კომპიბბბბბბ (ბაბბბბბ ბაბბბბ)		მონაცემი არ არის
	აირბანმმტმის საბურბის ბაბბბ		მონაცემი არ არის

ცხრილის გაგრძელება

ქიმიკატების სახე			მუნიციპალიტეტის არაობის
ქიმიკატების სახე	მუნიციპალიტეტის არაობის	T	მუნიციპალიტეტის არაობის
	ქიმიკატების სახე	II	მუნიციპალიტეტის არაობის
	მუნიციპალიტეტის არაობის	Mp	მუნიციპალიტეტის არაობის
	მუნიციპალიტეტის არაობის	H	მუნიციპალიტეტის არაობის
	მუნიციპალიტეტის არაობის	Tc	მუნიციპალიტეტის არაობის
	მუნიციპალიტეტის არაობის	C	მუნიციპალიტეტის არაობის

ცხრილი 12

**ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების
პირობითი გრაფიკული აღნიშვნები.**

დასახელება		სიმრეცე	
		ავტოტრანსფორმატორი	ტრანსფორმატორი
პირობითი ტრანსფორმატორი	ფენოქსიფენოლი გაზიანი		
	ფენოქსიფენოლი გაზიანი და პრაქტიკული შერევის გაზიანი		
ფენოქსიფენოლი ტრანსფორმატორი			
პირობითი სამრეცხო ტრანსფორმატორი ფენოქსიფენოლი გაზიანი	პრაქტიკული ფენოქსიფენოლი		
	"ფენოქსიფენოლი" ტრანსფორმატორი გაზიანი		
სამრეცხო ტრანსფორმატორი ფენოქსიფენოლი გაზიანი	გაზიანი ფენოქსიფენოლი		
	"სამრეცხო" ტრანსფორმატორი გაზიანი		
სამრეცხო სამრეცხო ტრანსფორმატორი ფენოქსიფენოლი გაზიანი	ფენოქსიფენოლი გაზიანი		
	"სამრეცხო" ტრანსფორმატორი გაზიანი		
სამრეცხო სამრეცხო ტრანსფორმატორი ფენოქსიფენოლი გაზიანი	ფენოქსიფენოლი გაზიანი		
	"სამრეცხო" ტრანსფორმატორი გაზიანი		
სამრეცხო სამრეცხო ტრანსფორმატორი ფენოქსიფენოლი გაზიანი			

დედის ტრანსფორმატორი	სამუშაო, გრაბიშვილის "საბავშვო" გრაბიშვილი		
	სამუშაო, ცხრა გრაბიშვილი		
	მეტრისა მსხვერპლი გრაბიშვილი		
	სამუშაო, გრაბიშვილის გრაბიშვილი "საბავშვო" გრაბიშვილი და ნაბრუნებისა და "საბავშვო" და გრაბიშვილი გრაბიშვილი		
	მეტრის გრაბიშვილი		
	მეტრის გრაბიშვილი და ორი გრაბიშვილი გრაბიშვილი		
	ორი გრაბიშვილი და ორი გრაბიშვილი გრაბიშვილი		
	სასაზღვრო, ნაბრუნების ტრანსფორმატორის დაბრუნებისა და გრაბიშვილი		

ცხრილი 13

**ელექტრული მანქანების პირობითი გრაფიკული
აღნიშვნები**

	აღნიშვნა	
	გამართმევადი	გაშვადი
მრავალ ფენის სამუშაო პრავა, ტრემის გრანდოვანი პარამეტრებზე არის შემოთავაზებული		
სამუშაო ატმოსფერული პრავა შავნობა ტრემის ტრემის გრანდოვანი შემოთავაზებული პარამეტრებზე ტრემის გრანდოვანი შემოთავაზებული პარამეტრებზე გამოყენებული ნომერალის		
სამუშაო უმეტესადი მანქანის გრანდოვანი უმეტესადი გრანდოვანი შავნობა ტრემის გრანდოვანი		
სამუშაო უმეტესადი მანქანის გრანდოვანი გრანდოვანი შავნობა ტრემის გრანდოვანი		
პარამეტრული გრანდოვანი მრავალ ფენის მანქანა		
უმეტესადი გრანდოვანი მრავალ ფენის მანქანა		
სინქრონული სამუშაო უმეტესადი გრანდოვანი ტრემის გრანდოვანი ტრემის გრანდოვანი უმეტესადი ტრემის გრანდოვანი		
ასინქრონული სამუშაო მანქანა მრავალ ფენის ტრემის გრანდოვანი სამუშაო ტრემის გრანდოვანი		
სინქრონული სამუშაო მანქანა მრავალ ფენის გრანდოვანი ტრემის გრანდოვანი ტრემის გრანდოვანი		
სამუშაო მანქანა მრავალ ფენის მრავალ ფენის გრანდოვანი ტრემის გრანდოვანი ტრემის გრანდოვანი ტრემის გრანდოვანი ტრემის გრანდოვანი		

დანართი 2.
ტრიგონომეტრიული ფუნქციების
მნიშვნელობები

ცხრილი 1

0	cos	sin	tg	φ	cos	sin	tg	φ	cos	sin	tg
გრად				გრად				გრად			
0	1,000	0,0000	0,0000	31	0,8572	0,5150	0,6009	62	0,4695	0,8829	1,88
1	0,9998	0,0175	0,0175	32	0,8480	0,5299	0,6249	63	0,4540	0,8910	1,96
2	0,9994	0,0349	0,0349	33	0,8387	0,5446	0,6494	64	0,4384	0,8988	2,05
3	0,9986	0,0523	0,0524	34	0,8290	0,5592	0,6745	65	0,4226	0,9063	2,14
4	0,9976	0,0698	0,0699	35	0,8192	0,5736	0,7002	66	0,4067	0,9135	2,25
5	0,9962	0,0872	0,0875	36	0,8090	0,5878	0,7265	67	0,3907	0,9205	2,36
6	0,9945	0,1045	0,1051	37	0,7986	0,6018	0,7536	68	0,3746	0,9272	2,47
7	0,9925	0,1219	0,1228	38	0,7880	0,6157	0,7813	69	0,3584	0,9336	2,60
8	0,9903	0,1392	0,1405	39	0,7771	0,6293	0,8098	70	0,3420	0,9397	2,75
9	0,9877	0,1564	0,1584	40	0,7660	0,6428	0,8391	71	0,3256	0,9455	2,90
10	0,9848	0,1736	0,1763	41	0,7547	0,6561	0,8693	72	0,3090	0,9511	3,08
11	0,9816	0,1908	0,1944	42	0,7431	0,6691	0,9004	73	0,2924	0,9563	3,27
12	0,9781	0,2079	0,2126	43	0,7314	0,6820	0,9325	74	0,2756	0,9613	3,49
13	0,9744	0,2250	0,2309	44	0,7193	0,6947	0,9657	75	0,2588	0,9659	3,73
14	0,9403	0,2419	0,2493	45	0,7071	0,7071	1,0000	76	0,2419	0,9703	4,01
15	0,9659	0,2588	0,2670	46	0,6947	0,7193	1,0355	77	0,2250	0,9744	4,33
16	0,9613	0,2756	0,2867	47	0,6820	0,7314	1,0724	78	0,2079	0,9781	4,70
17	0,9563	0,2924	0,3057	48	0,6691	0,7431	1,1106	79	0,1908	0,9816	5,14
18	0,9511	0,3090	0,3249	49	0,6561	0,7547	1,1504	80	0,1736	0,9848	5,67
19	0,9455	0,3256	0,3443	50	0,6428	0,7660	1,1918	81	0,1564	0,9877	6,31
20	0,9397	0,3420	0,3640	51	0,6293	0,7771	1,2349	82	0,1392	0,9903	7,11
21	0,9336	0,3584	0,3839	52	0,6157	0,7880	1,2799	83	0,1219	0,9925	8,14
22	0,9272	0,3746	0,4040	53	0,6018	0,7986	1,3270	84	0,1045	0,9945	9,51
23	0,9205	0,3907	0,4245	54	0,5878	0,8090	1,3764	85	0,0872	0,9962	11,4
24	0,9135	0,4067	0,4452	55	0,5736	0,8192	1,4281	86	0,0698	0,9976	14,3
25	0,9063	0,4226	0,4663	56	0,5592	0,8290	1,4826	87	0,0523	0,9986	19,1
26	0,8988	0,4384	0,4877	57	0,5446	0,8387	1,5399	88	0,0349	0,9994	28,6
27	0,8910	0,4540	0,5095	58	0,5299	0,8480	1,6003	89	0,0175	0,9998	57,3
28	0,8829	0,4695	0,5317	59	0,5150	0,8572	1,6643	90	0,0000	1,0000	---
29	0,8746	0,4848	0,5543	60	0,5000	0,8660	1,7320				
30	0,8660	0,5000	0,5774	61	0,4848	0,8746	1,8040				

დანართი 3.

სადენებისა და კაბელების სტანდარტული კვეთები და ხანგრძლივად დასაშვები დატვირთვები

ცხრილი 1

რას აღნიშნავს ავტომატური ამომრთველის ტიპი

ტიპი	დანიშნულება
A	დიდი სიღრმის ელექტროაქვანილობის წრედებით გათიშვისა და ნახევრადგამტარული მოწყობილობების დაცვისათვის.
B	საერთო დანიშნულების განათების ქსელისათვის.
C	განათების წრედებისა და ზომიერი გამწევი დენების მქონე (ძრავები და ტრანსფორმატორები) ელექტროდანადგარების გაშვებისათვის.
D	აქტიური ინდუქციური დაცვისათვის, წრედებისათვის, აგრეთვე დიდი გამწევი დენების მქონე ძრავების დატვირთვისათვის.
K	ინდუქციური დატვირთვებისათვის.
Z	ელექტრონული მოწყობილობებისათვის.

ცხრილი 2

კაბელებისა და სადენების კეეთის მიხედვით
მიხედვით დენისა და სიმძლავრის ხანგრძლივად
დასაშვები სიდიდეები

კეეთი, კმ.მმ	ყოფაზა, V=220 ვ				საყოფაზა, V=380 ვ			
	საილენის სადენი		აღლენის სადენი		საილენის სადენი		აღლენის სადენი	
	დენი, ა	სიმძლავრე, კმ.მ	დენი, ა	სიმძლავრე, კმ.მ	დენი, ა	სიმძლავრე, კმ.მ	დენი, ა	სიმძლავრე, კმ.მ
1,5	19	4,1	—	—	16	10,5	—	—
2,5	27	5,9	20	4,4	25	16,5	19	12,5
4	38	8,3	28	6,1	30	19,8	23	15,1
6	46	10,1	36	7,9	40	26,4	30	19,8
10	70	15,4	50	11	50	33	39	25,7
16	85	18,7	60	13,2	75	49,5	55	36,3
25	115	25,3	85	18,7	90	59,4	70	46,2
35	135	29,7	100	22	115	75,9	85	56,1
50	175	38,5	135	29,7	145	95,7	110	72,6
70	215	47,3	165	36,3	180	118,8	140	92,4
95	260	57,2	200	44	220	145,2	170	112,2
120	300	66	230	50,6	260	171,6	200	132

ცხრილი 3

ყოფა-ცხოვრებაში ყველაზე ხშირად გამოყენებული
კაბელ-სადენისა და ავტომატური ამომრთველის
დასაშვები დატვირთვები

საილენის ძარღვიანი კაბელის ან სადენის კეეთი, კმ.მმ	ხანგრძლივად დასაშვები დატვირთვა დენი, ა	დატვირთვა ავტომატური ნომინალური დენი, ა	დატვირთვა ავტომატური რეკომენდებული დენი, ა	მასივობა სიმძლავრე V= 220 ვ დროს, კმ.მ	დანიშნულება
1,5	19	10	16	4,1	განათება და საგანაღმარებო
2,5	27	16	20	5,9	შტრესილები და ელექტრული გათბობის აპარატები
4	38	25	32	8,3	წვალგამაცხელებლები და კონდიტორსტრები
6	46	32	40	10,1	ელექტრული სურათები და უკონტაქტები კუთხეები
10	70	50	63	15,4	შეგებიანი შეგებიანი ხაზები

მეტალის დამცავ გარსაცმში მოთავსებული რეზინის
 იზოლაციის მქონე სადენებისა და ტყვიის
 ,პოლიეთილქლორიდის, რეზინის გარსაცმის მქონე
 ჯაეშნიანი და არაჯაეშნიანი კაბელების ხანგრძლივად
 დასაშვები დენი.

დენების საყვან მეტალი	ხანგრძლივად დასაშვები დენი									
	კუბიტრული		ორბინი				ხანგრძლივად			
	პარკში		პარკში		მაწიშ		პარკში		მაწიშ	
	საღებო	დღეობა	საღებო	დღეობა	საღებო	დღეობა	საღებო	დღეობა	საღებო	დღეობა
15	23		19		33		19		27	
25	30	23	27	21	44	34	25	19	38	29
4	41	31	38	29	55	42	35	27	49	38
6	50	38	50	38	70	55	42	32	60	46
10	80	60	70	55	105	80	55	42	90	70
16	100	75	90	70	135	105	75	60	115	90
25	140	105	115	90	175	135	95	75	150	115
35	170	130	140	105	210	160	120	90	180	140
50	215	165	175	135	265	205	145	110	225	175
70	270	210	215	165	320	245	180	140	275	210
95	325	250	240	200	385	295	220	170	300	255
120	385	295	300	230	445	340	260	200	385	295
150	440	340	350	270	505	390	305	235	435	335
185	510	390	405	310	570	440	350	270	500	385
240	605	465								

ცხრილი 6

არაიზოლირებული სადენების ხანგრძლივად დასაშვები
დენური

სადენის კეფი მმ2	სადენის მარკა	ხანგრძლივად დასაშვები დენი, ა					
		შერბობის გარეული	შერბობის შიგნით	შერბობის გარეული		შერბობის შიგნით	
				სადენის მასალა			
				სპლენის	ალუმინი	სპლენის	ალუმინი
10	AC-10/1,8	84	53	95		60	
16	AC-16/2,7	111	79	133		105	75
25	AC-25/4,2	142	109	183		136	106
35	AC-35/6,2	175	135	223		170	131
50	AC-50/8	210	165	275		215	165
70	AC-70/11	265	210	337		265	210
95	AC-95/16	330	260	422		320	255
120	AC-120/19	390	313	485		375	300
120	AC-120/27	375		485		375	300
140	AC-150/19	450	365	570		440	355
150	AC-150/24	450	365	570		440	355
150	AC-150/34	450		570		440	355
185	AC-185/24	520	430	650		500	410
185	AC-185/29	510	425	650		500	410
185	AC-185/43	515		650		500	410
240	AC-240/32	605	505	760		590	490
240	AC-240/39	610	505	760		590	490
240	AC-240/56	610		760		590	490
300	AC-300/39	710	600	880		680	570
300	AC-300/48	690	585	880		680	570
300	AC-300/66	680		880		680	570
330	AC-330/27	730					
400	AC-400/22	830	715	1050		815	690
400	AC-400/51	825	705	1050		815	690
400	AC-400/64	860		1050		815	690
500	AC-500/27	960	830			980	820
600	AC-600/72	1050	920			1100	955
700	AC-700/86	1180	1140				

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: ნატალია პოტაპოვა,
ნინო მუსელიანი

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 28.05.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდა
08.06.2009. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 20,
ტირაჟი 300 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,
კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent