

ბაგრატ კვაჭაძე

ელექტრონიკის სისტემის რელეური დაცვის და ავტომატიზაციის საფუძვლები



საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა

სახელმძღვანელოში განხილული არის ელექტრული სისტემის ელემენტების: ელექტროგადაცემის ხაზების, ტრანსფორმატორების, ავტოტრანსფორმატორების, გენერატორების, შემკრები სალტების რელეური დაცვის და სასისტემო ავტომატიკის საკითხები.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია ენერგეტიკის პროფილის სპეციალობების ბაკალავრიატისა და მაგისტრატურის სტუდენტებისათვის. იგი შეიძლება იყოს სასარგებლო ენერგეტიკის დარგში მომუშავე სპეციალისტებისათვის.

რეცენზენტი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სრული პროფესორი *მ. რუხვაძე*

სამეცნიერო რედაქტორი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სრული პროფესორი *შ. ნაჭყეია*

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: *ქ. სილაგაძე*
ვ. ხინთიბიძე
ი. მათითაიშვილი
ვლ. ყორღანაშვილი
ლ. კვაჭაძე

დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს მიერ.

ქაღალდის ზომა 60X84 1/8. ტირაჟი 300 ეგზ.

სს საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა

ქ. თბილისი, ბარათაშვილის ქუჩა №2

ტელ: (+995 32) 2 510 263

<http://www.gse.com.ge>

© საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა, 2014

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის ნებისმიერი ნაწილის (ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არც ერთი ფორმითა და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

ს ა რ ჩ ე ვ ი

I	ელექტრული სისტემის ჩელაური დასვის საუკმლაბი.....	1
1	ზოგადი სნოგაბი ჩელაური დასვის შესახებ	3
1.1	რელეური დაცვის დანიშნულება	3
1.2	დაზიანებები ელექტრულ დანადგარებში	4
1.3	არანორმალური რეჟიმები	6
1.4	ძირითადი მოთხოვნები რელეური დაცვის მიმართ	7
1.5	დაცვის ელემენტები, რელე და რელეს სახეობები	12
1.6	რელეს ჩართვის ხერხები	13
2	დენის ტრანსფორმატორები და მათი შეერთების სქემები	15
2.1	დენის ტრანსფორმატორები და მათი ცდომილება.....	15
2.2	პარამეტრები, რომლებიც გავლენას ახდენენ დამაგნიტების დენის შემცირებაზე	19
2.3	დენის ტრანსფორმატორების შერჩევა და მოთხოვნები დენის ტრანსფორმატორების სიზუსტის მიმართ	21
2.4	დენის ტრანსფორმატორების შეერთების ტიპური სქემები	25
3	მაქსიმალური დენური დასვა	32
3.1	დენური დაცვების მოქმედების პრინციპი	32
3.2	გადამცემი ხაზის მაქსიმალური დენური დაცვა	32
3.3	მაქსიმალური დენური დაცვის სქემები	33
3.4	მაქსიმალური დენური დაცვის ამუშავების პარამეტრების შერჩევა	39
3.5	მაქსიმალური დენური დაცვა მინიმალური ძაბვით გაშვებით (ბლოკირებით)	42
4	დენური მოკვეთა	45
4.1	დენური მოკვეთის მოქმედების პრინციპი	45
4.2	დენური მოკვეთის სქემები	46
4.3	მყისური მოქმედების დენური მოკვეთა ცალმხრივი კვების ხაზებისთვის	47
4.4	მყისური მოქმედების დენური მოკვეთა ორმხრივი კვების ხაზებისთვის	49
4.5	დენური მოკვეთა დროის დაყოვნებით	51
4.6	სამსაფეხურიანი დენური დაცვა	53

5	ძაბვის ტრანსფორმატორები და მათი შეერთების სქემები	55
5.1	ძირითადი ცნობები. ძაბვის ტრანსფორმატორების ცდომილება.....	55
5.2	ძაბვის ტრანსფორმატორების შეერთების სქემები	58
6	მიმართული დენური დასვა	64
6.1	ორმხრივი კვების ქსელში მიმართული დაცვების აუცილებლობა	64
6.2	მიმართული დენური დაცვების მოქმედების პრინციპი და სქემები.....	66
6.3	სიმძლავრის რელეს ჩართვის სქემები	68
6.4	დაცვის დანაყენების შერჩევა.....	70
7	ნულოვანი მიმდევრობის მაქსიმალური დენური დასვა.....	73
7.1	ზოგადი ცნობები.....	73
7.2	დაცვის მოქმედების პრინციპი და სქემა	73
7.3	უბალანსობის დენი	74
7.4	ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვის დანაყენების შერჩევა.....	75
7.5	ნულოვანი მიმდევრობის მიმართული დენური დაცვები.....	77
7.6	ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთა.....	83
8	გადასვმის ხაზების გრძივი დიფერენციალური დასვა	87
8.1	დიფერენციალური დაცვების დანიშნულება და სახეები.....	87
8.2	გრძივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი.....	87
8.3	უბალანსობის დენები დიფერენციალურ დაცვაში	90
8.4	დიფერენციალური დაცვის განხორციელების ზოგადი პრინციპები.....	92
8.5	შემაერთებელი სადენების სიმთელის კონტროლის მოწყობილობა.....	97
9	გადასვმის ხაზების განივი დიფერენციალური დასვა	100
9.1	პარალელური ხაზების განივი დიფერენციალური დაცვა	100
9.2	დენური განივი დიფერენციალური დაცვა.....	101
9.3	მიმართულებიანი განივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი	104
9.4	მიმართულებიანი განივი დიფერენციალური დაცვის პრინციპიალური სქემა და ამუშავების დანაყენის შერჩევა	110
10	დისტანციური დასვა	116
10.1	დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი.....	116
10.2	დაცვის დროის დაყოვნების მახასიათებელი	118
10.3	დისტანციური დაცვის ელემენტები და მათი ურთიერთქმედება.....	120

10.4	დისტანციური რეგულაციების ამუშავების მახასიათებლები და მათი გამოსახვა კომპლექსურ სიბრტყეზე	122
10.5	წინაღობის რელეს შესრულების პრინციპები და ძირითადი მოთხოვნები კონსტრუქციების მიმართ.	126
10.6	წინაღობის რელეს მუშაობის სიზუსტე და ზუსტი ამუშავების დენი.	127
10.7	დაცვის დისტანციური ორგანოები.	129
10.8	წინაღობის რელე ნახევარგამტარული ელემენტების გამოყენებით.	134
10.9	მიზეზები, რომლებიც იწვევენ დისტანციური დაცვის მოქმედების სიზუსტის დარღვევას.	140
10.10	გამარტივებული სქემები დისტანციური ორგანოების შემცირებული რაოდენობით.	143
10.11	დისტანციური დაცვის გამშვი ორგანოები.	146
10.12	დისტანციური დაცვის სქემები.	147
10.13	დისტანციური დაცვის სქემები ნახევარგამტარებზე.	148
10.14	დისტანციური დაცვის დანაყენის შერჩევა.	150
11	მაღალსიხშირული დასვები	156
11.1	მაღალსიხშირული დაცვების დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი	156
11.2	მიმართული მაღალსიხშირული დაცვის მოქმედების პრინციპი	157
11.3	დაცვის მაღალსიხშირული ნაწილი.	159
11.4	მიმართული დაცვა მაღალსიხშირული ბლოკირებით	163
11.5	დისტანციური დაცვა მაღალსიხშირული ბლოკირებით.	167
11.6	დიფერენციალურ-ფაზური მაღალსიხშირული დაცვა.	169
12	ტრანსფორმატორების და ავტოტრანსფორმატორების რელეური დასვა 175	
12.1	ტრანსფორმატორების და ავტოტრანსფორმატორების დაზიანებისა და არანორმალური რეჟიმების შესაძლო სახეები.	175
12.2	ძალოვანი ტრანსფორმატორების დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი	177
12.3	სამფაზა ტრანსფორმატორების დიფერენციალური დაცვის მხრებში გამავალი დენების ფაზური ძვრის კომპენსაცია	182
12.4	უბალანსობის დენი ტრანსფორმატორის დიფერენციალური დაცვის სქემაში	185
12.5	ტრანსფორმატორების დიფერენციალური დაცვის სქემები სამფაზა ტრანსფორმატორის დიფერენციალური დაცვის სრული სქემა.	186
12.6	დიფერენციალური მომკვეთი დაცვა.	188

12.7	სადაბლებელი ტრანსფორმატორების დაცვა გარეშე მოკლედ შერთვისაგან.....	190
12.8	სადაბლებელი ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის მაქსიმალური დენური დაცვა.....	192
12.9	სამაღლებელი ტრანსფორმატორის მაქსიმალური დენური დაცვა ძაბვის ბლოკირებით	194
12.10	სამაღლებელი ტრანსფორმატორის გარეშე დაზიანებისაგან უკუმიმდევერობის ფილტრული დაცვა	196
12.11	ტრანსფორმატორების ნულოვანი მიმდევერობის დაცვა ერთფაზა მოკლედ შერთვისაგან	198
12.12	საგმრაგნილიანი ტრანსფორმატორის მიმართული დენური დაცვა	200
12.13	ტრანსფორმატორების გაზური დაცვა	202
13	გენერატორების დაცვა.....	207
13.1	დაზიანებები და გენერატორების მუშაობის არანორმალური რეჟიმები. ძირითადი მოთხოვნები გენერატორების დაცვების მიმართ.....	207
13.2	სტატორის გრაგნილში ფაზათაშორის მოკლედ შერთვისაგან დაცვა	212
13.3	გენერატორის განივი დიფერენციალური დაცვა.....	219
13.4	სტატორის გრაგნილის კორპუსთან დამიწებისაგან დაცვა	222
13.5	გენერატორის გარე ქსელში მოკლედ შერთვის დენისაგან და გადატვირთვისაგან დაცვა	232
13.6	ჰიდროგენერატორების ძაბვის აწევისაგან დაცვა.....	242
13.7	როტორის დაცვა.....	243
14	შემაჯახი სალტეების დაცვა.....	249
14.1	დაცვის სახეები და მოთხოვნები	249
14.2	სალტეების დიფერენციალური დაცვა	251
14.3	სალტეების დიფერენციალური დაცვის იმედიანობის ამაღლების ღონისძიებები	254
14.4	სალტეების დიფერენციალური დაცვის ამუშავების დენის შერჩევა.....	257
14.5	სალტეების დიფერენციალური დაცვის სქემები	258
15	რელეური დაცვის და ამომართველის უარის რეზერვირება.....	261
15.1	აუცილებლობა და რეზერვირების ხერხები	261
15.2	ამომართველის უარის რეზერვირების მოწყობილობის (აურმ) განხორციელების პრინციპი.....	264

II	ენერგოსისტემის ავტომატიზაცია.....	267
	შესავალი: ენერგეტიკული სისტემის რაქონის ავტომატური რეგულირება	269
16	ძაბვისა და რაქონული სიმძლავრის ავტომატური რეგულირება.....	271
16.1	ზოგადი ცნობები სინქრონული გენერატორების აღგზნების ავტომატური რეგულირების შესახებ	271
16.2	აღგზნების ავტომატური ფორსირება და ელ.მანქანური აღგზნებიანი გენერატორის აღგზნების მოხსნა.....	279
16.3	ძაბვის ელექტრომაგნიტური კორექტორი	282
16.4	დენური კომპაუნდირების მოწყობილობა.....	289
16.5	აღგზნების ავტომატური რეგულატორები კომპაუნდირების მოწყობილობით და ძაბვის ელ.მაგნიტური კორექტორით	292
16.6	მართვადი ფაზური კომპაუნდირება	294
16.7	აღგზნების ავტომატური რეგულატორები მართვადი ფაზური კომპაუნდირებით.....	297
17	სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის ავტომატური რეგულირება	301
17.1	სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის რეგულირების მოთხოვნები	301
17.2	აქტიური დატვირთვების ხელსაყრელი განაწილების პირობები.....	303
17.3	სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის რეგულირების მეთოდები.....	305
17.4	ტურბინის ბრუნვის სიხშირის რეგულატორი	308
17.5	სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის პიველადი ჯგუფური რეგულატორები.....	312
17.6	სიხშირისა და სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების სისტემა (ს.ს.ა.რ.ს.).....	315
18	ავტომატური განმეორებითი ჩართვა (ა.გ.ჩ.).....	320
18.1	ა.გ.ჩ.- ის დანიშნულება.....	320
18.2	ა.გ.ჩ-ის კლასიფიკაცია	322
18.3	ერთჯერადი მოქმედების ელექტრული ა.გ.ჩ.	323
18.4	საჰაერო ამომრთველების ავტომატური განმეორებითი ჩართვა (ა.გ.ჩ.).....	325
18.5	ცალმხრივი კვების ხაზების ერთჯერადი აგჩ-ს დანაყენების შერჩევა.....	328
18.6	აგჩ-ს შემთხვევაში რელეური დაცვის სწრაფი მოქმედება.....	329
18.7	ორჯერადი ავტომატური განმეორებითი ჩართვა.....	332
18.8	ერთფაზა ავტომატური განმეორებითი ჩართვა (ე.ა.გ.ჩ.).....	338
18.9	სამფაზა ა.გ.ჩ. ორმხრივი კვების ხაზებზე.....	344

18.10	სალტების ავტომატური განმეორებითი ჩართვა	350
18.11	აგჩ-ს შეთანხმება რელეურ დაცვასთან	353
19	სინქრონული მანქანების ავტომატური ჩართვა	357
19.1	ზოგადი ცნობები.....	357
19.2.1	გენერატორების თვითსინქრონიზაცია	358
19.2.2	გენერატორების თვითსინქრონიზაციის, ავტომატური და ნახევრად ავტომატური მოწყობილობები	360
19.3.1	ზუსტი სინქრონიზაცია	362
19.3.2	წინსწრების მოცემული დროის მიღების პრინციპები.....	364
19.3.3	სინქრონიზატორი წინსწრების მუდმივი კუთხით	367
19.3.4	სინქრონიზატორი წინსწრების მუდმივი დროით	368
19.3.5	ზუსტი სინქრონიზაციის პარამეტრების ანგარიში	373
20	სარეზერვო ქვების და მოწყობილობების ავტომატური ჩართვა (რარ)	376
20.1	ზოგადი ცნობები.....	376
20.2	რარ-ის მოწყობილობის შესრულების ძირითადი პრინციპები	378
20.3	რარ-ის მოწყობილობის სქემები.....	381
20.4	რარ-ის მოწყობილობის დანაყენების ანგარიში	385
20.5	სექციის სალტების რარ-ის სქემა;.....	387
20.6	რელეური დაცვის და რარ-ის მოწყობილობების ერთობლივი მუშაობა.	388
21	ენერგოსისტემის სიხშირით ავტომატური განტვირთვა	390
21.1	ზოგადი ცნობები.....	390
21.2	სიხშირის დასაშვები ავარიული შემცირება და აღდგენისათვის საჭირო ღონისძიებები	393
21.3	საგ-ის მოწყობილობების მიმართ წაყენებული მოთხოვნები.....	394
21.4	საგ-ის შესრულების პრინციპები.....	395
21.5	საგ-ის მოქმედების შემდეგ განმეორებითი ავტომატური ჩართვა	397
21.6	საგ-ის და საგჩ-ის სქემები.....	398
22	ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა (ასა)	402
22.1	ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის დანიშნულება	402
22.2	ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის სახეები	403
22.3	ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის შესრულების ძირითადი პრინციპები.....	404

22.4	ასა-ის მოწყობილობების ძირითადი ტექნიკური მოთხოვნები.	405
22.5	აქტიური სიმძლავრის მოზღვავეებისას ელექტროგადაცემის ხაზის განტვირთვის ავტომატიკა.....	409
22.6	ელექტროგადაცემის ხაზის გამორთვისას მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრის ავტომატიკა (მდაა)	417
22.7	ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ავტომატიკა (არლა).....	426
22.7.1	ასინქრონული რეჟიმის ნიშნები.....	426
22.7.2	ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ხერხები	433
22.7.3	ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ავტომატიკის სქემები და პრინციპები.....	435
22.7.4	არლა-ს მოწყობილობა ასინქრონული რეჟიმის ციკლების დათვლით....	439
22.8	სიხშირის აწევის შეზღუდვის ავტომატიკა (საშა)	444
22.9	მაზვის ამალლების შეზღუდვის ავტომატიკა (მაშა).....	447

ა ვ ტ ო რ ი ს ა გ ა ნ

წინამდებარე სახელმძღვანელო შედგება ორი ნაწილისაგან, რომელთაგან პირველი მიმდვნილია ელექტრული სისტემის რელეური დაცვის საკითხებისადმი, ხოლო მეორე კი მოიცავს ენერგოსისტემის ავტომატიზაციის თემას.

სახელმძღვანელოს I ნაწილი შედგება თხუთმეტი თავისაგან. მასში დეტალურად არის განხილული ელექტროგადაცემის ხაზების, ძალოვანი ტრანსფორმატორების, ავტოტრანსფორმატორების, გენერატორების და შემკრები სალტეების რელეური დაცვა. წინგში ვრცლად არის წარმოდგენილი ელექტროსისტემაში დღეისათვის არსებული ყველა სახის ძირითადი და სარეზერვო დაცვები როგორც ელექტრომექანიკურ რელეებზე, ისე ნახევარგამტარული ელემენტების გამოყენებით.

პირველ თავში მოცემული არის ზოგადი ცნობები რელეური დაცვის შესახებ; კერძოდ რელეური დაცვის დანიშნულება; ძირითადი მოთხოვნები რელეური დაცვის მიმართ; რელეური დაცვის ელემენტები; რელეს გამოსახვის ხერხები და სახეობები.

მეორე და მეხუთე თავებში გაშუქებული არის: დენის და ძაბვის ტრანსფორმატორების მუშაობის პრინციპები; მათი ჩანაცვლების სქემები და ვექტორული დიაგრამები; ცდომილებები დენის და ძაბვის ტრანსფორმატორებში და მათი შემცირების ხერხები; დენის და ძაბვის ტრანსფორმატორების შეერთების ტიპური სქემები.

მესამე, მეოთხე, მეექვსე და მეშვიდე თავებში მოცემულია: ელექტროგადაცემის ხაზების მაქსიმალური დენური დაცვა, მაქსიმალური დენური დაცვა ძაბვით ბლოკირებით; დენური მოკვეთა რადიალური და ორმხრივი კვების ხაზებისათვის; მიმართულებიანი დენური დაცვები და ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვა. განხილული არის აღნიშნული დაცვების მოქმედების პრინციპები, სქემები და დაცვის ამუშავების პარამეტრების შერჩევა.

მერვე და მეცხრე თავებში განხილულია ელექტროგადაცემის ხაზების გრძივი და განივი დიფერენციალური დაცვები, მათი მოქმედების პრინციპები და ამუშავების დანაყენის შერჩევა. გაშუქებული არის გრძივი და განივი დიფერენციალური დაცვების პრინციპიალური სქემები, მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

მეათე თავში მოცემულია ელექტროგადაცემის ხაზების დისტანციური დაცვა. დეტალურად არის განხილული: დაცვის დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი; დისტანციური დაცვის ელემენტები და მათი ურთიერთქმედება; დისტანციური რელეების ამუშავების მახასიათებლები და მათი გამოსახვა კომპლექსურ სიბრტყეში; წინაღობის რელეს მუშაობის სიზუსტე და ზუსტი ამუშავების დენი; წინაღობის რელე ნახევარგამტარული ელემენტების გამოყენებით; დისტანციური დაცვის სქემები ელექტრომექანიკურ რელეებზე და ნახევარგამტარებზე; დისტანციური დაცვის დანაყენის შერჩევა.

მეთერთმეტე თავში გაშუქებული არის მაღალსიხშირული დაცვების დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი. დეტალურად არის განხილული დაცვის

მაღალსიხშირული ნაწილი და მაღალსიხშირული არხის ცალკეული ელემენტების დანიშნულება; მოცემული არის: მიმართულებიანი დაცვა მაღალსიხშირული ბლოკირებით; დისტანციური დაცვა მაღალსიხშირული ბლოკირებით და დიფერენციალურ-ფაზური მაღალსიხშირული დაცვა.

მეთორმეტე თავში განხილული არის ძალოვანი ტრანსფორმატორების და ავტოტრანსფორმატორების რელეური დაცვა. დეტალურად არის გაშუქებული: დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი, უბალანსობის დენი ტრანსფორმატორის დიფერენციალური დაცვის სქემაში, ტრანსფორმატორების დიფერენციალური დაცვის სქემები და სამფაზა ტრანსფორმატორის დიფერენციალური დაცვის სრული სქემა. მოცემული არის ტრანსფორმატორის გაზური დაცვა. განხილული არის ტრანსფორმატორების და ავტოტრანსფორმატორების სარეზერვო დაცვები: მაქსიმალური დენური დაცვა, მაქსიმალური დენური დაცვა ძაბვით ბლოკირებით, უკუმდევრობის დენური ფილტრული დაცვა, სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის მიმართული დენური დაცვა, ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვა.

მეცამეტე და მეთოთხმეტე თავებში შესაბამისად გაშუქებულია გენერატორის და შემკრები სალტეების დაცვები. დეტალურად არის განხილული გენერატორის სტატორის და როტორის დაცვების დანიშნულება, მოქმედების პრინციპი და სქემები. მოცემულია: შემკრები სალტეების დაცვის სახეები, სალტეების დიფერენციალური დაცვის ამუშავების დენის შერჩევა და სალტეების დიფერენციალური დაცვის სქემები.

მეთხუთმეტე თავში განხილული არის რელეური დაცვის და ამომრთველის უარის რეზერვირების საკითხები, კერძოდ: რეზერვირების აუცილებლობა, ენერგოსისტემაში გამოყენებადი რეზერვირების ხერხები და ამომრთველის უარის რეზერვირების მოწყობილობის (აურმ) განხორციელების პრინციპი.

წინამდებარე სახელმძღვანელოს II ნაწილი შედგება შვიდი თავისაგან. იგი მოიცავს ინფორმაციას ძაბვისა და რეაქტიული სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების შესახებ, როგორცაა: ალგზნების ავტომატური რეგულირების ძირითადი ფუნქციები; ალგზნების სისტემის ძირითადი ტიპები და ალგზნების რეგულირების ხერხები; ალგზნების ავტომატური ფორსირება და ელმანქანური ალგზნებიანი გენერატორის ალგზნების მოხსნა; ძაბვის ელმაგნიტური კორექტორი; დენური კომპაუნდირების მოწყობილობა; მართვადი ფაზური კომპაუნდირება და ალგზნების ავტომატური რეგულატორები მართვადი ფაზური კომპაუნდირებით.

მეჩვიდმეტე თავში დამუშავებული არის: სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის რეგულირების მოთხოვნები; აქტიური დატვირთვების ხელსაყრელი განაწილების პირობები; სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის რეგულირების მეთოდები; ტურბინის ბრუნვის სიხშირის რეგულატორი; სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის პირველადი ჯგუფური რეგულატორები; სიხშირისა და სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების სისტემა.

სახელმძღვანელოს მეთვრამეტე თავში ვრცლადაა გაშუქებული ავტომატური განმეორებითი ჩართვის საკითხი. კერძოდ, განხილულია აგჩ-ის დანიშნულება და კლასიფიკაცია, ერთჯერადი მოქმედების ელექტრული აგჩ; საჰაერო ამომრთველების ავტომატური განმეორებითი ჩართვა; ორჯერადი ავტომატური განმეორებითი ჩართვა; ერთფაზა ავტომატური განმეორებითი ჩართვა; სამფაზა აგჩ ორმხრივი კვების ხაზებისათვის; სალტეების ავტომატური განმეორებითი ჩართვა.

მეცხრამეტე თავში დამუშავებული არის სინქრონული მანქანების ავტომატური ჩართვის საკითხები, როგორიცაა: გენერატორების თვითსინქრონიზაცია; თვითსინქრონიზაციის ავტომატური და ნახევრადავტომატური მოწყობილობები; ზუსტი სინქრონიზაცია; სინქრონიზატორი წინსწრების მუდმივი კუთხით და სინქრონიზატორი წინსწრების მუდმივი დროით.

სახელმძღვანელოში დამუშავებულია სარეზერვო კვების და მოწყობილობების ავტომატური ჩართვის საკითხები, როგორიცაა: რაჩ-ის მოწყობილობის შესრულების ძირითადი პრინციპები; რაჩის მოწყობილობის სქემები; რაჩ-ის მოწყობილობის დანაყენების ანგარიში; სექციის სალტეების რაჩ-ის სქემა.

ოცდამეერთე თავში განხილულია ენერგოსისტემის სიხშირით ავტომატური განტვირთვის საკითხები, როგორიცაა: სიხშირის დასაშვები ავარიული შემცირება და აღდგენისათვის საჭირო ღონისძიებები. საგ-ის მოწყობილობების მიმართ წაყენებული მოთხოვნები; საგ-ის შესრულების პრინციპები; საგ-ის და საგჩ-ის სქემები.

ბოლო, ოცდამეორე თავში ვრცლად არის გაშუქებული ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის საკითხებიც, მათ შორის: ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის დანიშნულება; ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის სახეები და შესრულების ძირითადი პრინციპები; აქტიური სიმძლავრის მოზღვაებისას ელექტროგადაცემის ხაზის განტვირთვის ავტომატიკა; ელექტროგადაცემის ხაზის გამორთვისას მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრის ავტომატიკა; ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ავტომატიკა; სიხშირის აწევის შეზღუდვის და ძაბვის ამაღლების შეზღუდვის ავტომატიკები.

სახელმძღვანელოში გადმოცემული თეორიული მასალა, როგორც პირველ, ისე მეორე ნაწილში, ფართოდ არის ილუსტრირებული დიაგრამებით, პრინციპიალური სქემებით, ნახაზებით და ცხრილებით.

შემოთავაზებულ სახელმძღვანელოში გათვალისწინებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში “ელექტრული სისტემის რელეური დაცვის საფუძვლების” და „ელექტრული სისტემის სასისტემო ავტომატიკის“ კურსების სწავლების მრავალწლიანი და მდიდარი გამოცდილება. იგი, თავისი მოცულობით და შინაარსით, სრულად შეესაბამება აღნიშნული კურსების სასწავლო პროგრამებს.

ავტორი გამოხატავს დიდ მადლიერებას სს “საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის” ინჟინრების: *ქ. სილაგაძის*, *ვ. ხინთიბიძის*, *ი. მათითაიშვილის*, *ვლ. ყორღანაშვილის* და *ლ. კვაჭაძის* მიმართ სახელმძღვანელოს კომპიუტერული უზრუნველყოფის საქმეში გაწეული დიდი შრომისათვის.

ავტორი დიდ მადლობას უხდის სახელმძღვანელოს რედაქტორს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სრულ პროფესორს, ბ-ნ *შალვა ნაჭყებიას* და რეცენზენტს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სრულ პროფესორს, ბ-ნ *მიხეილ რუხვაძეს* წიგნის რედაქტირებისა და რეცენზირების პროცესში გაწეული დიდი შრომისათვის.

ავტორი მადლიერებით მიიღებს ყველა შენიშვნას და საქმიან წინადადებას.

ნაწილი I

ელექტრონული სისტემის
რელეური დაცვის
საფუძვლები

1.1 რელეური დაცვის დანიშნულება

ელექტრული სისტემის ელემენტები მუდმივად იმყოფებიან ძაბვის ქვეშ. მათზე მუდმივად შეიძლება წარმოიქმნას დაზიანებები და არანორმალური რეჟიმები. დაზიანებები ძირითადად ხასიათდება ძაბვის სიდიდის მნიშვნელოვანი შემცირებით და დენის სიდიდის მკვეთრი ზრდით. დენის სიდიდის მკვეთრი ზრდა იწვევს დამატებითი სითბოს გამოყოფას, სისტემის ელემენტების გადახურებას, რაც მნიშვნელოვნად აზიანებს ელექტრულ დანადგარებს და სხვა ელემენტებს. ხოლო ძაბვის შემცირებამ შეიძლება გამოიწვიოს მომხმარებლების ნორმალური ფუნქციონირების შეწყვეტა. გენერატორების, ელექტრული სადგურების და მთლიანად სისტემის პარალელური მუშაობის მდგრადობის დარღვევა, რაც საბოლოოდ სისტემის სრული ჩაქრობით მთავრდება. ამიტომ განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება დაზიანებული უბნის დროულად აღმოჩენას და მის გამოყოფას დანარჩენი უბნებისაგან. რაც უფრო მალე მოხდება დაზიანებული უბნის გამოყოფა სისტემისაგან, მით უფრო სწრაფად აღდგება მომხმარებლების ელექტრული ენერგიით ნორმალური მომარაგება.

არანორმალური რეჟიმები ძირითადად ხასიათდება სისტემის პარამეტრების (დენი, ძაბვა, სიხშირე) ნომინალური სიდიდეებისაგან გადახრით. რაც უფრო მალე იქნება აღმოჩენილი სისტემის პარამეტრების ნომინალური სიდიდეებისაგან გადახრის შემთხვევები, მით უფრო მალე შეიძლება ავიცილოთ თავიდან არასასიამოვნო შედეგები. თავიდანვე ძირითად მიზანს წარმოადგენდა შექმნილიყო ისეთი მოწყობილობები, რომლებიც შეასრულებდნენ აღნიშნულ ამოცანას. დასაწყისში ამ მიზნებისათვის გამოყენებული იყო დნობადი მცველები. მაგრამ სიმძლავრეების და ძაბვის ზრდის გამო დნობადი მცველები ვეღარ აკმაყოფილებდნენ არსებულ მოთხოვნებს. შემდგომ ეტაპზე დამუშავებული იქნა სქემები და შესაბამისი მოწყობილობები, რომლებიც აღმოაჩენდნენ დაზიანებულ უბნებს და ავტომატურად გამოყოფდნენ მათ დანარჩენი უბნებისაგან. აღნიშნულ სქემებში გამოყენებული იყო რელეები, რის გამოც ამ დისციპლინას ეწოდა რელეური დაცვა.

რელეური დაცვის დანიშნულებაა დროულად აღმოაჩინოს დაზიანებული ელემენტი და მოახდინოს მისი სწრაფი გამოყოფა დანარჩენი ნაწილებისაგან, რითაც სისტემის დანარჩენ უბნებს ავტომატურად აღუდგება ელექტრული ენერგიის ნორმალური მიწოდება. რელეურმა დაცვამ უნდა გამორთოს მხოლოდ დაზიანებული

უბანი და არ უნდა იმოქმედოს მაშინ, როცა მისი მოქმედება საჭირო არ არის. რელეური დაცვა ელექტრული ავტომატიკის განუყოფელი ნაწილია. მის გარეშე წარმოუდგენელი არის ელექტრული სისტემის ნორმალური ფუნქციონირება.

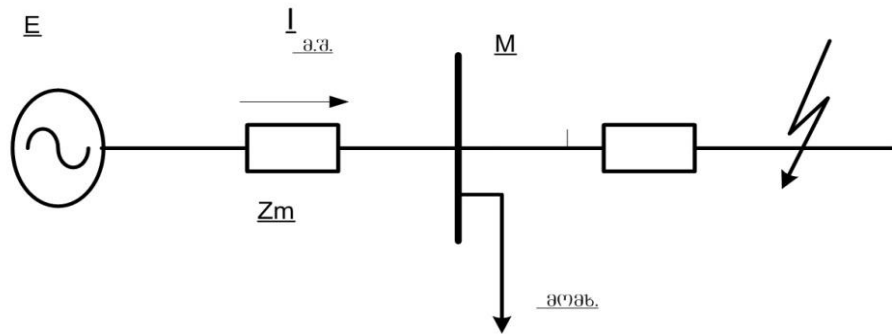
ვინაიდან დაცვის მოქმედების შემდეგ ელექტროსისტემას რაც შეიძლება სწრაფად უნდა აღუდგეს ნორმალური მუშაობის პირობები, ამიტომ რელეური დაცვა მჭიდროდ არის დაკავშირებული ელექტროავტომატიკის ისეთ მოწყობილობებთან, როგორიცაა ავტომატური განმეორებითი ჩართვა (ა.გ.ჩ.), ელექტრულ სადგურებში სარეზერვო გენერაციის წყაროების ავტომატური ჩართვა (რ.ა.ჩ.) და სიხშირით ავტომატური განტვირთვა (ს.ა.გ.). აღნიშნული მოწყობილობები და მათთან რელეური დაცვის კავშირი შემდგომში განხილული იქნება ცალკე.

1.2 დაზიანებები ელექტრულ დანადგარებში

ელექტრულ დანადგარებში დაზიანებები ძირითადად განპირობებულია მოკლედ შერთვებით ფაზებს შორის და ფაზებსა და მიწას შორის. გენერატორებსა და ტრანსფორმატორებში დაზიანებები შეიძლება გამოიწვიოს ხვრებს შორის მოკლედ შერთვებმაც. დაზიანების ძირითად მიზეზს წარმოადგენს იზოლაციის რღვევა, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს იზოლაციის დაძველებით, გადაძაბვებით, მექანიკური დაზიანებებით, პერსონალის არასწორი მოქმედებით, კონსტრუქციის დეფექტით და ა.შ.

როგორც ზემოთთქმულიდან ჩანს, დაზიანების წარმოქმნის დროს შეიძლება თავი იჩინოს მოწყობილობის მასალის უხარისხობამ, პროექტირების დროს დაშვებულმა შეცდომებმა, ქარხანაში მოწყობილობის დამზადების დროს შეუმჩნეველმა დეფექტებმა, სამონტაჟო მასალის უხარისხობამ, არასწორად შესრულებულმა სამონტაჟო-გაწყობითმა სამუშაოებმა, აგრეთვე დანადგარის არასწორმა ექსპლუატაციამ. ამრიგად არ შეიძლება ითქვას, რომ დანადგარის დაზიანება გარდაუვალია და არც იმის უგულვებელყოფა შეიძლება, რომ დანადგარის დაზიანება არ მოხდება. დაზიანების წარმოქმნის დროს გენერატორის ელექტრომამოძრავებელი ძალა ჩართული აღმოჩნდება მცირე წინაღობის წრედში, რაც თავისთავად იწვევს დენის სიდიდის მნიშვნელოვან გაზრდას. აღნიშნულ დენს მოკლედ შერთვის დენს უწოდებენ.

დამიწებულ ნეიტრალიან სისტემებში ცნობილია მოკლედ შერთვის შემდეგი სახეები: სამფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვა, ორფაზა და ერთფაზა მოკლედ შერთვა მიწასთან. იზოლირებულ ნეიტრალიან სისტემებში გვაქვს ერთი ფაზის დამიწება, ხოლო ორი ფაზის დამიწება იწვევს ორფაზა მოკლედ შერთვას. მოკლედ შერთვის დროს მოკლედ შერთვის დენის გავლა სისტემის ელემენტებში იწვევს ძაბვის ვარდნის მნიშვნელოვან გაზრდას, რის გამოც გენერატორის მომჭერებზე და სისტემის კვანძებში ადგილი აქვს ძაბვის შემცირებას (ნახ. 1.1).



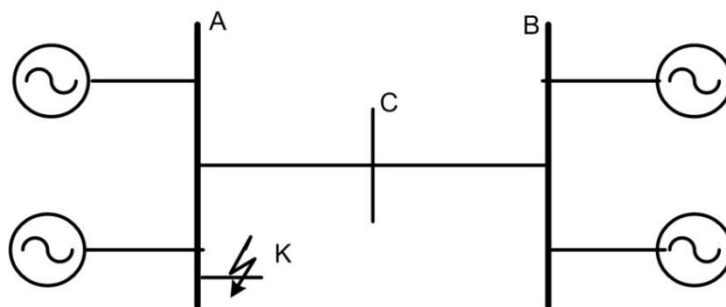
ნახ. 1.1

$$U_m = E - I_{\text{ფ}} Z_m \quad (1.1)$$

მოკლედ შერთვის შედეგად ადგილი აქვს შემდეგ უარყოფით მოვლენებს:

1. მოკლედ შერთვის დენის გავლის შედეგად, ჯოულ-ლენცის კანონის თანახმად, გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა $Q = K \cdot I_{\text{ფ}}^2 \cdot r \cdot t$; ე.ი. რაც უფრო დიდია მოკლედ შერთვის დენის სიდიდე და დენის გავლის ხანგრძლივობა, მით უფრო დიდია გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა. გამოყოფილი სითბო და ელექტრული რკალი იწვევენ დაზიანებული ელემენტის ნგრევას და მისი მასშტაბები მით უფრო დიდია, რაც უფრო დიდხანს გრძელდება პროცესი.

2. კვანძებში ძაბვის შემცირება იწვევს ელექტრული ენერგიის მომხმარებლის ძირითადი კატეგორიის-ასინქრონული ძრავების ბრუნთა რიცხვის შემცირებას და რაც უფრო ეცემა ძაბვა, მით უფრო მუხრუჭდება ძრავი $M_{\text{ფრ}} = K \cdot U_{\text{ფ}}^2$, რასაც მივყავართ ძრავის გაჩერებამდე, ანუ მომხმარებლის სრულ ჩაქრობამდე. ძაბვის შემცირება ასევე შლის მე-2 კატეგორიის მომხმარებლის (განათების სისტემის მოწყობილობები) ფუნქციონირებას. ძაბვის სიდიდეზე ასევე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული მომხმარებლის მე-3 კატეგორია (გამომთვლელი მანქანები, კომპიუტერული სისტემები). ძაბვის მკვეთრი დაცემისას მათი მუშაობის პროცესი წყდება. ბოლოს კი, ძაბვის მკვეთრად შემცირებამ შეიძლება გამოიწვიოს როგორც ცალკეული გენერატორების და ელექტროსადგურების, აგრეთვე მთლიანად ელექტრული სისტემების პარალელური მუშაობის დარღვევა, ფუნქციონირების შეწყვეტა. აღნიშნული პროცესი განვიხილოთ ნახ. 1.2-ის მაგალითზე.



ნახ. 1.2

ამ ნახაზზე A და B ელექტროსადგურები მუშაობენ პარალელურად ელექტრულ სისტემაში C მომხმარებელთან ერთად. ვთქვათ A ელექტროსადგურის სალტებთან ახლოს მოხდა სამფაზა მოკლედ შერთვა; მაშინ A ელექტროსადგურის სალტებზე ძაბვა ეცემა ნულამდე, რის გამოც აღნიშნული სადგურის გენერატორების ელექტრული დატვირთვის მიერ შექმნილი მომენტი ტოლი ხდება ნულის და გენერატორები იხსნა ტვირთს, ხოლო ტურბინის მიერ განვითარებული მექანიკური მომენტი და სიძლავრე რჩება მუდმივი, რის გამოც ირღვევა წონასწორობა მექანიკურ და ელექტრულ მომენტებს შორის. მექანიკური მომენტის სიჭარბის გამო გენერატორები აჩქარდებიან, რაც შეიძლება მათი სინქრონიზმიდან ამოვარდნით დამთავრდეს. მით უმეტეს, რომ ტურბინის სიჩქარის რეგულატორი მუშაობს დიდი ინერციით, ვერ ასწრებს აჰყვეს დროში გენერატორის აჩქარების პროცესს და შეაჩეროს გენერატორის აჩქარება.

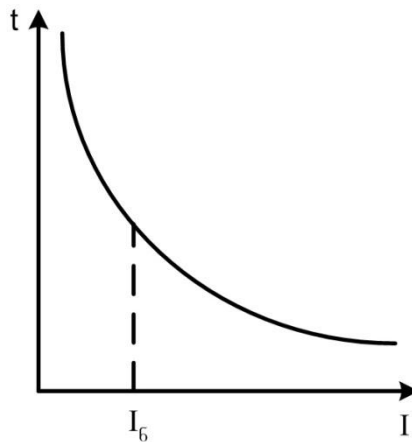
რაც შეეხება B ელექტროსადგურს, იგი დაშორებულია მოკლედ შერთვის წერტილისაგან. ამიტომ მის მომჭერებზე ძაბვა ნომინალურს უახლოვდება; გენერატორები მუშაობენ ჩვეულებრივი დატვირთვით, მაგრამ B ელექტროსადგური იძულებული არის მთელი სისტემის დატვირთვა აიღოს თავის თავზე, რის გამოც ადგილი აქვს B ელექტროსადგურის გენერატორების დამუხრუჭებას, რაც მთავრდება B ელექტროსადგურში გენერატორების გამორთვით გადატვირთვის გამო. ამრიგად, საბოლოოდ ადგილი აქვს სისტემის სრულ ჩაქრობას.

ყოველივე ზემოთთქმულიდან გამომდინარე აუცილებელია, დაზიანებული უბნის სწრაფი ლოკალიზაცია დანარჩენი უბნებისაგან.

1.3 არანორმალური რეჟიმები

არანორმალური რეჟიმები ხასიათდება ელექტრული პარამეტრების (დენი, ძაბვა, სიხშირე) გადახრით ნომინალური სიდიდისაგან. დანადგარში ნომინალურზე მეტი სიდიდის დენის გავლისას ადგილი აქვს სითბოს დამატებით გამოყოფას, რაც იწვევს მის გადახურებას და გარკვეული დროის გავლის შემდეგ თავს იჩენს იზოლაციისათვის და თვითონ დანადგარის ექსპლუატაციისათვის მძიმე შედეგები, რაც შეიძლება მოწყობილობის დაზიანებით დამთავრდეს. დროის ის მნიშვნელობა, რომელიც დასაშვებია მოცემულ ელემენტში ნომინალურზე მეტი სიდიდის დენის გავლის შემთხვევაში განისაზღვრება შემდეგი დიაგრამით (ნახ.1.3). ყოველი ელემენტისათვის განსაზღვრული არის მისი გადატვირთვის შემთხვევაში დასაშვები დროის გარკვეული ხანგრძლივობა.

იმისათვის რომ თავიდან ავიცილოთ დანადგარის დაზიანება, საჭიროა მივიღოთ ზომები მისი განტვირთვისათვის. იმ შემთხვევაში, თუ დანადგარის განტვირთვა შეუძლებელია, საჭირო არის დანადგარი დაუყოვნებლივ გამოირთოს.



ნახ. 1.3

სიხშირის გადახრისას ნომინალური სიდიდიდან (50 ჰც), მაგალითად შემცირების დროს, ადგილი აქვს მბრუნავი მექანიზმების წარმადობის შემცირებას, რაც გავლენას ახდენს მომხმარებლის მუშაობაზე, ხოლო სიხშირის მნიშვნელოვნად შემცირების შემთხვევაში ადგილი აქვს ელექტრული სისტემის მდგრადი მუშაობის დარღვევას და სისტემის დაშლას. აღნიშნული პროცესები შეიძლება განვითარდეს, თუ მოულოდნელად გამოირთვება ერთი ან რამოდენიმე გენერატორი და სისტემაში შეიქმნება აქტიური სიმძლავრის მკვეთრი დეფიციტი. ეს იწვევს მუშაობაში დარჩენილი გენერატორების გადატვირთვას, მათ დამუხრუჭებას, სიხშირის ზეგავისებურად დაცემას, რაც სისტემის დაშლით მთავრდება.

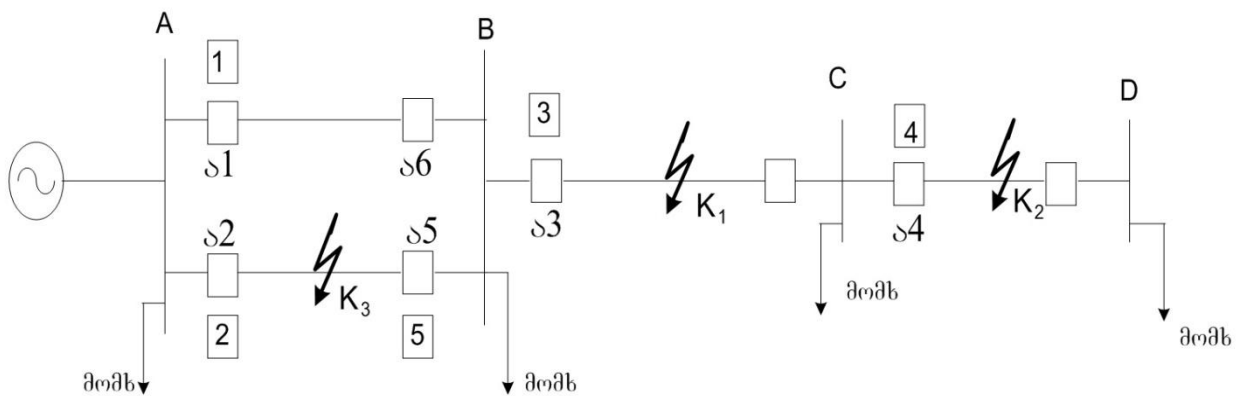
სიხშირის აწევის შემთხვევაში ადგილი აქვს გენერატორების ბრუნთა რიცხვის გაზრდას საშიშ მნიშვნელობამდე, რაც გენერატორის სინქრონიზმიდან ამოვარდნით შეიძლება დამთავრდეს („გენერატორის გაქცევა“).

ძაბვის ნომინალურ მნიშვნელობაზე ზევით აწევის შემთხვევაში ადგილი აქვს ელექტრომაგნიტური ძალის გაზრდას, რამაც შეიძლება გადამაბეზები და გენერატორების დაზიანება გამოიწვიოს. ძაბვის აწევას ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც გენერატორი ტვირთს იხსნის. ასეთ დროს საჭიროა ავზნების დენის შემცირება, რაც თავიდან აგვაცილებს არასასურველ შედეგებს.

ყველა ზემოთ აღნიშნული არანორმალური რეჟიმის დროს უნდა იმოქმედოს რელეური დაცვის მოწყობილობებმა და ჩართოს გამაფრთხილებელი სიგნალიზაცია (შესაბამისად აინთება მართვის ფარზე წარწერა „გადახრა ნორმალური პარამეტრებიდან“), ან გამორთოს დანადგარი გარკვეული დროის დაყოვნებით.

1.4 ძირითადი მოთხოვნები რელეური დაცვის მიმართ

1. **სელექციურობა** - ანუ არჩევითობა წარმოადგენს რელეური დაცვის ძირითად მოთხოვნას. რელეურმა დაცვამ უნდა იმოქმედოს მხოლოდ საჭიროების შემთხვევაში და გამორთოს დანადგარი, ხოლო არ იმოქმედოს იმ შემთხვევაში, როცა მისი მოქმედება საჭირო არ არის. განვიხილოთ შემდეგი სქემა (ნახ. 1.4):



ნახ. 1.4

დავუშვათ, მოკლედ შერთვა BC უბანზე K_1 წერტილში. ასეთ შემთხვევაში უნდა იმოქმედოს BC უბნის №3 დაცვამ და გამორთოს მე-3 ამომრთველი; ხოლო თუ დაზიანება არის CD უბანზე K_2 წერტილში, მაშინ უნდა იმოქმედოს №4 დაცვამ და გამორთოს მე-4 ამომრთველი. თუ K_2 წერტილში მოკლედ შერთვის დროს იმოქმედებს №3 დაცვა და გამორთავს მე-3 ამომრთველს, მაშინ დაცვის ასეთი მოქმედება იქნება არასელექციური. თუ მოკლედ შერთვა არის K_3 წერტილში, მაშინ უნდა იმოქმედონ №2 და №5 დაცვებმა და გამორთონ მე-2 და მე-5 ამომრთველები. დაცვების ასეთი მოქმედება არის სელექციური, ანუ ამ დროს A, B, C და D ქვესადგურების ყველა მომხმარებელი ინარჩუნებს ელექტრომომარაგებას. აღნიშნული მიიღწევა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ AB უბანზე მუშაობაშია ორი გადამცემი ხაზი.

როგორც ჩანს სელექციურობა არის რელეური დაცვისადმი წაყენებული ძირითადი მოთხოვნა. ქვემოთ განხილული იქნება ისეთი შემთხვევები, როდესაც ნებადართულია რელეური დაცვის არასელექციური მოქმედება.

2. სწრაფმოქმედება. რელეურმა დაცვამ რაც შეიძლება სწრაფად უნდა გამორთოს დაზიანებული დანადგარი, რითაც მნიშვნელოვნად შემცირდება მოწყობილობის დაზიანების მასშტაბები. ამავე დროს მით უფრო წარმატებით განხორციელდება განმეორებითი ავტომატური ჩართვა (ა.გ.ჩ.); მით უფრო შემცირებული იქნება დროის ის ხანგრძლივობა, რომლის განმავლობაში ადგილი აქვს მომხმარებლის სალტეებზე ძაბვის დაცემას; მით უფრო დიდია სისტემის პარალელური მუშაობის მდგრადობის შენარჩუნების ალბათობა. ზემოთ ჩამოთვლილიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია ბოლო პირობა.

მოკლედ შერთვის შემთხვევაში გამორთვის დასაშვები დრო სისტემის მდგრადობის პირობიდან გამომდინარე, დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე, მათ შორის მთავარია გენერატორის სალტეებზე და სისტემის მოცემულ კვანძებში ნარჩი ძაბვის სიდიდე. თუ განსახილველ წერტილში მოკლედ შერთვის დროს სისტემის მოცემულ კვანძებში ნარჩი ძაბვა ნაკლებია ნომინალური ძაბვის 60%-ზე, ანუ $0.6U_{\text{ნომ}}$ -ზე, მაშინ აუცილებელია, სწრაფად გამოირთოს მოცემული ელემენტი. ნორმებით დადგენილია, რომ 330-500 კვ-ის ქსელში მოკლედ შერთვის გამორთვის დასაშვები

დრო შეადგენს 0.1-0.15 წმ-ს; 110-220 კვ-ის ქსელში შეადგენს - 0.15-0.3 წმ-ს; უფრო დაბალი ძაბვის ქსელში შეადგენს - 1.5-3 წმ-ს.

აღნიშნული განპირობებულია იმით, რომ დაბალი ძაბვის ქსელში მოკლედ შერთვა გავლენას ვერ ახდენს სისტემის მდგრადობაზე. მოკლედ შერთვის გამორთვის დრო შედგება ორი მდგენელისაგან:

1. დაცვის მოქმედების დრო;
 2. ამომრთველის გამორთვის საკუთარი დრო;
- ე.ი. გვაქვს

$$t_{\text{გამ}} = t_{\text{დაც.}} + t_{\text{ამომრ.}} \quad (1.2)$$

რომ შევამციროთ მოკლედ შერთვის გამორთვის დრო საჭიროა, შევამციროთ თითოეული მდგენელი. თანამედროვე დაცვების მოქმედების დრო შეადგენს 0.02-0.04 წმ-ს, ხოლო ამომრთველის გამორთვის საკუთარი დრო შეადგენს 0.06-0.15 წმ-ს.

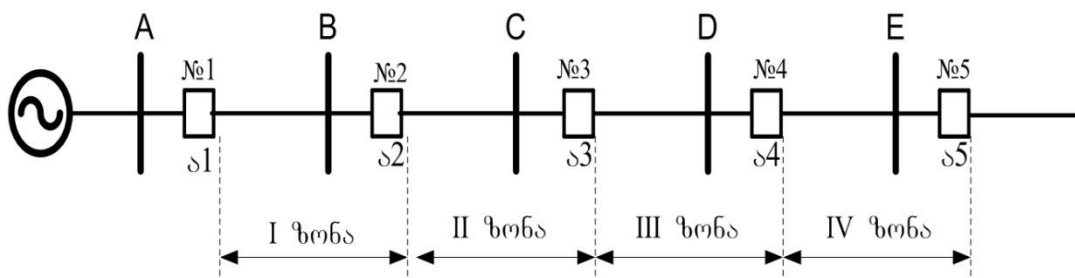
რელეური დაცვის პრინციპების და ტიპების შერჩევის დროს უნდა ჩატარდეს სპეციალური გაანგარიშებები და განისაზღვროს, თუ რა სახის დაცვა უნდა იყოს შერჩეული მოცემული დანადგარისათვის. სწრაფმოქმედი დაცვის შერჩევისათვის ორი ძირითადი პირობა არსებობს:

1. დინამიური მდგრადობის ანგარიშის საფუძველზე უნდა დადგინდეს ის ზღვრული დრო, რომლის განმავლობაშიც უნდა გამოირთოს მოცემული ელემენტი, რათა შენარჩუნებულ იქნას სისტემის პარალელური მუშაობა. თუ აღნიშნული დრო ნაკლებია ან ტოლია 0.2 წმ-ზე, მაშინ აუცილებელია მოცემული ელემენტისათვის სწრაფმოქმედი დაცვის განხორციელება.

2. თუ მოცემულ წერტილში მოკლედ შერთვის დროს ნარჩი ძაბვა სისტემის მეზობელ კვანძებში შეადგენს $0.6U_{\text{ნომ}}$ -ზე ნაკლებს, მაშინ აუცილებელია მოცემულ ელემენტზე განხორციელდეს სწრაფმოქმედი დაცვა.

სელექციურობის და სწრაფმოქმედების ერთდროული განხორციელება ძირითადი მოთხოვნაა და მათი შესრულების შემთხვევაში რთულდება რელეური დაცვის სქემა და იზრდება მისი ღირებულება. ამიტომ აღნიშნული სახის დაცვები გამოიყენება მისი განხორციელების აუცილებლობის შემთხვევაში სისტემის მდგრადობის მოთხოვნიდან გამომდინარე. ადგილი აქვს შემთხვევებს, როცა მოცემული ელემენტის დასაცავად გამოიყენებენ მარტივ სწრაფმოქმედ დაცვებს, ხოლო მას შემდეგ რაც არასელექციურად გამოირთვება დასაცავი ელემენტი, აღნიშნული დაცვის არასწორი მოქმედება გამოსწორებული იქნება ავტომატური განმეორებითი ჩართვით (ა.გ.ჩ.).

3. **მგრძნობიარობა.** იმისათვის რომ რელეურმა დაცვამ მოკლედ შერთვის დროს ელექტრული პარამეტრების (დენი, ძაბვა და ა.შ.) ყოველგვარ ცვლილებაზე მოახდინოს რეაგირება, მას უნდა გააჩნდეს განსაზღვრული მგრძნობიარობა აღნიშნული პარამეტრების მიმართ მისი მოქმედების ზონისათვის დადგენილ ზღვრებში. განვიხილოთ სქემა (ნახ. 1.5).



ნახ. 1.5

ყოველმა დაცვამ უნდა იმოქმედოს მხოლოდ მისთვის დადგენილი ზონის ფარგლებში. მაგალითად: №1 დაცვამ უნდა იმოქმედოს მხოლოდ I ზონის ფარგლებში; №2 დაცვამ - II ზონის ფარგლებში და ა.შ., და გამორთოს მხოლოდ დაზიანებული უბანი. ამავე დროს №1 დაცვამ უნდა იმოქმედოს BC უბანზე მოკლედ შერთვის დროს, რომელიც წარმოადგენს №2 დაცვის მოქმედების ზონას. №1 დაცვის მოქმედებას BC უბანზე მოკლედ შერთვის დროს ეწოდება შორეული რეზერვირება. შორეული რეზერვირება აუცილებელია მოკლედ შერთვის გამორთვისათვის BC უბანზე მოკლედ შერთვის დროს, როცა უბანზე არ იმოქმედებს №2 დაცვა, ან არ გამოირთვება ამომრთველი ა2 (დაცვის მოქმედების შემდეგ); მეზობელი უბნის რეზერვირება წარმოადგენს რელეური დაცვის მნიშვნელოვან მოთხოვნას. თუ აღნიშნული მოთხოვნა არ შესრულდება, მაშინ BC უბანზე მოკლედ შერთვის დროს და ა2 ამომრთველის არ გამორთვის პირობებში, დაზიანება დარჩება გამოურთველი და მთელ ქსელში შეწყდება მომხმარებლების ნორმალური ფუნქციონირება. №1 დაცვას არ მოეთხოვება იმოქმედოს III ზონაში (CD უბანი) მოკლედ შერთვის დროს, რადგანაც ასეთ დროს (არ იმოქმედა №3 დაცვამ, ან არ გამოირთო ა3 ამომრთველი) უნდა იმოქმედოს №2 დაცვამ. ერთდროულად უარი თქვას ორივე დაცვამ (№2 და №3) ნაკლებად სავარაუდოა, ამიტომ ასეთი შემთხვევები არ განიხილება.

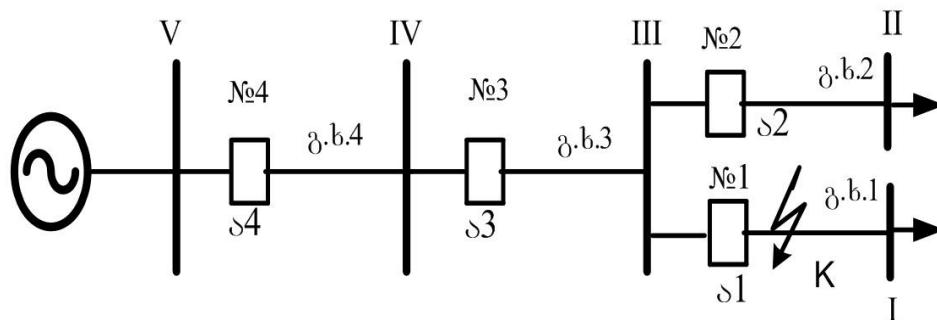
ზოგიერთი ტიპის დაცვა თავისი მოქმედების პრინციპიდან გამომდინარე არ მოქმედებს I ზონის იქით მოკლედ შერთვის დროს. ასეთი დაცვების მგრძნობიარობამ უნდა უზრუნველყოს დაცვის საიმედო მუშაობა I ზონის ფარგლებში. ასეთ დროს მომდევნო უბანზე რეზერვირების უზრუნველყოფის მიზნით დამატებით იდგმება დაცვა, რომელსაც სარეზერვო ეწოდება.

რელეური დაცვის დანიშნულებაა იმოქმედოს არა მარტო მეტალური მოკლედ შერთვის დროს, არამედ მაშინაც როცა მოკლედ შერთვის ადგილზე ჩნდება რკალი, ანუ იმ შემთხვევაშიც, როცა მოკლედ შერთვის დენის სიდიდე ნაკლებია მოკლედ შერთვის დენის შესაძლო მაქსიმალურ მნიშვნელობაზე. ამრიგად აუცილებელია რელეურ დაცვას გააჩნდეს საჭირო მგრძნობიარობა. მის დასახასიათებლად შემოგვაქვს მგრძნობიარობის კოეფიციენტის მცნება. მგრძნობიარობის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{\text{გრ.}} = \frac{I_{\text{გრ.მინ.}}}{I_{\text{ლა}}} \quad (1.3)$$

სადაც $I_{\text{გრ.მინ.}}$ - არის მოკლედ შერთვის დენის ის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც გადის დასაცავ ელემენტში მინიმალურ რეჟიმში; ხოლო $I_{\text{ლა}}$ არის დაცვის დამკრის დენის სიდიდე, ანუ დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე.

4. **იმედიანობა** ნიშნავს, რომ დაცვამ აუცილებლად უნდა იმოქმედოს, როცა მოკლედ შერთვაა მისთვის დადგენილი დაცვის ზონის ფარგლებში და არ უნდა იმოქმედოს, არასწორად სხვადასხვა რეჟიმში, როცა მისი მოქმედება გათვალისწინებული არაა. რელეური დაცვის იმედიანი მუშაობა ძალიან მნიშვნელოვანია. დაცვის უარის ან არასწორი მოქმედების დროს ყოველთვის დამატებით გამორთვებს აქვს ადგილი. მაგალითად K წერტილში მოკლედ შერთვის დროს (ნახ.1.6) და №1 დაცვის უარის შემთხვევაში იმუშავებს დაცვა №3, რის შედეგადაც გამორთვება ქვესადგურები II და III, ხოლო ნორმალურ რეჟიმში №4 დაცვის არასწორად მუშაობის და ა4 ამომრთველის გამორთვის შედეგად ელექტრომომარაგება შეუწყდებათ I, II, III და IV ქვესადგურებს; ამრიგად არასაიმედო დაცვა თვითონ შეიძლება გახდეს ავარიის წყარო.



ნახ. 1.6

დაცვის იმედიანობა მიიღწევა სქემის სიმარტივით, მასში მონაწილე რელეების და კონტაქტების რაოდენობის შემცირებით, დამზადებული რელეს, სამონტაჟო მასალის, შესრულებული სამონტაჟო და გაწყობითი სამუშაოების, აგრეთვე ექსპლუატაციის პერიოდში ტექნიკური მომსახურების მაღალი ხარისხით.

საქართველოს ელექტროსისტემაში რელეური დაცვის განხორციელების ზოგადი პრინციპები რეგლამენტირებულია „ელექტროდანადგარების ტექნიკური მოწყობის წესებით“, ხოლო რელეური დაცვის ტიპიური სქემები და ანგარიშები - „რელეური დაცვის სახელმძღვანელო მითითებებით“.

1.5 დაცვის ელემენტები, რელე და რელეს სახეობები

ჩვეულებრივ რელეური დაცვის მოწყობილობა შედგება რამოდენიმე რელესაგან, რომლებიც ერთმანეთს გარკვეული სქემით უკავშირდება.

რელე ავტომატური მოწყობილობაა, რომელიც მოქმედებაში მოდის (ამუშავდება) მასზე მომქმედი სიგნალის განსაზღვრული მნიშვნელობის დროს.

რელეურ დაცვაში გამოყენებულია:

- კონტაქტიანი ელექტრომაგნიტური რელეები;
- უკონტაქტო რელეები ნახევრადგამტარულ ან ფერომაგნიტურ ელემენტებზე.

პირველი სახის რელეებში კონტაქტი გაიხსნება ან შეიკვრება, მეორეში კი - შემავალი სიგნალის განსაზღვრული მნიშვნელობის დროს ნახტომისებურად იცვლება გამომავალი სიგნალი.

თითოეული დაცვის მოწყობილობა და შესაბამისად სქემა შედგება ორი ნაწილისაგან: ინფორმაციის შემგრძნობი ორგანო და ლოგიკური ნაწილი. ინფორმაციის შემგრძნობი ორგანო წარმოადგენს ძირითად ნაწილს. იგი შედგება ძირითადი რელეებისაგან, რომლებიც განუწყვეტლივ იღებენ ინფორმაციას დასაცავი ელემენტის შესახებ და რეაგირებენ დაზიანებებზე ან არანორმალურ რეჟიმებზე და შესაბამის ბრძანებას გადასცემენ დაცვის ლოგიკურ ნაწილს.

დაცვის ლოგიკური ნაწილი (ოპერატიული) წარმოადგენს დამხმარეს. იგი იღებს ბრძანებებს ინფორმაციის შემგრძნობი ორგანოდან და თუ მათი თანმიმდევრობა და შეთანწყობა შეესაბამება პროგრამაში ჩადებულს, განახორციელებს წინასწარ გათვალისწინებულ ოპერაციებს და გასცემს მართვის იმპულსს ამომრთველის გამორთვაზე. ლოგიკური ნაწილი შეიძლება შესრულდეს როგორც ელექტრომექანიკური რელეებით, ისე ნახევრადგამტარული ელემენტებით.

აღნიშნული დანაწილების შესაბამისად, რელეებიც იყოფიან ორ ჯგუფად: ძირითადი - რომლებიც რეაგირებენ დაზიანებებზე და დამხმარე - რომლებიც მოქმედებენ პირველიდან მიღებული ბრძანების შესაბამისად და გამოყენებულნი არიან ლოგიკურ ნაწილში.

დაზიანების წარმოქმნის ნიშნად შეიძლება გამოვიყენოთ დენის მნიშვნელოვნად გაზრდა, ძაბვის შემცირება და დასაცავი უბნის წინააღობის შემცირება. აღნიშნულის შესაბამისად ინფორმაციის შემგრძნობად გამოიყენება: დენის, ძაბვის და წინააღობის რელეები. აღნიშნულ რელეებთან შეთანწყობით ხშირად გამოიყენება სიმძლავრის რელე, რომელიც რეაგირებს მოკლედ შერთვის სიმძლავრის სიდიდეზე და მიმართულებაზე (ნიშანზე) იმ წერტილში, სადაც დადგმული არის დაცვის მოწყობილობა.

რელეებს, რომლებიც მოქმედებენ ელექტრული პარამეტრის გაზრდის შემთხვევაში ეწოდებათ მაქსიმალური რელეები, ხოლო რელეებს, რომლებიც ელექტრული პარამეტრის სიდიდის შემცირების შემთხვევაში მუშაობენ - მინიმალური რელეები.

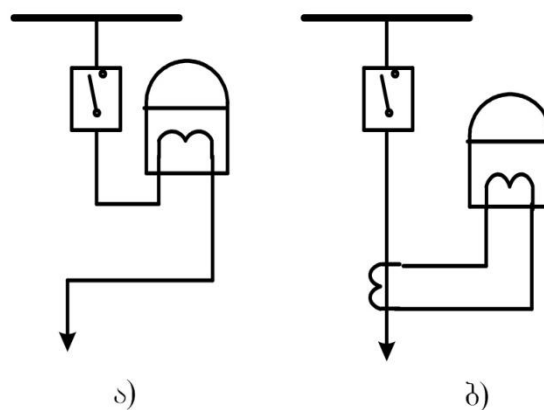
არანორმალური რეჟიმებისაგან დასაცავად, ისე როგორც მოკლედ შერთვებისაგან დასაცავად, გამოიყენება დენის და ძაბვის რელეები. გარდა ამისა გამოიყენება რიგი სპეციალური რელეები, მაგალითად: სიხშირის რელე, რეაგირებს სიხშირის დაუშვებელ სიდიდემდე დაცემის, ან გაზრდის დროს; თბური რელე, რეაგირებს გადატვირთვის დენით გამოყოფილი სითბოს მომატებაზე და სხვა.

დამხმარე რელეებს მიეკუთვნებიან: დროის რელე, რომელიც ემსახურება დაცვის მოქმედების დაყოვნებას; მაჩვენებლიანი რელე, რომელიც აფიქსირებს დაცვის მოქმედებას და იძლევა სიგნალს; შუალედური რელე, რომელიც იღებს ბრძანებას ძირითადი რელეებისაგან და გადასცემს მას ამომრთველების გამორთვის კოჭას, აგრეთვე ახორციელებს დაცვის ელემენტებს შორის ურთიერთკავშირს.

ყოველი რელე შედგება ორი ელემენტისაგან: ინფორმაციის მიმღები და შემსრულებელი. ელექტრომექანიკურ რელეებში ინფორმაციის მიმღებ ელემენტს წარმოადგენს გრაგნილი, რომელიც იკვებება დასაცავი ელემენტის დენით ან ძაბვით (დენის რელე ან ძაბვის რელე), ხოლო შემსრულებელ ელემენტს წარმოადგენს მოძრავი სისტემა, რომელიც გადაადგილდება ინფორმაციის მიმღები ელემენტის მიერ შექმნილი ძალების ზემოქმედებით და რეაგირებს რელეს კონტაქტებზე, აიძულებს მათ შეიკრას ან გაიხსნას.

1.6 რელეს ჩართვის ხერხები

რელეს გრაგნილი შეიძლება ჩაირთოს ქსელის დენის ან ძაბვის წრედში უშუალოდ, ან გამზომი დენის და ძაბვის ტრანსფორმატორის საშუალებით (გავლით). პირველს უწოდებენ პირველადი ჩართვის რელეს, ხოლო მეორე ტიპის რელეებს - მეორადი ჩართვის რელეს (ნახ. 1.7). გაცილებით უფრო გავრცელებულია მეორადი ჩართვის რელეები, რომლის უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ იგი იზოლირებულია მაღალი ძაბვისაგან, დაცილებულია დასაცავი ელემენტებისაგან გარკვეული მანძილით და შეიძლება შესრულდეს სტანდარტულ დენზე (5 ან 1 ამპერი) და ძაბვაზე (100 ვოლტი), პირველადი დენისა და ძაბვისაგან დამოუკიდებლად.



ნახ. 1.7 დენური რელეების ჩართვის ხერხები: (ა) პირველადი ჩართვა, (ბ) მეორადი ჩართვა.

პირველადი რელეების უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ მათი ჩართვისთვის საჭირო არაა გამზომი ტრანსფორმატორები, ოპერატიული დენის წყარო და საკონტროლო კაბელები. პირველადი ჩართვის რელეები გამოიყენებიან 3-6-10კვ-ის ქსელის ელემენტების დასაცავად, სადაც რელეური დაცვა განხორციელებულია გამარტივებული სქემებით, უშუალოდ დენისა და ძაბვის რელეებით. ყველა დანარჩენ შემთხვევებში გამოიყენება მეორადი ჩართვის რელეები.

2.1 დენის ტრანსფორმატორები და მათი ცდომილება

დენის ტრანსფორმატორი წარმოადგენს რელეური დაცვის დენური წრედების კვებისათვის აუცილებელ ელემენტს. მისი საშუალებით რელეური დაცვის ინფორმაციის შემგრძნობი ორგანო იღებს ინფორმაციას დენის ცვლილების შესახებ. დენის ტრანსფორმატორის სტრუქტურული სქემა, ჩანაცვლების სქემა და ვექტორული დიაგრამა ნაჩვენებია ნახ. 2.1-ზე.

დენის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილი ჩართულია დასაცავი ელემენტის წრედში მიმდევრობით, ხოლო მეორად გრაგნილზე მიერთებულია დატვირთვა (გამზომი ხელსაწყოები და რელეები)

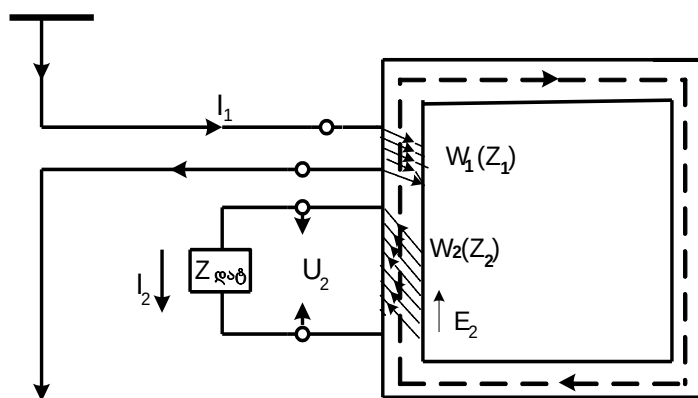
პირველად და მეორად გრაგნილებში გამავალი დენები I_1 და I_2 აღძრავენ დამამაგნიტებელ ძალებს (F_1 და F_2), რომლებიც წარმოქმნიან Φ_1 და Φ_2 მაგნიტურ ნაკადებს. Φ_1 და Φ_2 მაგნიტური ნაკადები იკვრებიან დენის ტრანსფორმატორის გულარაში და წარმოქმნიან რეზულტიურ Φ_Σ მაგნიტურ ნაკადს. შეიძლება დავწეროთ, რომ

$$I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2 = I_{\text{ღმ}} \cdot W_1 \quad (2.1)$$

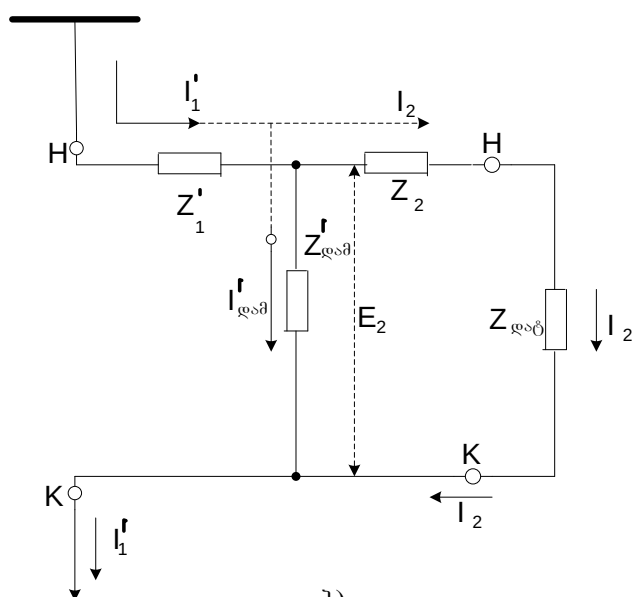
$$\text{ანუ} \quad \Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_\Sigma$$

რეზულტიური მაგნიტური ნაკადი Φ_Σ გადაკვეთს ტრანსფორმატორის პირველად და მეორად გრაგნილებს და მეორად გრაგნილში წარმოქმნის ელექტრომომძრავებელ ძალას E_2 ; რეზულტიური მაგნიტური ნაკადი განპირობებულია რეზულტიური დამამაგნიტებელი ძალით ($I_{\text{ღმ}} \cdot W_1$), ანუ დენით, რომელსაც დამაგნიტების დენი ეწოდება. პირველადი დენის ნაწილი ($I_1 - I_{\text{ღმ}}$) წარმოქმნის დამამაგნიტებელ ძალას, რომელიც აკომპენსირებს მეორად გრაგნილში აღძრულ დამამაგნიტებელ ძალას ($I_2 \cdot W_2$). ამრიგად შეიძლება (2.1) განტოლებიდან დავწეროთ:

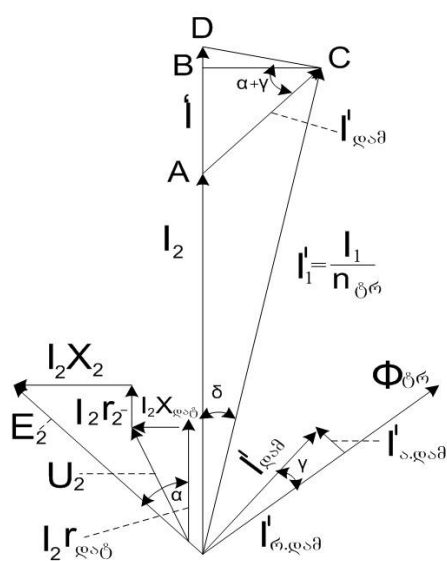
$$(I_1 - I_{\text{ღმ}}) \cdot W_1 = -I_2 \cdot W_2 \quad (2.2)$$



ა)



ბ)



გ)

ნახ. 2.1 (ა) სტრუქტურული სქემა; (ბ) ჩანაცვლების სქემა; (გ) ვექტორული დიაგრამა.

თუ (2.2) განტოლების ორივე მხარეს გავყოფთ W_2 -ზე, მაშინ შეიძლება განვსაზღვროთ მეორად გრაგნილში გამავალი დენის მნიშვნელობა:

$$I_2 = -(I_1 - I_{\text{დამ.}}) \cdot \frac{W_1}{W_2} \quad (2.3)$$

აღვნიშნოთ $n = W_2/W_1$, რომელსაც ეწოდება დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ხვიათა რიცხვის მიხედვით. მაშინ ვიღებთ:

$$I_2 = -\frac{I_1 - I_{\text{დამ.}}}{n} \quad (2.4)$$

როცა დამაგნიტების დენი $I_{\text{დამ.}} = 0$, მაშინ (2.4) იღებს გამარტივებულ სახეს:

$$I_2 = -\frac{I_1}{n} \quad (2.5)$$

ამრიგად როცა $I_{\text{დამ.}} = 0$, მაშინ პირველადი დენი მთლიანად ტრანსფორმირდება მეორად გრაგნილში და მისგან დაძრულია 180° -ით. აღნიშნულ რეჟიმს ეწოდება დენის ტრანსფორმატორის მუშაობის იდეალური რეჟიმი, ხოლო (2.5)-ით განსაზღვრულ დენის მნიშვნელობას - მეორადი დენის საანგარიშო მნიშვნელობა.

სინამდვილეში დენის ტრანსფორმატორში პირველადი დენის ტრანსფორმაცია ხორციელდება რეზულტიური მაგნიტური ნაკადის Φ საშუალებით, ანუ დამაგნიტების დენით, ამიტომ როცა $I_{\text{დამ.}} = 0$, მაშინ $\Phi = 0$. ე.ი. მეორად გრაგნილში არ ხდება E_2 ელექტრომამოძრავებელი ძალის დაინდუქცირება; მაშასადამე $I_{\text{დამ.}} \neq 0$; სინამდვილეში მეორად გრაგნილში ტრანსფორმირდება დენი, რომელიც გამოითვლება (2.4) ფორმულით.

აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ სწორედ დამაგნიტების დენი იწვევს მეორადი დენის დამახინჯებას როგორც სიდიდით, ისე ფაზით; ანუ ცდომილება დენის ტრანსფორმატორში განპირობებულია დამაგნიტების დენით.

ამ მოვლენის უფრო დეტალურად გაშუქების მიზნით გამოვიყენოთ დენის ტრანსფორმატორის ჩანაცვლების სქემა, სადაც მაგნიტური კავშირი შეცვლილია ელექტრულით და პირველადი გრაგნილის პარამეტრები მიყვანილია მეორად გრაგნილზე (ნახ. 2.1 ბ).

პირველადი დენის მიყვანილი მნიშვნელობა $-I_1' = I_1/n$; ხოლო დამაგნიტების დენის მიყვანილი მნიშვნელობა $-I_{\text{დამ.}}' = I_{\text{დამ.}}/n$. ვექტორული დიაგრამის (ნახ. 2.1 გ) აგების დროს ბაზისურად აღებულია მეორადი დენი I_2 , რომელიც დატვირთვის წინააღობაში $Z_{\text{დამ.}} = R_{\text{დამ.}} + jX_{\text{დამ.}}$ და მეორადი გრაგნილის წინააღობაში $Z_2 = R_2 + jX_2$ იწვევს ძაბვის ვარდნებს, რის გამოც E_2 ელექტრომამოძრავებელი ძალა დაძრულია დენისაგან α კუთხით. ამრიგად $\vec{E}_2 = \vec{U}_2 + \vec{I}_2 \cdot \vec{Z}_2$, ხოლო $U_2 = I_2 \cdot (R_{\text{დამ.}} + jX_{\text{დამ.}})$. ე.ი. შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\begin{aligned} E_2 &= (I_2 \cdot R_{\text{დატ}} + j \cdot I_2 \cdot x_{\text{დატ}}) + (I_2 \cdot R_2 + j \cdot I_2 \cdot x_2) = \\ &= I_2 \cdot (R_2 + R_{\text{დატ}}) + j \cdot I_2 \cdot (x_2 + x_{\text{დატ}}) = I_2 \cdot (Z_2 + Z_{\text{დატ}}) \end{aligned} \quad (2.6)$$

ვექტორულ დიაგრამაზე დენების და ძაბვების ვექტორების დადებითი მიმართულებები აღებულია პირობითად. Φ_0 მაგნიტური ნაკადის ვექტორი ჩამორჩება E_2 ელექტრომაგნიტური ძალის ვექტორს 90° -ით, ხოლო $I'_{\text{დატ}}$ დენის ვექტორი წინ უსწრებს Φ_0 ნაკადის ვექტორს γ კუთხით. იგი განპირობებულია დენის ტრანსფორმატორის ფოლადში აქტიური დანაკარგებით. $I'_{\text{დატ}}$ და I_2 დენების ვექტორების გეომეტრიული შეკრებით ვიღებთ I'_1 ვექტორის მნიშვნელობას. როგორც ვექტორული დიაგრამიდან ჩანს, მეორადი დენის ნამდვილი მნიშვნელობა I_2 სიდიდით ნაკლებია I'_1 -ის მნიშვნელობაზე და მისგან დაძვრულია δ კუთხით, რაც განპირობებულია დენის ტრანსფორმატორის ცდომილებით.

სიდიდეს ΔI , რომელიც ტოლია პირველადი დენის მიყვანილი მნიშვნელობის (I'_1) და მეორადი დენის ნამდვილი მნიშვნელობის (I_2) არითმეტიკული სხვაობის, ეწოდება დენის ტრანსფორმატორის დენური ცდომილება.

δ კუთხეს, რომელიც ახასიათებს I_2 დენის ვექტორის ფაზურ ძვრას I'_1 დენის ვექტორისაგან, ეწოდება დენის ტრანსფორმატორის კუთხური ცდომილება.

$I'_{\text{დატ}}$ დენის ვექტორის აბსოლუტურ მნიშვნელობას, რომელიც ტოლია I'_1 და I_2 დენების ვექტორების გეომეტრიული სხვაობის, ეწოდება დენის ტრანსფორმატორის აბსოლუტური ცდომილება. იგი ახასიათებს დენის ტრანსფორმატორის როგორც დენურ, ისე კუთხურ ცდომილებებს. კუთხე δ თავისი მნიშვნელობით მცირე სიდიდისაა, ამიტომ გარკვეული მიახლოებით შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ΔI სიდიდით ტოლი არის AB მონაკვეთის. ასევე კუთხე δ , რომელიც რადიანებში CD რკალით იზომება, მიახლოებით შეიძლება გავუტოლოთ BC მონაკვეთს. მაშინ ABC მართკუთხა სამკუთხედიდან შეიძლება დავწეროთ:

$$\Delta I = AB = |I'_{\text{დატ}}| \cdot \sin(\alpha + \gamma) \quad (2.7)$$

$$\delta_{\text{რად.}} = BC = |I'_{\text{დატ}}| \cdot \cos(\alpha + \gamma) \quad (2.8)$$

სადაც α არის კუთხე E_2 და I_2 ვექტორებს შორის; ხოლო γ არის კუთხე $I'_{\text{დატ}}$ და Φ_0 ვექტორებს შორის.

α კუთხის გაზრდით დენური ცდომილება იზრდება, ხოლო კუთხური ცდომილება მცირდება; როცა $(\alpha + \gamma) = 90^\circ$ -ს, მაშინ ΔI აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას, ხოლო $\delta \approx 0$.

მიღებულია დენური და აბსოლუტური ცდომილება გამოისახოს ფარდობით ერთეულებში ან პროცენტებში. ფარდობითი დენური ცდომილება (f_i) გამოითვლება ფორმულით:

$$f_i\% = \frac{\Delta I}{I_1'} \cdot 100 = \frac{I_1' - I_2}{I_1'} \cdot 100 \quad (2.9)$$

სადაც I_1' მიყვანილი პირველადი დენის მოქმედი მნიშვნელობაა, ხოლო I_2 მეორადი დენის მოქმედი მნიშვნელობა.

აბსოლუტური ფარდობითი ცდომილება გამოითვლება ფორმულით:

$$\varepsilon\% = \frac{\left| \frac{I_{\text{დამ}}'}{I_1'} \right|}{\left| \frac{I_1' - I_2}{I_1'} \right|} \cdot 100 = \frac{\left| I_1' - I_2 \right|}{\left| I_1' \right|} \cdot 100 \quad (2.10)$$

თუ დენის ტრანსფორმატორების კუთხური ცდომილება აღწევს დიდ მნიშვნელობებს, მან შეიძლება გამოიწვიოს დაცვის არასწორი მოქმედება. ამიტომ დენის ტრანსფორმატორების ცდომილების შემცირების საკითხი, რომელიც დამაგნიტების დენების შემცირების ანალოგიურია, გადაუდებელ ამოცანას წარმოადგენს.

2.2 პარამეტრები, რომლებიც გავლენას ახდენენ დამაგნიტების დენის შემცირებაზე

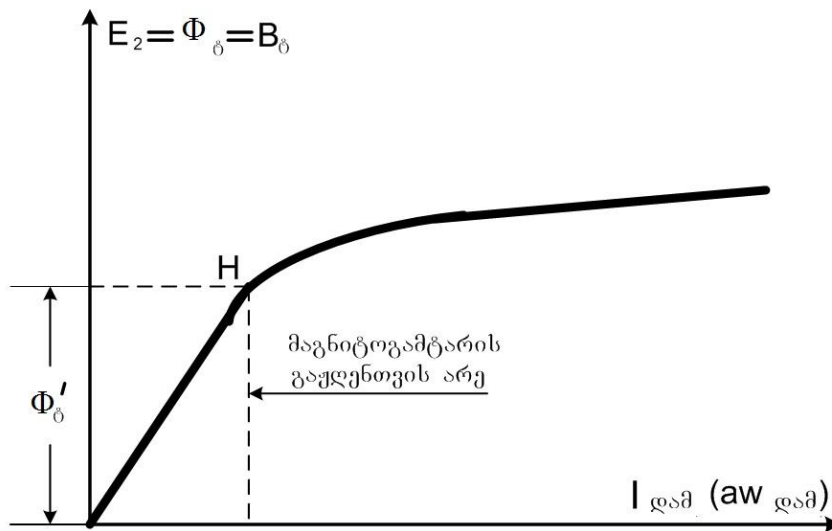
როგორც (ნახ. 2.1) ვექტორული დიაგრამიდან ჩანს, დამაგნიტების დენი შეიცავს ორ მდგენელს: $I_{\text{აღამ}}'$ - რომელიც განპირობებულია აქტიური დანაკარგებით ჰისტერეზისზე და გრიგალურ დენებზე დენის ტრანსფორმატორის მაგნიტურ გამტარში; $I_{\text{რ. დამ}}'$ - რომელიც წარმოქმნის $\Phi_{\text{გ}}$ მაგნიტურ ნაკადს და დააინდუქტირებს E_2 ელექტრომამოძრავებელ ძალას მეორად გრაგნილში; დენი $I_{\text{რ. დამ}}' \gg I_{\text{აღამ}}'$; $I_{\text{აღამ}}'$ -ის შემცირების მიზნით დენის ტრანსფორმატორების მაგნიტურ გამტარს ამზადებენ ფურცლოვანი ფოლადისაგან, რომელსაც გააჩნია მცირე აქტიური დანაკარგები. $I_{\text{რ. დამ}}'$ -ის შემცირებისათვის საჭირო არის შევამციროთ $\Phi_{\text{გ}}$ მაგნიტური ნაკადი, რომელიც დაკავშირებული არის $I_{\text{რ. დამ}}'$ -თან შემდეგი გამოსახულებით:

$$I_{\text{რ. დამ}}' = \frac{\Phi_{\text{გ}} \cdot R_{\text{მგ.}}}{W_1} \quad (2.11)$$

აღნიშნული დამოკიდებულების გრაფიკული გამოსახვა მოცემული არის ნახ. 2.2-ზე, რომელსაც დამაგნიტების მახასიათებელი ეწოდება.

აღნიშნული მახასიათებლის საწყის ნაწილში დამაგნიტების დენი თითქმის ნაკადის პროპორციულია. მაგნიტური ნაკადის გარკვეული მნიშვნელობის დროს $\Phi_{\text{გ}} = \Phi_{\text{გ}}'$ მაგნიტური გამტარი იჟღინთება, რის გამოც დამაგნიტების დენი იცვლება სწრაფად, ვიდრე მაგნიტური ნაკადი, რაც იწვევს ცდომილების მნიშვნელოვან ზრდას. შესაბამისად, იმისათვის რომ შევამციროთ ცდომილება საჭიროა, შევზღუდოთ

მაგნიტური ნაკადის ზრდა, რაც იგივე ინდუქციის ზრდაა, $B_{\delta} = \Phi_{\delta}/S$, ისე რომ არ დავუშვათ მაგნიტური გამტარის გაჟღენთვა.



ნახ. 2.2

დენის ტრანსფორმატორის მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარეობს, რომ მაგნიტურ ნაკადს Φ_{δ} -ს უნდა ჰქონდეს ისეთი მნიშვნელობა, რომლის დროსაც მის მიერ დაინდუქტირებული E_2 ელექტრომამოძრავებელი ძალა საკმარისი იყოს მეორად გრაგნილში ძაბვის ვარდნის გასაკომპენსირებლად. როგორც ცნობილია, მაგნიტური ნაკადი Φ_{δ} და მის მიერ დაინდუქტირებული E_2 ელექტრომამოძრავებელი ძალა ერთმანეთთან დაკავშირებულია გამოსახულებით:

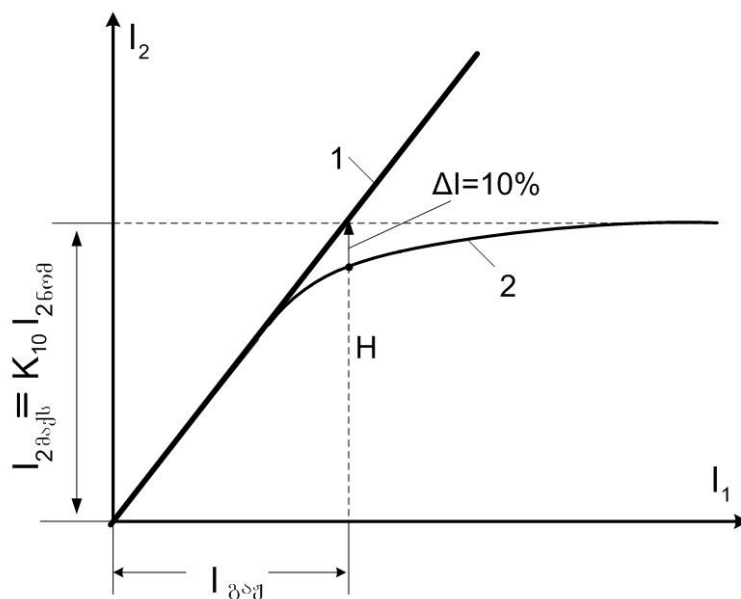
$$\Phi_{\delta} = \frac{E_2}{4.44 \cdot W_2 \cdot f \cdot 10^{-8}} \quad (2.12)$$

სადაც (2.6) ფორმულის შესაბამისად

$$E_2 = I_2 \cdot (Z_2 + Z_{\text{დატ}}) \quad (2.13)$$

რადგანაც მეორადი დენი $I_2 = I_1/n$, ამიტომ I_1 -ის და $Z_{\text{დატ}}$ -ის გაზრდით შესაბამისად იზრდება მაგნიტური ნაკადი Φ_{δ} და დამამაგნიტებელი დენი $I_{\text{დამ}}$.

ამრიგად, იმისათვის რომ შევამციროთ მაგნიტური ნაკადი Φ_{δ} (და შესაბამისად $I_{\text{დამ}}$) საჭიროა, შევამციროთ E_2 ელექტრომამოძრავებელი ძალა იმგვარად, რომ მოკლედ შერთვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობის დროს ტრანსფორმატორში წარმოქმნილმა მაგნიტურმა ნაკადმა არ გამოიწვიოს მაგნიტური გამტარის გაჟღენთვა; E_2 -ის შემცირება შესაძლებელია $Z_{\text{დატ}}$ -ის შემცირებით; აგრეთვე მეორადი დენის შემცირებით, რაც მიიღწევა დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გაზრდით (n_{δ}).



ნახ. 2.3

დამაგნიტების დენის მნიშვნელობაზე დიდ გავლენას ახდენს დენის ტრანსფორმატორის კონსტრუქციული პარამეტრები.

როგორც (2.11) გამოსახულებიდან გამომდინარეობს, $I'_{რ.დამ.}$ შემცირებისათვის საჭირო არის შევამციროთ მაგნიტური წინაღობა R_μ და გავზარდოთ პირველადი გრაგნილის ხვიათა რიცხვი. მაგნიტური წინაღობა $R_\mu = \frac{L}{\mu \cdot S}$; ე.ი. მისი შემცირებისათვის საჭირო არის გავზარდოთ მაგნიტოგამტარის ფოლადის კვეთი (S) და შევამციროთ მაგნიტური ნაკადის შეკვრის გზა (L); აგრეთვე უნდა გამოვიყენოთ ფოლადი მაღალი მაგნიტური შეღწევადობით (μ).

ამრიგად, დენის ტრანსფორმატორების ცდომილების შემცირებისთვის საჭიროა მათი მუშაობა დამაგნიტების მახასიათებლის სწორხაზოვან ნაწილში. ეს მიიღწევა:

- ა) გულარას კონსტრუქციული პარამეტრების დახვეწით;
- ბ) მეორადი გრაგნილის დატვირთვის სწორად შერჩევით ($Z_{დამ.}$);

გ) მეორადი დენის სიდიდის შემცირებით, რაც შესაძლებელია დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის (n_δ) გაზრდით.

2.3 დენის ტრანსფორმატორების შერჩევა და მოთხოვნები დენის ტრანსფორმატორების სიზუსტის მიმართ

დენის ტრანსფორმატორები იყოფიან სიზუსტის კლასის მიხედვით. თითოეულ სიზუსტის კლასს შეესაბამება ცდომილების დასაშვები სიდიდე, რომელიც დადგენილია მზომი ხელსაწყოების ზუსტი მუშაობის პირობების მიხედვით.

სამრეწველო დანადგარებისათვის ამზადებენ შემდეგი კლასის დენის ტრანსფორმატორებს: 0,5; 1; 3; 10; P(D); მათი ცდომილების ზღვრები განისაზღვრება სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით.

H(L) კლასის დენის ტრანსფორმატორები გამოყენებული არის დიფერენციალურ დაცვებში და მათი ცდომილება ნომინალური დენის მიხედვით არაა ნორმირებული. მზომი ხელსაწყოებისათვის დენის ტრანსფორმატორების მუშაობა სიზუსტის კლასის შესაბამისი ცდომილების ზღვრებში უზრუნველყოფილია ნომინალური დენის მნიშვნელობებისათვის $(0.1-1.2) \cdot I_{\text{ნომ}}$ და ნომინალური სიმძლავრის შესაბამისი მეორადი დატვირთვებისათვის.

დენის ტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრე (ვოლტამპერებში) ეწოდება მაქსიმალურ დატვირთვას, რომლის დროსაც მისი ცდომილება არ აღემატება სიზუსტის კლასის შესაბამის მნიშვნელობას. იგი გამოითვლება ფორმულით:

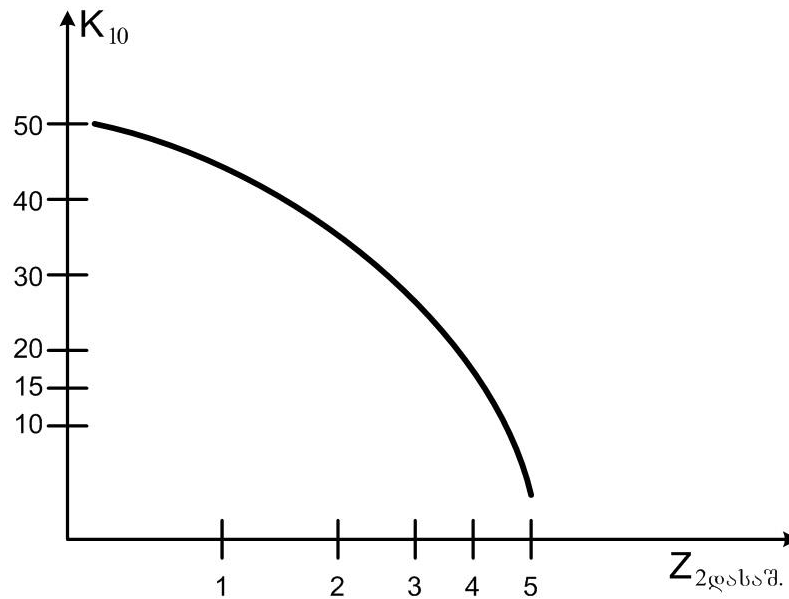
$$S_{\text{ნომ}} = I_2^2 \cdot Z_{\text{ნომ}} \quad (2.14)$$

ჩვეულებრივ, ნომინალური სიმძლავრე მითითებულია მეორადი გრაგნილის ნომინალური დენის მიხედვით (5ა ან 1ა), ან ხასიათდება მეორადი დატვირთვის წინაღობით, რომელიც ტოლია $Z_{\text{ნომ}} = \frac{S_{\text{ნომ}}}{I_2^2}$; დენის ტრანსფორმატორები, რომლებიც

გამოიყენებიან რელეური დაცვის წრედების კვებისათვის უნდა მუშაობდნენ გარკვეული სიზუსტით მოკლედ შერთვის დენის ცვალებადობის იმ ზღვრებში, რომელზედაც უნდა მოახდინოს რეაგირება რელეურმა დაცვამ. თეორიული ანალიზის საფუძველზე, აგრეთვე ექსპლუატაციის გამოცდილებიდან გამომდინარე დადგენილია, რომ რელეური დაცვის მოწყობილობების სწორი ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია: დენის ტრანსფორმატორების ცდომილება არ აღემატებოდეს დენით $\Delta I = 10\%$, ხოლო კუთხით $\delta = 7^\circ$.

აღნიშნული მოთხოვნები უზრუნველყოფილია, თუ დენის ტრანსფორმატორების აბსოლუტური ცდომილება $\varepsilon\% \leq 10\%$ -ზე, ანუ თუ დამაგნიტების დენი არ აღემატება დენის ტრანსფორმატორში გამავალი დენის 10%-ს, ე.ი. $I_{\text{დამ.}} \leq 0.1 \cdot I_1$. რელეურ დაცვაში გამოყენებული დენის ტრანსფორმატორების ცდომილების შეფასებისათვის საწყის სიდიდეებს წარმოადგენს: პირველადი დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა და მეორადი გრაგნილის დატვირთვა $Z_{\text{დატ.}}$; პირველადი დენის მაქსიმალური ზღვრული მნიშვნელობა და $Z_{\text{დატ.}}$ 10%-იანი ცდომილების პირობიდან გამომდინარე, უნდა იყოს მოცემული ქარხანა დამამზადებლის მიერ.

სახელმწიფო სტანდარტის შესაბამისად, რელეურ დაცვაში გამოყენებული დენის ტრანსფორმატორის მუშაობის სიზუსტე ხასიათდება: პირველადი დენის ზღვრული ჯერადობით $K_{10} = I_{1\text{მაქ.}} / I_{1\text{ნომ}}$ და დატვირთვით $Z_{\text{ნომდატ.}}$, რომლის დროსაც გარანტირებულია, რომ დენის ტრანსფორმატორის სრული ცდომილება არ აღემატება 10%-ს.



ნახ. 2.4

1. დენის ტრანსფორმატორების ზღვრული ჯერადობის მრუდები (K_{10}) მოცემულია ქარხანა დამამზადებლის მიერ. აღნიშნული მრუდები წარმოადგენს დამოკიდებულებას პირველადი დენის მაქსიმალურ ჯერადობასა $K_{10} = \frac{I_{1\text{დაბ.}}}{I_{1\text{ნომ.}}}$ და დატვირთვის წინაღობას ($Z_{\text{დატ.}}$) შორის, რომლის დროსაც სრული ცდომილება $\varepsilon\% = 10\%$.

ასეთი დამოკიდებულების მრუდი მოცემული არის ნახ. 2.4-ზე, $K_{10} = f(Z_{\text{დატ.}})$, როცა $\varepsilon\% = 10\%$; $K_{10} = f(Z_{\text{დატ.}})$ მახასიათებლის ნებისმიერ წერტილში ზღვრული ჯერადობის K_{10} და $Z_{\text{დატ.}}$ პირობებში, დენის ტრანსფორმატორები მუშაობენ დამაგნიტების მახასიათებლის გადაღუნვის (y) წერტილში (იხ. ნახ. 2.2 და 2.3), ანუ მაგნიტოგამტარის გაჟღენთვის წერტილის მახლობლობაში. ამ წერტილის შესაბამისი დენი $I_{\text{გაჟ.}}$ წარმოადგენს ზემოთ მითითებულ ზღვრულ მაქსიმალურ დენს.

2. დენის ტრანსფორმატორების ნომინალური ზღვრული ჯერადობა $K_{10\text{ნომ.}}$; სახელმწიფო სტანდარტის შესაბამისად $K_{10\text{ნომ.}}$ -ის მნიშვნელობა მოცემულია ქარხანა-დამამზადებლის საინფორმაციო მასალებში. აღნიშნული სიდიდის ქვეშ იგულისხმება ჯერადობა $K_{10\text{ნომ.}} = \frac{I_{1\text{დაბ.}}}{I_{1\text{ნომ.}}}$, რომლის დროსაც სრული ცდომილება ε ნომინალური დატვირთვის პირობებში არ აღემატება 10% -ს, აღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება ჩაითვალოს, რომ თუ ნამდვილი ჯერადობა $K \leq K_{10\text{ნომ.}}$ და ნამდვილი დატვირთვა $Z_{\text{დ.}} \leq Z_{\text{დ.ნომ.}}$ მაშინ $\varepsilon\% \leq 10\%$.

3. დენის ტრანსფორმატორების შერჩევა. დენის ტრანსფორმატორების და ნომინალური ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის შერჩევა ხდება დასაცავი ელემენტის

დაცვის სახეობის (ტიპი), ნომინალური ძაბვის და ელემენტში გამავალი დატვირთვის დენის მიხედვით. რის შედეგადაც ხდება მისი შემოწმება თერმულ და დინამიურ მდგრადობაზე.

დიფერენციალური და სხვა დაცვებისათვის, რომლებიც პირველადი დენების დიდი ჯერადობის შემთხვევაში მოითხოვენ დენის ტრანსფორმატორების მუშაობის დიდ სიზუსტეს, უნდა შეირჩეს $P(D)$ კლასის დენის ტრანსფორმატორები. დაცვებისათვის, რომლებიც მოითხოვენ დენის ტრანსფორმატორის მუშაობის სიზუსტეს, შედარებით ნაკლები სიდიდის პირველადი დენების $I_{1\text{ მკვ.}}$ დროს შეიძლება შერჩეულ იქნას 1, 3 ან 10 კლასის დენის ტრანსფორმატორები. ამრიგად, შერჩეული დენის ტრანსფორმატორები უნდა შემოწმდეს მუშაობის სიზუსტეზე, რელეური დაცვის სწორი მოქმედების უზრუნველყოფის მიზნით. შემოწმების დროს უნდა დადგინდეს დენის ტრანსფორმატორის ნამდვილი მეორადი დატვირთვა $Z_{\text{დ.}}$ და მისი შესაბამისობა $Z_{\text{დ. დას.}}$ -თან. ამ მიზნით განსაზღვრავენ მაქსიმალურ ჯერადობას $K_{1\text{ მკვ.}}$ და ქარხანა-დამამზადებლის მიერ მოცემული მონაცემების საფუძველზე პოულობენ მეორადი დატვირთვის დასაშვები წინაღობის სიდიდეს $Z_{\text{დ. დას.}}$, რომლის დროსაც დენის ტრანსფორმატორის ცდომილება არ აღემატება 10%-ს. მეორადი დატვირთვის ნამდვილი სიდიდე $Z_{\text{დ.}}$ უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობას:

$$Z_{\text{დ.}} \leq Z_{\text{დ. დას.}} \quad (2.15)$$

აღნიშნული პირობის შესრულების შემთხვევაში, დამყარებულ რეჟიმში დენის ტრანსფორმატორის ცდომილება არ გადააჭარბებს 10 %-ს.

მეორადი დატვირთვის შერჩევა წარმოებს ზღვრული ჯერადობის მრუდების საშუალებით $K_{10} = f(Z_{\text{დ. დას.}})$. აღნიშნული მეთოდი წარმოადგენს ყველაზე მარტივს და იგი გამოყენებულ უნდა იქნას როგორც ძირითადი მეთოდი დენის ტრანსფორმატორების მუშაობის სიზუსტის კლასის ანგარიშის დროს. შერჩევა მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით:

ა) პოულობენ პირველადი დენის მაქსიმალურ მნიშვნელობას $I_{1\text{ მკვ.}}$, რომლის დროსაც ცდომილება ε არ უნდა აღემატებოდეს 10%-ს.

ბ) ფორმულით გამოთვლიან პირველადი დენის ჯერადობას:

$$K_{10\text{ მკვ.}} = \frac{K_{\text{დ.}} \cdot I_{1\text{ საან.}}}{\alpha \cdot I_{1\text{ ნომ.}}} \quad (2.16)$$

სადაც, $K_{\text{დ.}} = 1,2 - 2$ არის კოეფიციენტი, რომელიც გარდამავალი პროცესის დროს ითვალისწინებს მოკლედ შერთვის დენის აპერიოდული მდგენელის გავლენას დენის ტრანსფორმატორის მუშაობაზე; $\alpha = 0,8 - 0,9$ კი კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს დენის ტრანსფორმატორის დამავნიტების მახასიათებლის რეალურ გადახრას ტიპიურისაგან.

გ) საქარხნო მრუდების მიხედვით $K_{10} = f(Z_{\text{დ.ტ.}})$ (ნახ.2.4) განსაზღვრავენ $Z_{\text{დ. დას.}}$, გამოთვლილი $K_{10 \text{ მკლ.}}$ -ის საშუალებით.

დ) განსაზღვრავენ დატვირთვის წინააღობის $Z_{\text{დ}}$ ნამდვილ მნიშვნელობას და ამოწმებენ (2.15) პირობის შესრულებას. თუ $Z_{\text{დ.}} > Z_{\text{დ.დას.}}$, მაშინ ან გაზრდიან შერჩეული დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტს, ან შეირჩევენ სხვა დენის ტრანსფორმატორს, რომლისთვისაც $K_{10 \text{ მკლ.}}$ -ის მნიშვნელობის დროს $Z_{\text{დ. დას.}}$ იქნება უფრო მაღალი.

2.4 დენის ტრანსფორმატორების შეერთების ტიპური სქემები

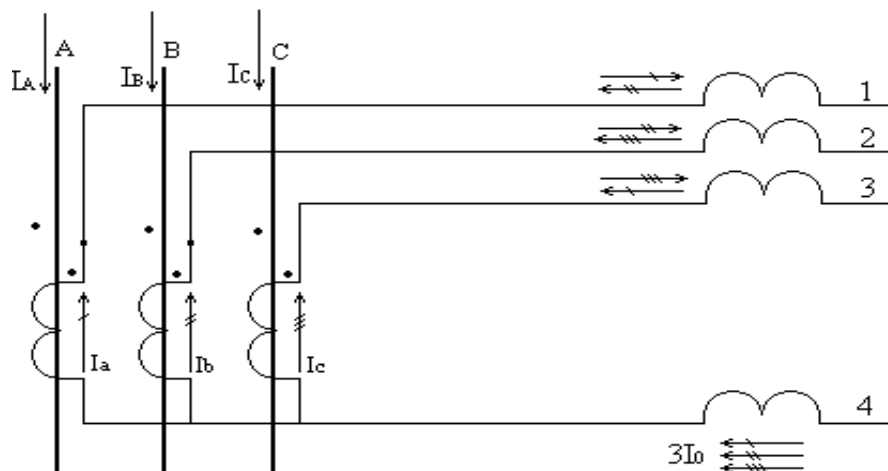
ქვემოთ განხილულია დენის ტრანსფორმატორების შეერთების ის ტიპური სქემები, რომლებიც გამოყენებული არიან რელეური დაცვის წრედების კვებისათვის. იმისათვის, რომ აღნიშნულ სქემებში ვიპოვოთ დენის ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილში გამავალი დენების სიდიდეები საჭიროა, თავდაპირველად სქემაზე დავიტანოთ პირველადი დენების მიმართულების აღმნიშვნელი ისრები, ხოლო შემდეგ განვსაზღვროთ დენის ტრანსფორმატორების მეორად გრაგნილში აღძრული დენის მიმართულება და შესაბამისად რელეში გამავალი დენის მიმართულება.

ყოველი კონკრეტული სქემისთვის შეიძლება განისაზღვროს შეფარდება:

$\frac{I_{\text{რელე}}}{I_{\text{ფაზა}}} = K_{\text{სქემა}}$, რომელსაც სქემის კოეფიციენტი ეწოდება. აღნიშნული კოეფიციენტის

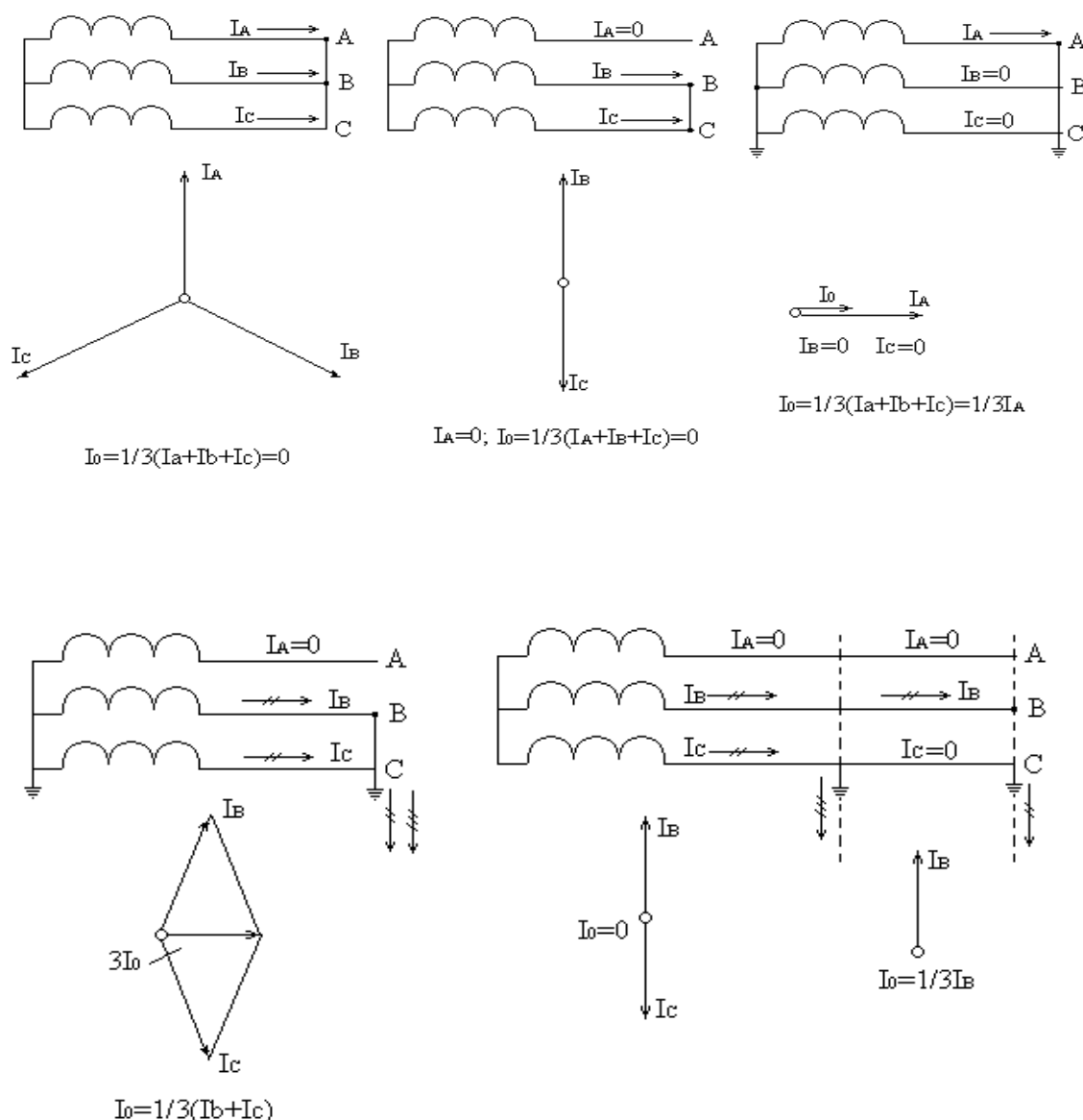
განსაზღვრა აუცილებელია რელეური დაცვის დანაყენების და რელეს დაძვრის დენის ანგარიშებისათვის.

ა) დენის ტრანსფორმატორების შეერთება სრული ვარსკვლავის სქემით. სქემა მოცემულია ნახ. (2.5)-ზე.



ნახ. 2.5

დენის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილის დასაწყისები შეერთებული არიან რელეებთან ვარსკვლავის სქემით, ხოლო რელეების გამომყვანები დაკავშირებულნი არიან დენის ტრანსფორმატორების მეორად გრაგნილებთან ნულოვანი სადენით. დენის ტრანსფორმატორების მეორად გრაგნილებში გადის შემდეგი დენები: $I_a = \frac{I_A}{n_\phi}$; $I_b = \frac{I_B}{n_\phi}$; $I_c = \frac{I_C}{n_\phi}$. ხოლო ნულოვან სადენში გადის მათი გეომეტრიული ჯამი $I_0 = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c)$; ნორმალური დატვირთვის და სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს აღნიშნული დენების ვექტორული ჯამი ნულის ტოლია, ამიტომ ნულოვან სადენში დენი არ გადის (ნახ. 2.6).



ნახ. 2.6

ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს B და C ფაზებს შორის (ნახ. 2.6) A ფაზაში დენი $I_A = 0$, ხოლო $I_B = -I_C$, ნულოვან სადენში კი დენი არ გადის. აქედან დასკვნა:

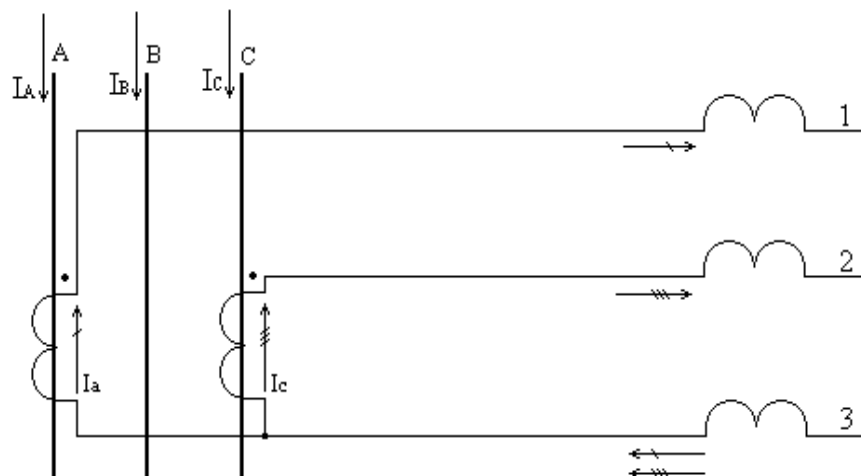
სიმეტრიული დატვირთვის რეჟიმში და ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების დროს ნულოვან სადენში (სრული ვარსკვლავის სქემაში) დენი არ არსებობს.

ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს მიწასთან, მაგ. A ფაზის, მოკლედ შერთვის დენი გადის მხოლოდ A ფაზაში (1 რელე) და ნულოვან სადენში (4 რელე); ნულოვან სადენში გამავალი დენი $I_{6.l.} = \frac{1}{3} \cdot I_A$.

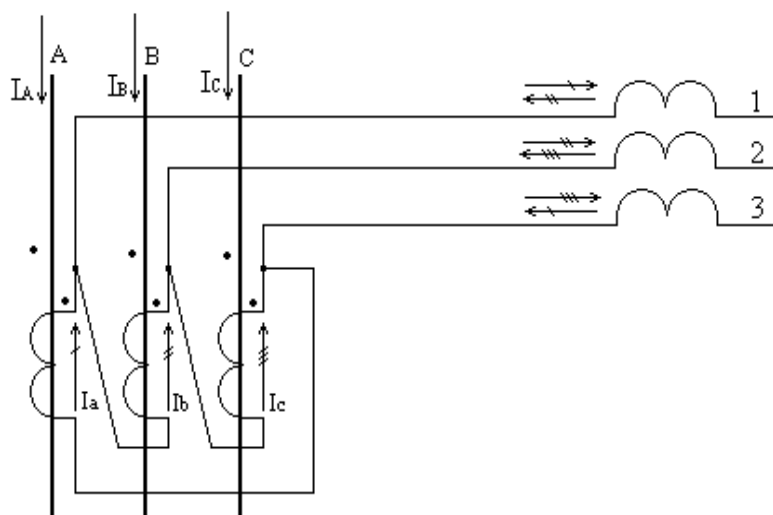
ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს მიწასთან (B და C ფაზებსა და მიწას შორის) დენი გადის B და C ფაზებსა და ნულოვან სადენში. ნულოვან სადენში გამავალი დენის სიდიდე ტოლია: $I_{6.l.} = \frac{1}{3} \cdot (I_B + I_C)$.

ამრიგად სრული ვარსკვლავის სქემაში ნულოვან სადენში დენი გადის მხოლოდ მიწასთან მოკლედ შერთვების დროს და იგი შედგება მხოლოდ ნულოვანი მიმდევრობის მდგენელისაგან. ამიტომ ნულოვან სადენს ნულოვანი მიმდევრობის დენების ფილტრსაც უწოდებენ. პირდაპირი და უკუ მიმდევრობის დენები ნულოვან სადენში არ გადის, რადგან მათი ვექტორული ჯამი ნულის ტოლია. ე.ი. ნულოვან სადენში გადის მოკლედ შერთვის დენის მხოლოდ ნაწილი, ანუ ნულოვანი მდგენელი. სრული ვარსკვლავის დროს სქემის კოეფიციენტი $K_{ს.ქ} = 1$.

ბ) დენის ტრანსფორმატორების შეერთება არასრული ვარსკვლავის სქემით. დენის ტრანსფორმატორები ჩართულია მხოლოდ A და C ფაზებში და შეერთებულნი არიან ვარსკვლავის სქემით. ნორმალური დატვირთვის რეჟიმში და სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს 1, 2 და 3 რელეებში გადის შესაბამისად: $I_a = \frac{I_A}{n_{\phi}}$; $I_c = \frac{I_C}{n_{\phi}}$ და $I_{6.l.} = -(I_a + I_c)$; სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს და დატვირთვის რეჟიმში დენი გადის სამივე რელეში.



ნახ. 2.7



ნახ. 2.8

ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს A და C ფაზებს შორის 1 და 2 რელეში გადის $I_a = -I_c$ დენები; ხოლო მე-3 რელეში დენი არ გადის. რაც შეეხება A და B; B და C ფაზებს შორის ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს ნულოვან სადენში გადის შესაბამისად: $I_{6.b.} = -I_a$ და $I_{6.b.} = -I_c$.

A (C) ფაზის მიწასთან მოკლედ შერთვის დროს ნულოვან სადენში გადის შესაბამისი ფაზური დენი, ხოლო B ფაზის მიწასთან მოკლედ შერთვის დროს ნულოვან სადენში დენი არ გადის (ნახ.2.7). როგორც ჩანს, დატვირთვის რეჟიმში და სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს ნულოვან სადენში გადის იმ ფაზის დენი, სადაც არ დგას დენის ტრანსფორმატორი. სქემის კოეფიციენტი დატვირთვის რეჟიმში და საფაზა მოკლედ შერთვის დროს ერთის ტოლია. აღნიშნული სქემის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ როცა მოკლედ შერთვა იმ ფაზაზე, სადაც არ დგას დენის ტრანსფორმატორი, დაცვა არ მუშაობს. ამიტომ აღნიშნული სქემა ძირითადად გამოიყენება იზოლირებულ ნეიტრალიან სისტემაში.

გ) დენის ტრანსფორმატორების სამკუთხედად შეერთების სქემა. დენის ტრანსფორმატორები ჩართულია სამივე ფაზაში და მათი მეორადი გრაგნილები ერთმანეთს უკავშირდება შემდეგი თანმიმდევრობით: A ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის დასაწყისი შეერთებულია B ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ბოლოსთან; B ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის დასაწყისი შეერთებულია C ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ბოლოსთან; ხოლო C ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის დასაწყისი შეერთებულია A ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ბოლოსთან; ამრიგად შეკრულია სამკუთხედის სქემა. აღნიშნული სამკუთხედის წვეროებზე მიერთებულია რელეები, რომლებიც შეერთებულნი არიან ვარსკვლავის სქემით. ნახ. 2.8-ზე მოყვანილი დენების განაწილებიდან ნათლად ჩანს, 1, 2 და 3 რელეებში გადის შესაბამისად $I_1 = I_a - I_b$;

$I_2 = I_b - I_c$ და $I_3 = I_c - I_a$; როგორც ჩანს ნორმალურ რეჟიმში და სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს რელეებში გადის $\sqrt{3}$ -ჯერ მეტი სიდიდის დენი, ვიდრე ფაზებში. ამიტომ სქემის კოეფიციენტი $K_{სქ} = \sqrt{3}$; დენის ტრანსფორმატორების სამკუთხედად შეერთების სქემის შემთხვევაში ადგილი აქვს შემდეგ განსაკუთრებულ მოვლენებს:

1) დენები რელეებში გადის ყველა სახის მოკლედ შერთვის დროს და შესაბამისად ასეთი სქემით აწყობილი დაცვები რეაგირებს ყველა სახის მოკლედ შერთვაზე.

2) რელეში დენის სიდიდის შეფარდება ფაზურ დენთან დამოკიდებულია მოკლედ შერთვის სახეზე.

3) ნულოვანი მიმდევრობის დენები არ გამოდის დენის ტრანსფორმატორების სამკუთხედიდან, ვინაიდან მათ რელეს კოჭის გავლით შეკვრის გზა არ გააჩნიათ.

აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მიწასთან მკლედ შერთვის დროს რელეში გადის მხოლოდ პირდაპირი და უკუმიმდევრობის დენები, ანუ მოკლედ შერთვის დენის მხოლოდ ნაწილი. აღნიშნული სქემა გამოიყენება მხოლოდ დიფერენციალურ და დისტანციურ დაცვებში.

დ) ორი ფაზის დენების სხვაობაზე რელეს ჩართვის სქემა (სქემა ორი დენის ტრანსფორმატორით და ერთი რელეთი). დენის ტრანსფორმატორები არსებობს ორ, მაგ. A და C ფაზაზე. A ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის დასაწყისი შეერთებულია C ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ბოლოსთან; ხოლო C ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის დასაწყისი შეერთებულია A ფაზის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ბოლოსთან და მასთან პარალელურად ჩართულია რელეს გრაგნილი (ნახ. 2.9).

როგორც დენების განაწილებიდან ჩანს, როცა პირველად წრედში გადის დადებითი მიმართულების დენები I_A ; I_B და I_C , მაშინ რელეში დენის სიდიდე

$$I_{\phi} = I_a - I_c, \text{ სადაც } I_a = \frac{I_A}{n_{\phi}} \text{ და } I_c = \frac{I_C}{n_{\phi}}.$$

სიმეტრიული დატვირთვის რეჟიმში და საფაზა მოკლედ შერთვის დროს, პირველადი და მეორადი დენების განაწილება შეესაბამება 2.9 ნახაზზე ნაჩვენებ დენის განაწილებას. ნახ. 2.6-ზე ნაჩვენები ვექტორული დიაგრამის გამოყენებით და იმის გათვალისწინებით, რომ ამ დროს რელეში გამავალი დენი $I_{\phi} = I_a - I_b$, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$I_{\phi} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi} \quad (2.17)$$

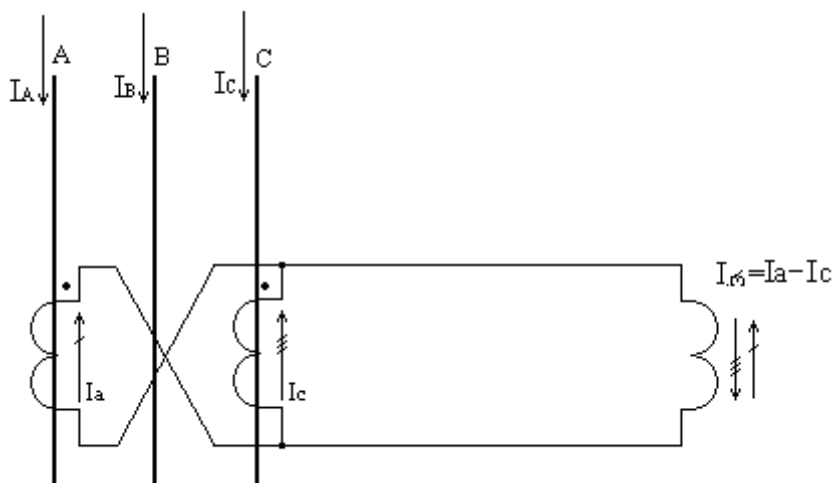
A და C ფაზებს შორის ორფაზა მოკლედ შეთვის დროს ვექტორული დიაგრამის გამოყენებით და $I_a = -I_c$ -ს გათვალისწინებით, ვპოულობთ რელეში გამავალი დენის სიდიდეს:

$$I_{\phi} = 2 \cdot I_a = 2 \cdot I_{\phi} \quad (2.18)$$

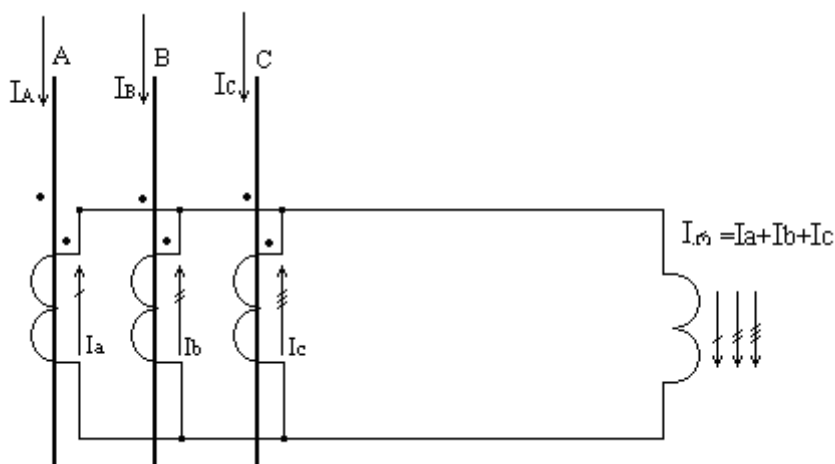
ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს A და B ან B და C ფაზებს შორის რელეში გადის მხოლოდ ერთი ფაზის დენი, ვინაიდან B ფაზაზე არ დგას დენის ტრანსფორმატორი. ე.ი. ვწერთ:

$$I_{\phi} = I_{\phi} \quad (2.19)$$

(2.17), (2.18) და (2.19)-დან ნათლად ჩანს, რომ სხვადასხვა მოკლედ შერთვების დროს რელეში გამავალი დენი და შესაბამისად დაცვის მგრძნობიარობა სხვადასხვაა. ყველაზე მცირე



ნახ. 2.9



ნახ. 2.10

დენი რელეში გადის A და B ან B და C ფაზებს შორის მოკლედ შერთვის დროს. შესაბამისად, დაცვის მგრძნობიარობა ამ შემთხვევაში ყველაზე უფრო ცუდია.

სქემის კოეფიციენტი სიმეტრიულ რეჟიმში $K_{ს.ქ} = I_{\phi} / I_{\phi} = \sqrt{3}$, იმის გათვალისწინებით, რომ ასეთ რეჟიმში $I_{\phi} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi}$.

ნულოვანი მიმდევრობის დენების ფილტრი. ნახ. (2.10)-ზე მოცემული სქემით დენის ტრანსფორმატორების შეერთების დროს 1 რელეში გადის მხოლოდ ნულოვანი მიმდევრობის მდგენელი, რომელიც წარმოიქმნება მიწასთან მოკლედ შეერთების დროს. რაც შეეხება პირდაპირი და უკუ მიმდევრობის მდგენელებს, ისინი რელეში ვერ ხვდებიან, რადგან მათი ვექტორული ჯამი ნულის ტოლია. ე.ი. აღნიშნული სქემა გამოიყენება მხოლოდ ნულოვანი მიმდევრობის დენურ დაცვებში და იგი ცნობილია ნულოვანი მიმდევრობის დენების ფილტრის სახელით.

3.1 დენური დაცვების მოქმედების პრინციპი

გადამცემ ხაზზე მოკლედ შერთვის წარმოქმნის ერთ-ერთ დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს ხაზში დენის გადიდება. დენის ეს თვისება გამოყენებულია დაცვის განხორციელებისათვის, რომელსაც დენურ დაცვას უწოდებენ. დენური დაცვები მოქმედებაში მოდიან, როდესაც გადამცემი ხაზის ფაზაში დენის სიდიდე გადააჭარბებს განსაზღვრულ მნიშვნელობას. დაცვაში ინფორმაციის შემგრძნობ ორგანოდ გამოყენებული არის მაქსიმალური დენური რელე.

დენური დაცვები არის ორი სახის: მაქსიმალური დენური დაცვა და დენური მოკვეთა. ძირითადი განსხვავება ამ დაცვებს შორის სელექციურობის მიღწევის ხერხშია.

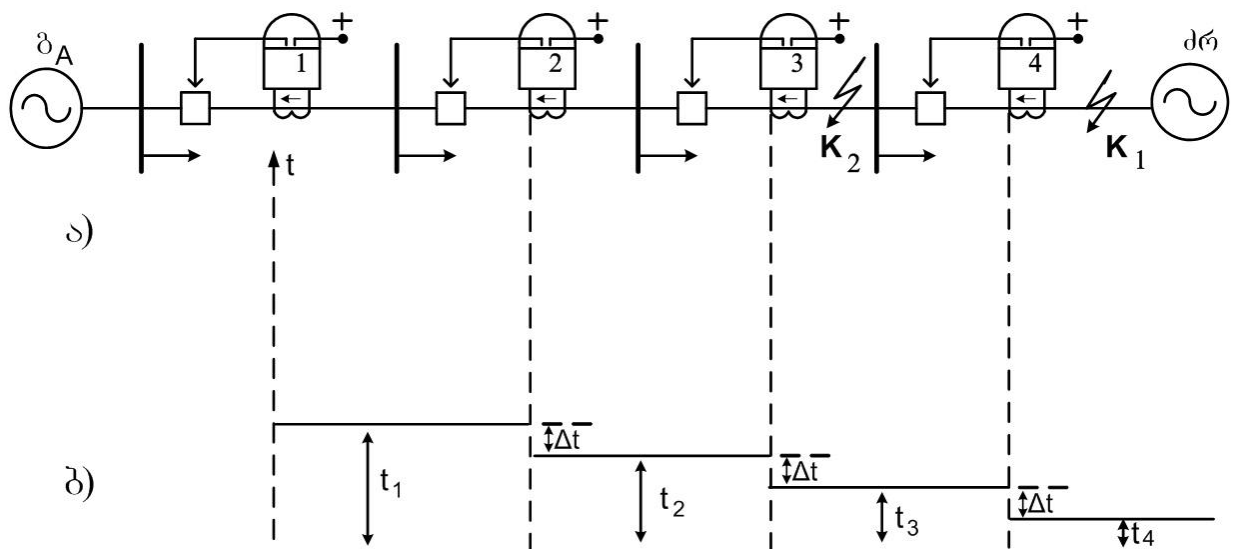
მაქსიმალურ დენურ დაცვაში სელექციურობა მიღწეულია დროის დაყოვნების საშუალებით, ხოლო დენური მოკვეთის მოქმედების სელექციურობა მიიღწევა ამუშავების დენის შერჩევით.

3.2 გადამცემი ხაზის მაქსიმალური დენური დაცვა

იგი წარმოადგენს ძირითად დაცვას ერთმხრივი კვების ქსელში. უფრო რთული კონფიგურაციის ქსელში მაქსიმალური დენური დაცვა გამოყენებულია როგორც სარეზერვო.

ერთმხრივი კვების ქსელში მაქსიმალური დენური დაცვა უნდა დაიდგას ხაზის დასაწყისში, კვების მხარეს (ნახ. 3.1). დაცვების ასეთი განლაგების შემთხვევაში თითოეული ხაზი აღჭურვილი არის დამოუკიდებელი დაცვით, რომელიც გამორთავს მას, როცა დაზიანება გაჩნდება თვით ამ ხაზზე, ან მისგან მკვებავი ქვესადგურის სალტებზე.

ქსელის რომელიმე წერტილში მოკლედ შერთვის დროს, მაგალითად K_1 წერტილში - (ნახ. 3.1), მოკლედ შერთვის დენის გავლის გზას წარმოადგენს ქსელის ყველა უბანი კვების წყაროდან მოკლედ შერთვის წერტილამდე. შედეგად მოქმედებაში მოდის 1, 2, 3 და 4 დაცვები, მაგრამ სელექციურობის პირობიდან გამომდინარე გამორთვაზე უნდა იმოქმედოს მე-4 დაცვამ, რომელიც მდებარეობს დაზიანებულ უბანზე.



ნახ. 3.1

სელექციურობის უზრუნველყოფის მიზნით მაქსიმალური დენური დაცვები შესრულებული არიან დროის დაყოვნებით, რომელიც ზრდადი ხასიათისაა მომხმარებელიდან კვების წყაროს მიმართულებით. $t_1 > t_2 > t_3 > t_4$ (ნახ. 3-1 ბ). აღნიშნული პრინციპის დაცვის პირობებში K_1 წერტილში მოკლედ შერთვის დროს, ყველაზე ადრე მოქმედებაში მოდის №4 დაცვა და გამორთავს დაზიანებულ უბანს. დაცვები 1, 2 და 3 დაბრუნდებიან საწყის მდგომარეობაში, ისე რომ ვერ მოასწრებენ ამომრთველის გამორთვაზე იმპულსის გაგზავნას. შესაბამისად K_2 წერტილში მოკლედ შერთვის დროს ყველაზე ადრე მოქმედებს დაცვა №3, ხოლო 1 და 2 დაცვები დაბრუნდებიან საწყის მდგომარეობაში.

დროის შერჩევის განხილულ პრინციპს ეწოდება საფეხურებიანი.

ორმხრივი კვების ქსელში მაქსიმალური დენური დაცვების სელექციური მოქმედების მიღწევა მხოლოდ დროის დაყოვნების შერჩევით პრაქტიკულად შეუძლებელია. ასეთ ქსელში გამოიყენება უფრო რთული მიმართულებიანი დაცვები.

3.3 მაქსიმალური დენური დაცვის სქემები

მაქსიმალური დენური დაცვები არის სამფაზა და ორფაზა შესრულებით, პირდაპირი და ირიბი მოქმედების.

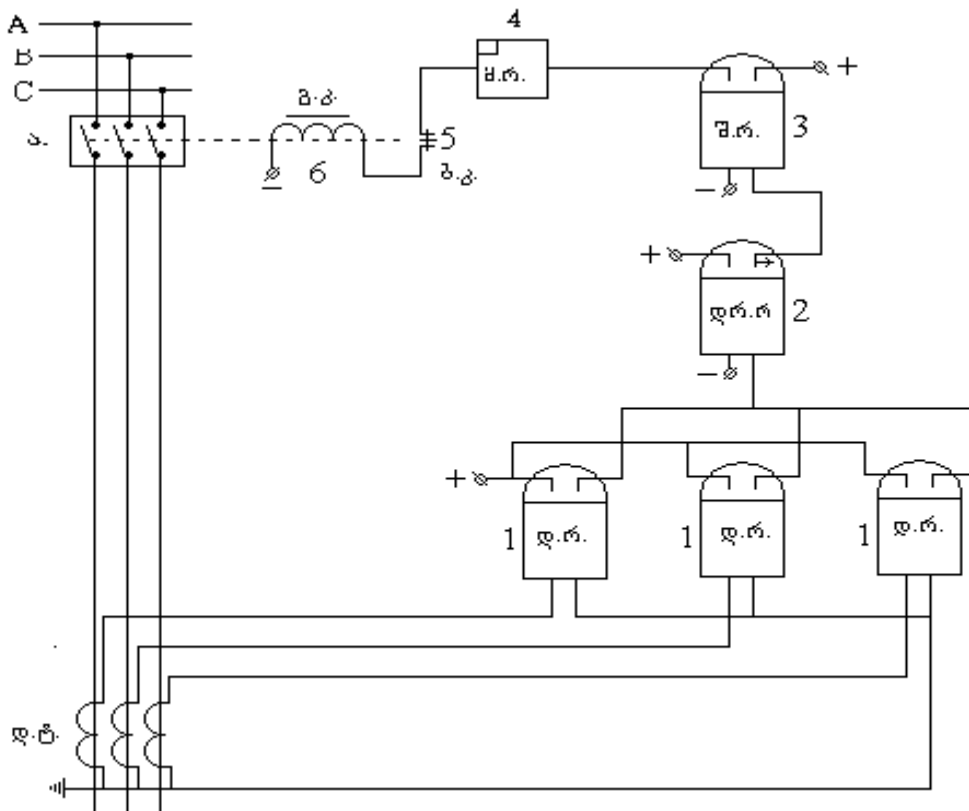
ირიბი მოქმედების მაქსიმალური დენური დაცვები ოპერატიული წრედის კვების მიხედვით იყოფიან დაცვებად მუდმივ ოპერატიულ დენზე და ცვლად ოპერატიულ დენზე.

რელეს მოქმედების დროის მახასიათებლის დენზე დამოკიდებულების მიხედვით მაქსიმალური დენური დაცვები იყოფა დამოკიდებულ და დამოუკიდებელ მახასიათებლიან დაცვებად.

პირდაპირი მოქმედების მაქსიმალური დენური დაცვები და დაცვები ცვლად ოპერატიულ დენზე გამოყენებული აპარატურით, ოპერატიული წრედების მოწყობით და პარამეტრების ანგარიშებით მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან სხვებისაგან, ამიტომ ისინი აქ არ განიხილებიან.

I. სამფაზა დაცვის წრედები მუდმივ ოპერატიულ დენზე.

ა) დაცვა დამოუკიდებელი დროის დაყოვნებით (ნახ.3.2). დაცვის სამფაზა შესრულების დროს დენის ტრანსფორმატორები და დენური რელეების გრაგნილები შეერთებულნი არიან სრული ვარსკვლავის სქემით. მაქსიმალური დენური დაცვის სქემის ძირითად ელემენტებს წარმოადგენენ: 1) დენის რელეები, რომლებიც მოქმედებენ რელეს გრაგნილებში მოკლედ შერთვის დენის გავლის დროს და ასრულებენ დაცვის გამშვი ორგანოს ფუნქციას, 2) დროის რელე, რომელიც ქმნის დროის დაყოვნებას და ასრულებს დროის ორგანოს ფუნქციას. ძირითადი რელეების გარდა სქემაში მონაწილეობს დამხმარე რელეები. მათ მიეკუთვნება: 3 შუალედური რელე და 4 მაჩვენებლიანი რელე.



ნახ. 3.2

მოკლედ შერთვის წარმოქმნის დროს მოქმედებენ იმ ფაზების დენის რელეები, რომლებზეც გაჩნდა მოკლედ შერთვა. დენის რელეების კონტაქტები შეერთებულნი არიან პარალელურად, ამიტომ ნებისმიერი მათგანის მუშაობის შემთხვევაში შეიკვრება (2) დროის რელეს გრაგნილის წრედი. მასზე განხორციელებული დროის ინტერვალის შემდეგ შეიკვრება რელეს კონტაქტები და მოქმედებაში მოდის (3)

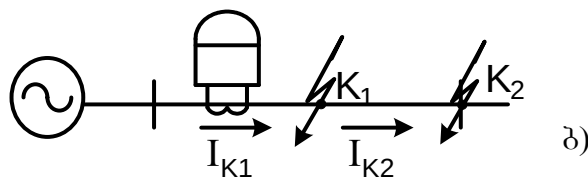
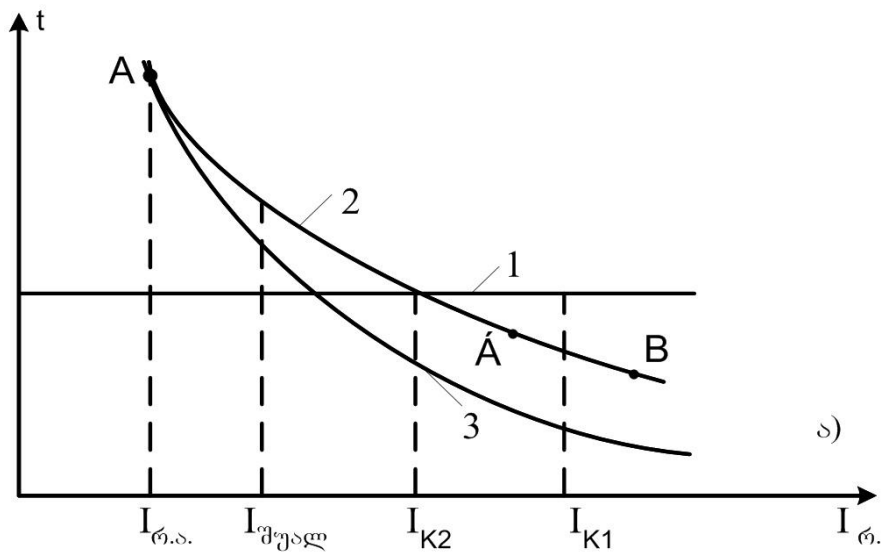
შუალედური რელე. ეს უკანასკნელი მყისურად შეკრავს თავის კონტაქტებს და აწვდის ოპერატიულ დენს ამომრთველის 6 გამორთვის კოჭას მაბლოკირებელი (5) კონტაქტის გავლით.

შუალედური რელეს (3) არსებობა სქემაში აუცილებელია ისეთ შემთხვევებში, როდესაც დროის რელეს არ შეუძლია შეკრას გამორთვის კოჭის წრედი თავისი კონტაქტების არასაკმარისი სიმძლავრის გამო.

მაჩვენებლიანი რელე (4) ჩართული არის გამორთვის კოჭის მიმდევრობით. აღნიშნულ წრედში დენის გავლის მომენტში იმოქმედებს მაჩვენებლიანი რელე და ბლინკერის ჩამოვარდნით აფიქსირებს მაქსიმალური დენური დაცვის მოქმედებას.

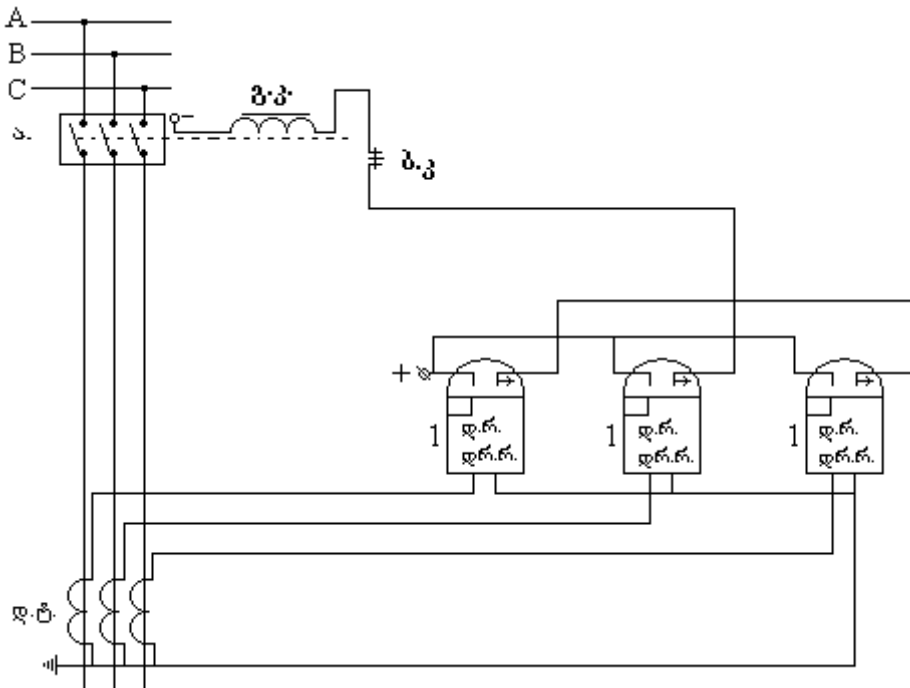
ამომრთველის ამძრავის (5) მაბლოკირებელი კონტაქტის დანიშნულებაა გაწყვიტოს დენი გამორთვის კოჭის წრედში, ვინაიდან შუალედური რელეს კონტაქტები არაა გათვლილი აღნიშნული წრედის გაწყვეტაზე. მაბლოკირებელი კონტაქტი უნდა გაიხსნას უფრო ადრე, ვიდრე დაბრუნდება შუალედური რელე საწყის მდგომარეობაში.

განსახილველი დაცვის მოქმედების დრო განისაზღვრება დროის რელეზე მიცემული დროის დაყოვნებით და არ არის დამოკიდებული მოკლედ შერთვის დენის სიდიდეზე; ამიტომ ასეთი სახის დაცვას ეწოდება მაქსიმალური დენური დაცვა დამოუკიდებელი დროის დაყოვნებით და მისი მახასიათებელი წარმოადგენს სწორ ხაზს (1) 3.3 ნახაზზე.



ნახ. 3.3

ბ) დაცვა დამოკიდებული მახასიათებლით. დამოუკიდებელმახასიათებლიან დაცვებთან ერთად პაქტიკაში გამოიყენება მაქსიმალური დენური დაცვები დამოკიდებული მახასიათებლით და შეზღუდულად დამოკიდებული მახასიათებლით $t = f(I)$ (მრუდები 2 და 3 ნახ. 3.3).



ნახ. 3.4

ორივე სახის დამოკიდებულმახასიათებლიანი დაცვა შესრულებული არის დენური რელეებით, რომლებიც მოქმედებაში მოდიან არა მყისურად, არამედ მოკლედ შერთვის დენის სიდიდისაგან დამოკიდებულებით, გარკვეული დროის დაყოვნებით. ასეთ რელეს წარმოადგენს PT-80 ტიპის დენის რელე. დამოკიდებულმახასიათებლიანი დაცვის სქემა გამოსახული არის ნახ. 3.4-ზე. აღნიშნულ სქემაში არ მონაწილეობენ დროის რელე, შუალედური და მაჩვენებლიანი რელეები, რადგან PT-80 ტიპის დენის რელეს გააჩნია საკმარის მძლავრი კონტაქტები და სასიგნალო ბლინკერი, რომელიც აფიქსირებს რელეს მოქმედებას. დამოუკიდებელმახასიათებლიანი დაცვებისაგან განსხვავებით (სწორი ხაზი 1) დამოკიდებულმახასიათებლიანი დაცვა (მრუდები 2 და 3 ნახ. 3.3) მოქმედებს, როცა რელეში დენის სიდიდე $I_{\phi} = (1 - 2) \cdot I_{\text{დ.ა.}}$, გაცილებით დიდი დროის დაყოვნებით, მოკლედ შერთვის დენთან შედარებით, რაც აუშჯობესებს დაცვის განრიდების პირობას ხანმოკლე გადატვირთვებისაგან $I_{\text{გ.დ.}}$. გარდა ამისა დამოკიდებულმახასიათებლიანი დაცვა საშუალებას გვაძლევს დავაჩქაროთ ხაზის გამორთვა, თუ მოკლედ შერთვა გადამცემი ხაზის დასაწყისშია (K_1 წერტილი ნახ. 3.3 ბ). რადგანაც K_1 წერტილში მოკლედ შერთვის დენი I_{K1} მეტია, ვიდრე K_2 წერტილში (ხაზის ბოლოში). მოკლედ შერთვის დენი $I_{K1} > I_{K2}$; შესაბამისად $t_{K1} < t_{K2}$.

ნახ. 3.2-ზე და ნახ. 3.4-ზე მოყვანილი მაქსიმალური დენური დაცვის სამფაზა სქემები რეაგირებს ყველა სახის მოკლედ შერთვებზე, მათ შორის ერთფაზაზე; ამიტომ ისინი გამოიყენებიან ყრუდდამიწებულ ნეიტრალიან სისტემებში, სადაც შესაძლებელია როგორც ფაზათაშორისო, ისე ერთფაზა მოკლედ შერთვები.

იზოლირებულნეიტრალიან ქსელში არაა რეკომენდირებული სამფაზა სქემის გამოყენება შემდეგი მოსაზრებების გამო:

1. სამფაზა სქემები უფრო ძვირია ორფაზასთან შედარებით, რადგანაც მისი განხორციელებისათვის საჭირო არის უფრო მეტი მოწყობილობა და შემაერთებული სადენი.

2. ორ წერტილში დამიწების შემთხვევაში სქემები სამფაზა შესრულებით უფრო ხშირად მუშაობენ არასელექციურად, ვიდრე ორფაზა შესრულების სქემები.

II. ორფაზა დაცვის სქემები მუდმივ ოპერატიულ დენზე. იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელში, სადაც მოსალოდნელია მხოლოდ ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების არსებობა, გადამცემი ხაზების დასაცავად გამოყენებული არის მაქსიმალური დენური დაცვები ორფაზა შესრულებით.

ა) დამოუკიდებელმახასიათებლიანი ორფაზა სქემა (ნახ. 3.5).

იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელში, სადაც მოსალოდნელია მხოლოდ ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების არსებობა, გადამცემის ხაზების დასაცავად გამოყენებული არის მაქსიმალური დაცვები ორფაზა შესრულებით.

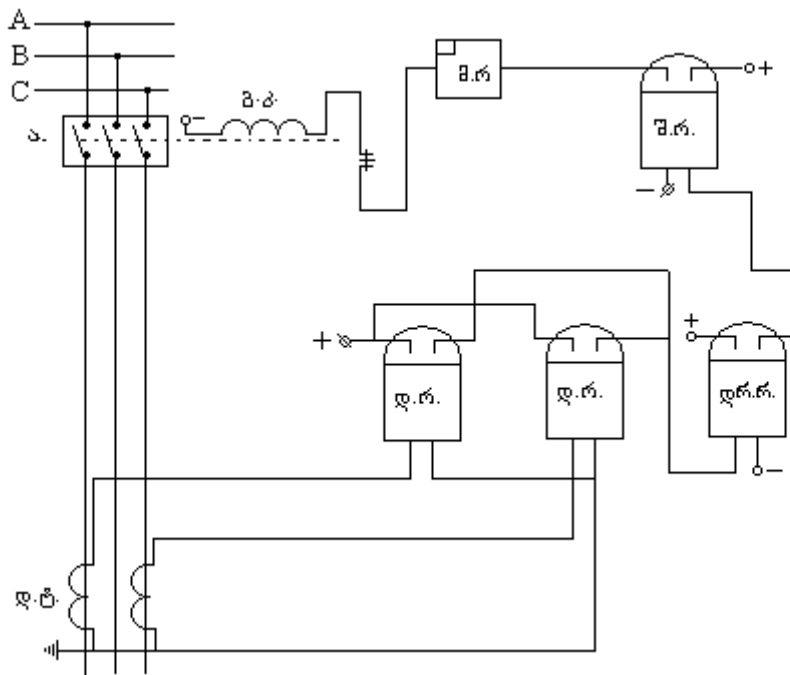
დაცვის დენური წრედები შესრულებული არის არასრული ვარსკვლავის სქემით. სქემის ელემენტები და მათი დანიშნულება იგივეა რაც სამფაზა სქემაში. ორრელეიანი სქემის უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ:

ა) რეაგირებს ყველა სახის ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვაზე, ისევე როგორც სამფაზა სქემები.

ბ) იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელში ორ სხვადასხვა წერტილში დამიწების დროს უმეტეს შემთხვევებში მუშაობს უფრო სელექციურად, ვიდრე სამფაზა სქემები.

გ) სამფაზა სქემებთან შედარებით არის უფრო ეკონომიური, რადგანაც მისი განხორციელებისათვის საჭიროა ნაკლები ოდენობის მოწყობილობა და სადენები.

დაცვის აღნიშნული სქემის ნაკლს წარმოადგენს: მისი შემცირებული მგრძნობიარობა ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს ძალოვანი ტრანსფორმატორის (შეერთების სქემაა Δ/Δ) დაბალი ძაბვის მხარეს. თუ ძალოვანი ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის მხარეს დადგმულია მაქსიმალური დენური დაცვა ორფაზა შესრულებით და დაბალი ძაბვის მხარეს ადგილი აქვს ორფაზა მოკლედ შერთვას, მაშინ ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის გრაფიკლებში ერთ ფაზაში გადის დენი $\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot I_K$, ხოლო დანარჩენ ორ ფაზაში $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot I_K$. ანუ დაცვას გააჩნია ორჯერ ნაკლები მგრძნობიარობა სამფაზა სქემასთან შედარებით. მგრძნობიარობის ამაღლების მიზნით დენური წრედების შემაერთებელ საერთო სადენში (ნახ. 3.5) აყენებენ მე-3 დენურ რელეს.



ნახ. 3.5

აღნიშნულ სადენში გადის სქემის მკვეთავი ორი ფაზის (A და C) დენების გეომეტრიული ჯამი, რომელიც მესამე ფაზის (B) დენის ტოლია (რომელიც არ მონაწილეობს სქემაში). ანუ $I_{\text{ბ. ს.დ.}} = -(I_a + I_c) = I_B$.

ამრიგად დამატებითი რელეს ჩართვით ორფაზა სქემა გახდა ისეთივე მგრძნობიარე, როგორც სამფაზა სქემა.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გამო ორფაზა შესრულების სქემა ფართოდ გამოიყენება იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელში, სადაც მოსალოდნელი არის მხოლოდ ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვები. ყრუდ დამიწებულ ნეიტრალიან ქსელში სქემა ორფაზა შესრულებით გამოყენებული არის მხოლოდ ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვებისაგან დასაცავად. ასეთ შემთხვევებში ერთფაზა მოკლედ შერთვებისაგან დაცვის მიზნით გამოიყენება დაცვები, რომლებიც რეაგირებენ მოკლედ შერთვის დენის ნულოვანი მიმდევრობის მდგენელზე.

ბ) დამოკიდებულმახასიათებლიანი ორფაზა სქემა. ასეთი დაცვის დენური წრედები შესრულებული არის ისე, როგორც დამოუკიდებელმახასიათებლიან დაცვებში. დენურ რელეს (ტიპი PT-80) გააჩნია დამოკიდებული მახასიათებელი.

დაცვის სქემა არის ნახ. 3.5-ზე მოყვანილი სქემის ანალოგიური იმ გამონაკლისით, რომ სქემაში არ მონაწილეობენ დროის რელე, შუალედური რელე და მაჩვენებლიანი რელე.

3.4 მაქსიმალური დენური დაცვის ამუშავების პარამეტრების შერჩევა

I. დაცვის ამუშავების დენი. მოკლედ შერთვის დროს მაქსიმალური დენური დაცვის ამუშავების დენის შერჩევისათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს მოთხოვნა, რომ დაცვამ საიმედოდ იმოქმედოს დაზიანების წარმოქმნისას და ამავე დროს არ იმოქმედოს დატვირთვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობების და დატვირთვის ცვალებადობის, ან ძრავების გაშვებით და თვითგაშვებით გამოწვეული ხანმოკლე ბიძგების დროს.

დატვირთვის დენებისაგან არასაკმარისად განრიდების გამო დაცვის ზედმეტმა მგრძნობიარობამ შეიძლება მიგვიყვანოს არასწორ გამორთვამდე, რაც ზარალს აყენებს მომხმარებლებს.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე დაცვის ამუშავების დენის შერჩევის დროს ძირითად ამოცანას წარმოადგენს, რომ იგი საიმედოდ იყოს განრიდებული დატვირთვის დენისაგან. ამისთვის საჭირო არის შესრულდეს ორი პირობა:

1) დაცვის დენის რელეებმა არ უნდა იმოქმედონ დატვირთვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობის დროს $I_{დ.მაქს.}$. ამისთვის საჭიროა დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე $I_{დ.ა.}$ მეტი იყოს დატვირთვის მაქსიმალურ მუშა დენზე

$$I_{დ.ა.} > I_{დ.ატ.მაქს.} \quad (3.1)$$

2) დენური რელეები, რომლებიც გარე მოკლედ შერთვების შემთხვევაში მოდიან მოქმედებაში საიმედოდ უნდა დაბრუნდნენ საწყის მდგომარეობაში გარე მოკლედ შერთვების გამორთვისა და დენის დატვირთვის მაქსიმალურ დენამდე შემცირების დროს. ასე მაგალითად K_2 წერტილში მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 3.1) მოქმედებაში მოდიან 1, 2 და 3 დაცვების დენური რელეები. მე-3 დაცვით დაზიანების გამორთვის შემდეგ ქსელის ელემენტებში მოკლედ შერთვის დენის გავლა შეწყდება და მოქმედებაში მოსული 1 და 2 დაცვების დენური რელეები უნდა დაბრუნდნენ საწყის მდგომარეობაში, რადგან სხვა შემთხვევაში მოხდება დაუზიანებელი ხაზის არასწორი გამორთვა. ამიტომ რელეს დაბრუნების დენი მეტი უნდა იყოს 1 და 2 დაცვებში გამავალ დატვირთვის დენზე, მოკლედ შერთვის გამორთვის შემდეგ.

აღნიშნული დენის სიდიდე მოკლედ შერთვის გამორთვის შემდეგ პირველ მომენტში გაზრდილია, რაც გამოწვეულია ელექტროძრავების გამშვი დენებით. ელექტროძრავები, რომლებიც შეადგენენ დატვირთვის მნიშვნელოვან ნაწილს, მოკლედ შერთვის დროს მუხრუჭებიან კვანძებში ძაბვების მნიშვნელოვნად შემცირების გამო. მოკლედ შერთვის გამორთვის შემდეგ კვანძებში ძაბვების აღდგენის გამო, მუშაობაში დარჩენილი ძრავები თვითგაშვებიან და ქსელიდან მოიხმარენ გაზრდილ დენებს გამშვი დენების სახით. ეს დენი I_{ϕ} თანდათანობით ქრება და გადამცემ ხაზში მყარდება მუშა დენი, რომელიც ყველაზე ცუდ შემთხვევაში აღწევს დატვირთვის მაქსიმალური დენის მნიშვნელობას $I_{პე.მაქს.}$.

ძრავების თვითგაშვებით გამოწვეული $I_{\text{მუშაკის}}$ დენის გაზრდა შეფასებულია თვითგაშვების კოეფიციენტით $K_{\text{გ.}}$. ძრავების თვითგაშვების გათვალისწინება არის აუცილებელი, აქედან გამომდინარე:

$$I_{\text{ღაბ.}} > K_{\text{გ.}} \cdot I_{\text{მუშაკის}} \quad (3.2)$$

(3.2) პირობის შესრულების შემთხვევაში თავისთავად სრულდება (3.1) პირობა, რადგანაც დაბრუნების დენის სიდიდე ყოველთვის ნაკლებია ამუშავების დენის სიდიდეზე მაქსიმალურ დენურ დაცვებში. აქედან გამომდინარე დაბრუნების დენი შეირჩევა შემდეგნაირად:

$$I_{\text{ღაბ.}} = K_{\text{მარ.}} \cdot K_{\text{გ.}} \cdot I_{\text{მუშაკის}} \quad (3.3)$$

სადაც $K_{\text{მარ.}}$ არის მარაგის კოეფიციენტი და ითვალისწინებს მოსალოდნელ ცდომილებას დაბრუნების დენის სიდიდეში. იგი ტოლია 1,1-1,2; ამუშავების დენის სიდიდე განისაზღვრება დამოკიდებულებიდან: $K_{\text{ღაბ.}} = I_{\text{ღაბ.}} / I_{\text{მუშ.}}$. თუ აღნიშნულ დამოკიდებულებაში შევიტანთ (3.3)-ს, მაშინ შეგვიძლია დავწეროთ:

$$I_{\text{ღაბ.}} = \frac{K_{\text{მარ.}}}{K_{\text{ღაბ.}}} \cdot K_{\text{გ.}} \cdot I_{\text{მუშაკის}} \quad (3.4)$$

სადაც $K_{\text{ღაბ.}}$ აიღება 0,85 და მეტი.

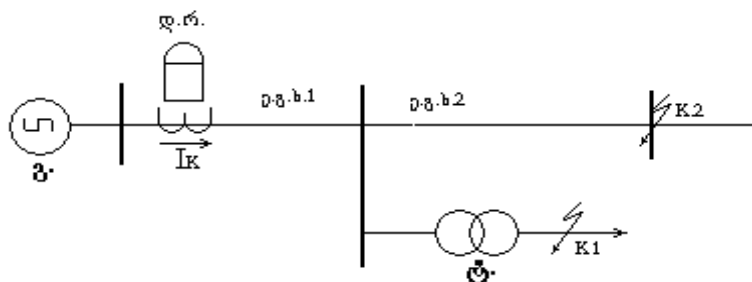
რელეს ამუშავების მეორადი დენი გამოითვლება ფორმულით:

$$I_{\text{რ.ა.}} = K_{\text{სქ.}} \cdot \frac{I_{\text{ღაბ.}}}{n_T} \quad (3.5)$$

სადაც $K_{\text{სქ.}}$ არის რელეს ჩართვის სქემის კოეფიციენტი, ხოლო n_T - დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

ამუშავების დენის სიდიდე, რომელიც შერჩეულია დატვირთვის დენისაგან განრიდების პირობით, უნდა შემოწმდეს დაცვის მგრძნობიარობის პირობაზე.

შემოწმება ხდება მინიმალური მოკლედ შერთვის დენის მიხედვით, როცა მოკლედ შერთვაა დაცვის ზონის ბოლოში. მაქსიმალური დენური დაცვის მოქმედების ზონა მოიცავს ე.გ.ხ.1 გადამცემ ხაზს მთლიანად და მომდევნო უბანს, გადამცემ ხაზს ე.გ.ხ.2 და ტრანსფორმატორს ტ. (ნახ. 3.6).



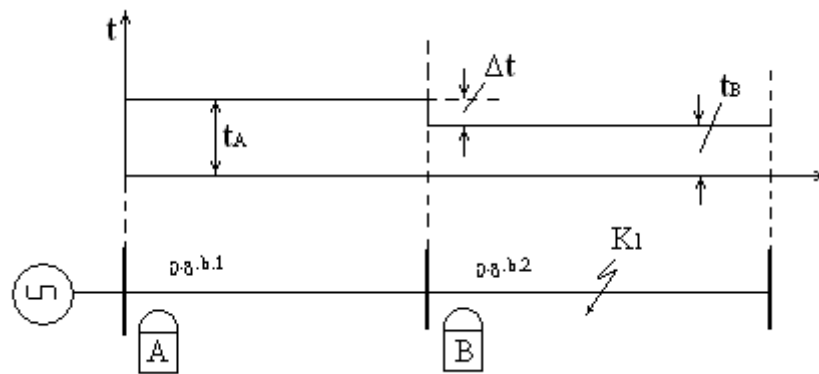
ნახ. 3.6

მინიმალური დენი გაანგარიშებული არის ელექტროსადგურის და ქსელის რეალური მინიმალური რეჟიმის პირობებში. დაცვის მგრძნობიარობა გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{\text{გრ.}} = \frac{I_{\text{მშპმ.}}}{I_{\text{დ.ა.}}} \quad (3.6)$$

დასაცავი ხაზისთვის (ე.გ.ხ.1) $K_{\text{გრ.}} \geq 1.5$, ხოლო სარეზერვო უბნისათვის (ე.გ.ხ.2) $K_{\text{გრ.}} \geq 1.2$;

II. დაცვის დაყოვნება. მაქსიმალურ დენურ დაცვებში სალექციურობის უზრუნველყოფის მიზნით დროის დაყოვნება შეირჩევა საფეხურებრივი პრინციპით (ნახ. 3.7)



ნახ. 3.7

ორი მეზობელი უბნის დაცვის მოქმედების დროის სხვაობას ეწოდება სელექციურობის საფეხური:

$$\Delta t = t_A - t_B \quad (3.7)$$

Δt - სიდიდე უნდა იყოს ისეთი, რომ ე.გ.ხ.2-ზე მოკლედ შერთვის დროს წინა ხაზის დაცვამ ვერ მოასწროს მოქმედება. გავანალიზოთ რაზეა დამოკიდებული Δt ; როცა მოკლედ შერთვა ე.გ.ხ.2-ზე, მოკლედ შერთვის დენის გავლის ხანგრძლივობა ქსელის ელემენტებში:

$$t_B = t_{\text{დ.}(B)} + t_{\text{ცდ.}(B)} + t_{B(B)}$$

სადაც $t_{\text{დ.}(B)}$ - არის დაცვის მოქმედების დრო; $t_{\text{ცდ.}(B)}$ - არის B დაცვის დროის რელეს ცდომილება; $t_{B(B)}$ - არის B ამომრთველის გამორთვის დრო.

შესაბამისად, იმისათვის რომ A დაცვამ არ მოასწროს მოქმედება ე.გ.ხ.2-ზე მოკლედ შერთვის დროს, საჭიროა მისი დროის დაყოვნება იყოს:

$$t_{\text{დ.}(A)} > t_{\text{დ.}(B)} + t_{\text{ცდ.}(B)} + t_{B(B)}$$

თუ გავითვალისწინებთ გარკვეულ მარაგს $t_{\text{მარ.}}$ და იმას, რომ A დაცვის დროის რელეს შეიძლება გააჩნდეს ცდომილება $t_{\text{ცდ(A)}}$, მივიღებთ:

$$t_{\text{დ(A)}} > t_{\text{დ(B)}} + t_{\text{ცდ(B)}} + t_{\text{B(B)}} + t_{\text{ცდ(A)}} + t_{\text{მარ.}} \quad (3.8)$$

აქედან მინიმალური დროის დაყოვნება:

$$\Delta t = t_{\text{ცდ(B)}} + t_{\text{B(B)}} + t_{\text{ცდ(A)}} + t_{\text{მარ.}} \quad (3.9)$$

ამრიგად დამოუკიდებელ მახასიათებლიანი დაცვებისათვის, ექსპლუატაციაში გამოყენებული რელეებისა და ამომრთველების შესაბამისად, სელექციურობის საფეხური მერყეობს (0.35-0.6)წმ; ხოლო დამოკიდებულ მახასიათებლიანი დაცვებისათვის (0.6-1) წმ.

ამრიგად დამოუკიდებელ მახასიათებლიანი დაცვებისათვის დროის დაყოვნება გამოითვლება ფორმულით:

$$t_{\text{დ(A)}} = t_{\text{დ(B)}} + \Delta t \quad (3.10)$$

3.5 მაქსიმალური დენური დაცვა მინიმალური ძაბვით გაშვებით (ბლოკირებით)

მაქსიმალური დენური დაცვის მგრძნობიარობის გაზრდის და დატვირთვის დენისაგან განრიდების პირობის შემსუბუქების მიზნით, დაცვის სქემაში გამოყენებული არის ბლოკირება მინიმალური ძაბვის რელეს საშუალებით (ნახ.3.8). როგორც სქემიდან ჩანს, დაცვას შეუძლია იმოქმედოს გამორთვაზე მხოლოდ (1) ძაბვის რელეს მუშაობის შემდეგ. ძაბვის რელეს (1) დანაყენები შერჩეული არის ისე, რომ იგი არ მოქმედებს მუშა ძაბვის შესაძლო მინიმალური მნიშვნელობებისას და არ აძლევს შესაძლებლობას დაცვას გამორთოს ამომრთველი, იმ შემთხვევაშიც კი თუ დენის რელეები შეკრავენ კონტაქტებს გადამცემი ხაზის გადატვირთვის გამო.

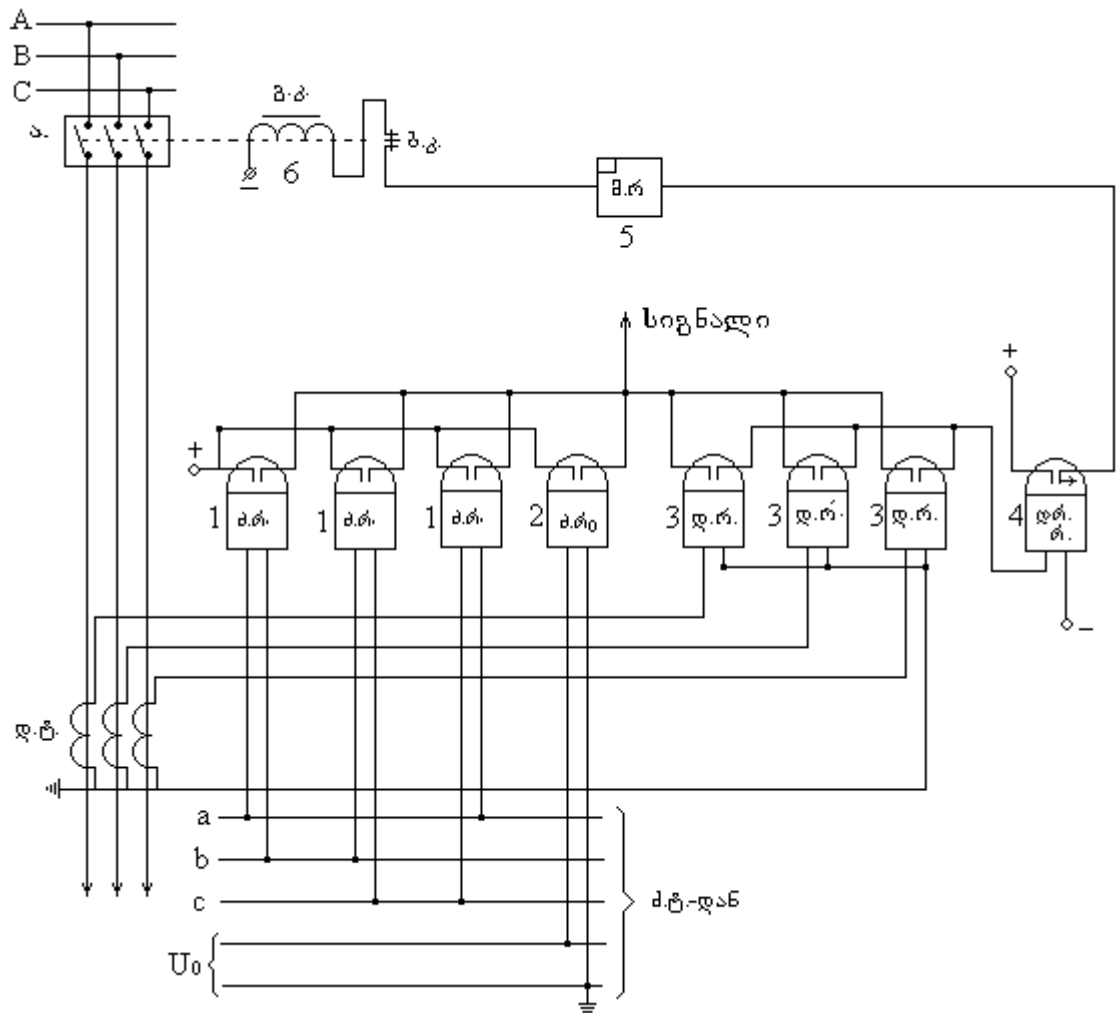
მოკლედ შერთვის დროს ადგილი აქვს ქსელის ძაბვის შემცირებას, რის გამოც მოქმედებს მინიმალური ძაბვის რელე (1) და დაცვას აძლევს ნებართვას გამორთოს ამომრთველი.

ძაბვის რელეს კვების წრედის გაწყვეტის შემთხვევაში ეს უკანასკნელი შეკრავს თავის კონტაქტებს და დაცვას ეხსნება ბლოკირება. ამისთვის სქემაში გათვალისწინებულია (1) ძაბვის რელეს კონტაქტების სიგნალიზაცია, რომელიც მიუთითებს ბლოკირების წრედების უწყესრიგობაზე.

განრიდების პირობის შემსუბუქების მიზნით დაცვის განხორციელების სქემაში გამოყენებულია ბლოკირება მინიმალური ძაბვის რელეს საშუალებით (ნახ.3.8).

ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს საიმედო ბლოკირების უზრუნველყოფისათვის სქემაში გათვალისწინებულია სამი მინიმალური ძაბვის რელე (1), რომლებიც ჩართულნი არიან ქსელის ხაზურ ძაბვებზე. მაგრამ ხაზურ ძაბვაზე

ჩართული ძაბვის რელეები ცუდად რეაგირებენ ერთფაზა მოკლედ შერთვაზე, ამიტომ ყრუდამიწებულ ნეიტრალიანი ქსელის შემთხვევაში დამატებით გათვალისწინებულია მეოთხე მახლოკირებელი რელე (2), რომელიც რეაგირებს U_0 ძაბვაზე მიწასთან მოკლედ შერთვის დროს.



ნახ. 3.8

იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელში სქემის დენური ნაწილი განხორციელებულია ორფაზა შესრულებით. ხოლო ძაბვის რელეს ნაწილში სქემა უნდა განხორციელდეს სამფაზა შესრულებით ორფაზა მოკლედ შერთვების დროს საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით. რელე H_0 სქემაში არ მონაწილეობს, რადგანაც დაცვა რეაგირებს მხოლოდ ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვებზე.

(3) დენის რელეების ამუშავების დენი განრიდებული არის ხაზის არა მაქსიმალური დატვირთვის დენისაგან, არამედ ხანგრძლივი ნომინალური დატვირთვის დენისაგან $I_{\text{მუშნომ}}$, რომელიც პრაქტიკულად (1,5-2)-ჯერ ნაკლებია მაქსიმალური დატვირთვის დენზე:

$$I_{\text{ღ.ა.}} = \frac{K_{\text{მარ.}}}{K_{\text{ღაბ.}}} \cdot I_{\text{მუშნომ.}} \quad (3.11)$$

შედეგად მნიშვნელოვნად იზრდება დაცვის მგრძნობიარობა მოკლედ შერთვის დროს.

ძაბვის რელეს (1) ამუშავების ძაბვა შერჩეულია იმ პირობით, რომ მან: ა) არ იმოქმედოს მუშა ძაბვის მინიმალური მნიშვნელობების დროს და ბ) გარე მოკლედ შერთვების გამორთვის შემდეგ გახსნას თავისი კონტაქტები (დაუბრუნდეს ნორმალურ მდგომარეობას). მეორე მოთხოვნის შესრულების შემთხვევაში შესრულდება აგრეთვე პირველი მოთხოვნა. ამიტომ $U_{\text{რ.ა.}}$ შეირჩევა რელეს დაბრუნების პირობის მიხედვით. ამისთვის საჭიროა $U_{\text{ღაბ.}}$ იყოს ნაკლები, ვიდრე მინიმალური მუშა ძაბვა $U_{\text{მუშნომ.}}$. ე.ი.

$$U_{\text{ღაბ.}} < \frac{U_{\text{მუშნომ.}}}{n_{\text{ტ}}} \quad (3.12)$$

სადაც $n_{\text{ტ}}$ ძაბვის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

(3.12)-დან ვღებულობთ: $U_{\text{ღაბ.}} = \frac{U_{\text{მუშნომ.}}}{n_{\text{ტ}} \cdot K_{\text{მარ.}}}$, სადაც $K_{\text{მარ.}} = 1.1 - 1.2$

გამოსახულებიდან $K_{\text{ღაბ.}} = \frac{U_{\text{ღაბ.}}}{U_{\text{რ.ა.}}}$ ვწერთ

$$U_{\text{რ.ა.}} = \frac{U_{\text{მუშნომ.}}}{K_{\text{ღაბ.}} \cdot K_{\text{მარ.}} \cdot n_{\text{ტ}}} \quad (3.13)$$

თუ $K_{\text{ღაბ.}} = 1.15$ და $K_{\text{მარ.}} = 1.2$, მაშინ

$$U_{\text{რ.ა.}} = \frac{0.72 \cdot U_{\text{მუშნომ.}}}{n_{\text{ტ}}} \quad (3.14)$$

ძაბვის რელეს მგრძნობიარობა უნდა შემოწმდეს მაქსიმალური ძაბვის მნიშვნელობაზე, როცა მოკლედ შერთვაა დაცვის მოქმედების ზონის ბოლოში.

მგრძნობიარობის კოეფიციენტი $K_{\text{მბ.}} = \frac{U_{\text{ღაბ.}}}{U_{\text{K.მაქს.}}}$ ითვლება დამაკმაყოფილებლად, თუ

იგი ტოლია ან მეტია 1.5.

4.1 დენური მოკვეთის მოქმედების პრინციპი

მოკვეთა წარმოადგენს დენური დაცვის ერთ-ერთ სახეს, რომელიც უზრუნველყოფს მოკლედ შერთვის მყისურ გამორთვას. დენური მოკვეთა არის როგორც მყისური, ისე დროის დაყოვნებით (0,3-0,5 წმ).

დენური მოკვეთის სელექციურობა მიიღწევა მისი მუშაობის ზონის ისეთი შეზღუდვით, რომ მან არ იმოქმედოს ქსელის მეზობელ უბნებზე მოკლედ შერთვის დროს. ამისთვის საჭიროა, რომ მოკვეთის ამუშავების დენის სიდიდე მეტი იყოს დენზე, რომელიც გაივლის დაცვაში, როცა მოკლედ შერთვაა დაცვის მოქმედების ზონის ბოლოში. მოქმედების ზონის შეზღუდვის ასეთი ხერხი დაფუძნებულია იმაზე, რომ მოკლედ შერთვის დენი I_K დამოკიდებულია წინაღობის სიდიდეზე დაზიანების ადგილამდე.

სინამდვილეში მოკლედ შერთვის დენის სიდიდე ტოლია (ნახ. 4.1):

$$I_K = \frac{E_b}{x_b + x_{გვ.b.K}} = \frac{E_b}{x_b + x_y \cdot I_K} \quad (4.1)$$

სადაც E_b არის სისტემის ექვივალენტური გენერატორის ე.მ.ძ.; x_b და $x_{გვ.b.K}$ წინააღობებია შესაბამისად სისტემისა და ხაზის უბნისა მოკლედ შერთვის წერტილამდე; x_y ხაზის კუთრი წინააღობაა ომი/კმ; I_K მანძილია მოკლედ შერთვის წერტილამდე.

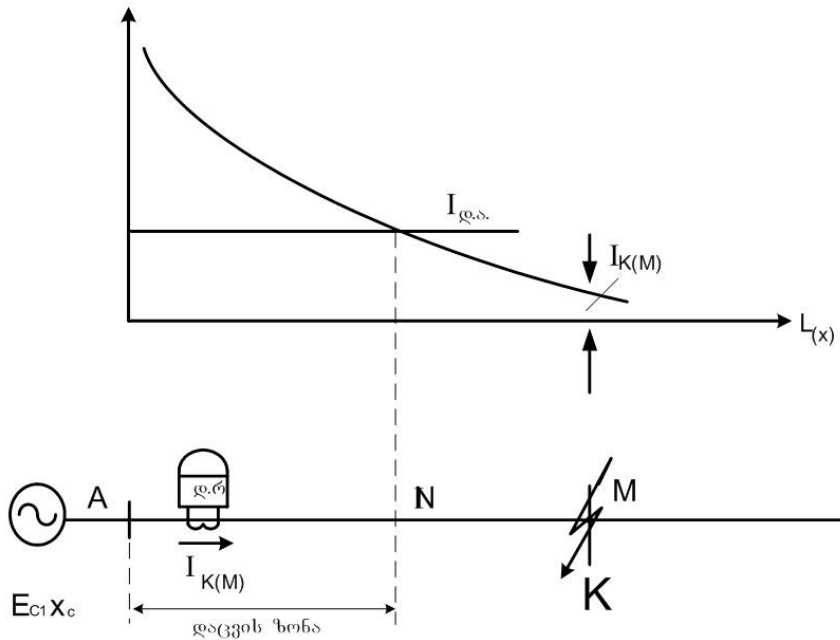
(4.1) ფორმულიდან ჩანს, რომ რაც უფრო დაცილებულია მოკლედ შერთვის წერტილი კვების წყაროდან, მით უფრო იზრდება $x_{გვ.b.K}$ წინააღობა, ხოლო დენი I_K შესაბამისად მცირდება (ნახ. 4.1). სელექციურობის პირობიდან გამომდინარე მოკვეთამ არ უნდა იმოქმედოს M წერტილის იქით მოკლედ შერთვის დროს, მაშინ ამ პირობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა შევირჩიოთ:

$$I_{გ.ა.} > I_{K(M)} \quad (4.2)$$

M წერტილის იქით მოკლედ შერთვის დროს დენური მოკვეთა არ იმოქმედებს, ხოლო AM უბანზე იმოქმედებს ხაზის იმ წერტილებში მოკლედ შერთვის დროს (AN) სადაც $I_K > I_{გ.ა.}$. ამრიგად დაცვის მოქმედების ზონა, რომელიც განსაზღვრული არის

(4.2) ფორმულის შესაბამისად, ამუშავების დენით მოიცავს მხოლოდ ხაზის ნაწილს (მონაკვეთი AN) და არ გამოდის AM უბნის საზღვრებიდან.

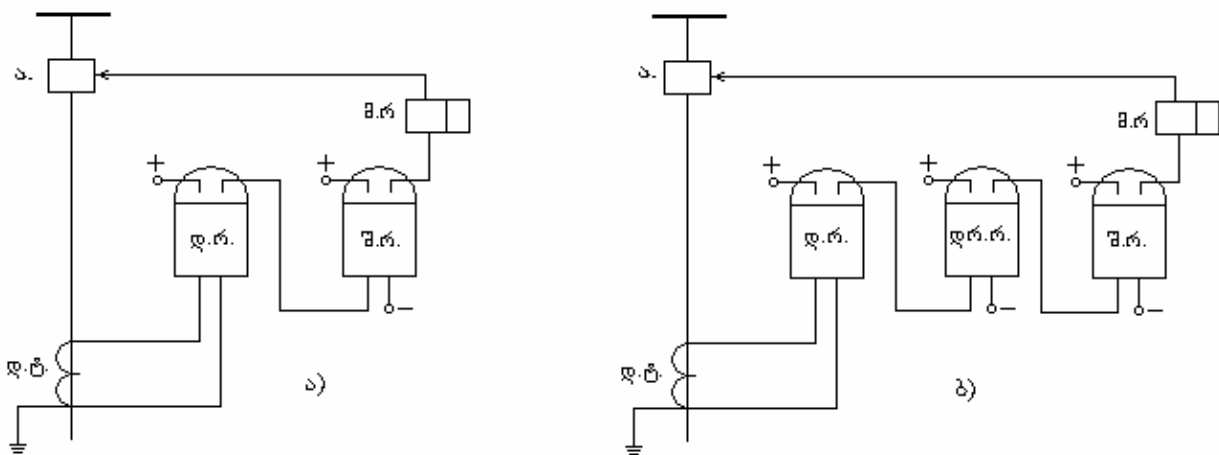
დენური მოკვეთები გამოყენებულნი არიან როგორც რადიალური, ისე ორმხრივი კვების ხაზების დასაცავად.



ნახ. 4.1

4.2 დენური მოკვეთის სქემები

ნახ. 4.2-ზე მოცემულია მყისური და დროის დაყოვნებიანი დენური მოკვეთის პრინციპიალური სქემები მუდმივ ოპერატიულ დენზე.



ნახ. 4.2

ყრუდდამიწებულ ნეიტრალიან ქსელში ყველა სახის მოკლედ შერთვებისაგან დასაცავად გამოიყენება სამფაზა სქემები. ხოლო ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვებისაგან დასაცავად გამოიყენება ორფაზა სქემები არასრული ვარსკვლავით.

იზოლირებულ ნეიტრალიან ან დიდი წინააღობით დამიწებულ ქსელში გამოიყენება ორფაზა სქემები.

მოკვეთის სამფაზა სქემები მუდმივ ოპერატიულ დენზე ანალოგიურია ნახ.3.2-ზე და 3.5-ზე მოყვანილი სქემებისა.

ყველა მოსაზრება, რომელიც გამოთქმულია დაცვის სქემების შესახებ ქვეთავ 3.3-ში, ვრცელდება მოკვეთის სქემებზეც.

მსგავსად მაქსიმალური დენური დაცვებისა, დენური მოკვეთებიც სრულდება როგორც მუდმივ ასევე ცვლად ოპერატიულ დენზე პირდაპირი მოქმედების რეგულირებით.

დროის დაყოვნებით დენური მოკვეთის სქემები ანალოგიურია დამოუკიდებელ მახასიათებლიანი დენური დაცვის სქემებისა. მყისური მოქმედების დენური მოკვეთის სქემები განსხვავდებიან დამოუკიდებელ მახასიათებლიანი მაქსიმალური დენური დაცვების სქემებისაგან იმით, რომ მათში არ მონაწილეობს დროის რეგ.

4.3 მყისური მოქმედების დენური მოკვეთა ცალმხრივი კვების ხაზებისთვის

სელექციურობის პირობიდან გამომდინარე მყისური მოქმედების დენურმა მოკვეთამ არ უნდა იმუშაოს დასაცავი ხაზის გარეთ მოკლედ შერთვის დროს (ნახ.4.3 უბანი AB). მყისური მოკვეთის ამუშავების დენმა უნდა დააკმაყოფილოს (4.2) პირობა დასაცავი AB ხაზის ბოლოში (M წერტილი) მოკლედ შერთვის დროს. აქედან გამომდინარე ვწერთ:

$$I_{\text{დ.ა.}} = K_{\text{მარ.}} \cdot I_{K(M)\text{მკვლ.}} \quad (4.2)$$

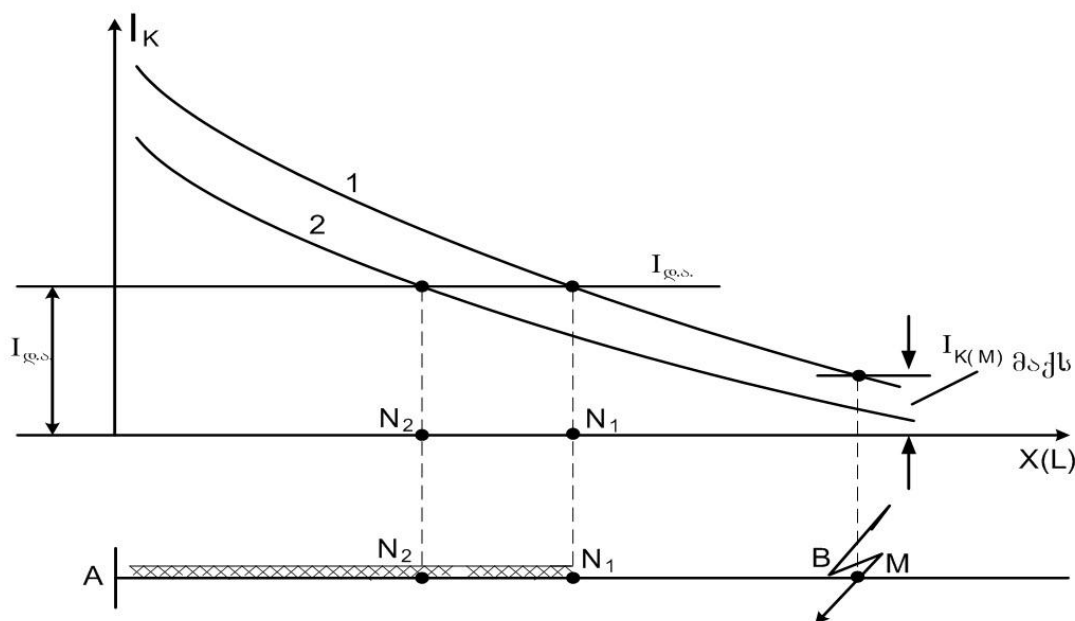
სადაც, $I_{K(M)\text{მკვლ.}}$ - გადამცემი ხაზის ფაზის მაქსიმალური მოკლედ შერთვის დენია, როცა მოკლედ შერთვაა B ქვესადგურის სალტებზე (ნახ. 4.3-ზე M წერტილი); $K_{\text{მარ.}}$ - მარაგის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ცდომილებას მოკლედ შერთვის დენის ანგარიშებში და ცდომილებას რეგულაციის ამუშავების დენში.

დენი $I_{K(M)\text{მკვლ.}}$ გაანგარიშებულია სისტემის მუშაობის ისეთ რეჟიმებში და ისეთი სახის მოკლედ შერთვების დროს, როცა იგი არის ყველაზე მაქსიმალური. ვინაიდან დენური მოკვეთის საკუთარი დრო 0,01-0,02 წმ-ის ტოლია, ამიტომ დენი $I_{K(M)\text{მკვლ.}}$ გაანგარიშებული არის მოკლედ შერთვის საწყისი მომენტისათვის ($t = 0$) და მოკლედ შერთვის დენის პერიოდული მდგენელის მოქმედი მნიშვნელობის ტოლია. მოკლედ შერთვის დენის ანგარიშის დროს ჩანაცვლების სქემაში გენერატორი მონაწილეობს ზეგარდამავალი წინააღობით X_d'' .

მოკვეთის სქემებში, სადაც დენური რელე მოქმედებს პირდაპირ გამორთვაზე, შუალედური რელეს გარეშე, მოკვეთის დრომ შეიძლება მიაღწიოს 0,02 წმ-ს. ასეთ დროს საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს მოკლედ შერთვის დენის აპერიოდული მდგენელი, რომელიც ტოლია:

$$I_{\infty} = K_{\infty} I_{K(M) \text{ მაქს.}} = (1,6 \div 1,8) I_{K(M) \text{ მაქს.}}$$

თუ მოკვეთის სქემებში გამოყენებული არის დენის რელე PT-40, მაშინ მარაგის კოეფიციენტი $K_{\text{მარ.}} = 1,3$; ხოლო PT-80 ტიპის დენის რელეებისათვის $K_{\text{მარ.}} = 1,5$.



ნახ. 4.3

მოკვეთის მოქმედების ზონის განსაზღვრა წარმოებს გრაფიკულად (ნახ. 4.3). ჩვეულებრივ აგებენ მოკლედ შერთვის დენის მანძილზე დამოკიდებულების გრაფიკს $I_K = f(l)$ მაქსიმალური და მინიმალური რეჟიმებისათვის. აღნიშნული მრუდის $I_{\text{დ.ა.}}$ სწორ ხაზთან გადაკვეთის წერტილით პოულობენ მოკვეთის მოქმედების ზონის ბოლო წერტილს მაქსიმალურ და მინიმალურ რეჟიმებში (AN_1 და AN_2).

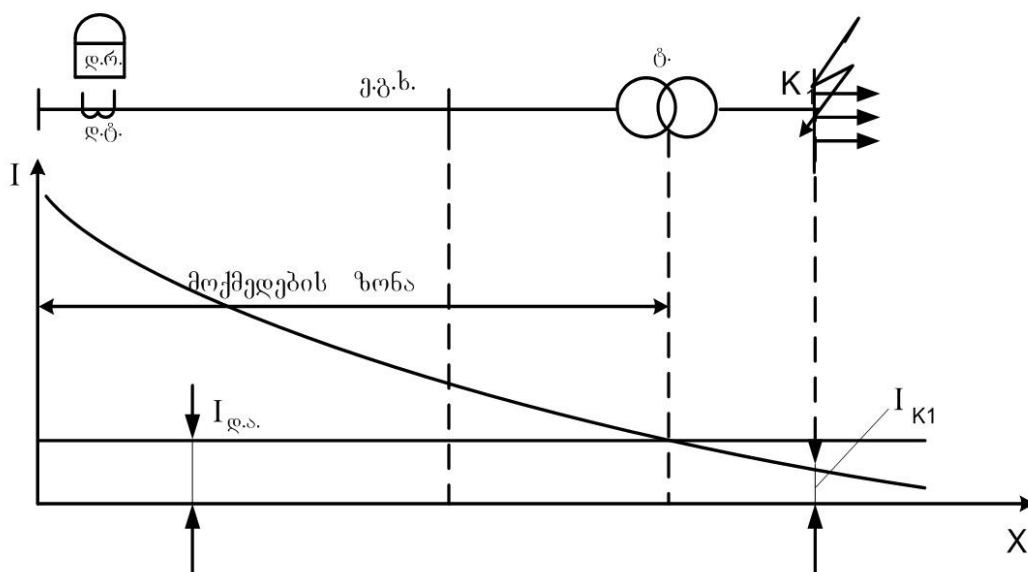
ელექტროდანადგარების მოწყობის წესების თანახმად, თუ დენური მოკვეთა იცავს ხაზის 20%-ზე მეტს, მაშინ მისი განხორციელება რეკომენდირებულია.

როცა გადამცემი ხაზი მუშაობს ტრანსფორმატორთან ბლოკში (ნახ. 4.4), მაშინ მოკვეთას განარიდებენ ტრანსფორმატორის იქით K_1 წერტილში მოკლედ შერთვისაგან.

ასეთ დროს მოკვეთა იცავს ხაზს მთლიანად და ტრანსფორმატორის ნაწილს. ამრიგად მისი მოქმედება ძალზე ეფექტურია.

დენური მოკვეთის მოქმედების დრო შედგება დენური რელეს და შუალედური რელეს მოქმედების დროისაგან და აღწევს 0,04-0,06 წმ-ს. შუალედური რელე უმსუბუქებს დენური რელეს კონტაქტებს მუშაობის პირობებს და საშუალებას

გვამლევს არ გავითვალისწინოთ მოკლედ შერთვის დენის აპერიოდული მდგენელი, რომელიც ქრება.



ნახ. 4.4

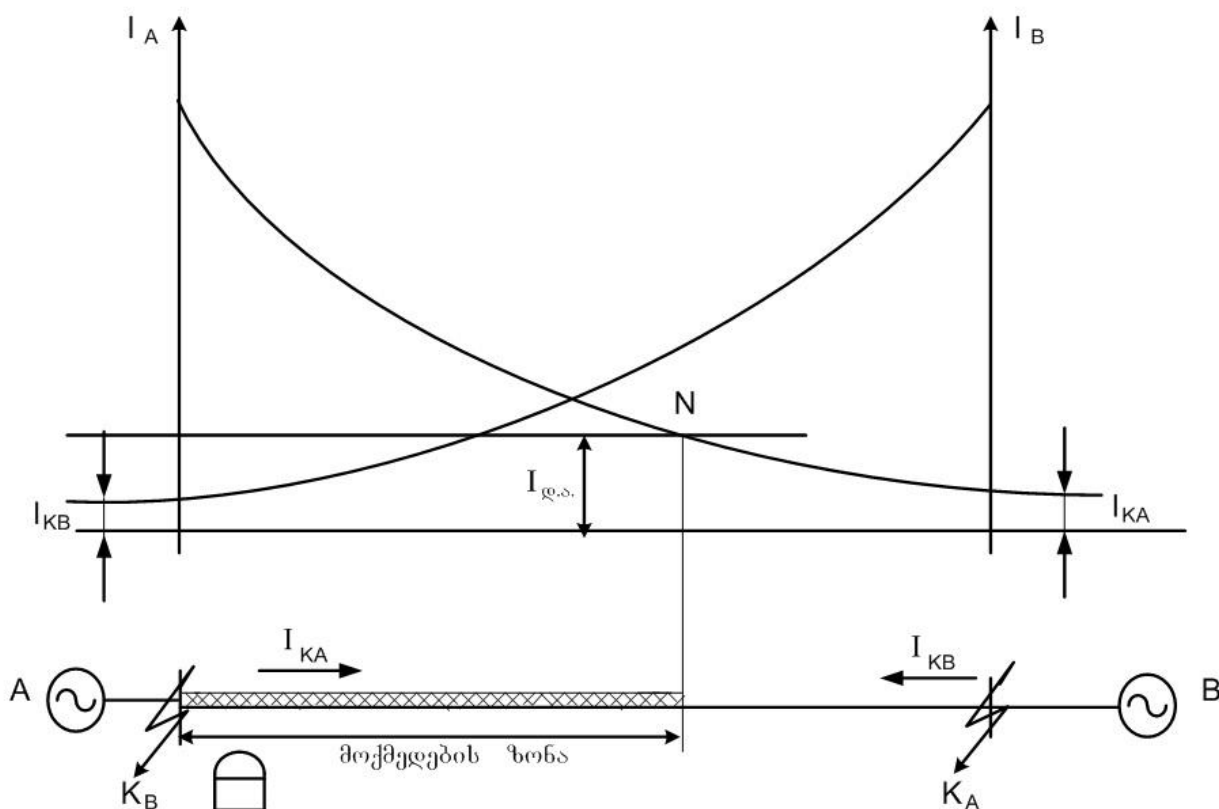
4.4 მყისური მოქმედების დენური მოკვეთა ორმხრივი კვების ხაზებისთვის

ორმხრივი კვების გადამცემ ხაზებზე დენურმა მოკვეთამ არ უნდა იმუშაოს დასაცავი უბნის საზღვრებს იქით მოკლედ შერთვების დროს (წერტილები K_A და K_B ნახ. 4.5). აქედან გამომდინარე ამუშავების დენი შეირჩევა K_A და K_B წერტილებში მოკლედ შერთვების დროს I_{KA} და I_{KB} დენებისაგან უდიდესით (ნახ. 4.5). მოკვეთის ამუშავების დენი გამოითვლება (4.2) ფორმულით, სადაც $I_{K(M)მკვს.}$ -ის მაგივრად მონაწილეობას მიიღებს I_{KA} და I_{KB} დენებს შორის უდიდესი.

გადამცემ ხაზზე ორმხრივი კვების შემთხვევაში მასში შეიძლება გაიაროს დენმა, რომელიც გამოწვეული არის A ელექტროსადგურის გენერატორების რყევით B ელექტროსადგურის მიმართ. იმისათვის რომ მოკვეთამ არ იმუშაოს რყევების დროს, საჭიროა ამუშავების დენი განრიდებული იყოს რყევის დენისაგან $I_{რყ.}$; ამისათვის უნდა დაკმაყოფილდეს პირობა:

$$I_{დ.ა.} = K_{მარ.} I_{რყ.მკვს.} \quad (4.3)$$

სადაც $K_{მარ.} = 1,2 \div 1,3$.



ნახ. 4.5

რყევის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$I_{\text{რყმაქს.}} = \frac{2E}{X_{AB}} \quad (4.3a)$$

სადაც, E არის A და B გენერატორების ელექტრომომძრავებელი ძალა. ანგარიშების გამარტივების მიზნით ვუშვებთ, რომ $E_A = E_B = 1,05U_{\text{ნომ.კენ.}}$; X_{AB} არის ჯამური წინააღმდეგობა და იგი ტოლია: $X_{AB} = X_{\text{გ.}A} + X_{\text{გ.}B} + X_{\text{სოხტ.}}$.

ამუშავების დენს ვიღებთ უდიდესს (4.2) და (4.3) ფორმულებით გამოთვლილ სიდიდეებს შორის. ორმხრივი კვების ხაზებზე დენურ მოკვეთას დგამენ გადამცემი ხაზის ორივე მხარეს. ცხადია, რომ ელექტროგადამცემი ხაზის ორივე მხარეს დენური მოკვეთის ამუშავების დენი უნდა იყოს ერთი და იგივე. თითოეული მოკვეთის მოქმედების ზონა განისაზღვრება გრაფიკულად - მოკვეთის ამუშავების დენის შესაბამისი სწორი ხაზის გადაკვეთის წერტილებით I_{KA} და I_{KB} დენების მრუდებთან. ორმხრივი კვების ხაზებისთვის დენური მოკვეთის სქემა არის ისეთივე, როგორიცაა რადიალური ხაზისათვის.

4.5 დენური მოკვეთა დროის დაყოვნებით

მყისური დენური მოკვეთა იცავს გადამცემი ხაზის მხოლოდ ნაწილს. გადამცემი ხაზის მთლიანად დასაცავად გამოიყენება დენური მოკვეთა დროის დაყოვნებით, რომელსაც გააჩნია მოქმედების მინიმალური დრო (ნახ. 4.6). დროის დაყოვნებით დენური მოკვეთის მოქმედების ზონა (1) და მოქმედების დრო შეთანხმებული არის მყისური მოქმედების დენური მოკვეთის (2) მოქმედების ზონასთან და მოქმედების დროსთან, ისე რომ უზრუნველყოფილი იყოს სელექციურობა.

ამ პირობების შესრულების მიზნით (1) მოკვეთის მოქმედების დრო $t_{დ.1}$ აიღება Δt საფეხურით მეტი (2) მოკვეთის მოქმედების დროზე $t_{დ.2}$ (ნახ. 4.6)

$$t_{დ.1} = t_{დ.2} + \Delta t \quad (4.4)$$

დროის რელეს სიზუსტიდან გამომდინარე (1) დენური მოკვეთის მოქმედების დრო $t_{დ.} = 0,3 \div 0,6$ წმ. (1) და (2) დაცვების მოქმედების ზონები შეთანხმებული არის ერთმანეთთან იმ პირობით, რომ (1) მოკვეთის მოქმედების ზონა უნდა იყოს ნაკლები (2) მოკვეთის მოქმედების ზონაზე.

ცალმხრივი კვების ქსელში (1) და (2) დაცვებში გამავალი მოკლედ შერთვის დენის სიდიდე, როცა მოკლედ შერთვაა K წერტილში, არის ერთი და იგივე. ამიტომ (1) და (2) დაცვების მოქმედების ზონების შეთანხმება შეიძლება ვუზრუნველყოთ, თუ შევირჩევთ $I_{დ.1} > I_{დ.2}$.

დაცვების ამუშავების დენების ასეთი თანაფარდობის შემთხვევაში, დენური მოკვეთა (1) არ იმოქმედებს მაშინ, როცა მოკლედ შერთვის დენი არაა საკმარისი (2) დაცვის მოქმედებისათვის. აქედან გამომდინარე ვწერთ: $I_{დ.1} = K_{მარ.} I_{დ.2}$

მარაგის კოეფიციენტი $K_{მარ.} = 1,1 \div 1,2$.

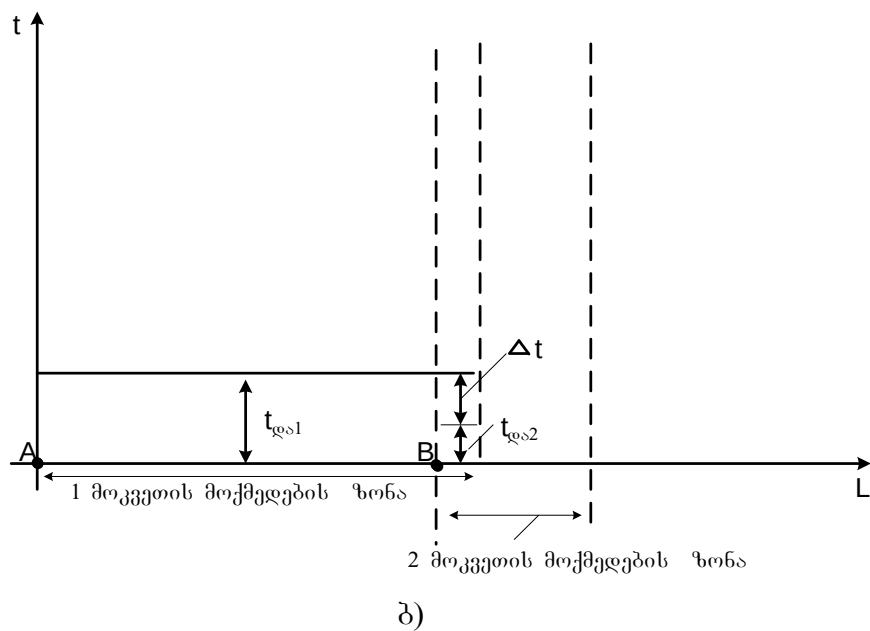
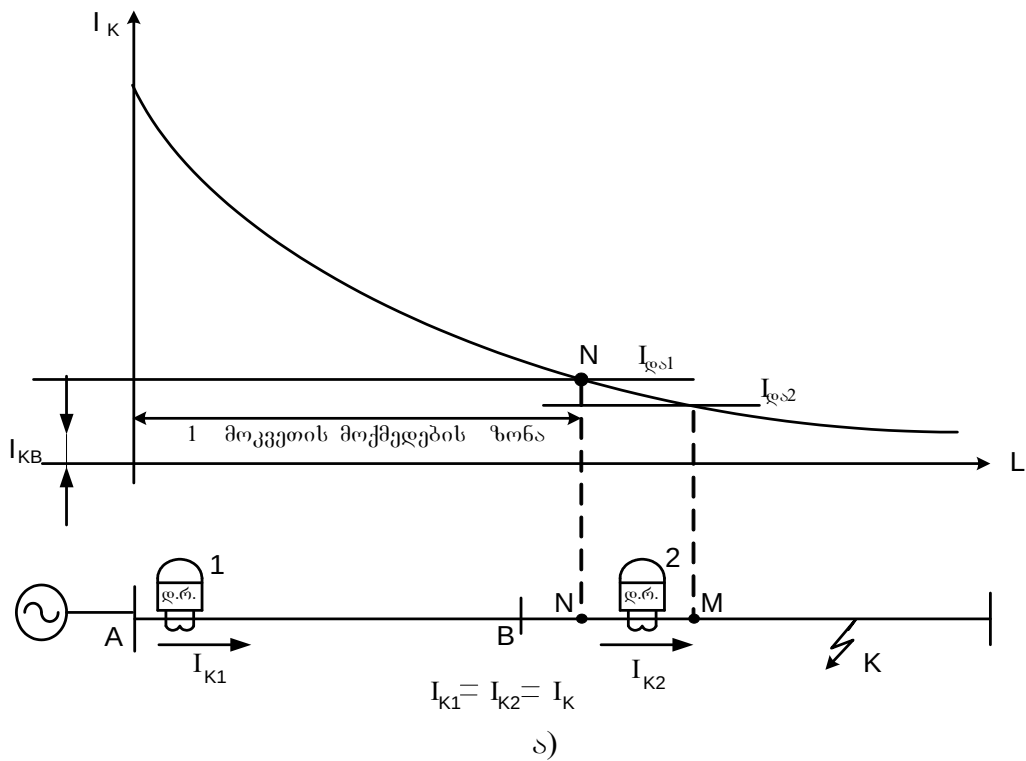
(1) მოკვეთის მოქმედების ზონას (AN , ნახ. 4.6ა), როგორც წინა შემთხვევაში, ვპოულობთ გრაფიკულად გადაკვეთის N წერტილით.

ორმხრივი კვების ქსელში (1) და (2) დაცვებში გამავალი დენები I_{K1} და I_{K2} სხვადასხვაა (ნახ. 4.7).

დენი $I_{K2} > I_{K1}$, ვინაიდან $I_{K2} = I_{K1} + I_{K3}$, აღნიშნულიდან გამომდინარე (1) და (2) მოკვეთების მოქმედების ზონების შეთანხმება ჩვეულებრივად წარმოებს გრაფიკული ხერხით. ამისთვის აგებენ I_{K1} და I_{K2} დენების მოკლედ შერთვის წერტილამდე მანძილზე დამოკიდებულების გრაფიკებს; $I_{დ.2}$ წრფის გადაკვეთის წერტილით (M წერტილი) I_{K2} დენის მახასიათებელთან $\{I_{K2} = f(l)\}$ განისაზღვრება (2) მოკვეთის მოქმედების ზონის ბოლო წერტილი. აღნიშნულ წერტილში მოკლედ შერთვის დენისაგან უნდა განვარიდოთ (1) მოკვეთა. ამისათვის I_{K1} მრუდით ვპოულობთ დენს $I_{K1}(M)$, რომელიც გადის (1) დაცვაში, როცა მოკლედ შერთვაა 2 დაცვის მოქმედების ზონის ბოლოში (M წერტილი), ე.ი.

$$I_{\text{დ.ა.1}} = K_{\text{მ.რ.}} I_{K1(M)} \quad (4.5)$$

ანგარიშს აწარმოებენ, როცა I_{K1} დენი არის მაქსიმალური, ხოლო I_{K2} დენი-მინიმალური.

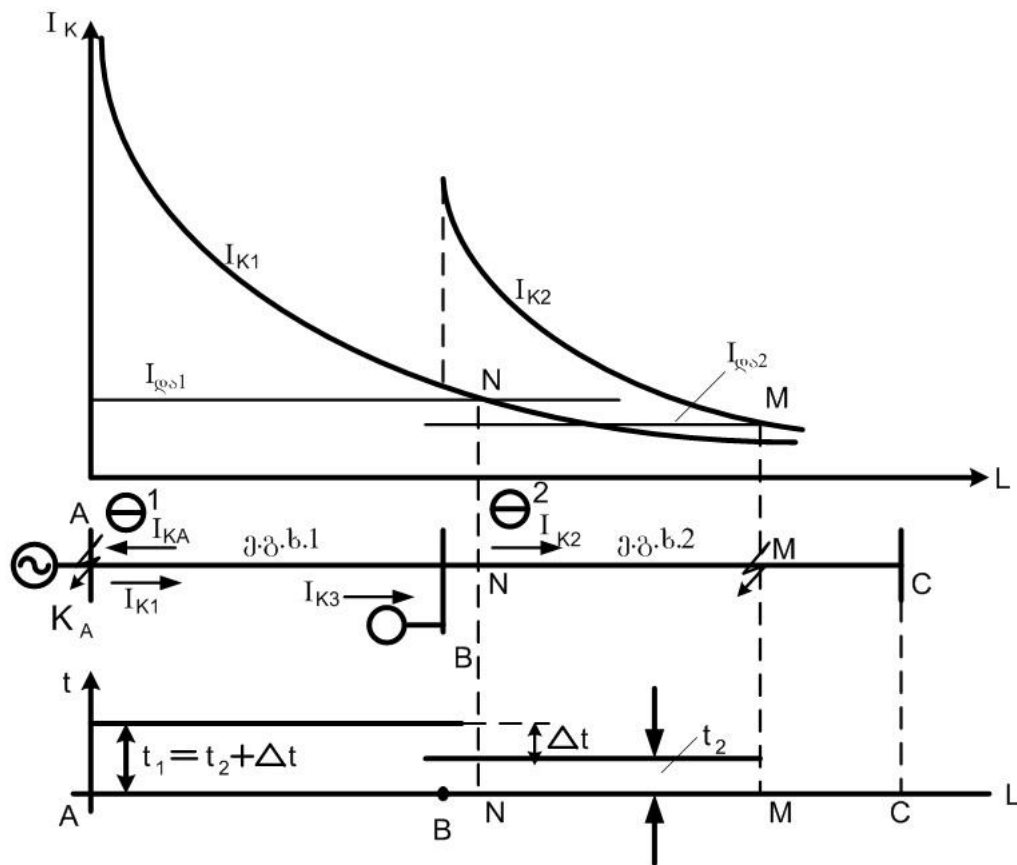


ნახ. 4.6

ამუშავების დენი $I_{\text{დ.ა.1}}$ განრიდებული უნდა იქნეს I_{KA} მოკლედ შერთვის დენისაგან, როცა მოკლედ შერთვა არის A ქვესადგურის სალტებზე. (1) მოკვეთის

მოქმედების ზონა განისაზღვრება I_{K1} მრუდის და $I_{ღა1}$ წრფის გადაკვეთის N წერტილით.

დროის დაყოვნებით დენური მოკვეთის სქემა არის ისეთივე, როგორიც დამოუკიდებელმახასიათებლიანი მაქსიმალური დენური დაცვის.

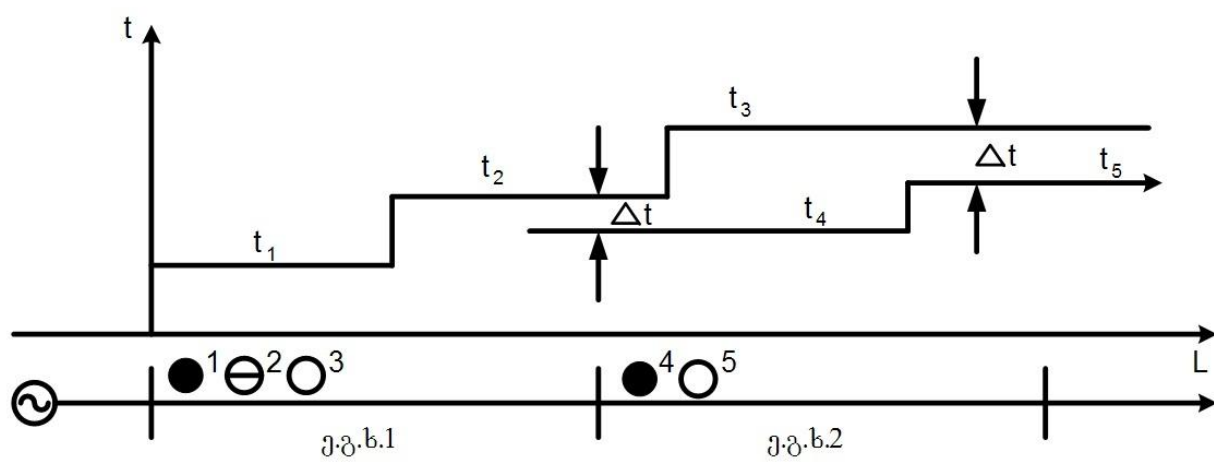


ნახ. 4.7

4.6 სამსაფეხურიანი დენური დაცვა

მაქსიმალური დენური დაცვის (1), დენური მოკვეთის დროის დაყოვნებით (2) და მყისური მოქმედების დენური მოკვეთის შეთანწყობით შეიძლება მივიღოთ სამსაფეხურიანი დენური დაცვა, რომელიც უზრუნველყოფს დაზიანებული უბნის (ე.გ.ბ.1) მყისურ გამორთვას და მომდევნო უბნის 4 და 5 დაცვების რეზერვირებას.

მოქმედების დროის მახასიათებლები ნაჩვენებია არის ნახ. 4.8-ზე; თითოეული ზონის მოქმედების სიგრძე იცვლება სისტემის მუშაობის რეჟიმების შესაბამისად.

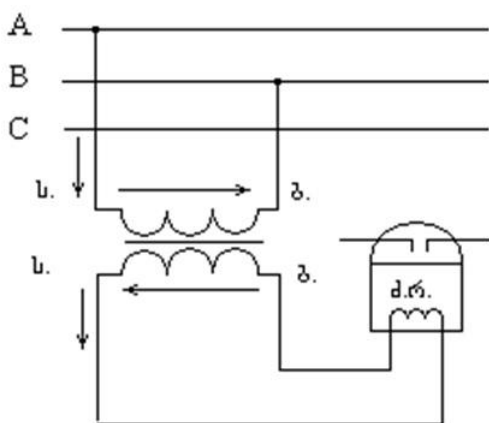


бсб. 4.8

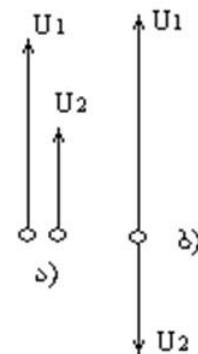
5.1 ძირითადი ცნობები. ძაბვის ტრანსფორმატორების ცდომილება

1. დაცვის მოწყობილობების კვებისათვის გამოიყენება ერთფაზა და სამფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორები. სამფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორები აუცილებლად ხუთღეროვანი უნდა იყოს. ძაბვის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილის ძაბვად სტანდარტულად მიღებულია 100ვ.

ძაბვის ტრანსფორმატორების გრაგნილების გამომყვანების მარკირება განხორციელებული არის შემდეგნაირად: თუ ძაბვის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის საწყის გამომყვანში დენის მიმართულება არის ქსელიდან საწყისი გამომყვანისაკენ, მაშინ მეორადი გრაგნილის საწყისად მიიღება ის გამომყვანი, რომლიდანაც გამოსული მეორადი დენი დატვირთვისკენაა მიმართული (ნახ. 5.1).



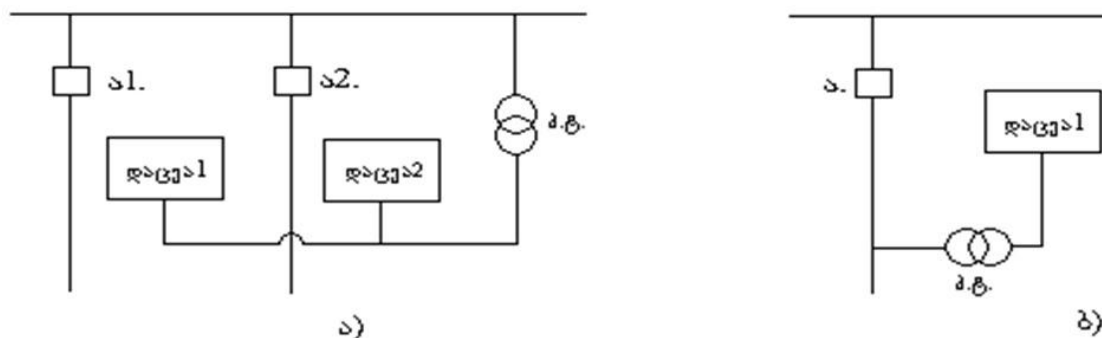
ნახ. 5.1



ნახ. 5.2

პირველადი და მეორადი ძაბვების ვექტორები შეიძლება გამოისახოს როგორც თანხვედნილი (ნახ. 5.2 ა), ისე ერთმანეთისაგან 180° -ით დაძრული ვექტორებით (ნახ. 5.2 ბ). მომავალში დავეყრდნობით პირველ ხერხს.

დაცვების კვებისათვის ძაბვის ტრანსფორმატორები შეიძლება სადგურის ან ქვესადგურის სალტებზე იყოს მიერთებული და მისგან განხორციელდეს ყველა მინაერთის დაცვის წრედების კვება, ან ყველა მინაერთზე დაიდგას ძაბვის ტრანსფორმატორი და მან კვებოს მხოლოდ თავისი მინაერთის დაცვები (ნახ. 5.3 ა,ბ).



ნახ. 5.3

პირველი ხერხი ეკონომიურია მეორესთან შედარებით, რადგანაც მოითხოვს ნაკლები რაოდენობის ძაბვის ტრანსფორმატორებს. პირველი ხერხის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ მინაერთის გადაყვანის დროს სალტეთა ერთი სისტემიდან მეორეზე საჭიროა, დაცვის წრედების კვება გადაირთოს მეორე სისტემის ძაბვის ტრანსფორმატორზე. აღნიშნული შეიძლება განხორციელდეს ავტომატურად ან ოპერატიული პერსონალის მეშვეობით.

2. ძაბვის ტრანსფორმატორი მუშაობს ცდომილებით, რომელიც იწვევს მეორადი ძაბვის დამახინჯებას როგორც სიდიდით, ისე ფაზით. „იდეალურ“ ძაბვის ტრანსფორმატორში, რომელიც მუშაობს ცდომილების გარეშე, მეორადი ძაბვა:

$$U_2 = \frac{U_1}{n_N} \quad (5.1)$$

სადაც U_1 არის პირველად გრაგნილზე მოდებული ძაბვა, n_N - არის „იდეალური“ ძაბვის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი; მაგრამ პირველად და მეორად გრაგნილებში ΔU ძაბვის ვარდნის არსებობის გამო მეორადი ძაბვის რეალური მნიშვნელობა ტოლი იქნება

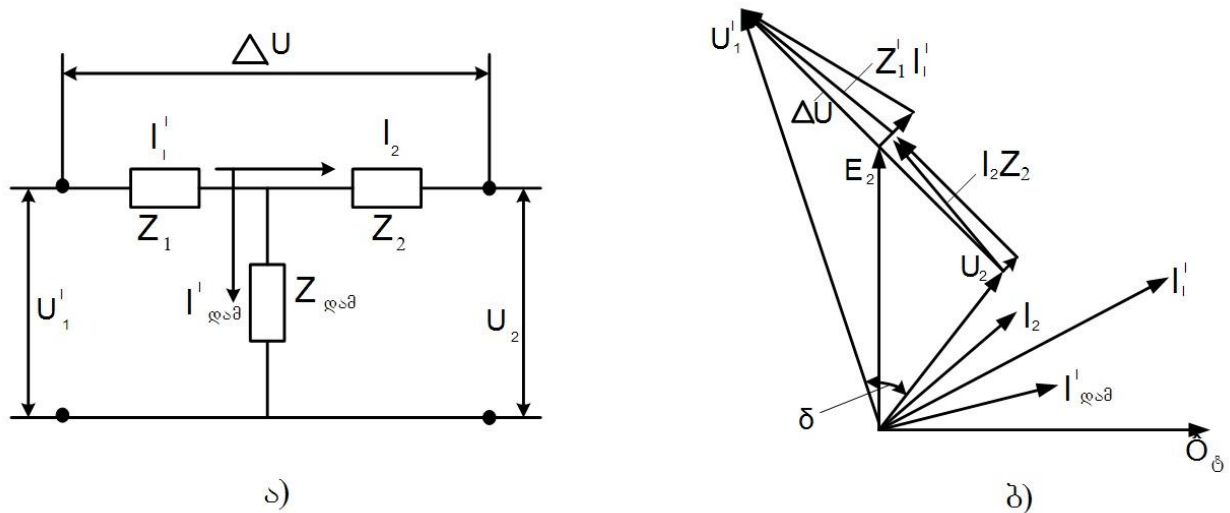
$$U_2 = \frac{U_1}{n_N} - \Delta U \quad (5.2)$$

რაც გამომდინარეობს ძაბვის ტრანსფორმატორის ჩანაცვლების სქემიდან.

ჩანაცვლების სქემის საფუძველზე შეგვიძლია დავწეროთ, რომ

$$\Delta U = I_{\text{გამ}} Z_1' + I_2 (Z_1' + Z_2) \quad (5.3)$$

ამრიგად ძაბვის ტრანსფორმატორების გრაგნილებში ძაბვის ΔU ვარდნა განაპირობებს ცდომილების წარმოქმნას, რომელიც იწვევს U_2 -ის დამახინჯებას როგორც სიდიდით, ისე ფაზით (ნახ. 5.4 ბ), საანგარიშო ძაბვასთან $U_2 = \frac{U_1}{n_N} = U_1''$ (5.1) შედარებით.



ნახ. 5.4

იმისათვის, რომ შევამციროთ ძაბვის ტრანსფორმატორის ცდომილება, საჭიროა: შევამციროთ ტრანსფორმატორის წინაღობები Z_1 და Z_2 , დამაგნიტების დენი $I_{\text{დამ}}$, აგრეთვე დატვირთვის ანუ მეორადი დენი I_2 .

ძაბვის ტრანსფორმატორებში დასაშვები ცდომილება ნორმირებულია ნომინალური ძაბვის მიხედვით. აღნიშნულის შესაბამისად ძაბვის ტრანსფორმატორები დაყოფილნი არიან სამ კლასად: 0,5; 1 და 3. ერთი და იგივე ძაბვის ტრანსფორმატორს შეუძლია იმუშაოს სხვადასხვა კლასში მეორადი დატვირთვის სიდიდის შესაბამისი სიზუსტით.

ქარხანა-დამამუშადებელი ძაბვის ტრანსფორმატორის ტექნიკურ პარამეტრებში იძლევა ნომინალურ სიმძლავრეს, რომლის ქვეშაც იგულისხმება ის მაქსიმალური დატვირთვა, რომელიც შეიძლება კვებოს ძაბვის ტრანსფორმატორმა გარანტირებული სიზუსტის კლასით. როცა მეორადი დატვირთვა მეტია ნომინალურ სიმძლავრეზე, მაშინ ძაბვის ტრანსფორმატორის ცდომილება გამოდის გარანტირებული ცდომილების ზღვრებიდან. ძაბვის ტრანსფორმატორის ტექნიკურ პარამეტრებში ნომინალური სიმძლავრის გარდა გახურების პირობიდან გამომდინარე მოცემულია მაქსიმალური დატვირთვა (სიმძლავრე), რომელიც გაცილებით აღემატება ნომინალურ სიმძლავრეს.

მეორადი ძაბვის ცდომილება სიდიდის მიხედვით გამოისახება პროცენტებში:

$$\Delta U\% = \frac{U_2 - \frac{U_1}{n_N}}{\frac{U_1}{n_N}} \times 100 \quad (5.4)$$

სადაც U_2 არის მეორადი ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობა.

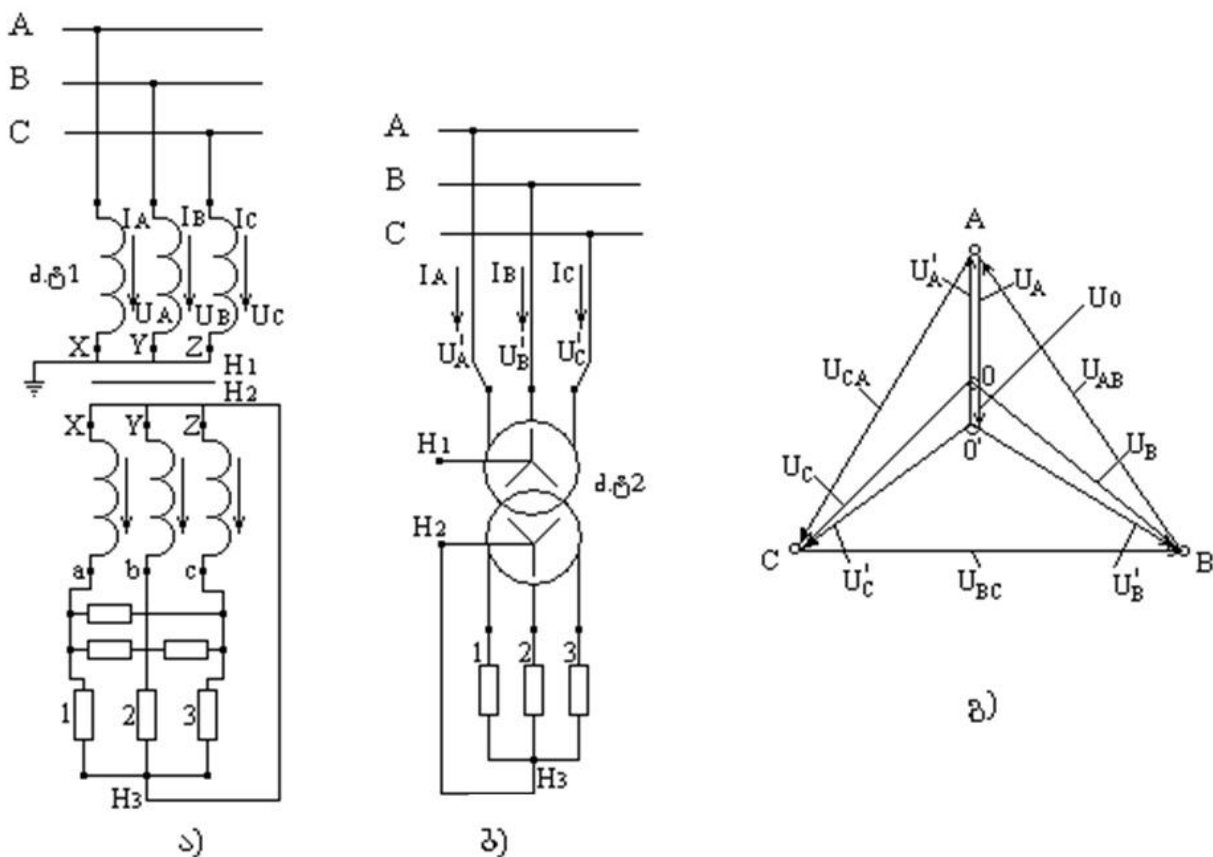
ფაზურ ცდომილებას აფასებენ პირველადი და მეორადი ძაბვების ვექტორებს შორის ძვრის δ კუთხით (ნახ. 5.4 ბ)

5.2 ძაბვის ტრანსფორმატორების შეერთების სქემები

რელეური დაცვის კვებისათვის გამოიყენება ხაზური და ფაზური ძაბვები (მიწის მიმართ), აგრეთვე მათი სიმეტრიული მდგენელები. ქვემოთ მოყვანილია ძაბვის ტრანსფორმატორების შეერთების ტიპური სქემები და ფილტრების სქემები, რომლებიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ შესაბამისი მდგენელი.

ა) ძაბვის ტრანსფორმატორების ვარსკვლავად შეერთების სქემა მოყვანილია ნახ. 5.5-ზე. მისი დანიშნულებაა მივიღოთ ფაზური ძაბვების მნიშვნელობები მიწის მიმართ, აგრეთვე ხაზური ძაბვები. ძაბვის ტრანსფორმატორის სამი პირველადი გრაგნილი აკრეფილია ვარსკვლავად, რომლის საწყისი გამომყვანები (A, B, C) შეერთებულია სალტის შესაბამის ფაზებთან, ხოლო მათი ბოლოები გაერთიანებულნი არიან საერთო H_1 წერტილში (ნეიტრალი) და დამიწებულია.

ჩართვის ასეთი სქემის დროს ძ.ტ.1 ძაბვის ტრანსფორმატორის თითოეულ პირველად გრაგნილზე მოდებული არის სალტის ფაზური ძაბვა მიწის მიმართ, რომელიც შემდეგ ტრანსფორმირდება მეორად გრაგნილში. მეორადი გრაგნილის ბოლო გამომყვანები (x, y, z ნახ. 5.5 ა) შეერთებულნი არიან ვარსკვლავად, რომლის H_2 ნეიტრალი სადენით დაკავშირებულია დატვირთვის H_3 ნულოვან წერტილთან (1, 2, 3 რელეების გრაგნილები).



ნახ. 5.5

აღნიშნულ სქემაში პირველადი გრაგნილის ნეიტრალი (წერტილი H_1) ხისტადაა დამიწებული და ამიტომ მას გააჩნია მიწის პოტენციალი ხოლო დატვირთვის H_3 ნეიტრალი სადენით შეერთებულია მეორადი გრაგნილის ნეიტრალთან H_2 და ყოველთვის აქვს H_2 წერტილის პოტენციალი.

თუ რაღაც მიზეზების გამო პირველადი გრაგნილის ნეიტრალი დამიწებული არ აღმოჩნდება (ნახ. 5.5 ბ), მაშინ მას ექნება მიწისაგან განსხვავებული პოტენციალი.

ელექტროტექნიკიდან ცნობილია, რომ ვარსკვლავად შეერთებული სამი ერთნაირი წინაღობის Z მიწისაგან იზოლირებული ნეიტრალის პოტენციალი (როგორც არის ძ.ტ.2 ძაბვის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის წინააღობები, ნახ. 5.5 ბ) განისაზღვრება 0 წერტილით, რომელიც მდებარეობს ხაზური ძაბვების მედიანების გადაკვეთაზე. აღნიშნული წერტილის მიმართ ფაზური ძაბვის ვექტორებს U'_A, U'_B და U'_C გააჩნიათ განსაკუთრებული თვისება-ყველა რეჟიმში და მოკლედ შერთვების დროს მათი გეომეტრიული ჯამი ნულის ტოლია:

$$U'_A + U'_B + U'_C = 0 \quad (5.5)$$

როგორც ცნობილია: $U_A + U_B + U_C = 3U_0$, ამიტომ (5.5)-დან გამომდინარეობს, რომ ფაზური ძაბვები 0 წერტილის მიმართ არ შეიცავენ ნულოვანი მიმდევრობის მდგენელს და ამით ისინი განსხვავდებიან მიწის მიმართ ფაზური ძაბვებისაგან.

(5.5) განტოლების სამართლიანობაში დავრწმუნდებით შემდეგნაირად: ძ.ტ.2-ის ფაზური ძაბვები (ნახ. 5.5 ბ) ტოლია:

$$U'_A = I_A Z; \quad U'_B = I_B Z; \quad U'_C = I_C Z;$$

სადაც I_A, I_B და I_C დენებია ძ.ტ.2-ის პირველად გრაგნილებში; ხოლო Z არის პირველადი გრაგნილის ფაზების წინააღობა.

აღნიშნულის გათვალისწინებით ჯამი $U'_A + U'_B + U'_C = Z(I_A + I_B + I_C)$, მაგრამ რადგან კირხჰოფის I კანონის თანახმად $I_A + I_B + I_C = 0$, ამიტომ $U'_A + U'_B + U'_C = 0$, როგორც ეს ნაჩვენებია (5.5)-ში. ამრიგად ძ.ტ.2-ის ფაზური ძაბვები U'_A, U'_B და U'_C დაუმიწებელი ნეიტრალით (ნახ. 5.5 ბ) შეიძლება შეიცავდნენ მხოლოდ პირდაპირ და უკუ მიმდევრობის მდგენელებს, რომლებიც აკმაყოფილებენ (5.5) პირობებს.

რადგანაც I_0 -ის ჯამური მნიშვნელობა არ არის ნულის ტოლი, ამიტომ U' ძაბვებში (იზოლირებული ნეიტრალი) აღნიშნული მდგენელი არ მონაწილეობს.

ნორმალურ რეჟიმში და ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების დროს $U_0 = 0$, ამიტომ ასეთ შემთხვევაში H_1 წერტილების პოტენციალები დამიწებული და იზოლირებულ ნეიტრალიანი ძაბვის ტრანსფორმატორებისათვის იქნება ერთნაირი. ამ დროს ვექტორულ დიაგრამაზე წერტილები 0 და 0' ემთხვევა ერთმანეთს და ფაზური ძაბვები $U'_\phi = U_\phi$;

მიწასთან მოკლედ შერთვის დროს ჩნდება U_0 , ძ.ტ.2 ძაბვის ტრანსფორმატორის H_1 ნეიტრალის პოტენციალი მდებარეობს 0' წერტილში, ძ.ტ.1 ძაბვის

ტრანსფორმატორის H_1 ნეიტრალის პოტენციალი - კი 0 წერტილში, შესაბამისად 0' და 0 წერტილების პოტენციალები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან U_0 -ით.

ასეთ პირობებში ნახ. 5.5 გ-დან გამომდინარე ფაზური ძაბვები მიწის მიმართ:

$$U_A = U'_A + U_0; \quad U_B = U'_B + U_0 \quad \text{და} \quad U_C = U'_C + U_0$$

მათი შეკრებით მივიღებთ: $U_A + U_B + U_C = 3U_0$; ხოლო $U'_A + U'_B + U'_C = 0$.

ზემოთთქმულიდან გამომდინარე შეიძლება გავაკეთოთ მნიშვნელოვანი დასკვნა:

1. ძაბვის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის ნეიტრალი უნდა იყოს აუცილებლად დამიწებული.

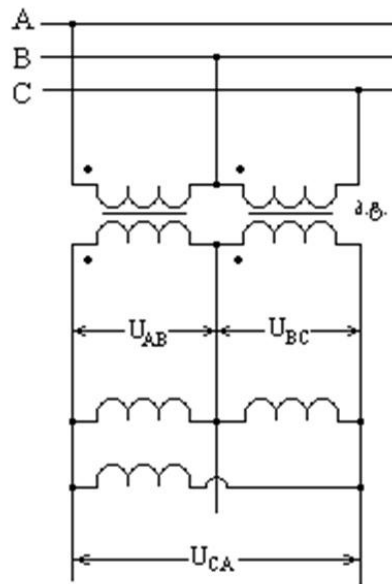
2. მეორად წრედებში აუცილებლად უნდა არსებობდეს ნულოვანი სადენი მიწის მიმართ ფაზური ძაბვების მიღების მიზნით.

ძაბვის ტრანსფორმატორების განხილული შეერთების სქემა შეიძლება შესრულდეს უშუალოდ სამი ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორით, ან ერთი სამფაზა ხუთღეროვანი ძაბვის ტრანსფორმატორით. აღნიშნული სქემისათვის არ შეიძლება გამოვიყენოთ სამღეროვანი ძაბვის ტრანსფორმატორი, რადგანაც ასეთ სქემაში არ არსებობს გზა ნულოვანი მიმდევრობის მაგნიტური ნაკადის შეკვრისათვის, რომელიც წარმოიქმნება ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს მიწასთან დენის ნულოვანი მიმდევრობის მდგენელით. ამ შემთხვევაში ნაკადი Φ_0 იკვრება ჰაერით დიდი მაგნიტური წინააღობით. ეს იწვევს ტრანსფორმატორის ნულოვანი მიმდევრობის წინააღობის შემცირებას და დამაგნიტების დენის $I_{\text{დაბ.}}$ მნიშვნელოვან გაზრდას. დამაგნიტების დენის მნიშვნელოვანი გაზრდა იწვევს ტრანსფორმატორის დასაშვებზე მეტად გადახურებას. ამიტომ სამფაზა სამღეროვანი ძაბვის ტრანსფორმატორის გამოყენება დაუშვებელია.

ხუთღეროვან ძაბვის ტრანსფორმატორებში Φ_0 ნაკადის შეკვრისთვის არსებობს მე-4 და მე-5 ღეროები.

ბ) ძაბვის ტრანსფორმატორების გრაგნილების ღია სამკუთხედად შეერთების სქემა გამოსახული არის ნახ. 5.6-ზე. იგი შესრულებული არის ორი ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორით, რომლებიც ჩართულნი არიან ორ ხაზურ ძაბვაზე, მაგალითად U_{AB} და U_{BC} .

ძაბვის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილების მომჭერებზე ძაბვა პროპორციულია პირველად გრაგნილებზე მოდებული ხაზური ძაბვისა. მეორადი გრაგნილების მომჭერებზე მიერთებულნი არიან რელეები. აღნიშნული სქემა საშუალებას იძლევა მივიღოთ სამი ხაზური ძაბვა U_{AB}, U_{BC} და U_{AC} ; განხილული სქემა პირველად და მეორად მხარეს წარმოადგენს დაუმთავრებელ სამკუთხედს (რომელსაც არა აქვს მესამე გვერდი), რამაც განაპირობა მისი სახელწოდება.



ნახ. 5.6

გ) სამი ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორის გრაგნილების ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვის ფილტრად შეერთების სქემა შესრულებულია სამი ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორის გამოყენებით, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 5.7-ზე. პირველადი გრაგნილები შეერთებულნი არიან ვარსკვლავად დამიწებული ნეიტრალით, ხოლო მეორადი გრაგნილები შეერთებულნი არიან მიმდევრობით და ქმნიან გახსნილ სამკუთხედს. გახსნილი სამკუთხედის წვეროებზე მიერთებული არის რელე. ღია სამკუთხედის წვეროებზე U_{ϕ} ძაბვის სიდიდე ტოლია მეორადი ძაბვების გეომეტრიული ჯამისა. $U_{\phi} = U_a + U_b + U_c$ თუ მეორად ძაბვებს გამოვსახავთ პირველადი სიდიდეებით, მაშინ

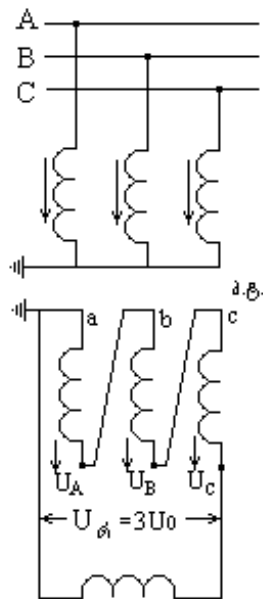
$$U_{\phi} = \frac{U_A + U_B + U_C}{n_N} = \frac{3U_0}{n_N}$$

ანუ გახსნილი სამკუთხედის წვეროებზე ვიღებთ ძაბვას, რომელიც ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვის პროპორციულია.

ნორმალურ რეჟიმში და ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების დროს სამი ფაზის ძაბვის ვექტორების ჯამი ნულის ტოლია. ანუ ფაზური ძაბვები არ შეიცავენ ძაბვის ნულოვანი მიმდევრობის მდგენელს და რელეს გრაგნილზე მოდებული ძაბვის სიდიდე $U_{\phi} = 0$. მხოლოდ მიწასთან მოკლედ შერთვების დროს ფაზური ძაბვების ვექტორების ჯამი არ არის ნულის ტოლი ნულოვანი მიმდევრობის მდგენელის გამო.

ამრიგად გახსნილი სამკუთხედის წვეროებზე წარმოიქმნება ნარჩი ძაბვა, რომელიც ტოლია: $U_{\phi} = \frac{3U_0}{n_N}$.

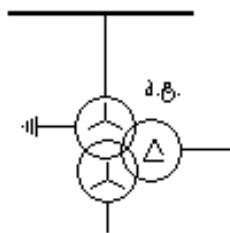
ძაბვის პირდაპირი და უკუმიმდევრობის მდგენელები ქმნიან სიმეტრიულ ვარსკვლავს, ამიტომ მათი გეომეტრიული ჯამი ნულის ტოლია. ე.ი. გახსნილი სამკუთხედის მომჭერებზე აღნიშნული მდგენელები არ არსებობენ.



ნახ. 5.7

ამრიგად აღნიშნული სქემა წარმოადგენს ფილტრს, რომელიც ატარებს ძაბვის მხოლოდ ნულოვანი მიმდევრობის მდგენელს. იგი ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში.

აღნიშნული სქემის, როგორც ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვების ფილტრის მუშაობის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ძაბვის ტრანსფორმატორის (ძ.ტ.) პირველადი გრაგნილის ნეიტრალის დამიწება. თუ პირველადი გრაგნილის ნეიტრალი არ იქნება დამიწებული, მაშინ პირველად გრაგნილზე მოდებული აღმოჩნდება ფაზური ძაბვები იზოლირებული ნეიტრალის მიმართ (იხ. ქვეთავი 5.2 ა). ეს ძაბვები არ შეიცავენ U_0 მდგენელს და მათი ჯამი ტოლია ნულის. ამიტომ მიწასთან მოკლედ შერთვების დროს სქემის გამოსასვლელზე ძაბვა არ არსებობს.

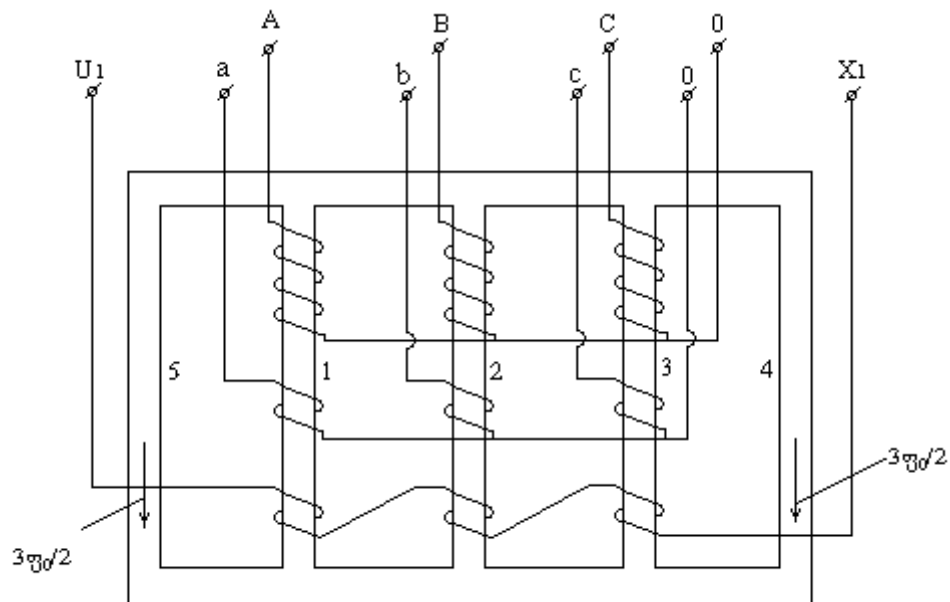


ნახ. 5.8

თუ გამოვიყენებთ სამ ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორს ორი მეორადი გრაგნილით და პირველ მეორად გრაგნილებს შევაერთებთ ვარსკვლავად, ხოლო მეორე მეორად გრაგნილებს-გახსნილ სამკუთხედად (ნახ. 5.8), მაშინ ერთი ძაბვის ტრანსფორმატორით მივიღებთ სამი სახის ძაბვას: ფაზური, ხაზური და ნულოვანი მიმდევრობის.

დ) სამფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორის გრაგნილების ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვის ფილტრად შეერთების სქემა სამფაზა ხუთღეროვანი ძაბვის ტრანსფორმატორიდან ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვის მიღებისათვის საჭიროა ძირითად ღეროებზე (1, 2 და 3 ნახ. 5.9) დაემატოს გრაგნილები, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთდებიან მიმდევრობით და წარმოქმნიან გახსნილ სამკუთხედს. ამ გრაგნილის გამომყვანებზე ძაბვა გაჩნდება მხოლოდ მიწასთან მოკლედ შერთვების დროს, როცა აღიძვრება ნულოვანი მიმდევრობის მაგნიტური ნაკადი, რომლის შეკვრის გზას წარმოადგენს მე-4 და მე-5 ღეროები.

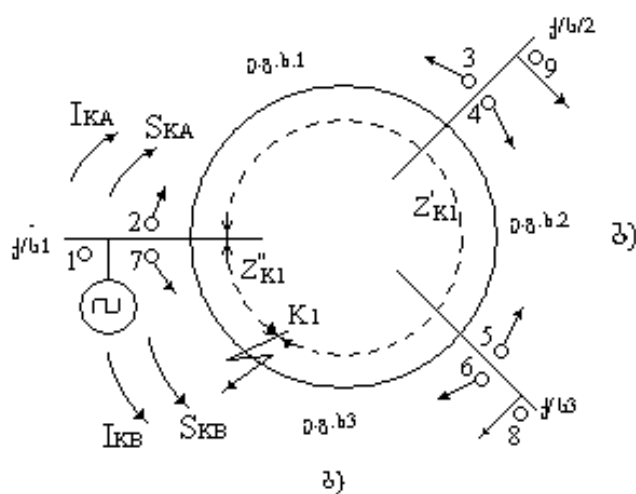
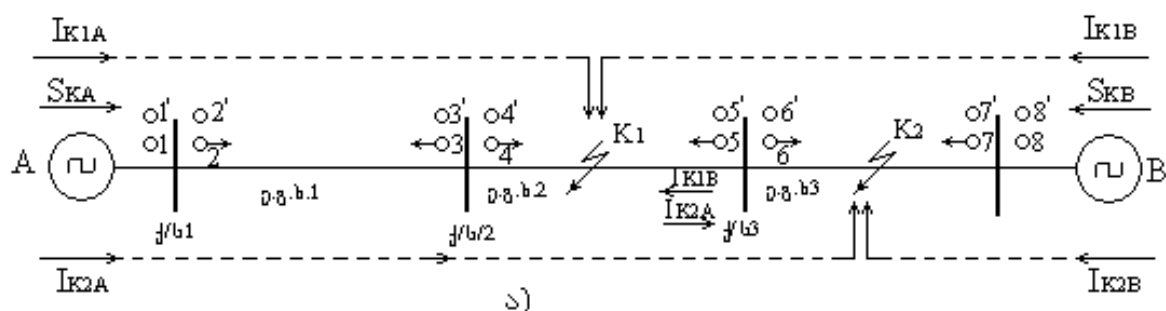
ხუთღეროვანი ძაბვის ტრანსფორმატორის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 5.9-ზე. იგი საშუალებას იძლევა ერთდროულად მივიღოთ ხაზური, ფაზური და ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვები.



ნახ. 5.9

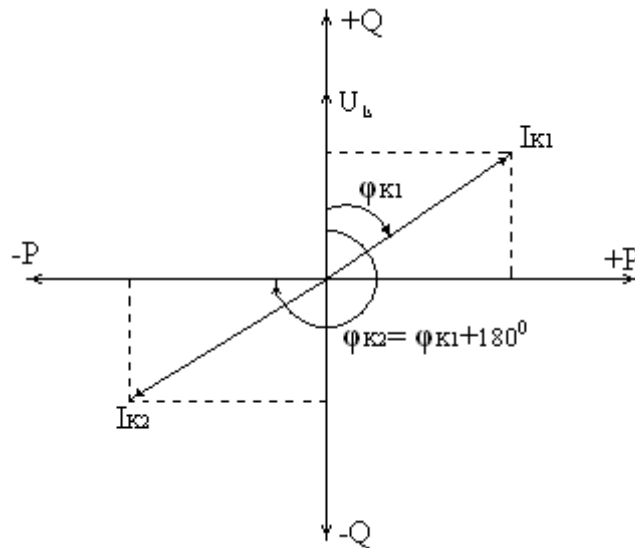
6.1 ორმხრივი კვების ქსელში მიმართული დაცვების აუცილებლობა

დაცვას ეწოდება მიმართული, როცა იგი მოქმედებს მოკლედ შერთვის სიმძლავრის განსაზღვრული მიმართულების დროს. ორმხრივი კვების ქსელში სელექციურობის უზრუნველყოფის მიზნით აუცილებელია გამოყენებულ იქნას მიმართული დენური დაცვა. ასეთ ქსელში დაცვამ არა მარტო რეაგირება უნდა მოახდინოს მოკლედ შერთვის დენის გაჩენაზე, არამედ სელექციურობის უზრუნველყოფის მიზნით უნდა გაითვალისწინოს მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულებაც (ანუ სხვანაირად ხაზში გამავალი დენის ფაზა სალტის ძაბვის მიმართ).



ნახ. 6.1

ორმხრივი კვების ქსელში (ნახ. 6.1 ა) და წრიულ ქსელში (ნახ. 6.1 ბ). მოკლედ შერთვის დენის და მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულება დამოკიდებულია დაზიანების წარმოქმნის ადგილმდებარეობაზე და შეიძლება ჰქონდეს ორი ურთიერთსაპირისპირო მნიშვნელობა. მაგალითად, როგორც ნახ. 6.1-დან გამომდინარეობს, როცა დაზიანებაა გადამცემ ხაზზე ე.გ.ხ.2 K_1 წერტილში, მაშინ მე-5 დაცვაში გადის დენი I_{K1B} , რომელიც მიმართულია ქვესადგურის სალტიდან მოკლედ შერთვის წერტილისაკენ.



ნახ. 6.2

როცა მოკლედ შერთვაა გადამცემ ხაზზე ე.გ.ხ.3, K_2 წერტილში, მაშინ მე-5 დაცვაში გადის I_{K2A} , რომელიც მიმართულია ე.გ.ხ.2-დან ქ/ს3 ქვესადგურის სალტისაკენ; ე.ი. დენებს I_{K1B} და I_{K2A} აქვთ ურთიერთსაპირისპირო მიმართულება. თუ დავუშვებთ, რომ პირვლ შემთხვევაში დენი I_{K1} ჩამორჩება ქ/ს3 ქვესადგურის სალტის U_L ძაბვას ϕ_{K1} კუთხით, ხოლო მოკლედ შერთვის სიმძლავრე (აქტიური P და რეაქტიული Q) დადებითია და მიმართულია სალტიდან ხაზისაკენ, მაშინ მეორე შემთხვევაში დენი I_{K2} დაძრულია I_{K1} დენისაგან 180° -ით და მისი შესაბამისი მოკლედ შერთვის სიმძლავრე უარყოფითია და მიმართულია ხაზიდან სალტისაკენ. ამრიგად ხაზში გამავალი მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულებით შეიძლება განისაზღვროს სად აღიძრა დაზიანება დასაცავ გადამცემ ხაზზე, თუ მოცემული ქვესადგურის სალტებიდან გამავალ სხვა ელემენტებზე.

ეს გარემოება გამოყენებულია მიმართულ დაცვაში, რომელიც მოკლედ შერთვის სიმძლავრის ნიშნის მიხედვით განსაზღვრავს თუ რომელ მინაერთზე აღიძრა დაზიანება და მოქმედებს მხოლოდ დასაცავ უბანზე მოკლედ შერთვის წარმოქმნის დროს.

მარტივი დენური დაცვა არ რეაგირებს მოკლედ შერთვის სიმძლავრის ნიშანზე, მოქმედებს როგორც დასაცავ ხაზზე მოკლედ შერთვის, ისე მოცემული ქვესადგურის

სალტებიდან გამავალ მინაერთებზე მოკლედ შერთვის დროს. ამიტომ ორმხრივი კვების ქსელში მარტივი დენური დაცვებით სელექციურობის მიღწევა როგორც წესი, შეუძლებელია.

განვიხილოთ ორმხრივი ქსელის სქემა (ნახ. 6.1 ა). დავუშვათ, რომ აღნიშნულ ქსელში გამოყენებული არის მარტივი დენური დაცვები და ვაჩვენოთ თუ როგორ მოქმედებს ნებისმიერი მათგანი, მაგ. დაცვა 5, როცა მოკლედ შერთვაა K_1 წერტილში. 5' დაცვის დროის დაყოვნება უნდა იყოს ნაკლები 6', 7' და 8' დაცვების დროის დაყოვნებაზე; $t_5 < t_6, t_7$ და t_8 , K_2 წერტილში მოკლედ შერთვის წარმოქმნის დროს 5' დაცვამ უნდა იმოქმედოს 6' დაცვის დროის დაყოვნებაზე მეტი დროით, ე.ი. $t_5 > t_6$, მაგრამ ერთდროულად ორივე მოთხოვნის შესრულება შეუძლებელია. მათგან ერთ-ერთის შესრულების შემთხვევაში ადგილი ექნება არასელექციურ გამორთვებს. ამრიგად, როცა $t_5 < t_6$; $t_5 < t_7$; $t_5 < t_8$ მაქსიმალური დენური დაცვა 5' იმოქმედებს არასელექციურად K_2 წერტილში მოკლედ შერთვის დროს.

თუ 5' მაქსიმალურ დენურ დაცვას შევცვლით 5 მიმართული დენური დაცვით, მაშინ არასელექციურ მოქმედებას ადგილი არ ექნება და იგი იმოქმედებს მხოლოდ როცა მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულება იქნება სალტიდან ხაზისაკენ (დადებითი მიმართულება). განსახილველ ქსელში (ნახ. 6.1 ა) ყველა მაქსიმალური დენური დაცვა თუ შეიცვლება მიმართული დენური დაცვებით, მაშინ აღნიშნულ ქსელში დაცვები იმოქმედებენ მხოლოდ დასაცავ უბანზე მოკლედ შერთვის დროს და არასელექციურ მოქმედებებს ადგილი არ ექნება.

აქედან გამომდინარე შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა:

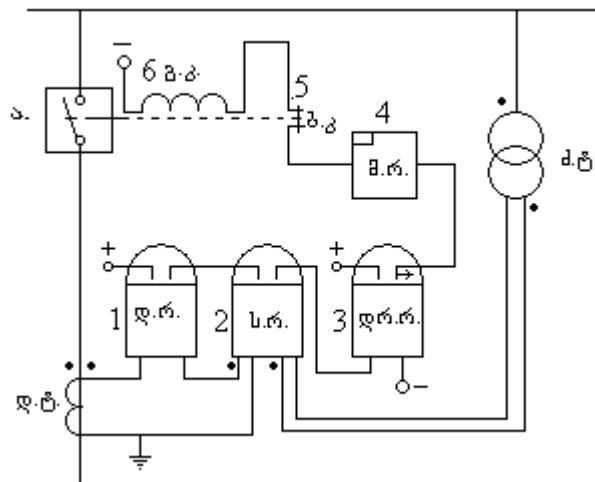
1. ორმხრივი კვების ქსელში დაცვა უნდა დაიდგას თითოეული ხაზის თავში და ბოლოში და მათ უნდა იმოქმედონ მხოლოდ მაშინ, როცა მოკლედ შერთვის სიმძლავრე მიმართული იქნება სალტიდან ხაზისაკენ.

2. ერთი მიმართულებით მოქმედი დენური დაცვების დროის დაყოვნებები შეთანხმებული უნდა იყოს ერთმანეთთან საფეხურებიანი პრინციპით. დროის დაყოვნება უნდა იყოს ზრდადი კვების იმ წყაროს მიმართულებით საიდანაც იკვებებიან დაცვები.

6.2 მიმართული დენური დაცვების მოქმედების პრინციპი და სქემები

მიმართულმა დენურმა დაცვამ რეაგირება უნდა მოახდინოს არა მარტო მოკლედ შერთვის დენის სიდიდეზე, არამედ მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულებაზეც. იგი ჩვეულებრივი მაქსიმალური დენური დაცვისაგან განსხვავდება იმით, რომ სქემაში მონაწილეობს სიმძლავრის რელე. დაცვის გამარტივებული სქემა ერთი ფაზისათვის ნაჩვენებია ნახ.6.3-ზე. სქემაში მონაწილეობს სამი ძირითადი ელემენტი: დენის რელე 1, რომელიც რეაგირებს მოკლედ შერთვის დენის წარმოქმნაზე (დაცვის გამშვი ორგანო); სიმძლავრის მიმართულების რელე 2,

რომელიც განსაზღვრავს მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულებას (მიმართულების ორგანო); დროის რელე 3 (დროის ორგანო).



ნახ. 6.3

სიმძლავრის რელეს მოქმედება დამოკიდებულია მის მომჭერებზე მოდებული სიმძლავრის მიმართულებაზე:

$$S_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \sin(\alpha - \phi_{\phi}) \quad (6.1)$$

სადაც α კუთხეს შეუძლია მიიღოს რაღაც მუდმივი მნიშვნელობა: 0° , 90° , ან $\alpha' (0' < \alpha' < 90^\circ)$.

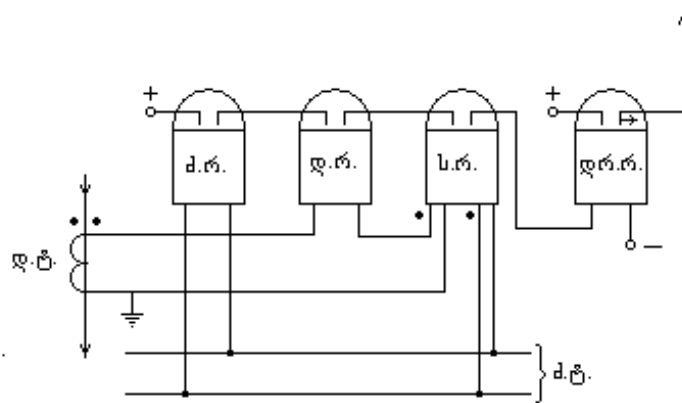
როდესაც მოკლედ შერთვა დასაცავ უბანზე ან მოცემული უბნის მომდევნო უბნებზე, მაშინ დენის რელე 1 და სიმძლავრის რელე 2 შეკრავენ თავიანთ კონტაქტებს და ოპერატიულ „+“-ს აწვდიან დროის რელეს. დროის რელე აღიგზნება და მასზე განხორციელებული დროის დაყოვნების ათვლის შემდეგ შეკრავს ნორმალურად გახსნილ კონტაქტებს და მაჩვენებლიანი რელეს გავლით აწვდის გამორთვის იმპულსს (6) გამორთვის კოჭას.

როდესაც მოკლედ შერთვა მოცემული ქვესადგურის სალტებიდან გამავალ მინაერთებზე, მაშინ მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულება უარყოფითია (ხაზიდან სალტისაკენ), ამიტომ სიმძლავრის რელე გახსნის თავის კონტაქტებს და დაცვას არ აძლევს გამორთვის საშუალებას.

ნორმალურ რეჟიმში, როცა დატვირთვის სიმძლავრე მიმართულია სალტიდან ხაზისაკენ, შეიძლება სიმძლავრის რელემ შეკრას კონტაქტები, მაგრამ ამ შემთხვევაში დაცვის მოქმედება არ შედგება, რადგანაც გამჭვი რელეს კონტაქტები რჩება გახსნილ მდგომარეობაში. ეს მიიღწევა იმით, რომ დენის რელეს დანაყენი განრიდებულია დატვირთვის დენისაგან. იმ შემთხვევაში, როცა მგრძნობიარობის პირობიდან გამომდინარე შეუძლებელია დენის რელეს დანაყენი განრიდებული იყოს დატვირთვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობისაგან, გამოიყენება ბლოკირება მინიმალური ძაბვის რელეს საშუალებით. დაცვის გამართივებული სქემა

ანალოგიურია ნახ. 6.3-ზე ნაჩვენები სქემისა. დამატებით სქემაში მონაწილეობს მინიმალური ძაბვის რელე, რომელიც კვებას იღებს ძაბვის (ძტ) ტრანსფორმატორიდან და მისი კონტაქტების გავლით ოპერატიული „+“ ეწოდება დენის რელეს (ნახ. 6.4).

იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელში მაქსიმალური დენური მიმართული დაცვა დადგმულია ორ ერთსახელა ფაზაზე მთელ ქსელში. დამიწებულ ნეიტრალიან ქსელში დაცვა განხორციელებული არის სამფაზა შესრულებით. იმ შემთხვევაში, როცა დაცვას ეკისრება იმოქმედოს მხოლოდ ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების დროს, იგი სრულდება ორფაზა შესრულებით. მაქსიმალური დენური მიმართული დაცვა შეიძლება შესრულდეს როგორც მუდმივ ოპერატიულ, ისე ცვლად ოპერატიულ დენზე.



ნახ. 6.4

6.3 სიმძლავრის რელეს ჩართვის სქემები

სიმძლავრის მიმართულების რელე, როგორც წესი, ჩართულია ფაზურ დენზე და ფაზურ ან ხაზურ ძაბვაზე. სიმძლავრის რელეს მკვებავი დენისა და ძაბვის ფაზების შეთანწყობა, რომელსაც რელეს ჩართვის სქემას უწოდებენ, უნდა იყოს ისეთი, რომ ყველა შესაძლო შემთხვევაში და დაზიანების დროს რელემ სწორად განსაზღვროს მოკლედ შერთვის სიმძლავრის ნიშანი, აგრეთვე რელეს მომჭერებზე მოდებული იყოს მაქსიმალური სიმძლავრე S_{ϕ} .

როცა მოკლედ შერთვაა რელეს დადგმის ადგილთან ახლოს, U_{ϕ} ძაბვის მნიშვნელოვნად შემცირების გამო რელეზე მოდებული სიმძლავრის მნიშვნელობა შეიძლება არ იყოს საკმარისი მოქმედებისათვის; ასევე ϕ_{ϕ} კუთხის არასასურველი მნიშვნელობის დროს, როცა $\sin(\alpha - \phi_{\phi})$ ტოლია ან ახლოა ნულთან, S_{ϕ} -ს მნიშვნელობა შეიძლება არ აღმოჩნდეს საკმარისი რელეს მოქმედებისათვის; აქედან გამომდინარე:

1) რელე უნდა ჩაირთოს ისეთ ძაბვაზე, რომელიც არ მცირდება ნულამდე ახლო მოკლედ შერთვების დროს;

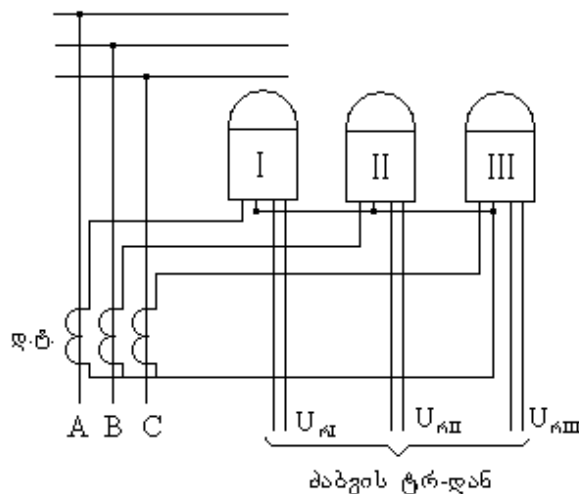
2) რელეს მომჭერებზე მოდებული ძაბვა და დენი უნდა იყოს შერჩეული ისე, რომ მოკლედ შერთვის დროს მან არ მიიღოს ისეთი მნიშვნელობა, რომლის დროსაც რელეზე მოქმედი სიმძლავრის მნიშვნელობა მიუახლოვდება ნულს.

უნდა აღინიშნოს, რომ პირველი მოთხოვნა შესრულებადია, მხოლოდ ერთფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვების დროს, სამფაზა მ.შ.-ს დროს, ყველა ხაზური და ფაზური ძაბვა მოკლედ შერთვის წერტილში, ან მასთან ახლოს ეცემა ნულამდე.

თანამედროვე მიმართულ დენურ დაცვებში გამოყენებულია სიმძლავრის მიმართულების რელეს ჩართვის ე.წ. 90°-იანი და ზოგჯერ 30°-იანი სქემები. აღნიშნული სქემების დენების და ძაბვების შეთანწყობა მოცემულია ცხრილში 6.1; ხოლო მისი შესაბამისი სქემა მოცემულია ნახ. 6.5-ზე.

ცხრილი 6.1

90°-იანი ჩართვის სქემა			30°-იანი ჩართვის სქემა		
რელე	I_{ϕ}	U_{ϕ}	რელე	I_{ϕ}	U_{ϕ}
I	I_A	U_{BC}	I	I_A	U_{AC}
II	I_B	U_{CA}	II	I_B	U_{BA}
III	I_C	U_{AB}	III	I_C	U_{CB}



ნახ. 6.5

სქემების სახელწოდება 90°-იანი და 30°-იანი სქემები პირობითია. სქემებს სახელწოდება ეძლევათ სიმეტრიულ სამფაზა რეჟიმში რელეზე მოდებულ ძაბვასა და დენს შორის არსებული ϕ_{ϕ} კუთხის შესაბამისად, იმ პირობით, რომ დენები ფაზაში ემთხვევა ერთსახელა ფაზურ ძაბვებს.

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ 90°-იანი სქემა არის ყველაზე ხელსაყრელი სიმძლავრის მიმართულების რელესათვის, როცა α კუთხე არის 30° და 60°-ს შორის ($30^\circ < \alpha < 60^\circ$). ოპტიმალურ პირობებს ვიღებთ, როცა $\alpha = 45^\circ$ -ს.

თეორიული ანალიზი და პრაქტიკული გამოცდილება საშუალებას იძლევა გაკეთდეს შერეული ტიპის რელეს ($\varphi_{\text{მაქსიმ.}} = -30^\circ$ და -45° , 90° -იანი სქემით) ჩართვაზე შემდეგი ზოგადი დასკვნები:

1) ზონაში ყველა სახის მოკლედ შერთვის დროს რელეს მომენტის ნიშანი არის დადებითი; ხოლო ზონის გარეთ მოკლედ შერთვის დროს - უარყოფითი.

2) $\varphi_{\text{კუთხის}}$ შესაძლო ცვლილების დიაპაზონში მომენტის $M_{\text{კლ}}$ სიდიდე არის საკმარისი მნიშვნელობის რელეს ამოქმედებისათვის.

3) სიმეტრიული მოკლედ შერთვების დროს $U_{\text{კ}}$ ძაბვას აქვს შესაძლო მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც უზრუნველყოფს შესაძლო მინიმალური სიდიდის მკვდარ ზონას.

დღეისათვის 90° -იანი სქემა ითვლება ყველაზე საუკეთესოდ და შერეული ტიპის სიმძლავრის მიმართულების რელეებისათვის რეკომენდირებულია როგორც ტიპური სქემა.

6.4 დაცვის დანაყენების შერჩევა

თავიდან რომ ავიცილოთ დაცვის არასწორი მოქმედება საჭიროა, გამშვი ორგანოს ამუშავების დენი განრიდებული იყოს დატვირთვის დენისაგან ავარიის შემდგომ რეჟიმში პრაქტიკის თვითგაშვების გათვალისწინებით. აგრეთვე განრიდებული უნდა იყოს დაზიანების დენებისაგან, რომელიც ჩნდება დაუზიანებელ ფაზებში ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს მიწასთან ყრუდდამიწებულ ნეიტრალიან სისტემაში.

ამუშავების დენის შერჩევა პირველი პირობის შესაბამისად წარმოებს ისევე, როგორ მაქსიმალური დენური დაცვისთვის შემდეგი ფორმულით:

$$I_{\text{და.}} = \frac{K_{\text{მარ.}} \cdot K_{\text{გ.}} \cdot I_{\text{ნომმაქს.}}}{K_{\text{დაბრ.}}} \quad (6.2)$$

მეორე პირობის შესაბამისად დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე შეიძლება ვიპოვოთ შემდეგი გამოსახულებით:

$$I_{\text{და.}} = K_{\text{საიმ.}} \cdot I_{\text{ნომფაზის}} \quad (6.3)$$

სადაც, $I_{\text{ნომფაზის}}$ არის დენის სიდიდე დაუზიანებელს ფაზებში და ტოლია $I_{\text{ფ.}} = I_{\text{ნ.}} \cdot K_I$; ხოლო იმედიანობის კოეფიციენტი $K_{\text{საიმ.}} = 1,15 \div 1,3$.

საბოლოოდ ამ ორი მნიშვნელობიდან უდიდესი იქნება ამუშავების დენის მნიშვნელობა.

იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელში დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე შეირჩევა მხოლოდ პირველი პირობით.

სალექციურობის უზრუნველყოფის მიზნით ერთი მიმართულებით მოქმედი დაცვების მგრძნობიარობა შეთანხმებული უნდა იყოს ისე, რომ კვების წყაროს მიმართულებით დაცვის ამუშავების დენს ზრდადი ხასიათი ჰქონდეს.

ამრიგად ნახ. 6.1 ა-ზე ნაჩვენები სქემის შემთხვევაში დაცვების ამუშავების დენი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

$$I_{\text{და6}} < I_{\text{და4}} < I_{\text{და2}} < I_{\text{და1}} \quad (6.4)$$

ხოლო დაცვისათვის, რომლებიც მოქმედებენ სიმძლავრის საპირისპირო მიმართულებით (B წყაროდან A-საკენ):

$$I_{\text{და3}} < I_{\text{და5}} < I_{\text{და7}} < I_{\text{და8}} \quad (6.5)$$

ორი მეზობელი ხაზის დაცვების ამუშავების დენებს შორის სხვაობა ჩვეულებრივ აიღება დაახლოებით 10%-ის ფარგლებში.

დროის დაყოვნება შეირჩევა სელექციურობის პირობის შესაბამისად. ამისათვის ერთმხრივად მოქმედი დაცვების დროის დაყოვნებები ერთმანეთს უნდა შეუთანხმდეს. ამ თვალსაზრისით დაცვები ორ ჯგუფად არიან გაყოფილნი (ნახ. 6.6):

1) დაცვები A₁, A₃, A₅, A₇, რომლებიც მოქმედებენ მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულებით A წყაროდან B წყაროსაკენ (A ისრის მიმართულებით).

2) დაცვები B₂, B₄, B₆, B₈, რომელიც მოქმედებს მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულებით B წყაროდან A წყაროსაკენ (B ისრის მიმართულებით).

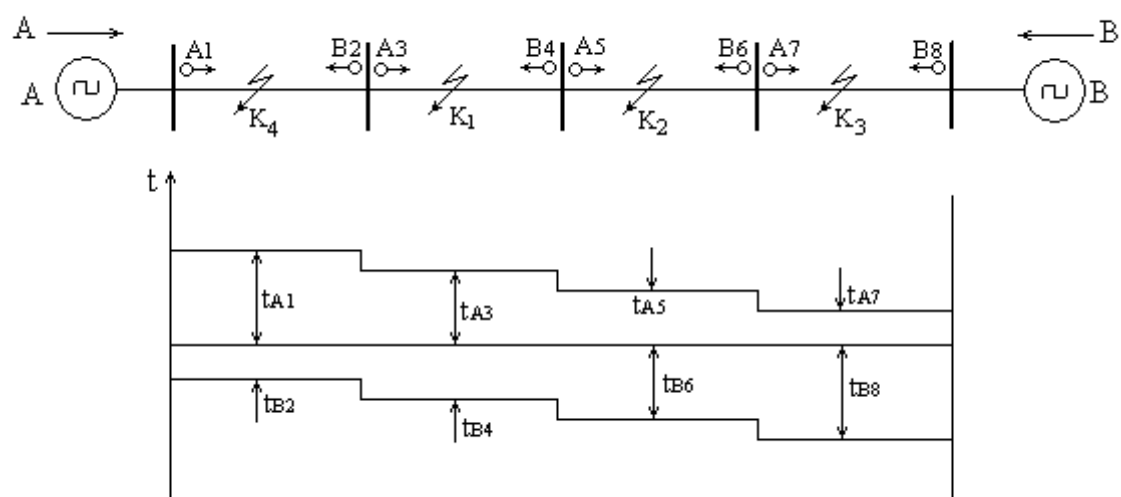
თითოეული ჯგუფისათვის დროის დაყოვნებები უნდა იყოს შერჩეული საფეხურებიანი პრინციპით. აღნიშნულის შესაბამისად საჭიროა უზრუნველყოფილი იყოს პირობები:

$$t_{A7} < t_{A5} < t_{A3} < t_{A1}$$

$$t_{B2} < t_{B4} < t_{B6} < t_{B8}$$

აღნიშნული პირობები გრაფიკულად გამოსახულია ნახ. 6.6-ზე.

თუ ჩავატარებთ აღნიშნული დიაგრამების ანალიზს, შეიძლება დადგინდეს, რომ ყველა დაცვისათვის არაა სავალდებულო მიმართულების განხორციელება, მაგალითად A₃ დაცვის დროის დაყოვნება არის მეტი, ვიდრე B₂ დაცვის. ამიტომ A₃ დაცვის მოქმედების სელექციურობა, როცა მოკლედ შერთვის სიმძლავრე სალტისკენაა მიმართული, უზრუნველყოფილია მიმართულების ორგანოს გარეშე. იგივე შეიძლება ითქვას B₆ დაცვისათვის. აქედან გამომდინარე კეთდება დასკვნა, რომ მიმართულების ორგანო უნდა დაიდგას ისეთი დაცვებისთვის, რომლებიც მარტო დროის დაყოვნებით ვერ უზრუნველყოფენ სელექციურობას, როცა მოკლედ შერთვის სიმძლავრე მიმართულია სალტებისაკენ. იმისათვის, რომ განისაზღვროს რომელი დაცვისთვის არის საჭირო მიმართულების განხორციელება, თავდაპირველად უნდა შეირჩეს დროის დაყოვნებები თითოეული დაცვისათვის შემხვედრი საფეხურებიანი პრინციპით.



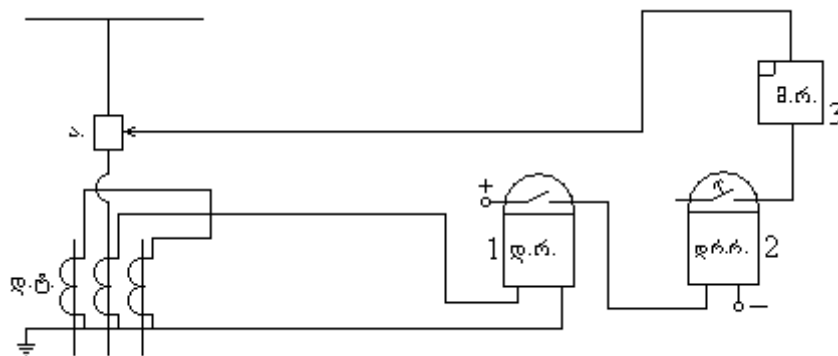
бсб. 6.6

7.1 ზოგადი ცნობები

გადამცემი ხაზების მიწასთან მოკლედ შერთვებისაგან (ერთფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვა მიწასთან) დასაცავად გამოიყენება დაცვა, რომელიც რეაგირებს ნულოვანი მიმდევრობის დენზე და სიმძლავრეზე. იმის გამო, რომ გადამცემ ხაზებზე დაზიანებათა დიდი ნაწილი მოდის მიწასთან მოკლედ შერთვებზე, აუცილებელია სპეციალური დაცვის დაყენება. დაცვა, რომელიც ჩართულია ნულოვანი მიმდევრობის დენზე და ძაბვაზე, არის უფრო მარტივი წინა თავებში განხილულ მაქსიმალურ დენურ დაცვებთან შედარებით და გააჩნია რიგი უპირატესობები. ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვები შესრულებულნი არიან მაქსიმალური დენური დაცვების და დენური მოკვეთის მსგავსად, როგორც მიმართულებით, ისე მიმართულების გარეშე.

7.2 დაცვის მოქმედების პრინციპი და სქემა

დაცვა შედგება გამშვი (1) დენური რელეს და დროის (2) რელესაგან (ნახ. 7.1). გამშვი რელე (1) ჩართულია ნულოვანი მიმდევრობის დენების ფილტრში (ანუ ვარსკვლავად შეერთებული დენის ტრანსფორმატორების ნულოვან სადენში). დროის რელე (2) ქმნის საჭირო დროის დაყოვნებას, რომელიც აუცილებელია სელექციურობის უზრუნველსაყოფად. (1) რელეში დენი ტოლია ყველა ფაზის დენის ტრანსფორმატორების მეორადი დენების ჯამის.



ნახ. 7.1

თუ მხედველობაში არ მივიღებთ დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებას, მაშინ:

$$I_{\phi} = I_a + I_b + I_c = \frac{I_A + I_B + I_C}{n_{\phi}} = \frac{3I_0}{n_{\phi}} \quad (7.1)$$

დენი (1) რელეში გაჩნდება ისეთი დაზიანების დროს, როცა არსებობს ნულოვანი მიმდევრობის მდგენელი I_0 ; ამიტომ ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვა (ნახ. 7.1) მოქმედებს მხოლოდ ერთფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვების დროს მიწასთან.

დატვირთვის ნორმალურ რეჟიმში, რყევების დროს, აგრეთვე ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების დროს ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვა არ მოქმედებს, ვინაიდან აღნიშნულ რეჟიმებში დენების ჯამი $I_A + I_B + I_C = 0$ და დენი I_0 არ არსებობს.

ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვის მნიშვნელოვან უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ იგი დატვირთვაზე არ რეაგირებს, ამიტომ არაა საჭირო იგი განვარიდოთ ნორმალური რეჟიმის და გადატვირთვის დენებისაგან, რაც საშუალებას იძლევა უზრუნველყოფილი იყოს დაცვის მაღალი მგრძნობიარობა, იმ დაცვებთან შედარებით, რომლებიც რეაგირებენ ფაზურ დენზე.

სინამდვილეში მაშინ, როცა არსებობს ბალანსი პირველად დენებში ($I_A + I_B + I_C = 0$), მეორადი დენების ჯამი ($I_a + I_b + I_c \neq 0$) განსხვავდება ნულისაგან. ნულოვან სადენში და გამშვ ორგანოში (რელე 1) არსებობს ნარჩენი დენი, რომელსაც უბალანსობის დენს უწოდებენ. აღნიშნულმა დენმა შეიძლება დაცვის არასწორი მოქმედება გამოიწვიოს.

7.3 უბალანსობის დენი

უბალანსობის დენის $I_{\text{უბ.}}$ სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს, თუ (7.1) გამოსახულებაში გავითვალისწინებთ დენის ტრანსფორმატორის დამაგნიტების დენის მნიშვნელობას:

$$I_{\phi} = \frac{I_A - I_{A\text{დამ}}}{n_{\phi}} + \frac{I_B - I_{B\text{დამ}}}{n_{\phi}} + \frac{I_C - I_{C\text{დამ}}}{n_{\phi}} = \frac{I_A + I_B + I_C}{n_{\phi}} - \left(\frac{I_{A\text{დამ}}}{n_{\phi}} + \frac{I_{B\text{დამ}}}{n_{\phi}} + \frac{I_{C\text{დამ}}}{n_{\phi}} \right)$$

ცხადია, რომ ამ გამოსახულებაში მეორე წევრი წარმოადგენს უბალანსობას. თუ უბალანსობის დენს აღვნიშნავთ $I_{\text{უბ.}}$ -ით, მაშინ მივიღებთ:

$$I_{\phi} = \frac{3I_0}{n_{\phi}} - I_{\text{უბ.}} \quad (7.2)$$

ეს გამოსახულება გვიჩვენებს, რომ დენი გამშვ რელეში (1) შედგება ორი მდგენელისაგან: ერთი განპირობებულია პირველადი დენით $-I_0$, ხოლო მეორე - დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებით. ეს უკანასკნელი იწვევს $3I_0$ სიდიდის დამახინჯებას, რაზედაც რეაგირებს დაცვა.

როგორც (7.2) გამოსახულება გვიჩვენებს, უბალანსობის დენი ტოლია დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების დენების ჯამის:

$$I_{\text{უბ}} = \frac{I_{A\text{დამ}}}{n_{\phi}} + \frac{I_{B\text{დამ}}}{n_{\phi}} + \frac{I_{C\text{დამ}}}{n_{\phi}} \quad (7.3)$$

დამაგნიტების დენების ჯამი როგორც წესი ნულის ტოლი არაა. ეს იმით აიხსნება, რომ დამაგნიტების მახასიათებლები არიან არაიდენტური და არაწრფივი, აგრეთვე სხვადასხვა დენის ტრანსფორმატორის მეორადი დატვირთვა სიდიდით ერთმანეთის ტოლი არაა.

დენის ტრანსფორმატორების ვარსკვლავის ნულოვან სადენში უბალანსობის დენის სიდიდე განისაზღვრება განსახილველ წერტილში სამფაზა მოკლედ შერთვის დენის მიხედვით, ვინაიდან იგი გაცილებით დიდია, ვიდრე მოკლედ შერთვის დენის სიდიდე ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს.

იმისათვის, რომ შევამციროთ უბალანსობის დენის სიდიდე საჭიროა, ვიმუშაოთ დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების მახასიათებლის გაუქმენტავ ნაწილში და ყველა ფაზაში გვქონდეს ერთნაირი სიდიდის დამაგნიტების დენები. ამისათვის საჭიროა:

ა) დაკმაყოფილდეს 10%-იანი ცდომილების პირობა სამფაზა მოკლედ შერთვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობის დროს, როცა მოკლედ შერთვაა მომდევნო ხაზის დასაწყისში.

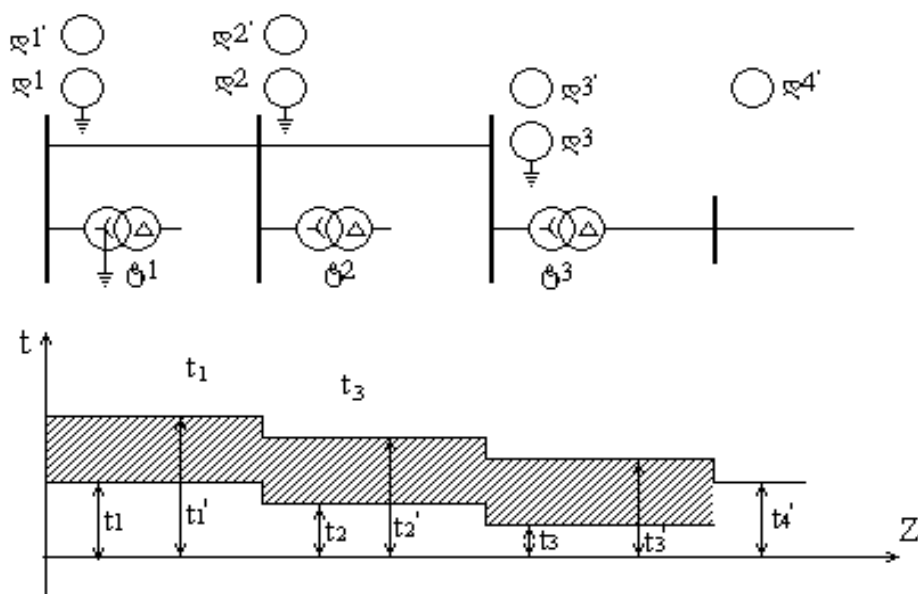
ბ) ყველა ფაზაში გვქონდეს დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების იდენტური მახასიათებლები.

გ) ყველა ფაზაში დენის ტრანსფორმატორების მეორადი წრედების დატვირთვები იყოს ერთნაირი.

იმისათვის, რომ გამოირიცხოს უბალანსობის დენით დაცვის მოქმედების შესაძლებლობა, საჭირო არის გამშვი რელეს ამუშავების დენის სიდიდე იყოს უბალანსობის დენზე მეტი.

7.4 ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვის დანაყენების შერჩევა

თითოეული უბნის ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვის დროის დაყენება სელექციურობის პირობის შესაბამისად მეტი უნდა იყოს მომდევნო უბნის დაცვის დროის დაყენებაზე (t_2) Δt საფეხურით. ანუ $t_1 = t_2 + \Delta t$; სადაც Δt არის სელექციურობის საფეხური.



ნახ. 7.2 ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვის დროის დაყოვნების შერჩევის საფეხურებიანი პრინციპები.

1, 2, 3 ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვები;
1', 2', 3', 4' მაქსიმალური დენური დაცვები.

თუ მაღალი ძაბვის ქსელი დაკავშირებულია დაბალი ძაბვის ქსელთან ტ-3 ტრანსფორმატორით, რომლის გრაგნილების შეერთების სქემაა Δ/Δ , მაშინ ნულოვანი მიმდევრობის დენურ დაცვას (3), რომელიც განხორციელებულია ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის მხარეს, შეიძლება ჰქონდეს დროის დაყოვნება $t = 0$, ვინაიდან იგი არ რეაგირებს ტ-3 ტრანსფორმატორის დაბალი ძაბვის მხარეს მოკლედ შერთვებზე. აქედან გამომდინარე დანარჩენი ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვების დროის დაყოვნებები (t_1 და t_2) მნიშვნელოვნად არიან შემცირებულნი ეს ნათლად ჩანს დიაგრამაზე (ნახ. 7.2). აღნიშნული აიხსნება იმით, რომ ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვებზე რეაგირებენ მხოლოდ მაქსიმალური დენური დაცვები. ამიტომ საჭიროა, მაქსიმალური დენური დაცვები შეთანხმებული იყოს ტრანსფორმატორის დაბალი ძაბვის მხარის დაცვებთან (მაგ. $t_3' = t_4' + \Delta t$);

ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვის გამშვი ორგანოს ამუშავების დენის სიდიდე შეირჩევა შემდეგი პირობებით:

ა) მომდევნო უბნის ბოლოში მიწასთან მოკლედ შერთვის დროს დაცვამ უნდა იმოქმედოს საიმედოდ.

ბ) ამუშავების დენი განრიდებული უნდა იყოს უბალანსობის დენისაგან.

პირველი პირობის თანახმად $I_{დ.ა.} < 3I_{0Kზიფ.}$; ხოლო მეორე პირობის თანახმად

$$I_{დ.ა.} > I_{უბ.მაქს.}$$

ამ ორიდან განმსაზღვრელად ითვლება მეორე პირობა, რომლის თანახმადაც:

$$I_{დ.ა.} = K_{იმ} I_{უბ. მაქს.} \quad (7.4)$$

სადაც $K_{0.5} = 1,3 \div 1,5$ ხოლო უბალანსობის დენი გამოითვლება ფორმულით:

$$I_{\text{უბ}} = K_{\text{კრთ}} f_i I_{\text{ა.ა.}}^{(3)} \quad (7.5)$$

სადაც, $K_{\text{კრთ}}$ დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების მახასიათებლების და მეორადი დატვირთვების იდენტურობის შესაბამისად შეირჩევა (0,5-1). f_i არის დენის ტრანსფორმატორების ცდომილება. იგი შეირჩევა 10%-იანი ზღვრული ჯერადობის მრუდეების მიხედვით და აიღება 0,1. $I_{\text{ა.ა.}}^{(3)}$ არის სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა, როცა მოკლედ შერთვაა მომდევნო უბნის დასაწყისში.

მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ ფორმულა (7.5) მიახლოებით შედეგებს იძლევა, რაც გათვალისწინებულია $K_{0.5}$ მნიშვნელობის შერჩევისას. დაცვის მგრძნობიარობა ხასიათდება მგრძნობიარობის კოეფიციენტით:

$$K_{\text{გრ.}} = \frac{3I_{0.5\text{მფ.}}}{I_{\text{დ.ა.}}} \quad (7.6)$$

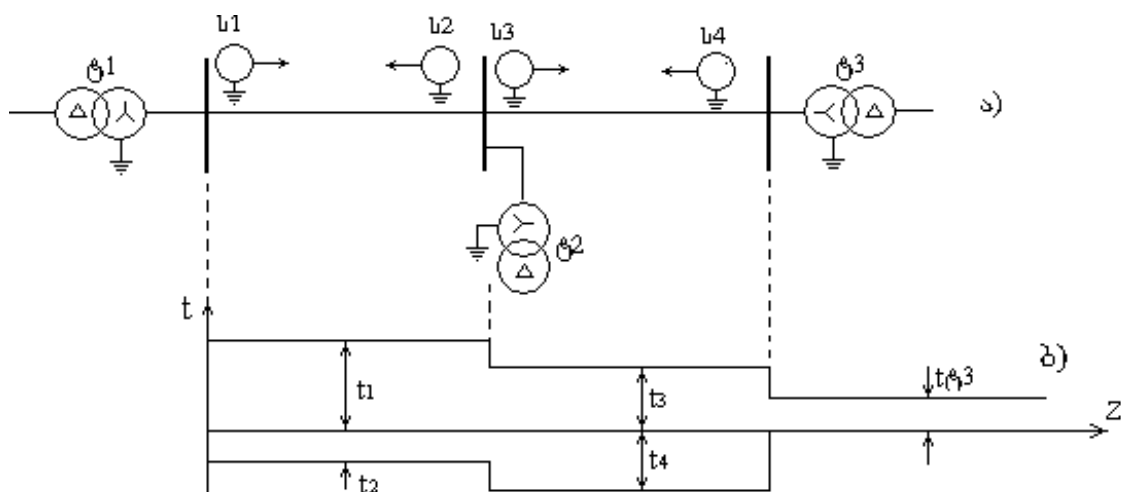
სადაც $I_{0.5\text{მფ.}}$ არის ნულოვანი მიმდევრობის დენის მინიმალური მნიშვნელობა, როცა მომდევნო უბნის ბოლოში არის ერთფაზა ან ორფაზა მოკლედ შერთვა მიწასთან. დაცვის მუშაობის საიმედოობისათვის საჭიროა $K_{\text{გრ.}} \geq 1,5$.

7.5 ნულოვანი მიმდევრობის მიმართული დენური დაცვები

როცა განსახილველი უბნის ორივე მხარეს არსებობს ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები დამიწებული ნეიტრალით, მაშინ ასეთ ქსელში ნულოვანი მიმდევრობის მაქსიმალური დენური დაცვების მოქმედების სელექციურობის მიღწევა შეიძლება მხოლოდ მიმართულების ორგანოს საშუალებით.

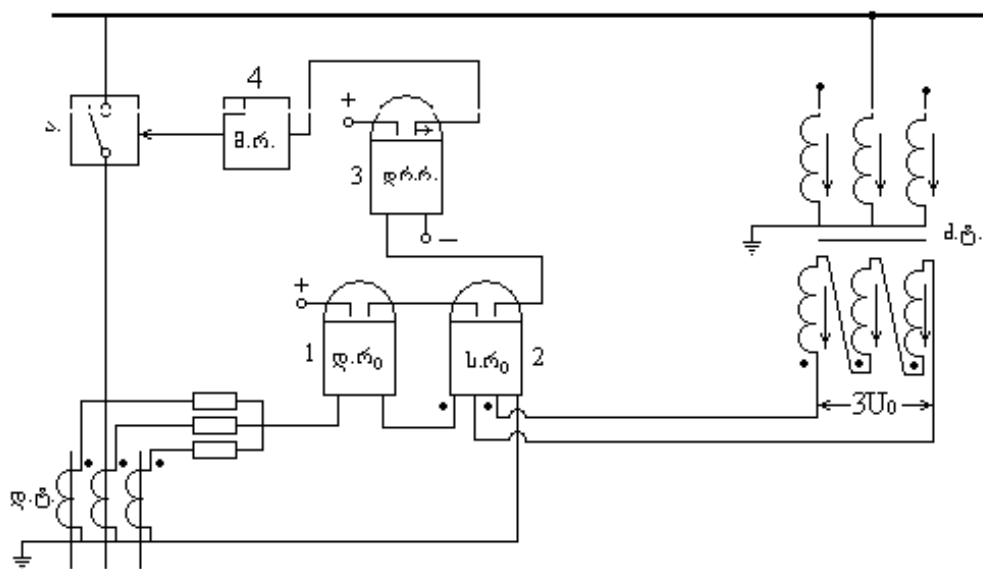
ნულოვანი მიმდევრობის მიმართული დაცვები მოქმედებენ მხოლოდ დასაცავ უბანზე მოკლედ შერთვის დროს და არ მოქმედებენ ყველა სხვა მინაერთზე (რომლებიც გადიან მოცემული ქვესადგურის სალტეებიდან) მოკლედ შერთვის დროს. დაცვის ასეთი მოქმედება მიღწეული არის სიმძლავრის რელეს საშუალებით, რომელიც რეაგირებს ნულოვანი მიმდევრობის სიმძლავრის ნიშანზე, ან მის მიმართულებაზე მოკლედ შერთვის დროს.

დაცვების დროის დაყოვნებები, რომლებიც მოქმედებენ სიმძლავრის ერთი მიმართულებით, შეირჩევა დროის დაყოვნების საფეხურებიანი პრინციპით. ნახ. 7.3-ზე ნაჩვენებია ნულოვანი მიმდევრობის მიმართული დენური დაცვების განლაგების სქემა და მათი დროის დაყოვნების გრაფიკები.



ნახ. 7.3 (ა) ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვის განლაგების სქემა; (ბ) დროის დაყოვნების გრაფიკები: ს - ნულოვანი მიმდევრობის მიმართული დენური დაცვა.

ნახ. 7.4-ზე მოყვანილია ნულოვანი მიმდევრობის მიმართული დენური დაცვის სქემა.



ნახ. 7.4 ნულოვანი მიმდევრობის მიმართული დენური დაცვის სქემა. 1 - ნულოვანი მიმდევრობის დენური რელე; 2 - ნულოვანი მიმდევრობის სიმძლავრის რელე; 3 - დროის რელე; 4 - მაჩვენებლიანი რელე.

სქემა შედგება (1) დენის რელესაგან, რომელიც რეაგირებს მიწასთან მოკლედ შერთვაზე, სიმძლავრის (2) რელესაგან, რომელიც განსაზღვრავს მოკლედ შერთვის დროს სიმძლავრის მიმართულებას და დროის (3) რელესაგან, რომელიც ქმნის სელექციურობისათვის საჭირო დროის დაყოვნებას.

გამშვი რელეს და სიმძლავრის რელეს დენის გრაგნილები ჩართულნი არიან დენის ტრანსფორმატორების ნულოვან სადენში $3I_0$ დენზე, ხოლო სიმძლავრის

რელეს ძაბვის გრაგნილი იკვებება ძაბვის ტრანსფორმატორის გახსნილი სამკუთხედიდან $3U_0$ ძაბვით.

ასეთი სქემით ჩართული სიმძლავრის რელე რეაგირებს ნულოვანი მიმდევრობის სიმძლავრეზე $S_0 = U_0 I_0$. პოლარიზებული გრაგნილის შინაგანი ძვრის α კუთხის და ტოლობების $U_{\phi} = 3U_0$ და $I_{\phi} = 3I_0$, გათვალისწინებით სიმძლავრის მიმართულების რელე (6-1)-ის თანახმად რეაგირებს სიმძლავრეზე

$$S_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \sin(\alpha - \phi_{\phi}) = 3U_0 3I_0 \sin(\alpha - \phi_0) \quad (7.7)$$

სადაც $\phi_{\phi} = \phi_0$ არის ფაზური ძვრის კუთხე U_0 და I_0 შორის.

განვიხილოთ ერთფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვები მიწასთან და ავაგოთ დენებისა და ძაბვების ვექტორული დიაგრამები. შევეცადოთ მათი დახმარებით ვიპოვოთ სიმძლავრის რელეს მუშაობის პირობები და გავანალიზოთ მისი ქცევა.

ანალიზის გამარტივების მიზნით განვიხილოთ რადიალური ელექტროგადამცემი ხაზი (ნახ. 7.5 ა).

ვექტორული დიაგრამების აგების დროს საწყისად მიღებულია სისტემის ექვივალენტური გენერატორის ელექტრომომძრავებელი ძალის ვექტორები: E_A, E_B, E_C , რომლებიც შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ მოკლედ შერთვის დროს უცვლელნი რჩებიან.

ა) ერთფაზა მოკლედ შერთვა მიწასთან, მაგალითად A ფაზაზე, ხასიათდება შემდეგი პირობით:

1. დაზიანებულ ფაზაში E_A ელექტრომომძრავებელი ძალის ზემოქმედებით გადის დენი $I_A = I_K$; თუ ჩავთვლით, რომ ქსელის აქტიური წინაღობა ნულის ტოლია, მაშინ დენი I_A ჩამორჩება შესაბამის E_A ელექტრომომძრავებელი ძალისაგან 90° -ით.

2. დენები დაუზიანებელ ფაზებში $I_B = 0$ და $I_C = 0$

3. K წერტილში დაზიანებული A ფაზის ძაბვა მიწის მიმართ $U_{AK} = 0$; რადგანაც ეს ფაზა ყრუდაა დამიწებული.

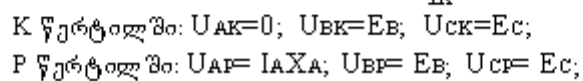
4. მე-2 პირობის გათვალისწინებით დაუზიანებელი ფაზების ძაბვები $U_B = E_B$ და $U_C = E_C$.

აღნიშნული პირობების მიხედვით აგებულია ფაზური დენების და ძაბვების ვექტორული დიაგრამა დაზიანების ადგილისათვის K წერტილში (ნახ. 7.5 ბ).

ნულოვანი მიმდევრობის დენი I_0 და ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვა U_0 გამოითვლება შესაბამისი ფორმულებით:

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_A + I_B + I_C) \quad (7.8)$$

$$U_0 = \frac{1}{3}(U_A + U_B + U_C) \quad (7.9)$$



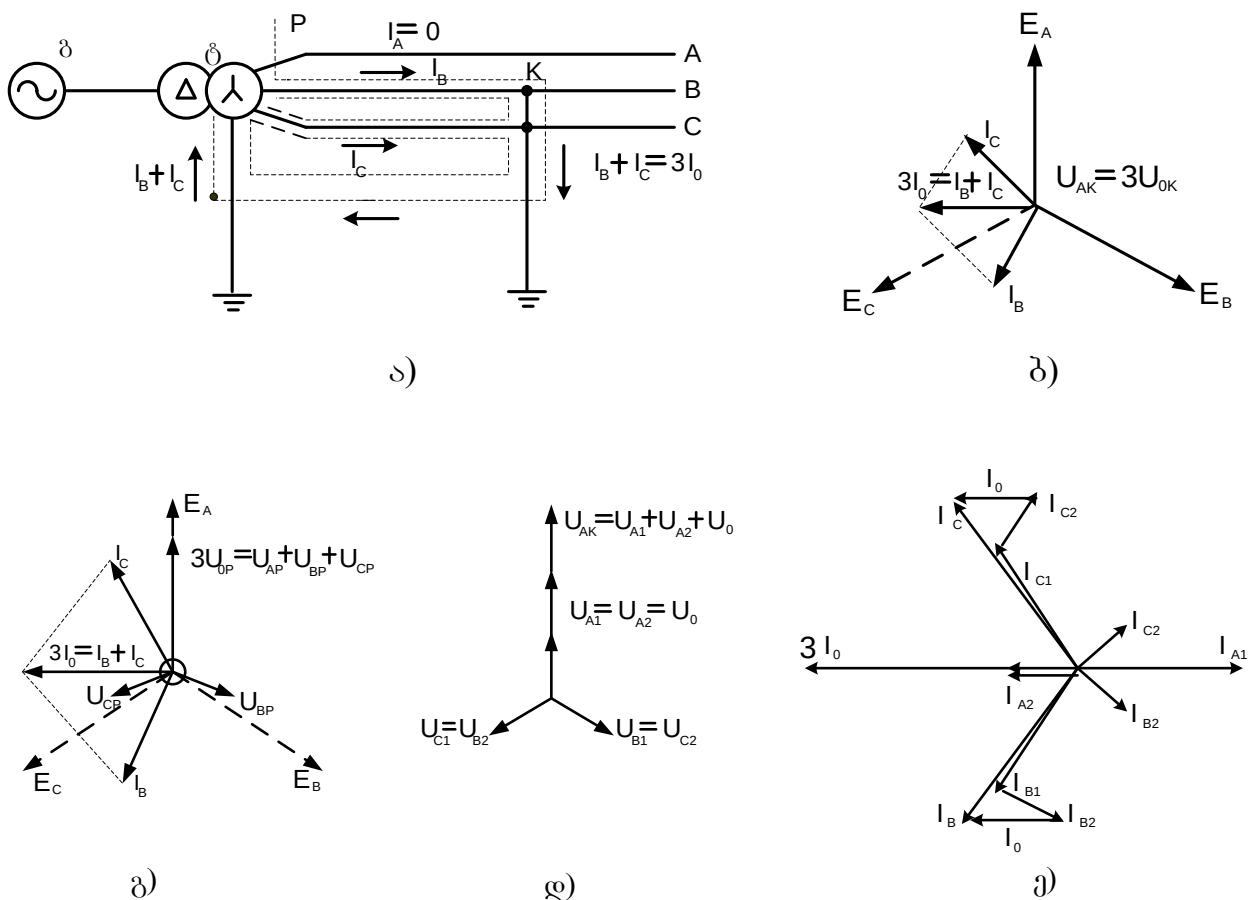
აღნიშნული გამოსახულებების თანახმად მოკლედ შერთვის K წერტილში დენის ვექტორი $3I_{K0} = I_A$, ხოლო ძაბვის ვექტორი $3U_{K0} = (U_{BK} + U_{CK}) = -E_A$, ანუ

$I_{K0} = \frac{1}{3}I_A$ და $U_{K0} = -\frac{1}{3}E_A$; ვექტორული დიაგრამიდან გამომდინარეობს, რომ დენის I_{K0} ვექტორი წინ უსწრებს ძაბვის U_{K0} ვექტორს 90° -ით.

P წერტილში, რომელიც დაშორებულია მოკლედ შერთვის წერტილისაგან, ერთფაზა მოკლედ შერთვის ვექტორული დიაგრამა განსხვავდება წინა შემთხვევისაგან U_A და U_0 სიდიდეებით. P წერტილში A ფაზის პოტენციალი $U_{AK} \neq 0$. იგი ტოლია x_{P-K} წინააღობაში ძაბვის ვარდნის $U_{AP} = jI_{OK}x_{PK}$. დაუზიანებელი B და C ფაზების ძაბვები P წერტილში ტოლია შესაბამისი ფაზების ელექტრომაგნიტური ძალების (ნახ. 7.5 გ).

ვექტორები U_{0P} და I_{0P} წინა შემთხვევის ანალოგიურად განისაზღვრება ფაზური ძაბვების და დენების გეომეტრიული შეკრებით. ამის შესაბამისად $I_{0P} = \frac{1}{3}I_A$ და $U_{0P} = \frac{1}{3}(U_{AP} + U_{BP} + U_{CP})$, როგორც დიაგრამიდან ჩანს $U_{0P} < U_{0K}$;

ბ) ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს მიწასთან, მაგალითად B და C ფაზებს შორის K წერტილში, დენების და ძაბვების ვექტორული დიაგრამები მოცემულია ნახ. 7.6-ზე.



ნახ. 7.6

დაზიანების ეს სახე მოკლედ შერთვის K წერტილში ხასიათდება სამი პირობით: $U_{BK} = 0, U_{CK} = 0, I_A = 0$. ნახ. 7.6-ზე მოცემული ვექტორული დიაგრამები საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1. სიმძლავრის ნიშნისა და მიმართულების განმსაზღვრელი ძვრის კუთხე φ_0 , რომელზედაც რეაგირებს ნულოვანი მიმდევრობის სიმძლავრის რელე, ტოლია φ_0 -ის. ქსელის აქტიური წინაღობის გათვალისწინების გარეშე $\varphi_0 = 90^\circ$, ხოლო ქსელის აქტიური წინაღობის გათვალისწინებით $\varphi_0 = 100^\circ \div 120^\circ$.

აქედან გამომდინარეობს, რომ ნულოვანი მიმდევრობის მიმართული დაცვისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ სინუსური ან შერეული ტიპის სიმძლავრის რელე, რომელსაც გააჩნია მაქსიმალური მომენტი $\varphi_0 = 90^\circ \div 120^\circ$ -ის დიაპაზონში; მსგავს რელეებს განეკუთვნება PBM-177 და PBM-178, რომელთათვისაც $M_{\varphi_0} = KU_{\varphi_0} I_{\varphi_0} \sin(\alpha - \varphi_0)$ და კუთხე $\alpha_0 = -120^\circ$.

2. დენი $3I_0$ ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს მიწასთან ტოლია I_K (ცალმხრივი კვების რეჟიმში), ხოლო ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს მიწასთან - დაზიანებული ფაზების დენების გეომეტრიული ჯამის.

3. ძაბვა $3U_0$ უდიდეს მნიშვნელობას იღებს მოკლედ შერთვის K წერტილში (დაახლოებით უდრის ფაზურ ძაბვას). მოკლედ შერთვის K წერტილიდან დაშორების შესაბამისად ძაბვა $3U_0$ თანდათანობით მცირდება. აღნიშნული გამომდინარეობს ვექტორული დიაგრამებიდან. ე.ი. რაც უფრო შორსაა მოკლედ შერთვის წერტილიდან სიმძლავრის რელე, მით უფრო მცირდება სიმძლავრე S_{φ_0} რელეს მომჭერებზე U_0 ძაბვის შემცირების გამო. ამიტომ გარკვეულ შემთხვევაში შეიძლება სიმძლავრე S_{φ_0} რელეს მომჭერებზე აღმოჩნდეს რელეს ამუშავების სიმძლავრეზე უფრო მცირე. ასეთ პირობებში სიმძლავრის რელე და შესაბამისად დაცვა არ იმოქმედებს. ამიტომ საჭიროა გამოვიყენოთ მაღალი მგრძნობიარობის სიმძლავრის რელეები.

4. ვექტორული დიაგრამები, განსაკუთრებით მიწასთან ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს, ნათლად გვიჩვენებს, რომ როცა φ_K არის დადებითი, მაშინ კუთხე φ_0 უარყოფითია. ეს ნიშნავს, რომ სიმძლავრეს S_0 და დაზიანებული ფაზის მოკლედ შერთვის სიმძლავრეს S_K აქვთ სხვადასხვა ნიშნები. ამიტომ ნულოვანი მიმდევრობის სიმძლავრის რელეს დენისა და ძაბვის გრაგნილები უნდა ჩაირთოს სხვადასხვა პოლარობებით.

დაცვის დაძვრის დენი შეირჩევა ისევე, როგორც დაცვისათვის მიმართულების გარეშე. გამშვიდების ორგანოს მგრძნობიარობა უნდა შემოწმდეს მომდევნო უბანის ბოლოში მოკლედ შერთვის დროს მინიმალურ რეჟიმში. დროის დაყოვნება მიმართული დაცვისთვის შეირჩევა შემხვედრი საფეხურებიანი პრინციპით (ნახ. 7.3 ბ); ერთი მიმართულებით მოქმედი თითოეული დაცვა განრიდებულია მისი წინამდებარე დაცვისაგან Δt სელექციურობის დროის საფეხურით.

7.6 ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთა

ყრუდ დამიწებულ ნეიტრალიან სისტემაში მიწასთან მოკლედ შერთვის გამორთვის დასაჩქარებლად გამოიყენება დენური მოკვეთა, რომელიც რეაგირებს ნულოვანი მიმდევრობის დენზე. მისი მოქმედების პრინციპი იგივეა, როგორიც დენური მოკვეთის, რომელიც ფაზურ დენზე რეაგირებს. ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთა ორი სახისაა: დენური მოკვეთა მიმართულებით და მიმართულების გარეშე; მყისური მოქმედებით და დროის დაყოვნებით.

ა) ნულოვანი მიმდევრობის (არა მიმართული) დენური მოკვეთა გამოიყენება ცალმხრივი კვების ხაზებზე. მყისური მოქმედების ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთა განრიდებულია ხაზის ბოლოში მიწასთან მოკლედ შერთვის დროს $3I_0$ -ის მაქსიმალური მნიშვნელობისაგან და გამოითვლება ფორმულით:

$$I_{\text{დ.ა.}} = K_{\text{პ.რ.}} 3I_{0\text{მაქს}} \quad (7.10)$$

ბ) დენური მოკვეთა დროის დაყოვნებით განრიდებული არის (ნახ. 7.7 ა, რელე 2) დენით და დროით მის წინ მდებარე ხაზის (BC უბანი) მყისური მოქმედების ნულოვანი მიმდევრობის (3) დენური მოკვეთისაგან. როცა ტრანსფორმატორის დამიწებული ნეიტრალი განლაგებულია დასაცავი ხაზის (ე.გ.ხ.1) ერთი მხრიდან, მაშინ (2) და (3) დენურ მოკვეთაში დენი $3I_0$ ე.გ.ხ.2 ხაზის ბოლოში მიწასთან მოკლედ შერთვის დროს არის ერთი და იგივე. ამიტომ სელექციურობის პირობიდან გამომდინარე დებულობენ:

$$I_{\text{დ.ა.2}} = (1,1 \div 1,2) I_{\text{დ.ა.3}} \quad (7.11)$$

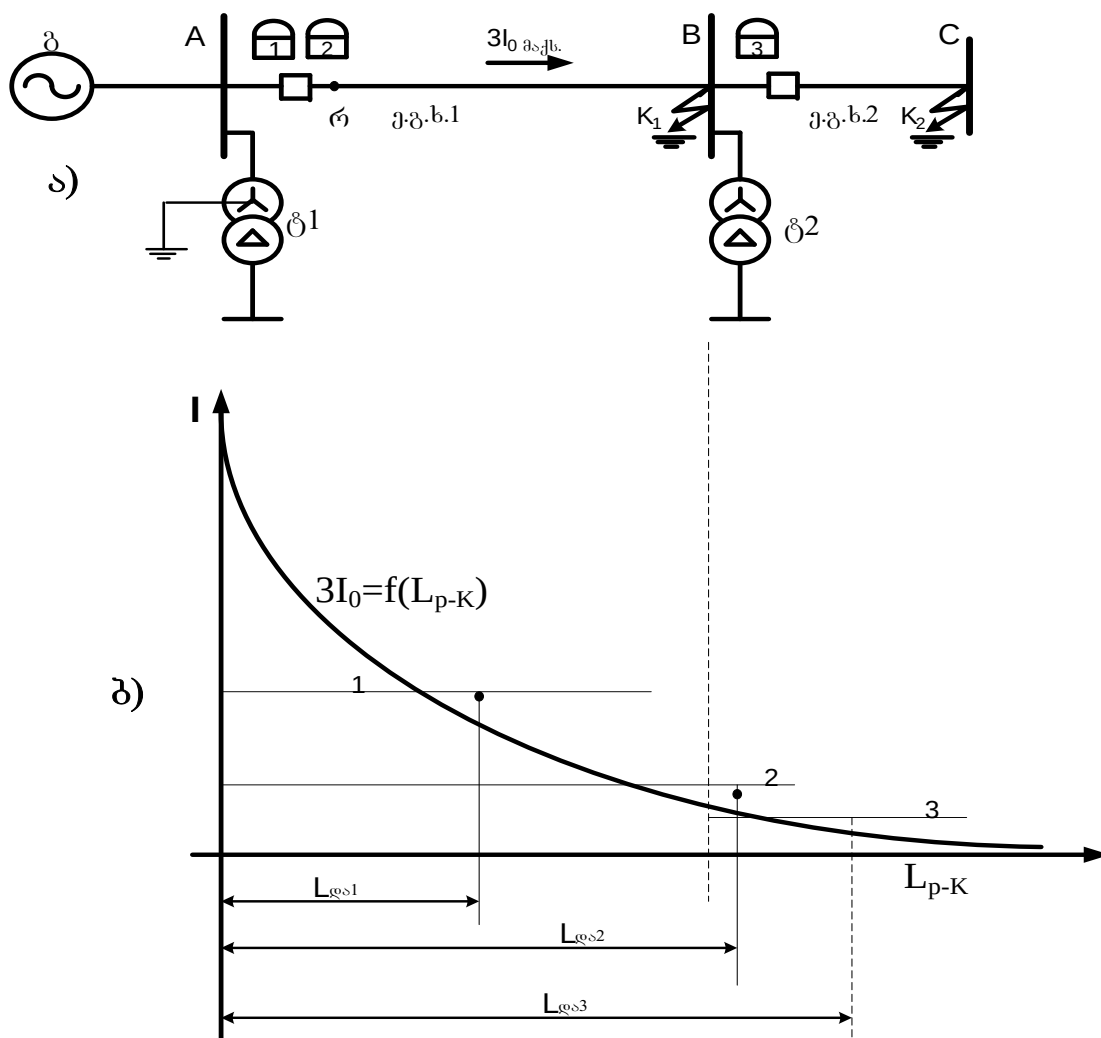
დროის დაყოვნება $t_2 = t_3 + \Delta t$

დაცვის მოქმედების ზონა განისაზღვრება გრაფიკულად $3I_0 = f(l_{P-K})$ მრუდის $I_{\text{დ.ა.}}$ -ის წრფესთან გადაკვეთის წერტილით (ნახ. 7.7 ბ).

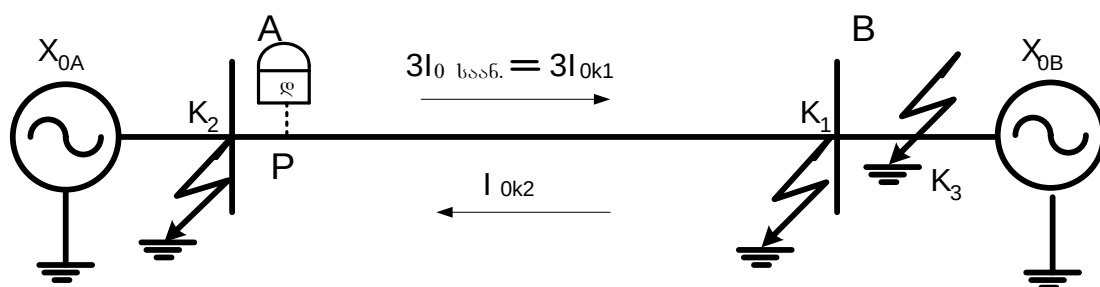
დროის დაყოვნებით ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთის სქემა მოცემული არის ნახ. 7.1-ზე.

მყისური მოქმედების დენური მოკვეთის სქემა არის ანალოგიური, ოღონდ სქემაში არ მონაწილეობს დროის რელე.

გ) ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთა მიმართულებით. დროის დაყოვნებიანი მიმართული ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთის სქემა მოცემულია ნახ. 7.4-ზე. მყისური მოქმედების მიმართული ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთის სქემა ანალოგიურია, ოღონდ სქემაში არ მონაწილეობს დროის რელე. სიმძლავრის რელე, რომელიც სქემაში მონაწილეობს, აბლოკირებს დაცვას, როცა მოკლედ შერთვაა A ქვესადგურის სალტებზე (ნახ. 7.8), როცა მოკლედ შერთვის სიმძლავრე S_{0K2} მიმართულია ქვესადგურის სალტიდან ხაზისაკენ. ამიტომ არაა საჭირო დაცვის დანაყენი განვარიდოთ I_{0K2} დენისაგან.



ნახ. 7.7 ხაზის დაცვა. ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთა. (ა) გრაფიკული ანგარიში და მოქმედების ზონები; (ბ) 2 და 3 დაცვების დროებისა და მოქმედების ზონების შეთანხმება: 1- $I_{დ.ა.}$ დენური მოკვეთის 1 ხაზზე; 2- $I_{დ.ა.}$ დენური მოკვეთა დროის დაყოვნებით 1 ხაზზე; 3- $I_{დ.ა.}$ მყისური მოქმედების დენური მოკვეთა 2 ხაზზე.



ნახ. 7.8 მყისური მოქმედების ნულოვანი მიმდევრობის მიმართული დენური მოკვეთის $I_{დ.ა.}$ ანგარიში ორმხრივი კვების ქსელში.

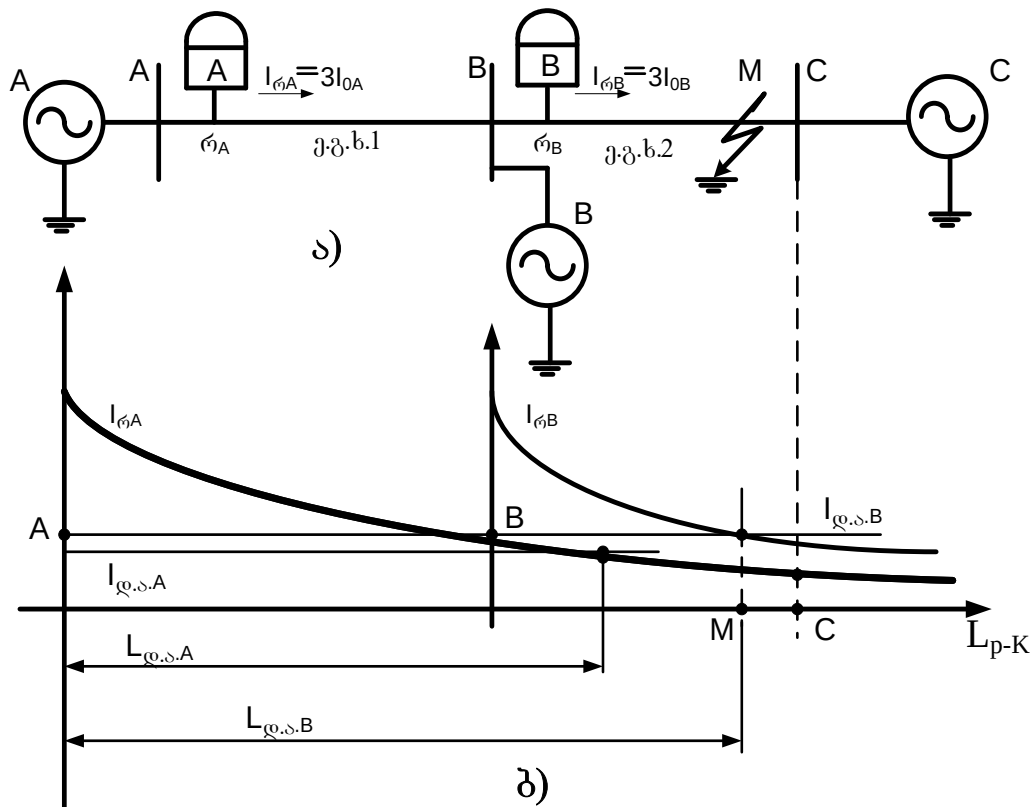
სელექციურობის უზრუნველსაყოფად საკმარისია მიმართული დენური მოკვეთა განვარიდოთ მხოლოდ I_{0K1} დენისაგან, რომელიც გადის დაცვაში B ქვესადგურის სალტებზე მიწასთან მოკლედ შერთვის დროს.

დაცვის ამუშავების დენის შერჩევა ხდება იმ პირობით, რომ მან არ იმოქმედოს B ქვესადგურის სალტიდან გამავალ ელემენტებზე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 7.8). ამ პირობის შესრულებისათვის საჭიროა შევარჩიოთ

$$I_{\text{gas}} = K_{\text{bnd}} 3I_{0\text{bnd}}. \quad (7.12)$$

სადაც, $K_{\text{საიმ}}$ არის იმედიანობის კოეფიციენტი, $I_{0\text{საან}}$ არის დაცვაში გამავალი $3I_0$ დენის უდიდესი მნიშვნელობა, რომლისგანაც დაცვის მოქმედება უნდა იყოს განრიდებული.

დროის დაყოვნებიანი მიმართული დენური მოკვეთის ამუშავების დენი განრიდებული არის რელეში გამავალი $I_{0\text{საფ.}}$ -საგან, როცა მოკლედ შერთვაა მყისური მოქმედების B დაცვის მოქმედების ზონის ბოლოში (ნახ. 7.9 ა).



ნახ. 7.9. მიმართული, დროის დაყოვნებიანი, ნულოვანი მიმდევრობის დენური მოკვეთის ანგარიში: (ა) ქსელის სქემა; (ბ) გრაფიკული ანგარიში.

ბ დაცვა არის ე.გ.ხ.2-ის დაცვა, რომლის დანაყენის ანგარიში წარმოებს 7.12 ფორმულით.

ნახ. 7.9 ბ-ზე ნაჩვენებია გრაფიკული მეთოდი, რომლის საშუალებითაც განისაზღვრება A დენური მოკვეთის $I_{0\text{საან}}$ დროის დაყოვნებით t_A . მისი არსი მდგომარეობს შემდეგში: აგებენ $I_{\phi A}$ და $I_{\phi B}$ -ს ნულოვანი მიმდევრობის დენების ცვლილების მრუდებს. აღნიშნული დენები გადიან შესაბამისად A და B რელეებში, როცა მოკლედ შერთვაა გადამცემი ხაზის ე.გ.ხ.2 სხვადასხვა წერტილებში. $I_{\phi B}$ -ს

მრუდის გადაკვეთის წერტილით $I_{\text{დ. } B}$ -თან პოულობენ B დაცვის მოქმედების ზონის საზღვარს (M წერტილი).

M წერტილის საშუალებით $I_{\text{რ } A}$ მრუდზე პოულობენ დენის მნიშვნელობას $3I_{0\text{საფ.}}$, რომელიც გადის A დენურ მოკვეთაში, როცა მოკლედ შერთვა არის ე.გ.ხ.2 გადამცემ ხაზზე M წერტილში. თუ აღნიშნულ დენის მნიშვნელობას შევიტანთ 7.12 გამოსახულებაში, მივიღებთ $I_{\text{დ. } A}$ -ს მნიშვნელობას, რომლის დროსაც A დენური მოკვეთა არ იმოქმედებს B' ზონის მოკვეთის იქით. A დენური მოკვეთის დროის დაყოვნება:

$$t_A = t_B + \Delta t \quad (7.13)$$

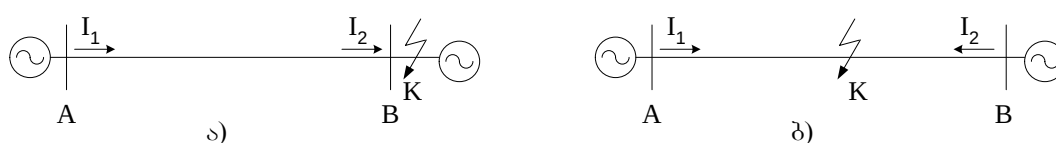
8.1 დიფერენციალური დაცვების დანიშნულება და სახეები

რელეური დაცვის მიმართ წაყენებულ ყველა მოთხოვნას სხვა დაცვებთან შედარებით უკეთესად პასუხობს გადაცემის ხაზების დიფერენციალური დაცვა. აღნიშნული დაცვა სწრაფმოქმედია. გააჩნია მაღალი მგრძნობიარობა, მოქმედების პრინციპიდან გამომდინარე არის სელექციური. გამოირჩევა სიმარტივით და საიმედოობით.

გადაცემის ხაზების დიფერენციალური დაცვა არის ორი სახის: გრძივი დიფერენციალური დაცვა, რომელიც გამოიყენება ერთმაგ და პარალელურ ხაზებზე და განივი დიფერენციალური დაცვა, რომელიც გამოიყენება პარალელურ ხაზებზე. ორივე დაცვა გამოიყენება, როგორც ცალმხრივი, ისე ორმხრივი კვების გადაცემის ხაზებისათვის.

8.2 გრძივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი

გრძივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედება დამყარებულია გადაცემის ხაზის თავში და ბოლოში გამავალი დენების შედარებაზე. დაცვაში აღნიშნული დენების შედარება ხდება, როგორც სიდიდით, ისე ფაზით. თუ გადაცემის ხაზის თავში და ბოლოში გამავალი დენები სიდიდით ერთმანეთის ტოლია და მიმართული არიან ერთ მხარეს, ეს მიუთითებს იმაზე, რომ აღნიშნულ ხაზზე დაზიანება არ არის. ასეთ პირობებში დაცვამ არ უნდა იმოქმედოს. როცა ხაზის დასაწყისში და ბოლოში გამავალი დენები ფაზით, ან სიდიდით ერთმანეთს არ ემთხვევა, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ აღნიშნულ ხაზზე გაჩნდა დაზიანება და სავალდებულოა დაცვამ იმოქმედოს დაზიანებული უბნის გამორთვაზე.



ნახ. 8.1 დენების მიმართულება ხაზის თავსა და ბოლოში.

(ა) გარე მ.შ.-ს დროს; (ბ) ხაზზე მ.შ.-ს დროს

დენების სიდიდით და ფაზით ასეთი შედარება განხორციელებულია დიფერენციალური დაცვის მარეაგირებელ ორგანოში. ამ მიზნით ხაზის თავში და ბოლოში დადგმული არის დენის ტრანსფორმატორები დტ-1 და დტ-2 (ნახ. 8.2) ტრანსფორმაციის ერთნაირი კოეფიციენტებით. მათი მეორადი გრაგნილები ერთმანეთთან დაკავშირებულია შემაერთებული სადენებით და მიერთებული არიან დიფერენციალურ რელესთან ისე, რომ გარე მოკლედ შერთვის დროს რელეში დენი ტოლი იყოს ხაზის თავში და ბოლოში დენების სხვაობის, ანუ $I_1 - I_2$; ხოლო ხაზზე მოკლედ შერთვის დროს - მათი ჯამის $I_1 + I_2$.

არსებობს დიფერენციალური დაცვის ორი სხვადასხვა პრინციპიალური სქემა: დენების ცირკულაციით და ძაბვების გაწონასწორებით.

ა) დენების ცირკულაციის სქემაში (ნახ. 8.2 ა) დენის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილები შეერთებული არიან ისე, რომ გარე მოკლედ შერთვის დროს მათი ე.მ.ძ.-ში მიმართული იყვნენ მიმდევრობით, ხოლო შემაერთებელ სადენებში დენებს ჰქონდეთ ერთნაირი მიმართულება. დიფერენციალური რელე ჩართული არის დენის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილების პარალელურად, რომლითაც წარმოქმნილი არის მეორადი დენების i_1 და i_2 შეკვრის გზა.

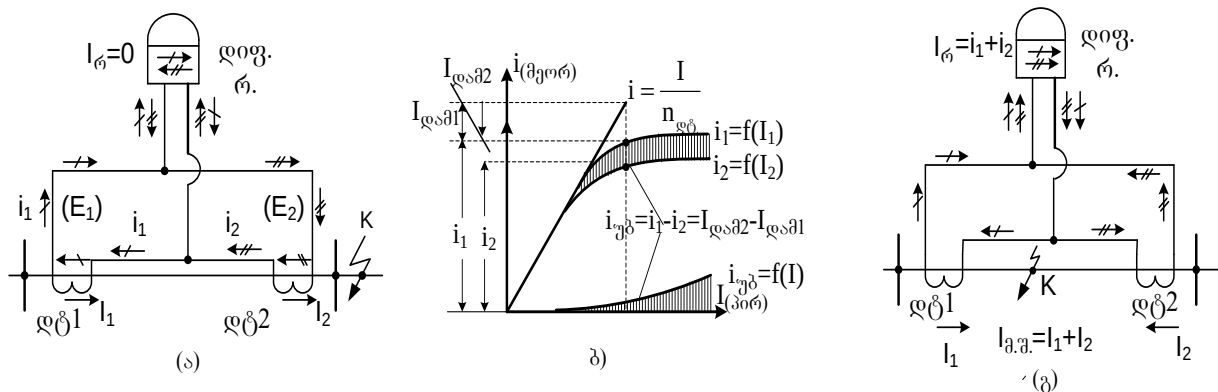
დასაცავი ხაზის გარეთ მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 8.2 ა), აგრეთვე ნორმალური დატვირთვის რეჟიმში, პირველადი დენები ხაზის თავში და ბოლოში არიან სიდიდით ტოლი და მიმართულნი ერთ მხარეს. თითოეული დენის ტრანსფორმატორის მეორადი დენები (i_1 და i_2) იკვრებიან დიფერენციალური რელეს გრაგნილში და მასში გადიან სხვადასხვა მიმართულებით, ერთმანეთის შემხვედრად. ამიტომ რელეში დენი ტოლი არის მეორადი დენების გეომეტრიული სხვაობის ე.ი.

$$i_{\phi} = i_1 - i_2 \quad (8.1)$$

ანუ თუ გამოვსახავთ მეორად დენებს პირველად სიდიდეებში, მივიღებთ

$$I_{\phi} = \frac{I_1}{n_{\text{დ.ტ.}-1}} - \frac{I_2}{n_{\text{დ.ტ.}-2}} \quad (8.2)$$

დენის ტრანსფორმატორების კოეფიციენტების ტოლობის $n_{\text{დ.ტ.1}} = n_{\text{დ.ტ.2}}$ და დენის ტრანსფორმატორების მუშაობის ცდომილებების არ არსებობის შემთხვევაში $i_1 = i_2$ მეორადი დენები რელეს გრაგნილში აბალანსირებენ ერთმანეთს, დენი $i_{\phi} = 0$ და რელე არ მუშაობს. ანალოგიური სურათი გვაქვს რყევების შემთხვევაში. ამრიგად მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე დიფერენციალური დაცვა არ რეაგირებს გარე მოკლედ შერთვებზე, დატვირთვის დენებზე და რყევებზე. ამიტომ იგი განხორციელებული არის დროის დაყოვნების გარეშე და არ არის განრიდებული დატვირთვის და რყევის დენებისაგან. სინამდვილეში დენის ტრანსფორმატორები მუშაობენ ცდომილებით (ნახ. 8.2 ბ), რის გამოც ხაზის თავში და ბოლოში მეორადი დენები გარკვეულ წილად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან როგორც სიდიდით ისე ფაზით და მათი სხვაობა არ არის ნულის ტოლი. შედეგად რელეში ჩნდება უბალანსობის დენი



ნახ. 8.2 დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი. (ა) დენების განაწილება მ.შ.-ს დროს; (ბ) უბალანსობის დენი; (გ) დენების განაწილება ხაზზე მ.შ.-ს დრო.

$$i_{\text{უბ}} = i_1 - i_2 \quad (8.3)$$

დაცვის არასელექტიური მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით გარე მოკლედ შერთვის დროს დიფერენციალური დაცვის ამუშავების დენი მეტი უნდა იყოს უბალანსობის დენის მაქსიმალურ მნიშვნელობაზე

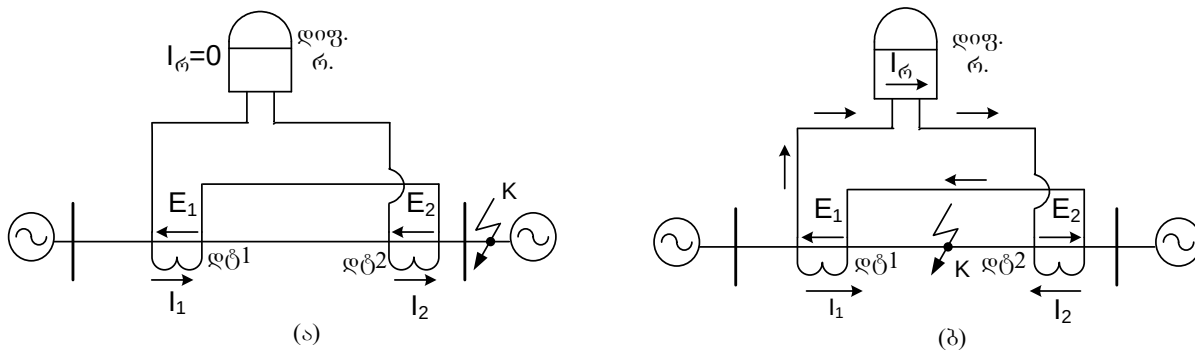
$$I_{\text{და.ა}} > I_{\text{უბ.მაქს.}} \quad (8.4)$$

ხაზზე მ.შ.-ს დროს (ნახ. 8.2 გ) პირველადი დენები I_1 და I_2 მიმართულნი არიან ქვესადგურების სალტეებიდან ხაზისაკენ (მოკლედ შერთვის K წერტილისაკენ) ნახ. 8.2 გ-ზე ნაჩვენები მეორადი დენების განაწილებიდან ჩანს, რომ მეორადი დენები i_1 და i_2 რელეს გრაგნილში გადიან ერთი მიმართულებით, ამიტომ რელეში დენი ტოლი არის მათი ჯამის

$$i_{\text{ა.ა}} = i_1 + i_2 = \frac{I_1}{n} + \frac{I_2}{n} = \frac{I_{\text{ა.ა.}}}{n} \quad (8.5)$$

სადაც $I_{\text{ა.ა.}}$ – არის მოკლედ შერთვის სრული დენი, რომელიც ტოლი არის I_1 და I_2 დენების ჯამის K წერტილში მოკლედ შერთვის დროს. აღნიშნული დენის გავლენით იმოქმედებს დიფერენციალური დაცვა. გამოსახულება (8.5) გვიჩვენებს, რომ დიფერენციალური დაცვა რეაგირებს მოკლედ შერთვის სრულ დენზე, ამიტომ ორმხრივი კვების ქსელში მას გააჩნია გაცილებით მეტი მგრძნობიარობა, ვიდრე დენურ დაცვებს, რომლებიც რეაგირებენ ხაზის ერთ ბოლოში გამავალი დენის სიდიდეზე. დაცვის მოქმედების ზონა მოიცავს ხაზის თითქმის მთელ ნაწილს, რომელიც მოთავსებული არის დ.ტ.1 და დ.ტ.2 დენის ტრანსფორმატორებს შორის.

ბ) გაწონასწორებული ძაბვების სქემაში (ნახ. 8.3 ა) დენის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილები შეერთებული არიან ისე, რომ გარე მოკლედ შერთვის დროს მათი ე.მ.ძ.-ბი მიმართულნი იყვნენ შემხვედრად, ხოლო რელეს გრაგნილი ჩართული არის წრედში შემავრთებული სადენის მიმდევრობით.



ნახ. 8.3 დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი ძაბვების გაწონასწორებით.
(ა) გარე მ.შ.-ს დროს; (ბ) ხაზზე მ.შ.-ს დროს.

გარე მოკლედ შერთვების დროს, აგრეთვე დატვირთვის დენების გავლის დროს დენის ტრანსფორმატორების მეორადი ე.მ.დ.-ში ტოლია და ფაზით ემთხვევიან ერთმანეთს ($E_1=E_2$), ვინაიდან $I_1=I_2$ და $n_{დტ1}=n_{დტ2}$ აქედან გამომდინარეობს რომ რელეში დენი $I_0 = \frac{E_1 - E_2}{Z} = 0$

სადაც Z არის კონტურის სრული წინაღობა (დენის ტრანსფორმატორები – რელე).

დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებები არღვევენ მეორადი ე.მ.დ.-ბის ბალანსს და იწვევენ უბალანსობის ე.მ.დ.-ს წარმოქმნას ($E_{უბ}=E_1-E_2$); უბალანსობის ე.მ.დ.-ს ზემოქმედებით ($E_{უბ}$), რელეში აღიძვრება უბალანსობის დენი. ისევე როგორც დენების ცირკულაციის სქემაში, გარე მოკლედ შერთვის დროს სელექციურობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა რელეს ამუშავების დენი იყოს მეტი უბალანსობის დენზე.

ხაზზე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 8.3 ბ) მეორადი ე.მ.დ.-ში E_1 და E_2 იკრიბებიან და რელეში წარმოქმნიან დენს E_0 , რომლის ზემოქმედებითაც იგი მუშაობს.

დიფერენციალური დაცვის სქემებში გამოყენებას პოულობს ორივე პრინციპი. ქვემოთ განხილული იქნება დიფერენციალური დაცვები, რომლებიც დაფუძნებული არიან დენების ცირკულაციის პრინციპზე.

8.3 უბალანსობის დენები დიფერენციალურ დაცვაში

დიფერენციალური დაცვის სქემაში უბალანსობის დენის ზუსტი მნიშვნელობის განსაზღვრას აქვს არსებითი მნიშვნელობა, რადგანაც ამ დენის სიდიდეზე არის დამოკიდებული დაცვის ამუშავების დენი.

დენების ცირკულაციით დაცვის სქემაში (ნახ. 8.2 ა) დენი $I_{უბ}=I_{მეორ1}-I_{მეორ2}$

თუ გამოვსახავთ მეორად დენებს პირველადით და გავითვალისწინებთ დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებებს, მივიღებთ

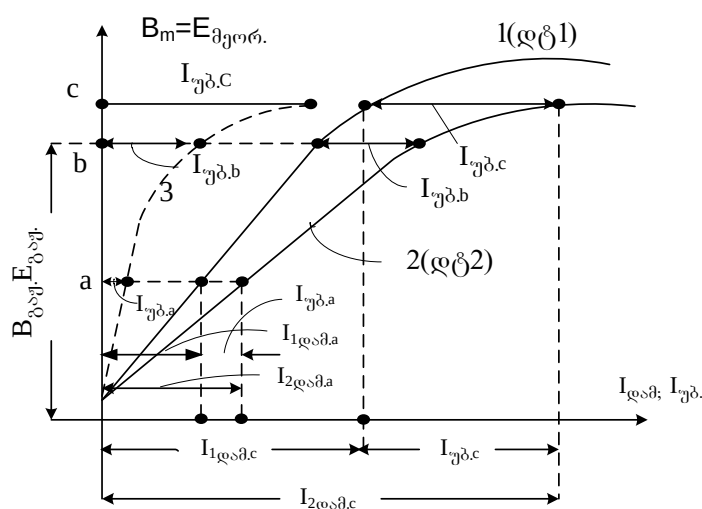
$$I_{უბ} = \left(\frac{I_1}{n_{დტ}} - I_{1დამაზ} \right) - \left(\frac{I_2}{n_{დტ}} - I_{2დამაზ} \right)$$

სადაც $I_{1დამ}$ და $I_{2დამ}$ – არიან დენის ტრანსფორმატორების მეორად გრაგნილზე მიყვანილი დამაგნიტების დენები. რადგანაც გარე მოკლედ შერთვის დროს, $I_1=I_2$, ამიტომ

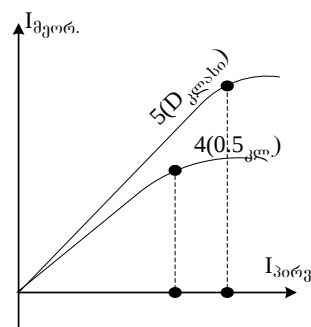
$$I_{უბ} = I_{2დამ} - I_{1დამ} \quad (8.6)$$

გამოსახულება (8.6) გვიჩვენებს, რომ უბალანსობის დენის შემცირებისათვის საჭირო არის გავათანაბროთ $I_{1დამ}$ და $I_{2დამ}$ დენები სიდიდით და ფაზით, მაშინ მათი სხვაობა იქნება მინიმალური.

დენის ტრანსფორმატორის დამაგნიტების დენი დამოკიდებულია მაგნიტურ ინდუქციაზე B ან მეორად ე.მ.ძ-ზე E (ნახ. 8.4 ა), ვინაიდან B და E პროპორციული სიდიდეებია.



(ა)



(ბ)

ნახ. 8.4 დ.ტ.-1 და დ.ტ.-2 დენის ტრ-ების დამაგნიტების მახასიათებლები და უბალანსობის დენი გამოწვეული: (ა) მახასიათებლების არაიდენტურობით; (ბ) D კლასის და 0.5 კლასის დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების მახასიათებლები.

ნახ. 8.4 ა-ზე მოყვანილი 1, 2 და 3 მახასიათებლებიდან გამომდინარეობს, რომ უბალანსობის დენი ტოლი იქნება ნულის დ.ტ.1 და დ.ტ.2 დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების 1 და 2 მახასიათებლების სრული იდენტურობის პირობებში და მეორადი ე.მ.ძ.-ბის ტოლობის დროს.

აღნიშნული პირობების შესრულება აბსოლუტური სიზუსტით პრაქტიკულად შეუძლებელია ამიტომ უბალანსობის დენი ყოველთვის არსებობს. იგი მატულობს მაგნიტური ინდუქციის B ზრდასთან ერთად, რომელიც თავისთავად იზრდება მოკლედ შერთვის პირველადი დენის და მეორადი დატვირთვის $Z_{დატ}$ ზრდასთან ერთად. უბალანსობის დენი განსაკუთრებით მატულობს დენის ტრანსფორმატორის გაჟღენთვის დროს, რადგანაც ამ დროს მნიშვნელოვნად იზრდება განსხვავება დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების დენებს შორის. ამიტომ დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების მახასიათებლების მაქსიმალური იდენტურობის უზრუნველყოფის გარდა, საჭირო არის გატარდეს ზომები, რომ გარე მოკლედ

შერთვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობის დროს არ გაიჟღინთოს დენის ტრანსფორმატორების მაგნიტური გამტარები.

ამ პირობების შესრულებისათვის გამოიყენება შემდეგი ხერხები:

1. გამოიყენება დენის ტრანსფორმატორები, რომლებიც იჟღინთებიან მოკლედ შერთვის დენის ჯერადობის და მეორადი დატვირთვების $Z_{დატ}$ შესაძლო მაქსიმალური მნიშვნელობების დროს. ამ მოთხოვნას ყველაზე უფრო აკმაყოფილებენ $P(D)$ კლასის დენის ტრანსფორმატორები, რომლებიც მზადდება სპეციალურად დიფერენციალური დაცვებისათვის (ნახ. 8.4 ბ).

2. ტარდება ზომები მეორადი ე.მ.დ.-ს $E_{მეორ}$ სიდიდის შეზღუდვისათვის, რომელზეც დამოკიდებული არის მაგნიტური ინდუქციის მნიშვნელობა $B(B \equiv E_{მეორ})$; როგორც ნახ. 8.4 ა-დან ჩანს, რომ ავიცილოთ თავიდან გაჟღენთვა საჭირო არის გვექონდეს $E_{მეორ} < E_{გაჟღ. ვინაიდან}$

$$E_{მეორ} = I_{მეორ} (Z_{მეორ} + Z_{დატ}) = \frac{I_K}{n_{TT}} (Z_{მეორ} + Z_{დატ}) \quad (8.7)$$

ანუ $E_{მეორ}$ -ის შემცირებისათვის საჭირო არის მოცემული I_K და $Z_{მეორ}$ -ის დროს შევამციროთ დენის ტრანსფორმატორის $Z_{დატ}$ და გავზარდოთ მისი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი $n_{დტ}$.

გარდა აღნიშნულისა, $I_{1დამ}$ და $I_{2დამ}$ დენის გათანაბრებისათვის საჭირო არის გავათანაბროთ დ.ტ.1 და დ.ტ.2 დენის ტრანსფორმატორების მეორადი დატვირთვები, ანუ შესრულდეს პირობა $Z_{1დამ} = Z_{2დამ}$.

დატვირთვის წინაღობები $Z_{1დამ}$ და $Z_{2დამ}$, რომლის დროსაც დ.ტ.1 და დ.ტ.2 დენის ტრანსფორმატორები მუშაობენ დამაგნიტების მახასიათებლის სწორხაზოვან ნაწილში, შეირჩევა ზღვრული ჯერადობის მრუდებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებას არაუმეტეს 10%. უბალანსობის დენის ანგარიშის ზუსტი და პრაქტიკულად ხელსაყრელი ხერხები ჯერჯერობით დამუშავებული არ არის. პრაქტიკაში უბალანსობის დენის ანგარიშისათვის გამოიყენება მიახლოებითი საანგარიშო ფორმულები, რომლებიც მოცემული არის რელეური დაცვის სახელმძღვანელო მითითებებში.

8.4 დიფერენციალური დაცვის განხორციელების ზოგადი პრინციპები

ყველა სხვადასხვა სქემის და კონსტრუქციის დიფერენციალურ დაცვას საფუძვლად უდევს ზოგიერთი საერთო პრინციპი, რაც განპირობებულია გადაცემის ხაზებზე აღნიშნული დაცვების მუშაობის განსაკუთრებული პირობებით. განვიხილოთ მათგან ძირითადი:

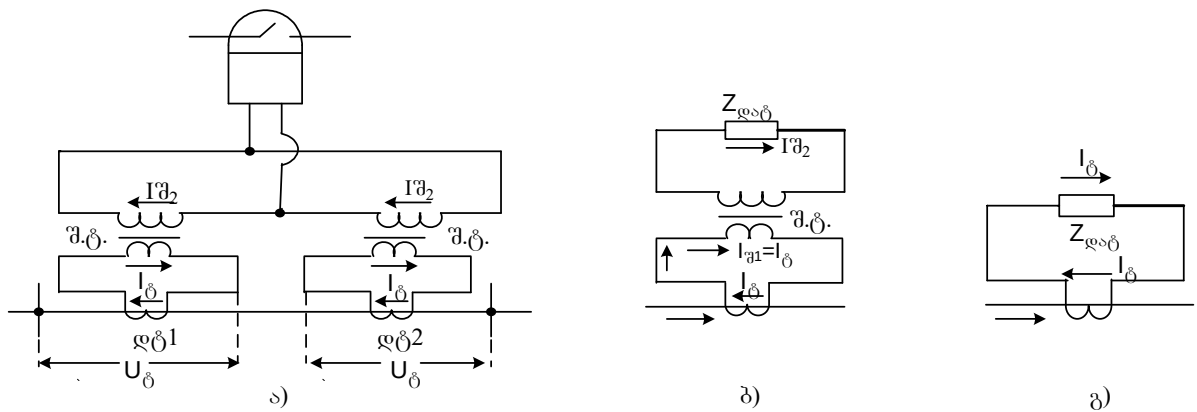
1. ხაზის დიფერენციალური დაცვის ელემენტები, რომლებიც მიერთებულნი არიან დიფერენციალურ სქემასთან, ერთმანეთისაგან დაცილებულნი არიან დიდ მანძილზე. მათ შემაერთებელ სადენებს გააჩნიათ დიდი წინაღობა, რაც

მნიშვნელოვნად აღემატება ყველაზე მძლავრი, თანამედროვე დენის ტრანსფორმატორის დატვირთვის დასაშვებ ზღვარს. ასე მაგალითად; 10კმ სიგრძის გადაცემის ხაზის ერთი შემაერთებული სპილენძის სადენის, კვეთით 1,5მმ², წინაღობა შეადგენს.

$$r = \frac{l}{q \cdot s} = \frac{10000}{57 \cdot 1,5} = 130 \text{ ომი}$$

მაშინ როცა დენის ტრანსფორმატორების დასაშვები დატვირთვა შეადგენს 1-2 ომს.

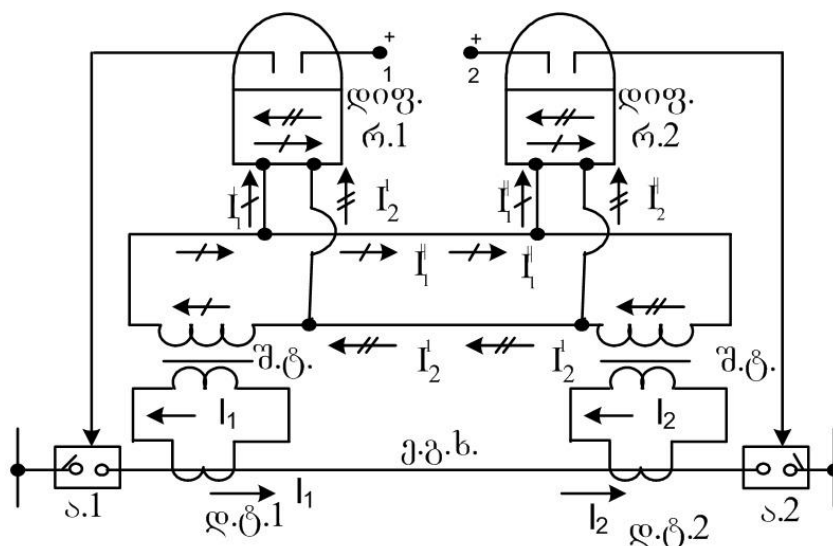
აღნიშნული პრობლემა გადაწყვეტილი არის შუალედური დენის ტრანსფორმატორების საშუალებით (ნახ. 8.5. ა), რომლებიც ამცირებენ დენის სიდიდეს შემაერთებელ სადენში n^2 -ჯერ, რითაც ამცირებენ ძირითადი დენის ტრანსფორმატორების მეორად გრაგნილზე მიყვანილი შემაერთებული სადენების დატვირთვას n^2 -ჯერ.



ნახ. 8.5 შუალედური დენის ტრანსფორმატორების გამოყენება ძირითად დენის ტრანსფორმატორებზე n^2 -ჯერ დატვირთვის შემცირების მიზნით. (ა) შუალედური დენის ტრანსფორმატორების ჩართვის სქემა; (ბ) დენის ტრანსფორმატორის დატვირთვა შუალედური დენის ტრანსფორმატორის გამოყენებით; (გ) დენის ტრანსფორმატორის დატვირთვა შუალედური დენის ტრანსფორმატორის გარეშე.

შემაერთებული სადენების დატვირთვის შემცირების აღნიშნული ხერხი გამოყენებული არის დიფერენციალური დაცვის ყველა სქემაში.

2. დიფერენციალურმა დაცვამ უნდა იმოქმედოს ამომრთველების გამორთვაზე დასაცავი ხაზის ორთავე ბოლოში. ამის განსახორციელებლად დიფერენციალური რელეები დადგმული არის ხაზის ორთავე ბოლოში (ნახ.8.6). თითოეული, ამ რელედან მოქმედებს თავისი ამომრთველის გამორთვაზე. სქემაში მეორე, პარალელურად ჩართული, რელეს შემოტანას შეაქვს შემდეგი ცვლილებები დაცვის მუშაობის პირობებში:



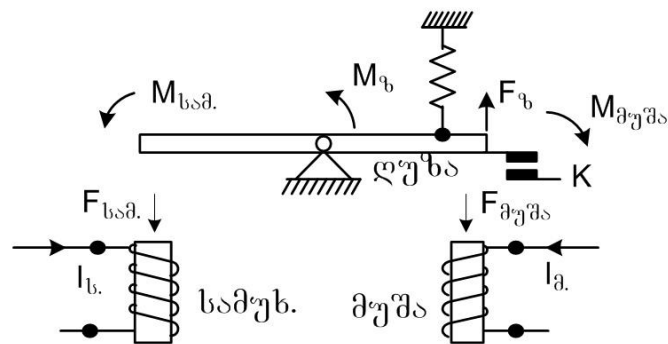
ნახ. 8.6 გრძივი დიფერენციალური დაცვის სქემა ხაზის თავსა და ბოლოში დადგმული დიფერენციალური რელეებით

ა) დ.ტ.1 და დ.ტ.2 დენის ტრანსფორმატორებიდან რელეში შემავალი დენი განშტოვდება ახლო და შორს მდგომი რელეებში გამავალ დენებად წრედების წინააღობების უკუპროპორციულად. შორს მდგომი რელეს კონტურში მონაწილეობს შემაერთებული სადენები, ამიტომ დენი, რომელიც განშტოვდება შორეულ რელეში, არის მცირე, ვიდრე ახლოს მდგომ რელეში გამავალი დენი. მაგალითად დ.ტ.1 დენის ტრანსფორმატორის მეორადი დენი განშტოვდება 1 და 2 რელეებში ისე, რომ $I_1' > I_1''$. ასევე ანალოგიურად დ.ტ.2 დენის ტრანსფორმატორის მეორადი დენი განშტოვდება 1 და 2 რელეებში ისე, რომ $I_2' > I_2''$. შედეგად, გარე მოკლედ შერთვის დროს 1 და 2 რელეში გამავალი დენები არ ბალანსირდებიან, რის გამოც გაჩნდება დენები: $I_{\phi 1} = I_1' - I_2' = I_{\phi \text{ ბ.რ.1}}$; $I_{\phi 2} = I_2'' - I_1'' = I_{\phi \text{ ბ.რ.2}}$. აღნიშნულიდან ცხადია, რომ ორ რელეიან სქემაში, დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებით გამოწვეული უბალანსობის დენის $I_{\phi \text{ ბ.დ.ტ.}}$ გარდა რელეებში წარმოიქმნება დამატებითი უბალანსობის დენი $I_{\phi \text{ უბ.}}$, გამოწვეული მეორადი დენების არათანაბრად განაწილების გამო რელეებს შორის. დენი $I_{\phi \text{ უბ.}}$ პროპორციულია მოკლედ შერთვის დენის. $I_{\phi \text{ უბ.}}$ -ს შემცირებისათვის საჭიროა შევამციროთ შემაერთებული სადენების წინააღობა $Z_{\phi \text{ მ.ს.ა.დ.}}$; ყოველი დაცვისათვის მისი მგრძნობიარობიდან გამომდინარე არსებობს ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობა $Z_{\phi \text{ მ.ს.ა.დ.}}$; აღნიშნულზე მეტი მნიშვნელობების დროს დაცვამ შეიძლება იმოქმედოს არასწორად $I_{\phi \text{ უბ.}}$ დენის გაზრდილი მნიშვნელობის გამო.

ბ) ერთი რელეთი განხორციელებული დიფერენციალური დაცვის სქემაში, ხაზზე მოკლედ შერთვის დროს, რელეში გადის დენის ტრანსფორმატორების მეორადი დენების ჯამი $I_{\phi} = I_1 + I_2 = I_K$, ხოლო ორი რელეთი განხორციელებული სქემის შემთხვევაში თითოეულ მათგანში გადის დ.ტ.1 და დ.ტ.2 დენის ტრანსფორმატორების მეორადი დენების ჯამის მხოლოდ ნაწილი. თუ შემაერთებული

სადენების წინაღობა ტოლია ნულის, მაშინ თითოეულ რელეში გამავალი დენი ტოლია: $I_{\phi} = \frac{I_1}{2} + \frac{I_2}{2} = \frac{I_K}{2}$, ანუ ორჯერ მცირე, ვიდრე ერთი რელეთი განხორციელებულ სქემაში. შედეგად მცირდება დაცვის მგრძნობიარობა.

3. ხაზის დიფერენციალურ დაცვაში გარე მოკლედ შერთვის დროს უბალანსობის დენმა შეიძლება მიაღწიოს მნიშვნელოვან სიდიდეს, არა მარტო გარდამავალ პროცესში, არამედ დამყარებულ რეჟიმშიც. უბალანსობის დენის გაზრდილი მნიშვნელობა შეიძლება განპირობებული იყოს გარე მოკლე შერთვის დენის დიდი ჯერადობით, ხაზის ბოლოებში დენის ტრანსფორმატორების სხვადასხვა ტიპებით, მათი მნიშვნელოვანი დატვირთვით, შემაერთებელი სადენების წინაღობით და I'_{ϕ} დენის წარმოქმნით.



ნახ. 8.7 რელე დამუხრუჭებით

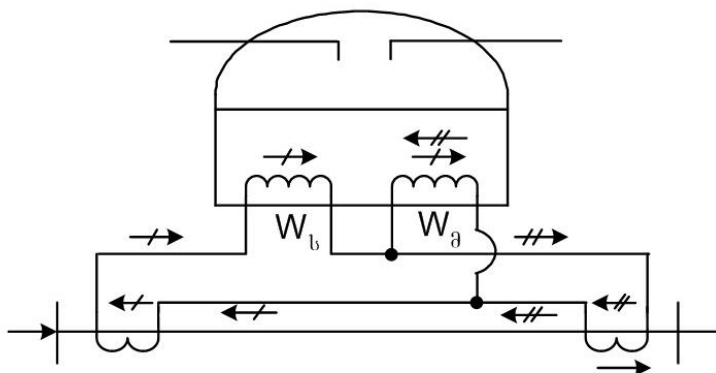
უბალანსობის დენებისაგან განრიდებისათვის გავრცელება ჰპოვეს დიფერენციალურმა რელეებმა დამუხრუჭებით. ასეთ რელეებში ამუშავების დენი იზრდება გარე მოკლედ შერთვის დენის ზრდასთან ერთად. ეს მიიღწევა მექანიკური ან მაგნიტური დამუხრუჭებით, რომელიც ხორციელდება მოკლედ შერთვის დენით. მაგალითის სახით ნახ. 8.7-ზე ნაჩვენებია არის მოწყობილობა ელექტრომაგნიტური დიფერენციალური რელეს დამუხრუჭების მოქმედებით. რელეს აქვს ფოლადის ღუზა და ორი ელექტრომაგნიტი: მუშა დენით წარმოქმნილი მომენტი მუშა გრაგნილში მოქმედებს K კონტაქტების შეკვრაზე $M_{\text{მუშა}} = K_1 I_{\text{მუშა}}^2 W_{\text{მუშა}}^2$; დამუხრუჭების გრაგნილში დენით წარმოქმნილი მომენტი მოქმედებს რელეს კონტაქტების გახსნაზე $M_{\text{დამ}} = K_2 I_{\text{დამ}}^2 W_{\text{დამ}}^2$. ზამბარა წარმოქმნის M_{ϕ} მომენტს, რომელიც ეწინააღმდეგება კონტაქტების შეკვრას.

რელეს ამუშავების საწყის პირობას წარმოადგენს მომენტების ტოლობა $M_{\text{მუშა}} = M_{\text{დამ}} + M_{\text{ზამბარა}}$ თუ დავუშვებთ რომ $M_{\phi} = 0$ და მომენტებს გამოვსახავთ შესაბამისი დენებით, მაშინ მივიღებთ $K_1 I_{\text{მუშა}}^2 W_{\text{მუშა}}^2 = K_2 I_{\text{დამ}}^2 W_{\text{დამ}}^2$. აღნიშნული ტოლობიდან შეიძლება განვსაზღვროთ დენის სიდიდე მუშა გრაგნილში, რომელიც საჭირო არის რელეს ამუშავებისათვის.

$$I_{\text{მუშა}}=I_{\text{რ.ა}}=\sqrt{\frac{K_2}{K_1}} \frac{W_{\text{ღამ}}}{W_{\text{მუშა}}} \cdot I_{\text{ღამ}} = K_{\text{ღამ}} I_{\text{ღამ}} \quad (8.8)$$

(8.8) გამოსახულებიდან გამომდინარეობს, რომ $I_{\text{რ.ა}}$ რელეს ამუშავების დენი მით მეტია, რაც უფრო დიდია დენი დამუხრუჭების გრაგნილში $I_{\text{ღამ}}$.

დამუხრუჭების კოეფიციენტი $K_{\text{ღამ}}$ დამოკიდებულია რელეს კონსტრუქციულ პარამეტრებზე. ნახ. 8.8-ზე ნაჩვენებია არის ასეთი რელეს ჩართვის სქემა. მუშა გრაგნილი ჩართული არის დიფერენციალურად, ხოლო სამუხრუჭო გრაგნილი დენის ტრანსფორმატორის დენზე შემაერთებელი სადენის მიმდევრობით. გარე მოკლედ შერთვის დროს მუშა გრაგნილში წარმოიქმნება უბალანსობის დენი, ხოლო სამუხრუჭო გრაგნილში გადის მოკლედ შერთვის დენი, რომლის გავლენითაც მცირდება რელეს მგრძნობიარობა და იგი არ მოქმედებს.



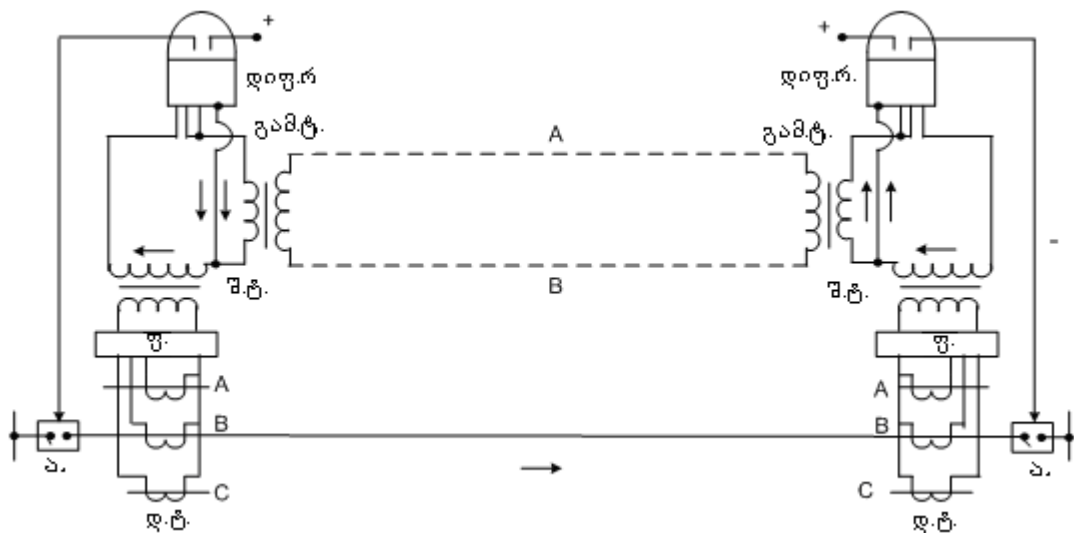
ნახ. 8.8 დამუხრუჭებით რელეს ჩართვის სქემა

დაცვის ზონაში მოკლედ შერთვის დროს მუშა და სამუხრუჭო გრაგნილში გადის მოკლედ შერთვის დენი. W_d და W_b ხვეების შეფარდება შერჩეული არის ისე, რომ ამ შემთხვევაში $M_{\text{მუშა}} \gg M_{\text{ღამ}}$, რომლის ზეგავლენითაც რელე მუშაობს.

4. ზემოთ განხილულ სქემებში იგულისხმება, რომ რელე ჩართული იყო სამივე ფაზაში, ისეთი შემთხვევებისათვის როცა დაცვამ უნდა მოახდინოს ზემოქმედება ყველა სახის მოკლედ შერთვაზე. ასეთი სქემების განხორციელებისათვის საჭირო არის 6 დიფერენციალური რელე და არა ნაკლებ ოთხი შემაერთებელი სადენი.

რელეების რიცხვის და შემაერთებელი სადენების რიცხვის შემცირებისათვის, რელე ჩართული არის სქემაში სიმეტრიული მდგენელების ფილტრის ან შემკრები ტრანსფორმატორის გამოყენებით, როგორც ნაჩვენებია არის ნახ. 8.9-ზე.

უკვე განხილული ელემენტების გარდა აღნიშნულ სქემაში გამოყენებული გამყოფი (მაიზოლირებელი) ტრანსფორმატორები (გამ.ტ.), რომლის საშუალებითაც შემაერთებელი AB კაბელის წრედი გამოყოფილი არის რელეს წრედისაგან. ასეთი გამოყოფა გამორიცხავს რელეს წრედში მაღალი ძაბვის მოხვედრას, რომელიც დაინდუქტირდება კაბელის ძარღვებში, ხაზში მოკლედ შერთვის დენის გავლის დროს.



ნახ. 8.9 ხაზის ერთისტემიანი დიფერენციალური დაცვის სრული პრინციპიული სქემა

პრაქტიკაში გამოყენება ჰპოვეს დაცვებმა პირდაპირი და უკუმდევრობის ან პირდაპირი და ნულოვანი მიმდევრობის კომბინირებული ფილტრების გამოყენებით. დენი (ან ძაბვა) ასეთი ფილტრების გამოსასვლელზე პროპორციულია $I_1 + KI_2$ ან $I_1 + KI_0$. პირდაპირი მიმდევრობის მდგენელი I_1 არსებობს ყველა სახის მოკლედ შერთვის დროს.

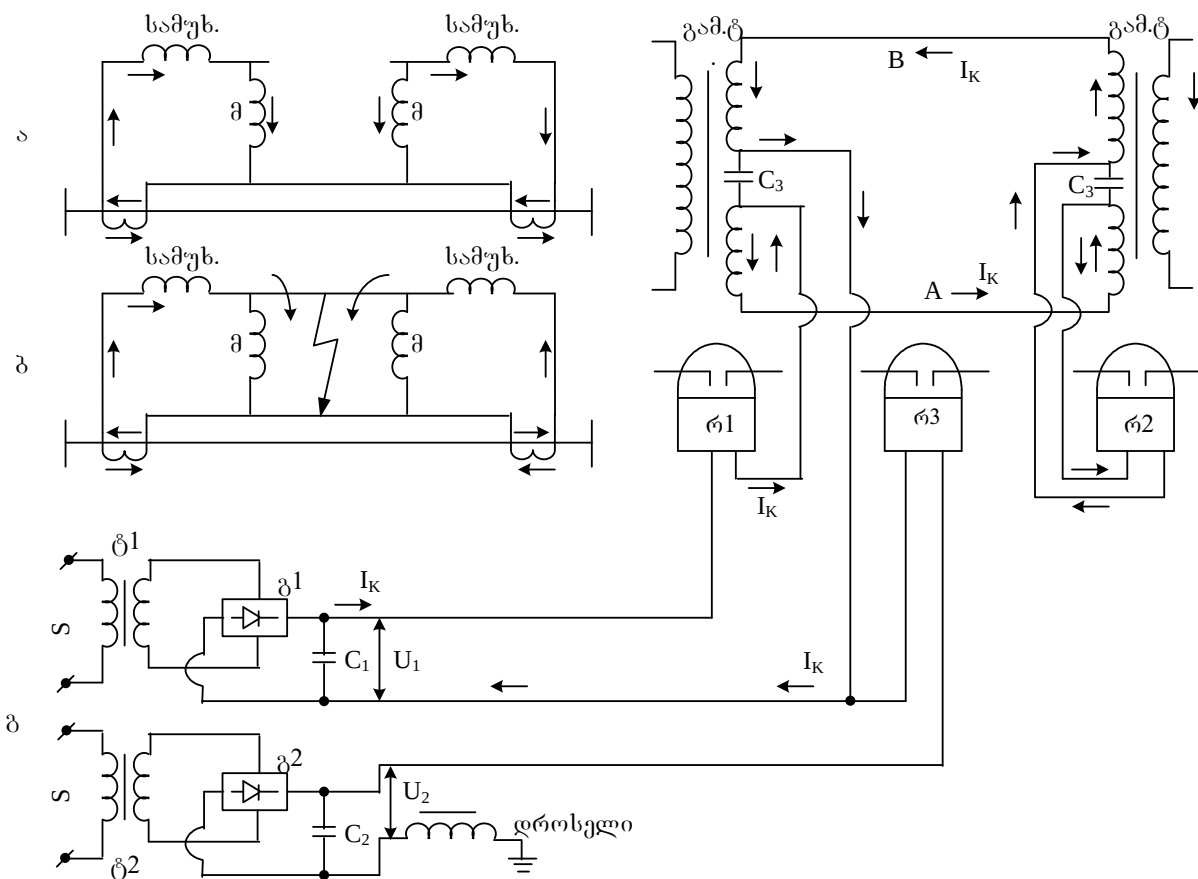
მდგენელი KI_2 არსებობს არასიმეტრიული მოკლედ შერთვების (ორფაზა და ერთფაზა) დროს და საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ დაცვის მგრძნობიარობა. იგივე შეიძლება ითქვას KI_0 მდგენელის მიმართ.

8.5 შემავრთებელი სადენების სიმთელის კონტროლის მონაცემილობა

შემავრთებელი სადენების დაზიანებამ შეიძლება გამოიწვიოს დიფერენციალური დაცვის არასწორი მოქმედება. შესაძლებელი არის შემავრთებელი სადენების გაწყვეტა, ან მოკლედ შერთვა შემავრთებელ სადენებს შორის, ან ერთ-ერთი სადენის მიწასთან შეერთება (ერთფაზა დამიწება).

შემავრთებელი სადენების გაწყვეტის შემთხვევაში, დენის ტრანსფორმატორებიდან გამომავალი დენები მთლიანად გადიან დიფერენციალური რელეების მუშა გრაგნილებში. დენები მუშა და სამუხრუჭო გრაგნილებში არის ერთნაირი, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს დიფერენციალური დაცვის არასწორი მოქმედება ნორმალური დატვირთვის რეჟიმში ან გარე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 8.10 ა).

სადენებს შორის დამოკლების შემთხვევაში დიფერენციალური რელეების მუშა გრაგნილები ზუნტირდებიან, რის გამოც დაცვამ შეიძლება არ იმოქმედოს და უარი ითქვას მუშაობაზე ზონაში მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 8.10 ბ).



ნახ. 8.10 ერთსისტემიანი დიფერენციალური დაცვის შემართებული სადენების კონტროლის სქემა: (ა) შემართებული სადენების გაწყვეტა; (ბ) მ.შ. სადენებს შორის; (გ) კონტროლის სქემა.

ერთგზა დაძვება არ არღვევს დენების განაწილების სურათს. ამიტომ არ იქმნება პირდაპირი საშიშროება დაცვის არასწორი მოქმედების ან დაცვის მუშაობაზე უარისათვის. მაგრამ თუ შემართებული კაბელის ძარღვებში წამროიქმნება ე.მ.ძ., რომელიც დაინდუქცირებულია მასთან ახლოს მყოფი გადაცემის ხაზით, მაშინ შეიქმნება პირობა დაცვის არასწორი მოქმედებისათვის დატვირთვის რეჟიმში ან გარე მოკლედ შერთვის დროს.

დაცვის იმედიანობის ამადლების მიზნით იგი აღჭურვილი არის მოწყობილობით, რომელიც აკონტროლებს შემართებული სადენების სიმთელეს. შემართებული სადენების დაზიანების შემთხვევაში მოწყობილობას შეუძლია ავტომატურად გამოიყვანოს დაცვა მოქმედებიდან გამორთვის წრედის გაწყვეტით ან აამოქმედოს წრედის დაზიანების სიგნალი.

გავრცელება ჰპოვა კონტროლის მოწყობილობამ, რომელიც დაფუძნებული არის დაცვის შემართებელ სადენებში გამავალი მუშა ცვლად დენზე უწყვეტად ცირკულირებადი საკონტროლო მუდმივი დენის ზედდებაზე. მოწყობილობის შესრულების პრინციპი ნაჩვენებია არის ნახ. 8.10 გ-ზე.

A და B შემართებელ სადენებზე (Γ_1) გამმართველიდან მიწოდებული არის საკონტროლო ძაბვა, რომელიც იკვებება ქვესადგურის საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორიდან. საკონტროლო დენისათვის კონტურის შესაქმნელად ხაზის

ორივე ბოლოში (გამ.ტ.) გამყოფი ტრ-ები, რომლებიც შედგებიან ორი სექციისაგან, შეერთებული არიან C_3 კონდესატორებით. C_3 კონდესატორი თავისუფლად ატარებს ცვლად დენს, მაგრამ უკეტავს გზას საკონტროლო მუდმივ დენს.

(გ₁) გამმართველიდან გამომავალი საკონტროლო I_k დენი შეიკვრება (რ₁) რელეს გრაგნილის, A გამტარის (რ₂) რელეს, B გამტარის გავლით და უბრუნდება (გ₁) გამმართველს, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 8.10 გ-ზე. კონტროლის დენი არ ტრანსფორმირდება (გამ.ტ.) ტრანსფორმატორების პირველად გრაგნილებში და ამიტომ არ ახდენს გავლენას დაცვის მუშაობაზე. ამ დენის ზემოქმედებით (რ₁) და (რ₂) რელეების ღუზები მიზიდულია.

A და B შემაერთებელ სადენებს შორის დამოკლების შემთხვევაში (რ₂) რელეს გრაგნილი შემცირდება. დენი I_k რელე (რ₂)-ს გრაგნილში გაქრება და რელე იმოქმედებს, გასცემს სიგნალს უწყესრიგობის შესახებ და გამორთავს დაცვას თავის ბოლოში.

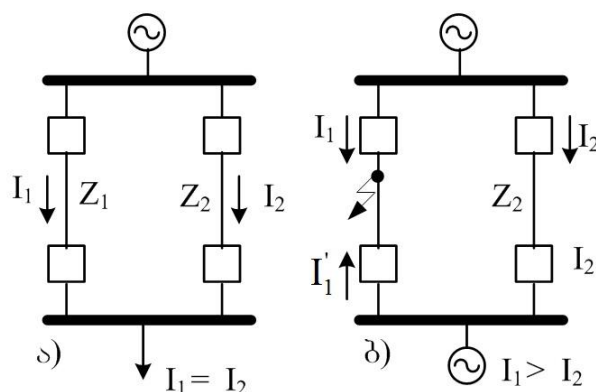
შემაერთებელ სადენებში დამიწების გაჩენის სიგნალიზაციის განხორციელებისათვის გამოიყენება გამმართველი (გ₂). იგი ერთი პოლუსით უერთდება შემაერთებელ სადენებს, ხოლო მეორე პოლუსით – მიწას, დამამიწებელი დროსელის გავლით.

დამიწების არ არსებობის შემთხვევაში რ₃ რელეს წრედი გახსნილია და რელე არ მოქმედებს. ერთ-ერთი გამტარის იზოლაციის დარღვევის შემთხვევაში მიწის მიმართ U_2 ძაბვის ზემოქმედებით გაჩნდება ხელოვნური დამიწების დენი $I_{მიწა}$, რომელიც გადის (რ₃) რელეს გავლით დამიწების ადგილზე და ბრუნდება (გ₂) გამმართველში მიწით და დროსელის წრედის გავლით. იმოქმედებს რელე (რ₃) და გასცემს სიგნალის უწყესრიგობის შესახებ.

სქემის ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ იგი მუშაობს საიმედოდ და ეფექტურად.

9.1 პარალელური ხაზების განივი დიფერენციალური დაცვა

განივი დიფერენციალური დაცვა გამოიყენება პარალელურ ხაზებზე, რომლებსაც აქვთ ერთნაირი წინაღობები და დამყარებულია ხაზებში გამავალი დენების სიდიდეების და ფაზების შედარებაზე. ხაზების წინააღობების ტოლობის გამო ნორმალურ რეჟიმში და გარე მოკლედ შერთვის დროს მათში დენები სიდიდით და ფაზით არიან ტოლი $I_1 = I_2$ (ნახ. 9.1).



ნახ. 9.1 პარალელურ ხაზებში დენების განაწილება: (ა) ნორმალური დატვირთვის დროს; (ბ) ერთ-ერთ ხაზზე მ.შ. დროს

ერთ-ერთ ხაზზე მოკლედ შერთვის აღმდრის შემთხვევაში დენების ტოლობა ირღვევა კვების წყაროს მხარეს დენები I_1 და I_2 ფაზით ერთმანეთის ტოლია, მაგრამ სიდიდით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, ხოლო მიმდების მხარეს დენები ერთმანეთის საწინააღმდეგო არიან ფაზით. (ნახ. 9.1 ბ), ამრიგად პარალელურ ხაზებში დენების სიდიდით და ფაზით ტოლობის დარღვევა წარმოადგენს ერთ-ერთი ხაზის დაზიანების მაჩვენებელს.

პრაქტიკაში გამოიყენება განივი დიფერენციალური დაცვის ორი სახე: პარალელურ ხაზებზე, რომლებიც ჩართული არიან ერთ საერთო ამომრთველზე გამოიყენება დენური განივი დიფერენციალური დაცვა; პარალელურ ხაზებზე დამოუკიდებელი ამომრთველებით გამოიყენება განივი დიფერენციალური დაცვა მიმართულებით.

9.2 დენური განივი დიფერენციალური დაცვა

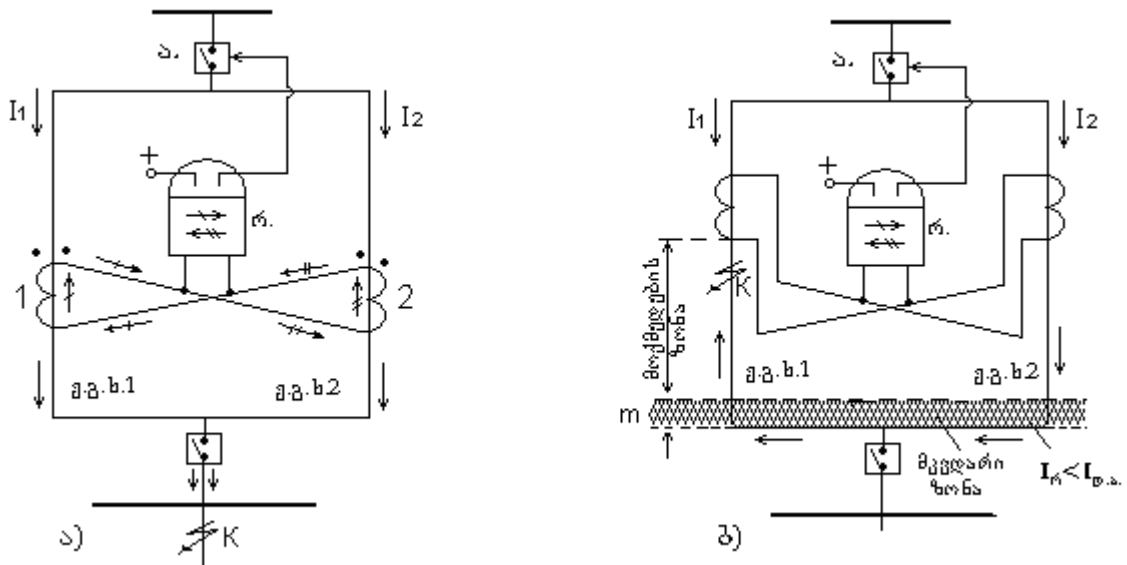
ა) დაცვის მოქმედების პრინციპი.

დენური განივი დიფერენციალური დაცვის დანიშნულებაა იმოქმედოს ერთ საერთო ამომრთველზე ჩართულ პარალელურ ხაზებზე მოკლედ შერთვების წამროქმნის დროს.

პარალელური ხაზების ცალმხრივად კვების შემთხვევაში დაცვა დადგმული არის მხოლოდ კვების წყაროს მხარეს; ხოლო ორმხრივი კვების პარალელური ხაზების შემთხვევაში დაცვა დადგმული არის ხაზების ორივე მხარეს.

დაცვის სქემა ერთფაზა გამოსახულებით მოცემული არის ნახ. 9.2-ზე თითოეული ხაზის ერთსახელა ფაზებში დადგმული არის ერთნაირი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის მქონე დენის ტრანსფორმატორები $n_{ტ1}=n_{ტ2}=n_{ტ}$. დენის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილები შეერთებული არიან სხვადასხვა სახელებიანი მომჭერებით შემაერთებელ სადენებში დენების ცირკულაციის სქემით და მათთან პარალელურად შეერთებულია დენის (რ) რელეს გრაგნილი. ნორმალურ რეჟიმში და გარე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 9.2 ა) დენი რელეში

$$I_r = I_{მეორ1} - I_{მეორ2} = \frac{I_1}{n_{ტ}} - \frac{I_2}{n_{ტ}} \dots \quad (9.1)$$



ნახ. 9.2 დენური განივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი: (ა) დატვირთვის და გარე მოკლედ შერთვის რეჟიმი; (ბ) ეგზ1-ზე მოკლედ შერთვის რეჟიმი.

დენის ტრანსფორმატორებში ცდომილების არ არსებობის შემთხვევაში, დენი $I_r=0$ და დაცვა არ მუშაობს. ანალოგიურად, თავისი მოქმედების პრინციპიდან გამომდინარე განსახილველი დაცვა არ მოქმედებს გარე მოკლედ შერთვების დროს, დატვირთვის რეჟიმში და რყევების დროს. ამიტომ იგი განხორციელებული არის დროის დაყოვნების გარეშე და არ არის განრიდებული დატვირთვის დენისაგან. სინამდვილეში რელეში გადის უზალანსობის დენი, რომელიც განპირობებული არის

დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებით ($I'_{\text{უბ}}$) და პირველად დენებს შორის არსებული განსხვავებით ($I''_{\text{უბ}} = \frac{I_1 - I_2}{n_{\phi}}$), რომელიც განპირობებულია ხაზების წინააღობების უთანაბრობით. რელეს ამუშავების დენი $I_{\text{რ.ა.}}$ უნდა იყოს უბალანსობის მაქსიმალურ დენზე მეტი

$$I_{\text{რ.ა.}} > (I'_{\text{უბ}} + I''_{\text{უბ}}) \quad (9.2)$$

ერთ-ერთი პარალელური ხაზის დაზიანების შემთხვევაში, მაგ. ე.გ.ხ.1 (ნახ. 9.2 ბ), დაზიანებულ ხაზებში დენი I_1 გახდება მეტი, ვიდრე დენი I_2 მეორე ხაზში ($I_1 > I_2$). დენების ბალანსი დიფერენციალურ რელეში (რ) ირღვევა და რელეში ჩნდება დენი

$$I_{\text{რ}} = I_{\text{მეორ1}} - I_{\text{მეორ2}} = \frac{(I_1 - I_2)}{n_{\phi}} \quad (9.3)$$

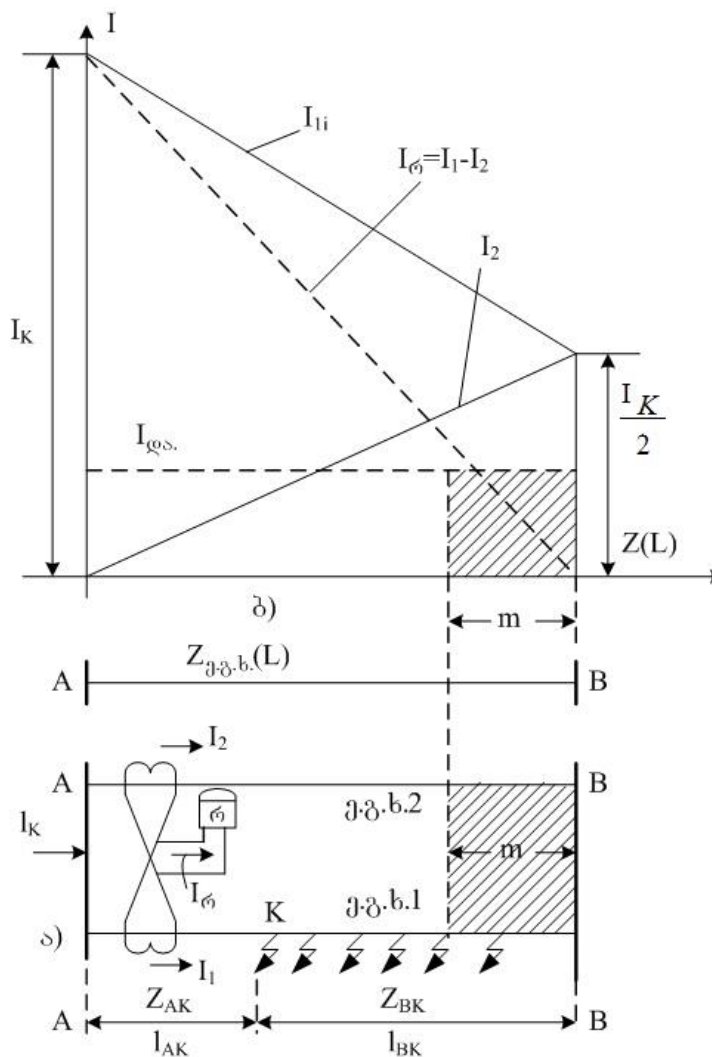
როცა დენი რელეში $I_{\text{რ}} > I_{\text{დ.ა.}}$ დაცვა იმოქმედებს და გამორთავს ორთავე ხაზის საერთო ამომრთველს.

ბ) დაცვის “მკვდარი ზონა”

მოკლედ შერთვის წერტილის გადაადგილებით დაცვის დადგმის ადგილიდან მოპირდაპირე ქვესადგურისაკენ (ნახ. 9.3 ა) დაზიანებულ და დაუზიანებელ ხაზებში I_1 და I_2 დენებს შორის თანაფარდობა იცვლება. ეს დენები მიმართული არიან ორი პარალელური ხაზით მოკლედ შერთვის წერტილისაკენ; მათში ნაწილდებიან ხაზების Z_1 და Z_2 წინააღობების უკუპროპორციულად $I_1/I_2 = Z_2/Z_1$; სადაც $Z_1 = Z_{\text{გზ}} - Z_{\text{BK}}$; ხოლო $Z_2 = Z_{\text{გზ}} + Z_{\text{BK}}$. B ქვესადგურისაკენ მოკლედ შერთვის წერტილის გადაადგილებით Z_1 წინააღობის სიდიდე იზრდება, ხოლო Z_2 -ს მცირდება. შესაბამისად I_1 დენის სიდიდე მცირდება, ხოლო I_2 -ს იზრდება. დაცვის რელეში დენის სიდიდე $I_{\text{რ}} = I_{\text{მეორ1}} - I_{\text{მეორ2}}$ თანდათანობით მცირდება და B ქვესადგურის სალტეზე მოკლედ შერთვის დროს ტოლი ხდება ნულის (ნახ. 9.3 ბ).

ამრიგად B ქვესადგურის მახლობელ წერტილებში მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 9.3 ა და ბ) დენი $I_{\text{რ}}$ რელეში აღმოჩნდება უფრო მცირე ვიდრე $I_{\text{დ.ა.}}$ და იგი არ იმოქმედებს. დაცვის მოქმედების საზღვარს წარმოადგენს მოკლედ შერთვა წერტილში, რომელიც B ქვესადგურიდან დაცილებული არის m მანძილით, სადაც $I_{\text{რ}} = I_{\text{დ.ა.}}$ (ნახ. 9.3 ბ). ამრიგად, დაცვა, რომელიც რეაგირებს პარალელური ხაზების დენების სხვაობაზე ($I_1 - I_2$), ვერ დაიცავს ხაზს მთლიანად თავისი მოქმედების ზონით. აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ რელეში გამავალი დენის სიმცირის გამო, რადგანაც რელეში გადის დენების სხვაობა ($I_1 - I_2$) B ქვესადგურის მახლობლად ხაზის სიგრძის გარკვეული მონაკვეთი რჩება დაუცველი.

ხაზის m მონაკვეთს, რომლის ზღვრებშიც მოკლედ შერთვის დროს რელეში დენის სიდიდე არ არის საკმარისი დაცვის მოქმედებისათვის, ეწოდება დაცვის “მკვდარი ზონა”.



ნახ. 9.3 „მკვდარი ზონა“ დენური განივი დიფერენციალური დაცვის.

Z_{excess} და l - ხაზის წინაღობა და სიგრძე; Z_{AK} , Z_{BK} - წინაღობები K

წერტილამდე A და B ქვესადგურებიდან

“მკვდარი ზონის” არსებობა წარმოადგენს დენური განივი დიფერენციალური დაცვის მნიშვნელოვან ნაკლს. “მკვდარ ზონაში” მოკლედ შერთვის გამორთვისათვის საჭირო არის დამატებითი დაცვა.

“მკვდარი ზონის” სიგრძე შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$m = (I_{\text{დას.}}/I_K) \cdot L \quad (9.4)$$

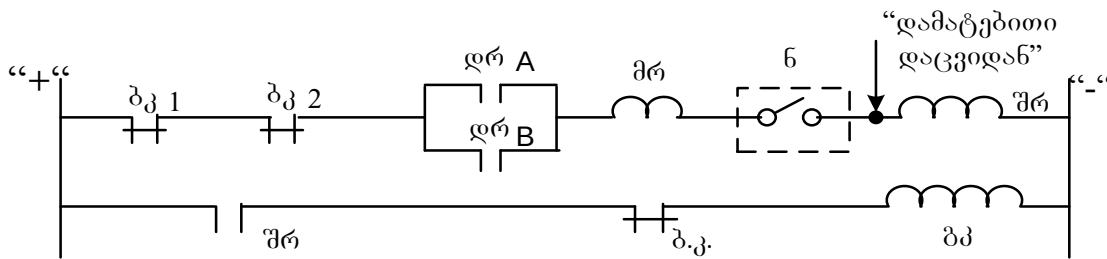
თვლიან რომ დაცვა არის ეფექტური, თუ “მკვდარი ზონის” სიგრძე არ აღემატება 10%-ს.

პარალელური ხაზებიდან ერთ-ერთის გამორთვის შემთხვევაში, განივი დიფერენციალური დაცვა გარდაიქმნება მყისური მოქმედების მაქსიმალურ დენურ დაცვად მუშაობაში დარჩენილი ხაზისათვის და იმოქმედებს არასელექციურად. ამიტომ ერთ-ერთი ხაზის გამორთვის შემთხვევაში საჭირო არის განივი დიფერენციალური დაცვა გამოვიყენოთ მოქმედებიდან.

გ) დაცვის სქემა

იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელში დაცვა განხორციელებული არის ორფაზა შესრულებით. დამიწებულ ნეიტრალიან ქსელში დაცვა დადგმული არის სამივე ფაზაში. ამ დროს თითოეული ხაზის დენის ტრანსფორმატორი შეერთებული არის სრული ვარსკვლავის სქემით ნულოვანი სადენით.

პარალელური ხაზებიდან ერთ-ერთის გამორთვის შემთხვევაში განივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედებიდან გამოყვანის მიზნით სქემაში გამოყენებული არის “ამომრთველი მოწყობილობა” (ნახ. 9.4).



ნახ. 9.4 დრ_A და დრ_B – დენის რელეები; შრ – შუალედური რელე; მრ – მაჩვენებელი რელე; ნ – ამომრთველი მოწყობილობა; ბკ1, ბკ2 – პირველი და მეორე ხაზების გამთიშველების ბლოკ-კონტაქტები; ბკ – გამორთვის კოჭის წრედში ბლოკ-კონტაქტი.

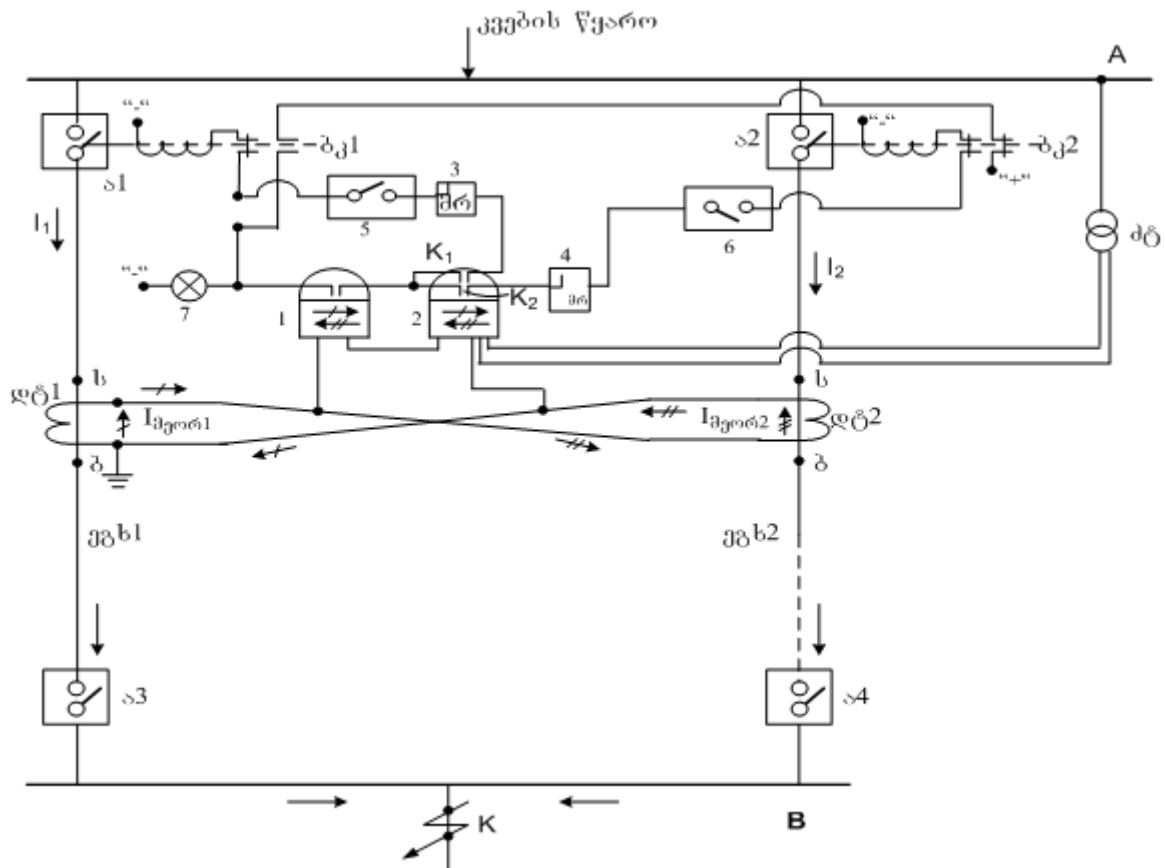
“ამომრთველი მოწყობილობის” (ნ) გარდა სქემაში გამოყენებული არის დაცვის ავტომატური გამორთვა ბკ1 და ბკ2 ბლოკ-კონტაქტების გამოყენებით. ერთ-ერთი გამთიშველის გახსნის შემთხვევაში გაიხსნება შესაბამისი ბლოკ-კონტაქტი, რითაც ოპერატიული დენი მოეხსნება დაცვას.

დენური განივი დიფერენციალური დაცვა წარმოადგენს მარტივ და საიმედო დაცვას. მისი ძირითად ღირსებას წარმოადგენს ის, რომ იგი არის სწრაფმოქმედი, არ რეაგირებს რყევის დენებზე. დაცვის ნაკლს წარმოადგენს “მკვდარი ზონის” არსებობა.

9.3 მიმართულებიანი განივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი

განივი დიფერენციალური დაცვა მიმართულებით გამოიყენება ისეთი პარალელური ხაზებისათვის, რომლებსაც აქვთ დამოუკიდებელი ამომრთველები (ნახ. 9.5). ასეთი ხაზების დაცვის მიმართ წაყენებული არის მოთხოვნა გამორთოს მხოლოდ დაზიანებული ხაზი. ასეთი მოთხოვნის შესრულების მიზნით დენური განივი დიფერენციალური დაცვის სქემაში დამატებით ჩართული არის ორმხრივი მოქმედების სიმძლავრის მიმართულების რელე. დაცვის გამართივებული პრინციპიალური სქემა ერთფაზა შესრულებით მოცემული არის ნახ. 9.5-ზე. დაცვის დენური წრედები შესრულებული არის ისე, როგორც დენური განივი დიფერენციალური დაცვის სქემაში. სიმძლავრის რელეს 2 დენური გრაგნილი და დენის 1 რელეს დენური გრაგნილი შეერთებული არიან მიმდევრობით და ჩართული

არიან დტ1 და დტ2 დენის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილების პარალელურად ისე, რომ რელეში გამავალი დენი $I_6 = I_1 - I_2$; დენური 1 რელეები ასრულებენ დაცვის გამშვი ორგანოს ფუნქციას. სიმძლავრის 2 რელეს დანიშნულებათა აღმოაჩინოს დაზიანებული ხაზი. ძაბვა სიმძლავრის რელეზე მოწოდებული არის ქვესადგურის სალტის ძაბვის ტრანსფორმატორიდან. ოპერატიული დენი დაცვაზე მიწოდებული არის ამომრთველების ბკ1 და ბკ2 ბლოკ-კონტაქტების გავლით, რომლის დანიშნულებაც ახსნილი იქნება ქვემოთ.



ნახ. 9.5 გამარტივებული სქემა და მიმართულებიანი განივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი პარალელური ხაზებისათვის

გამშვი დენის (1) რელეს მუშაობის შედეგად ოპერატიული “+” მიეწოდება სიმძლავრის (2) რელეს. ეს უკანასკნელი შეკრავს თავის ზედა (K_1) ან ქვედა (K_2) კონტაქტს, იმისდა მიხედვით, თუ რომელი ხაზი დაზიანდა (ე.გ.ხ.1 ან ე.გ.ხ.2); K_1 კონტაქტიდან იმპულსი გადის ე.გ.ხ.1-ის ამომრთველის გამორთვაზე. K_2 კონტაქტიდან ე.გ.ხ.2-ის გამორთვაზე. დაზიანებული ხაზის ორმხრივი გამორთვისათვის დაცვა დადგმული არის პარალელური ხაზების ორივე ბოლოში.

გარე მოკლედ შერთვის დროს (წერტილი K ნახ. 9.5-ზე), აგრეთვე დატვირთვის რეჟიმში და რყევების დროს პირველადი დენები I_1 და I_2 სიდიდით ტოლია და ერთმანეთს ემთხვევა მიმართულებით.

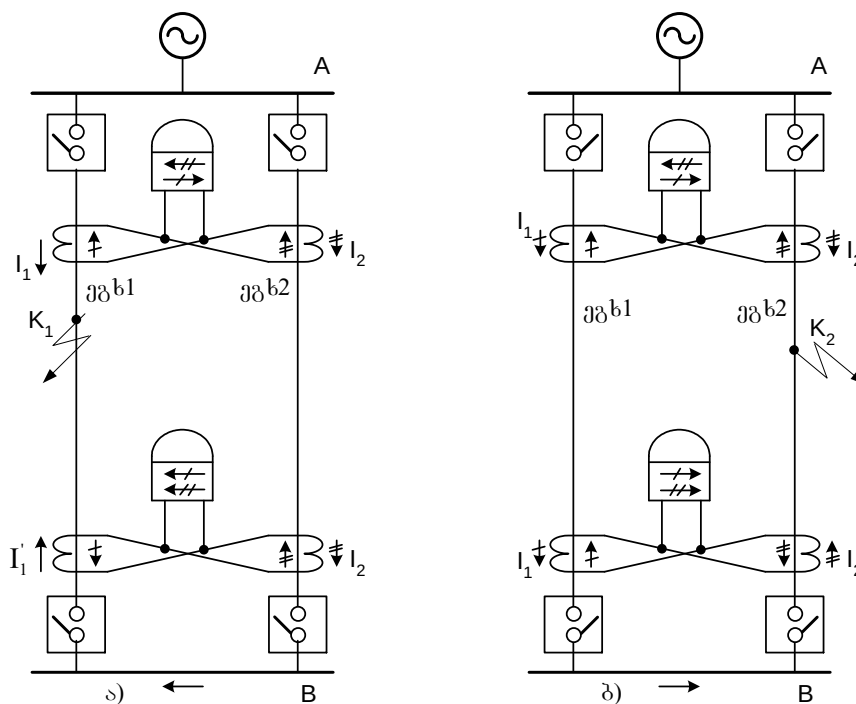
მეორადი დენები $I_{მეორ1}$ და $I_{მეორ2}$ (ნახ. 9.5) რელეების გრაგნილებში მიმართული არიან ერთმანეთის შემხვედრად, ამიტომ რელეში დენი $I_6 = I_{მეორ1} - I_{მეორ2}$, როცა $n_1 = n_2 = n$

და იდეალური დენის ტრანსფორმატორების შემთხვევაში $I_{\text{მეორ1}}=I_{\text{მეორ2}}$ და $I_r=0$, ეს ნიშნავს, რომ გარე მოკლედ შერთვის, დატვირთვის და რყევების დროს დაცვა არ მოქმედებს.

მაგრამ დენის ტრანსფორმატორების ცდომილების და ხაზების წინააღმდეგობების შორის არსებული უთანაბრობის გამო, მეორადი დენები $I_{\text{მეორ1}}$ და $I_{\text{მეორ2}}$ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, შედეგად რელეში ჩნდება უბალანსობის დენი $I_r = I_{\text{უბ}}$.

გარე მოკლედ შერთვის დროს დაცვის არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით დაცვის ამუშავების დენი უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას: $I_{\text{დ.ა.}} > I_{\text{უბ}}$.

მოკლედ შერთვის დროს პარალელურ ხაზებზე (ე.გ.ხ. 1 და ე.გ.ხ. 2) პირველადი და მეორადი დენების განაწილების სურათი ხაზებში (ე.გ.ხ.1 და ე.გ.ხ.2) მოცემულია ნახ. 9.6 ა და ბ-ზე.



ნახ. 9.6 დენების განაწილების სქემა

კვების წყაროს მხარეს (ქვესადგური A), ე.გ.ხ.1-ზე ან ე.გ.ხ.2-ზე დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში I_1 და I_2 პირველად დენებს აქვთ ერთნაირი მიმართულება. ამ დროს კვების მხარეს რელეს გრაგნილში მეორადი დენები მიმართული არიან შემხვედრად და ამიტომ დენი $I_r = I_{\text{მეორ1}} - I_{\text{მეორ2}}$ (9.5). I_1 და I_2 დენები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან სიდიდით. დენი დაზიანებულ ხაზში ყოველთვის მეტია, ვიდრე დაუზიანებელ ხაზში. ე.გ.ხ.1-ზე დაზიანების შემთხვევაში $I_{\text{მეორ.1}} > I_{\text{მეორ.2}}$ (ნახ. 9.6 ა). დენი რელეში მიმართული არის უდიდესი დენის მხარეს. ამ შემთხვევაში მას აქვს $I_{\text{მეორ.1}}$ მიმართულება და მას აქვს დადებითი ნიშანი.

ე.გ.ხ.2-ზე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 9.6 ბ) $I_{\text{მეორ.2}} > I_{\text{მეორ.1}}$ წინა შემთხვევისაგან განსხვავებით, დენს $I_r = I_{\text{მეორ2}} - I_{\text{მეორ1}}$ აქვს უარყოფითი ნიშანი და მიმართული არის უდიდესი დენისაკენ, ანუ აქვს $I_{\text{მეორ2}}$ დენის მიმართულება.

მიმღების (ქვესადგური B) მხარეს პირველად დენებს I_1 და I_2 აქვთ ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულება. დაზიანებულ ხაზში დენი მიმართულია B ქვესადგურის სალტიდან ხაზისაკენ, ხოლო დაუზიანებელ ხაზში - B ქვესადგურის სალტისაკენ. (ნახ. 9.6 ა და ბ). ამიტომ მიმღების მხარეს დენი რელეში

$$I_R = I_{\text{მეორ1}} + I_{\text{მეორ2}} \quad (9.6)$$

როგორც ეს ნახ 9.6 ა და ბ-ზე მოყვანილი დენების განაწილების სურათებიდან ჩანს I_R დენის ნიშანი დამოკიდებული არის იმაზე, თუ რომელი ხაზია დაზიანებული (ე.გ.ბ.1 ან ე.გ.ბ.2). ე.გ.ბ.1-ზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში დენი მიმართულია მოკლედ შერთვის წერტილისაკენ (K_1) ე.გ.ბ.2-დან ე.გ.ბ.1-ში (ნახ. 9.6 ა); შესაბამისად დენი რელეში იქნება დადებითი მიმართულების, ნიშნით ემთხვევა დაზიანებული ე.გ.ბ.1 ხაზის მეორადი დენის ნიშანს.

ე.გ.ბ.2-ის დაზიანების შემთხვევაში მოკლედ შერთვის პირველადი დენის მიმართულება შეიცვლება. იგი მიმართული იქნება ე.გ.ბ.1-დან ე.გ.ბ.2-კენ, სადაც არის დაზიანების წერტილი (ნახ. 9.6 ბ). შესაბამისად შეიცვლება მეორადი დენების მიმართულებები და დენი რელეში, რომლის მიმართულებაც გახდება უარყოფითი.

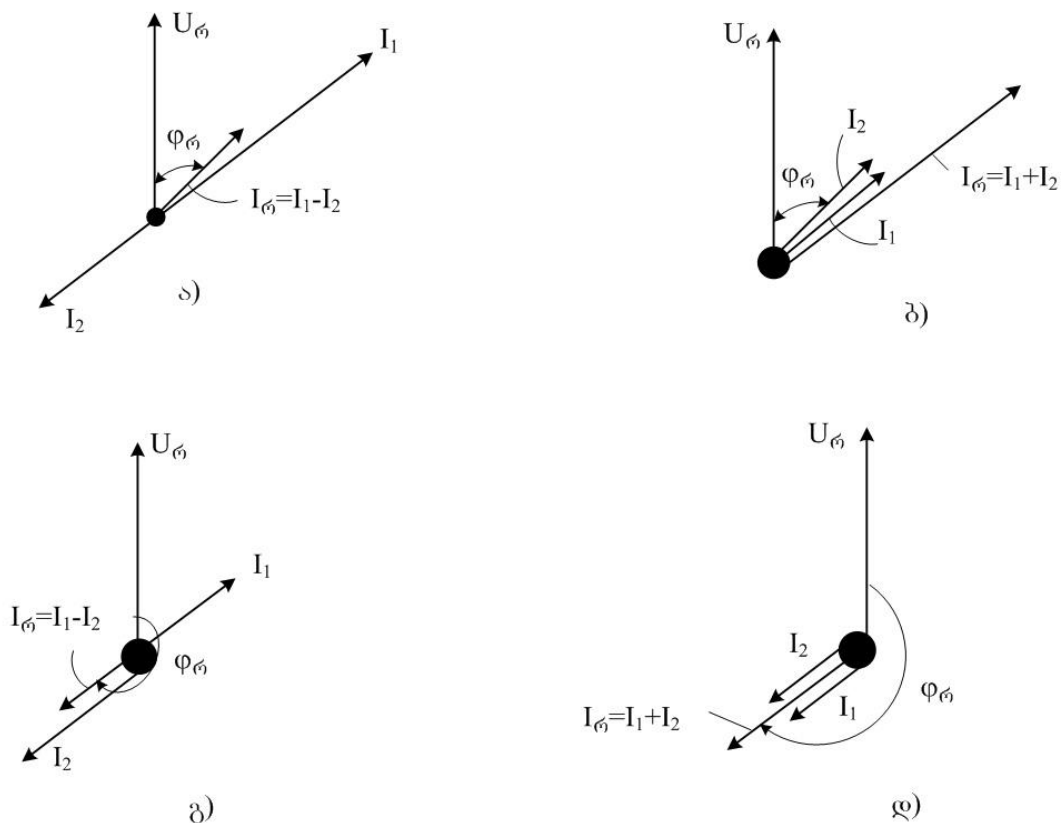
აღნიშნულიდან ნათლად ჩანს, რომ პარალელური ხაზებიდან ნებისმიერ ხაზზე მოკლედ შერთვის დროს განივ მიმართულებიან დიფერენციალურ დაცვაში გაჩნდება დენი I_R და იგი იმოქმედებს.

ე.გ.ბ.1-ზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში რელეში დენს დადებითი მიმართულება აქვს, ხოლო ე.გ.ბ.2-ზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში იგი მიმართულებას საწინააღმდეგო მხარეს შეიცვლის.

ვინაიდან სიმძლავრის რელეს პოლარიზებულ წრედში, რომელიც იკვებება სალტის ძაბვის ტრანსფორმატორიდან, დენს ორივე შემთხვევაში ერთნაირი მიმართულება აქვს, ამიტომ სიმძლავრის მიმართულების რელეს მომჭერებზე S_R სიმძლავრის ნიშანი ე.გ.ბ.1-ზე და ე.გ.ბ.2-ზე მოკლედ შერთვების შემთხვევაში იქნება სხვადასხვა.

ნახ. 9.7-ზე ნაჩვენები არის სიმძლავრის რელეს გრაგნილებზე მიყვანილი I_R დენის და U_R ძაბვის ვექტორული დიაგრამები. დიაგრამების აგების დროს მიღებულია, რომ დადებითი მიმართულების დენი ჩამორჩება U_R -საგან კუთხით $\varphi_R = \varphi$, ხოლო უარყოფითი მიმართულების დენი დაძრული არის კუთხით $\varphi_R = \varphi + 180^\circ$, თუ ე.გ.ბ.1-ზე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 9.7 ა,ბ) სიმძლავრის ნიშანი რელეზე იყო დადებითი, მაშინ ე.გ.ბ. 2-ზე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 9.7 გ,დ) რელეზე სიმძლავრის ნიშანი შეიცვლება და გახდება უარყოფითი, რელეში დენის ფაზის 180° -ით შეცვლის გამო.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ე.გ.ბ.1-ზე მოკლედ შერთვისას სიმძლავრის რელე შეკრავს K_1 კონტაქტს და ნებართვას მისცემს დაცვას იმოქმედოს დაზიანებული ე.გ.ბ.1-ის გამორთვაზე. შესაბამისად ე.გ.ბ.2-ზე მოკლედ შერთვის დროს სიმძლავრის რელე შეკრავს K_2 კონტაქტს და გაგზავნის იმპულსს დაზიანებული ე.გ.ბ. 2-ის გამორთვაზე.



ნახ. 9.7 სიმძლავრის რელეზე U_ϕ და I_ϕ ვექტორული დიაგრამები. (ა) კვების მხარეს ეგხ1-ზე მოკლედ შერთვა; (ბ) მიმღების მხარეს ეგხ1-ზე მოკლედ შერთვა; (გ) კვების მხარეს ეგხ2-ზე მოკლედ შერთვა; (დ) მიმღების მხარეს ეგხ2-ზე მოკლედ შერთვა.

მიმღების მხარეს კვების წყაროს არსებობის შემთხვევაში ნახ. 9.6-ზე ნაჩვენები პირველადი დენების განაწილების სურათი არ შეიცვლება და ამიტომ დაცვის მოქმედებაც იქნება ანალოგიური.

ამრიგად პარალელური ხაზებიდან ერთ-ერთზე მოკლედ შერთვის დროს I_ϕ დენის ზემოქმედებით იმუშავებს დაცვის გამშვი რელეები და ოპერატიულ დენს მიაწოდებს სიმძლავრის რელეს. სიმძლავრის რელე S_ϕ -ს ნიშნის მიხედვით გამოავლენს დაზიანებულ ხაზს და შეკრავს აღნიშნული ხაზის ამომრთველის გამორთვის წრედს.

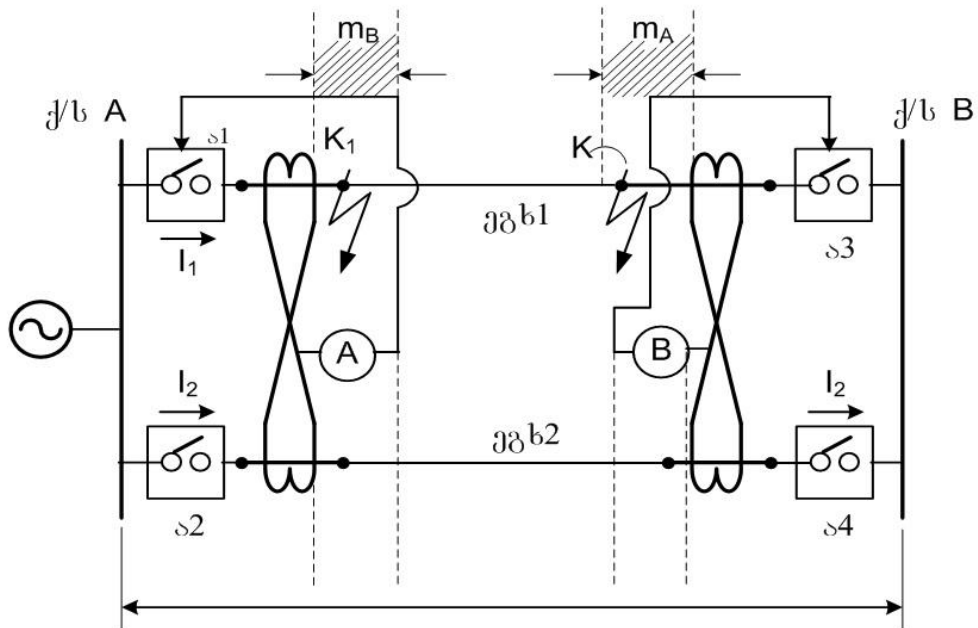
დაცვაზე ოპერატიული დენი მიწოდებული არის ე.გ.ხ.1 და ე.გ.ხ.2 ხაზების ამომრთველების ბლოკ-კონტაქტების ბკ1 და ბკ2 მიმდევრობით ჩართული წრედის გავლით (ნახ. 9.5). ამომრთველის გამორთვის შემთხვევაში ბლოკ-კონტაქტი გაწყვეტს ოპერატიულ წრედს და ავტომატურად გამოიყვანს დაცვას მოქმედებიდან. ოპერატიული წრედის ასეთი სქემით განხორციელება აუცილებელი არის დაცვის სწორად ფუნქციონირებისათვის შემდეგ შემთხვევებში:

1. თუ ე.გ.ხ.1-ზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში (ნახ. 9.5) ა1 ამომრთველი გამოირთვება უფრო ადრე, ვიდრე ა3 ამომრთველი, მაშინ A ქვესადგურის დაცვის სიმძლავრის რელე ე.გ.ხ. 2-ის გავლით მ.შ.-ს წერტილისაკენ მიმართული დენის ზეგავლენით ნებართვას მისცემს A ქვესადგურის დაცვას გამორთოს ა2 ამომრთველი. დაცვის ასეთი არასწორი მოქმედება აღმოფხვრილი არის ბკ1 ბლოკ-კონტაქტის

საშუალებით, რომელიც ავტომატურად გამოიყვანს დაცვას მოქმედებიდან ა1 ამომრთველის გამორთვის შემთხვევაში.

2. ერთ-ერთი ხაზის გამორთვის შემთხვევაში დაცვა გარდაიქმნება მყისური მოქმედების მიმართულებიან დაცვად. მას შეუძლია არასწორად იმოქმედოს გარე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში და ამიტომ საჭირო არის იგი გამოყვანილი იქნას მოქმედებიდან. ეს განხორციელებული არის ბლოკ-კონტაქტების საშუალებით, რომელიც ოპერატიულ დენს უხსნის დაცვას.

ქვეთავ 9.2-ში ნაჩვენებია იყო, რომ პარალელურ ხაზებში დენებს შორის სხვაობა ($I_1 - I_2$) დაცვის დადგმის ადგილიდან მოკლედ შერთვის წერტილის გადაადგილებასთან ერთად მცირდება (ნახ. 9.3 ბ). შედეგად განივ დიფერენციალურ დაცვას მიმართულებით, ისევე როგორც დენური განივ დიფერენციალურ დაცვას გააჩნია “მკვდარი ზონა” (ნახ. 9.8). ოღონდ მოპირდაპირე ბოლოში დაზიანებული ხაზის დაცვით გამორთვის შემდეგ, ხაზის დასაწყისში აქამდე უმოქმედოდ არსებული დაცვა, მოვა მოქმედებაში და გამორთავს დაზიანებულ ხაზს. ასე მაგალითად, როცა მოკლედ შერთვა არის ე.გ.ბ.1-ზე K წერტილში B ქვესადგურის სალტესთან ახლოს დაცვა A არ მუშაობს, რადგანაც $I_1 < I_{\text{ფ.ა.}}$; B ქვესადგურში დაზიანებული ხაზის გამორთვის შემდეგ მოკლედ შერთვის დენი K წერტილისაკენ გადის A ქვესადგურიდან ეგბ1-ით. ამ შემთხვევაში $I_1 = I_K$; $I_2 = 0$ და დენი A დაცვის გამშვ ორგანოში მკვეთრად იზრდება $I_1 = I_2 = I_K > I_{\text{ფ.ა.}}$; A დაცვის გამშვი ორგანოები იმუშავებენ, სიმძლავრის მიმართულების ორგანო აირჩევს დაზიანებულ ე.გ.ბ.1 და დაცვა იმოქმედებს (ა1) ამომრთველის გამორთვაზე.



ნახ. 9.8 განივი დიფერენციალური დაცვის მიმართულებით კასკადური მოქმედების ზონები

A ქვესადგურის სალტესთან ახლოს ე.გ.ხ.1-ზე მოკლედ შერთვის დროს (K_1) გვაქვს ანალოგიური სურათი: ჯერ იმოქმედებს A დაცვა და გამორთავს (α_1) ამომრთველს, ხოლო შემდეგ B დაცვით გამოირთვება (α_3) ამომრთველი.

დაცვების ასეთ თანმიმდევრობით მოქმედებას – ეწოდება კასკადური, ხოლო ზონებს (m_A და m_B), რომლის ზღვრებშიც დიფერენციალური დაცვა მიმართულებით არ მოქმედებს მანამ, სანამ დაზიანებული ხაზი არ გამოირთვება მოპირდაპირე ბოლოში, ეწოდება დაცვის “კასკადური მოქმედების ზონა”. “კასკადური მოქმედების ზონა” ისევე როგორც “მკვდარი ზონა” გამოითვლება (9.4) ფორმულით.

9.4 მიმართულებიანი განივი დიფერენციალური დაცვის პრინციპიალური სქემა და ამუშავების დანაყენის შერჩევა

დიფერენციალური დაცვის სქემები განხორციელებული არის შემდეგი ზოგადი დებულებების გათვალისწინებით.

1. ცალკეული ხაზების დენის ტრანსფორმატორები შეერთებული არიან სრული ვარსკვლავის სქემით სამფაზა შესრულებისათვის და არასრული ვარსკვლავის სქემით ორფაზა შესრულებისათვის.

2. სიმძლავრის რელები დენის და ძაბვის ტრანსფორმატორების მეორად გრაგნილებთან მიერთებული არიან ტიპური სქემებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათი მუშაობისათვის ყველაზე ხელსაყრელ პირობებს (90° -იანი სქემა შერეული ტიპის სიმძლავრის რელესათვის).

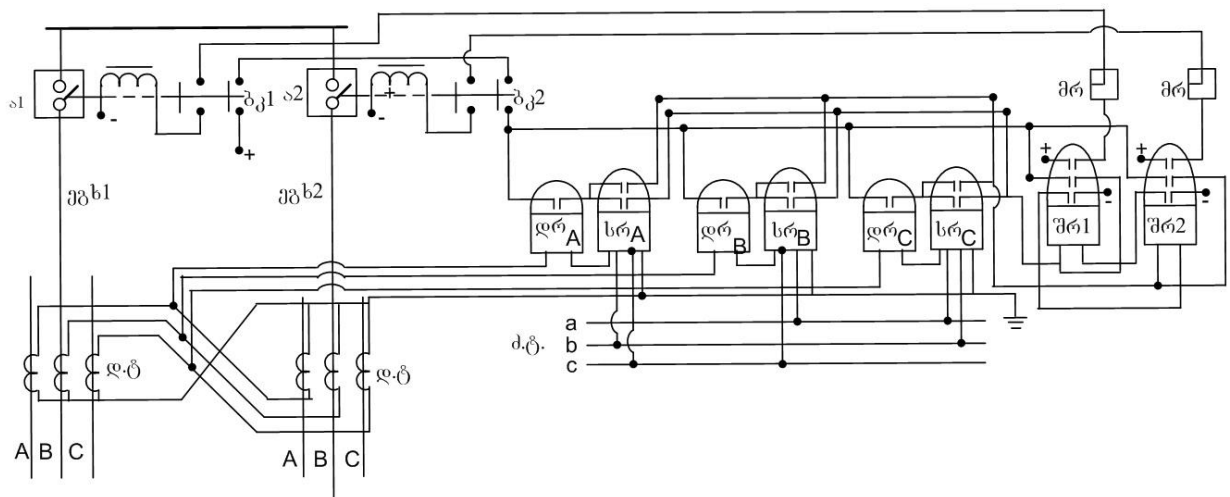
3. დაცვის გაშვება განხორციელებული არის ცალფაზა სქემით. დაზიანებული ხაზის კასკადურად გამორთვის შემთხვევაში (ნახ.9.8) ჯანსაღი ეგზ2 ხაზის დაუზიანებელი ფაზების დატვირთვის დენების ზეგავლენით სიმძლავრის რელემ შეიძლება შეკრას ჯანსაღი ხაზის გამორთვის წრედი. გაშვების ცალფაზა სქემის შემთხვევაში დაუზიანებელ ფაზებში ჩართული სიმძლავრის რელებს არ მიეწოდებათ ოპერატიული დენი, რის გამოც მათ არ შეუძლიათ იმოქმედონ ამომრთველის გამორთვაზე.

4. დაცვა განხორციელებული არის დროის დაყოვნების გარეშე, ვინაიდან იგი არ მოქმედებს გარე მოკლედ შერთვაზე.

5. ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის წრედში ფაზის გაწყვეტის ან მცველის გადაწვის შემთხვევაში სიმძლავრის რელეზე მიეწოდება ფაზით და სიდიდით დამახინჯებული ძაბვა და რელემ შეიძლება არასწორად იმოქმედოს პარალელური ხაზებიდან ერთ-ერთის დაზიანების დროს. ამიტომ სქემაში გათვალისწინებული არის ძაბვის წრედების სიმთელის კონტროლის მოწყობილობა.

ნახ. 9.9-ზე მოცემული არის დაცვის სქემა სამფაზა შესრულებით.

განხილული სამფაზა სქემა გამოიყენება დამიწებულ ნეიტრალიან სისტემებში ყველა სახის მოკლედ შერთვებისაგან დასაცავად.



ნახ. 9.9 განივი დიფერენციალური მიმართული დაცვის პრინციპიალური სქემა

იზოლირებულ ნეიტრალიან სისტემებში გამოიყენება სქემა ორფაზა შესრულებით, რომელიც იმით განსხვავდება სამფაზა სქემისაგან, რომ ერთ ფაზაში არ არის დენის ტრანსფორმატორი, გამშვი რელე და სიმძლავრის რელე.

დაცვის გამშვი რელეების ამუშავების დენი უნდა აკმაყოფილებდეს ოთხ მოთხოვნას.

1. გამშვმა რელეებმა არ უნდა იმოქმედონ გარე მოკლედ შერთვების დროს. ამისათვის გამშვი რელეების ამუშავების დენი მეტი უნდა იყოს უზალანსობის დენზე, რომელიც განპირობებული არის ხაზის ბოლოში მოკლედ შერთვის დროს ხაზში გამავალი დენით.

$$I_{\text{და.}} = K_{\text{იმ}} \cdot I_{\text{უბ.მაქს}} \quad (9.7)$$

სადაც $K_{\text{იმ}}$ არის იმედიანობის კოეფიციენტი და $K_{\text{იმ}} = 1.5 \div 2$.

2. დატვირთვის რეჟიმში, პარალელური ხაზებიდან ერთ-ერთის გამორთვის შემთხვევაში მოპირდაპირე ბოლოში დაცვის არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით გამშვი რელეების ამუშავების დენი უნდა იყოს განრიდებული პარალელური ხაზების ჯამური დატვირთვის დენისაგან, (ნახ. 9.10 ა).

თუ დატვირთვის დენის მიმართულება არის სალტიდან ხაზისაკენ, მაშინ სიმძლავრის რელე იმოქმედებს და ნებართვას მისცემს დაცვას გამორთოს მუშაობაში დარჩენილი ხაზი. აღნიშნულის თავიდან აცილების მიზნით საჭირო არის გვეყონდეს

$$I_{\text{და.}} = K_{\text{იმ}} \times I_{\text{დატ.მაქს.}} \quad (9.8)$$

სადაც $K_{\text{იმ}}$ – არის იმედიანობის კოეფიციენტი.

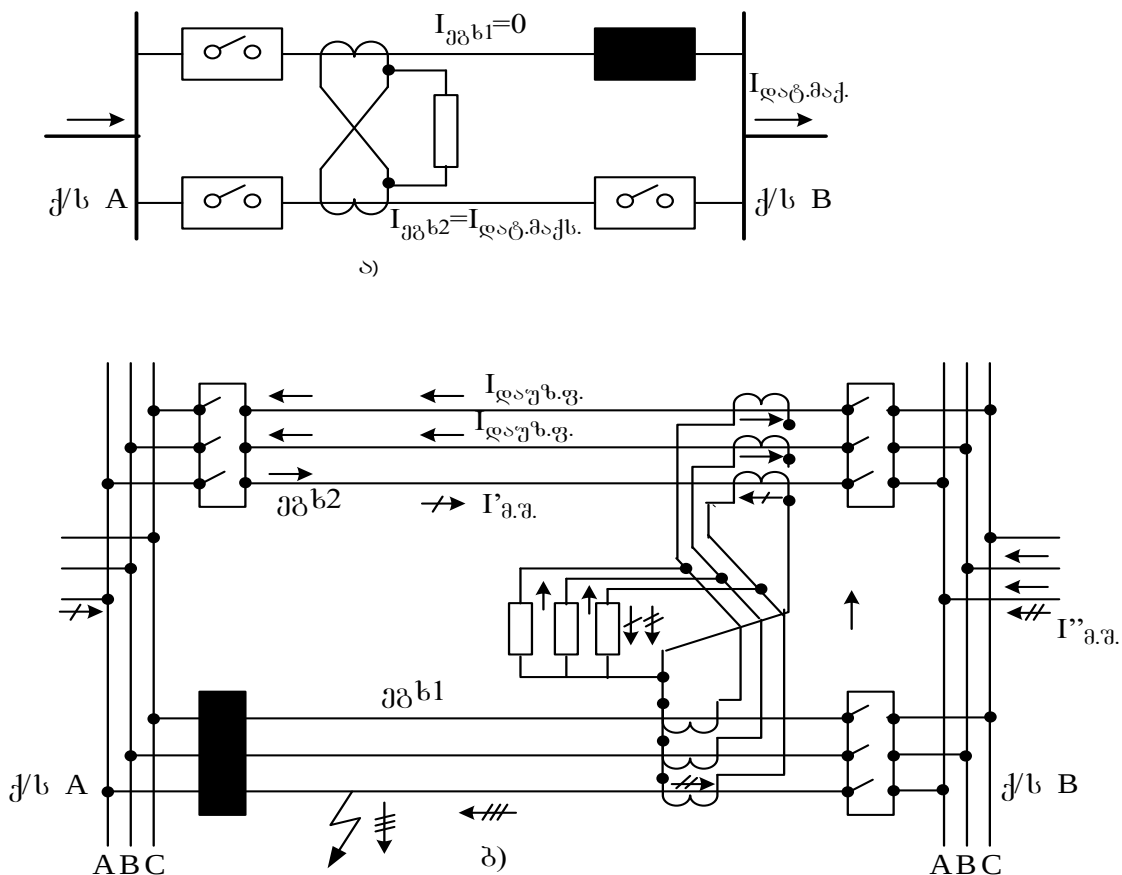
3. გამშვი რელეები განრიდებული უნდა იყოს დაუზიანებელ ფაზებში არსებული დენებისაგან $I_{\text{დაუზ.ფაზ.}}$ ორფაზა და ერთფაზა მოკლედ შერთვების დროს ამ მიზნით

$$I_{\text{და.}} > I_{\text{დაუზ.ფაზ.}}, \text{ ანუ } I_{\text{და.}} = K_{\text{იმ}} \times I_{\text{დაუზ.ფაზ.}} \quad (9.9)$$

სადაც $I_{\text{დაუზ.ფაზ.}} = I_{\text{დატ.}} + K \times I_{\text{ა.შ.}}$

დენები დაუზიანებელ ფაზებში (B და C) დაზიანებული ხაზის კასკადურად გამორთვის რეჟიმში გავლენას ახდენენ დაცვის მუშაობაზე (ნახ. 9.10 ბ), რადგანაც ასეთ დროს ისინი გადიან მხოლოდ ერთ, მუშაობაში დარჩენილ ხაზში, ეგზ 2. (9.9) პირობის შესრულების შემთხვევაში და დაცვის ცალფაზა გაშვების სქემით განხორციელების პირობებში დაცვის არასელექციური მოქმედება სიმძლავრის რელეს არასწორი მუშაობის გამო თავიდან იქნება აცილებული, ვინაიდან ამ დროს არ იმუშავებენ დაუზიანებელი ფაზების გამშვი ორგანოები.

4. გამშვი რელეები საიმედოდ უნდა დაბრუნდნენ საწყის მდგომარეობაში პარალელური ხაზების მაქსიმალურ დატვირთვის რეჟიმში მუშაობის დროს. ამუშავების დენის შერჩევისას დაბრუნების პირობების გათვალისწინების გარეშე გამშვი რელეების კონტაქტები გარე მოკლედ შერთვის შემდეგ შეიძლება დარჩნენ შეკრულ მდგომარეობაში (ერთი ხაზის მუშაობის რეჟიმში, როცა დაცვა გადაიქცევა მყისური მოქმედების მაქსიმალურ დაცვად). თუ ასეთ პირობებში დატვირთვის დენების ზემოქმედებით იმუშავებს სიმძლავრის რელე, მაშინ დაცვისაგან გამორთვის წრედი გახსნილი იქნება მხოლოდ გამორთული ამომრთველის ბლოკ-კონტაქტით. მეორე ამომრთველის ჩართვის მომენტში შეიკვრება ბლოკ-კონტაქტები და დაცვა გაგზავნის იმპულსს მუშაობაში დარჩენილი ხაზის გამორთვაზე.



ნახ. 9.10 დენების განაწილება დაცვაში დაზიანებული ხაზის კასკადურად გამორთვის დროს დატვირთვის დენების გათვალისწინებით

დაბრუნების პირობა იქნება უზრუნველყოფილი, თუ

$$I_{\text{დ.ა.}} = \frac{K_{\text{მარ.}} \cdot I_{\text{დატ.მაქს.}}}{K_{\text{ლაბრ.}}} \quad (9.10)$$

სადაც, $I_{\text{დატ.მაქს.}}$ - არის პარალელური ხაზების ჯამური მაქსიმალური დატვირთვის დენი.

მეოთხე პირობით შერჩეული ამუშავების დენის სიდიდე, ჩვეულებრივ აკმაყოფილებს ყველა დანარჩენ მოთხოვნებს. ამიტომ დაცვის ამუშავების დენის შერჩევის ანგარიში ტარდება (9.10) ფორმულით და მოწმდება (9.7) და (9.9) ფორმულებით.

განივ დიფერენციალურ დაცვაში უბალანსობის დენი

$$I_{\text{უბ.მაქ.}} = I'_{\text{უბ.მაქ.}} + I''_{\text{უბ.მაქ.}}$$

სადაც $I'_{\text{უბ.მაქ.}}$ – განპირობებული არის დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებით; ხოლო $I''_{\text{უბ.მაქ.}}$ – განპირობებული არის პარალელური ხაზების წინაღობების უთანაბრობით.

$I'_{\text{უბ.}}$ -ს მიახლოებითი მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით

$$I'_{\text{უბ.მაქ.}} = \frac{K_{\text{ერთგვ.}} \cdot 0.1 \cdot K_{\text{აპ.}} \cdot I_{\text{ა.შ.მაქს.}}}{n_{\phi}} \quad (9.11)$$

სადაც $I_{\text{ა.შ.მაქს.}}$ – არის A და B ქვესადგურების სალტეზე მოკლედ შერთვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც გადის ერთ პარალელურ ხაზში, ორთავე ხაზის მუშაობის პირობებში.

0.1 – დენის ტრანსფორმატორების ცდომილება (10%-იანი)

$K_{\text{ერთგვ.}}$ – ერთგვაროვნობის კოეფიციენტი; ერთნაირი ტიპის დენის ტრანსფორმატორებისა და მხრების ერთნაირი წინაღობების დროს აიღება ტოლი 0.5;

$K_{\text{აპ.}}$ – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მოკლედ შერთვის დენის აპერიოდული მდგენელის გავლენას და აიღება ტოლი $1.5 \div 2$.

უბალანსობის დენის მეორე მდგენელი $I''_{\text{უბ.}}$ შეიძლება შეფასებული იყოს შემდეგი ფორმულით:

$$I''_{\text{უბ.მაქ.}} = \frac{\Delta Z \% K_{\text{აპ.}} I_{\text{ა.შ.მაქს.}}}{100 n_{\phi}} \quad (9.12)$$

სადაც: $\Delta Z \% = \frac{Z_{\text{გბ1}} - Z_{\text{გბ2}}}{Z_{\text{გბ1}}} \cdot 100$ – არის $Z_{\text{გბ1}}$ და $Z_{\text{გბ2}}$ პირდაპირი მიმდევრობის

წინაღობებს შორის სხვაობა პროცენტებში ორივე ხაზისათვის.

$I_{\text{ა.შ.მაქს.}}$ – არის მოპირდაპირე ქვესადგურის სალტეებზე მოკლედ შერთვის დენის ჯამური მაქსიმალური მნიშვნელობა (ორივე ხაზში).

ჩვეულებრივ პარალელური ხაზების წინაღობები ტოლია ($Z_{გზ1}=Z_{გზ2}$) ასეთ პირობებში თვლიან, რომ $I''_{უბ.}=0$ და ანგარიშებში მონაწილეობს მხოლოდ უბალანსობის დენის პირველი მდგენელი.

დაცვის მგრძნობიარობა ხასიათდება: დაცვის კასკადური მოქმედების ზონის სიდიდით; გამშვი რელეების მგრძნობიარობის კოეფიციენტით; დაცვის სიმძლავრის რელეს ძაბვით “მკვდარი ზონის” სიდიდით.

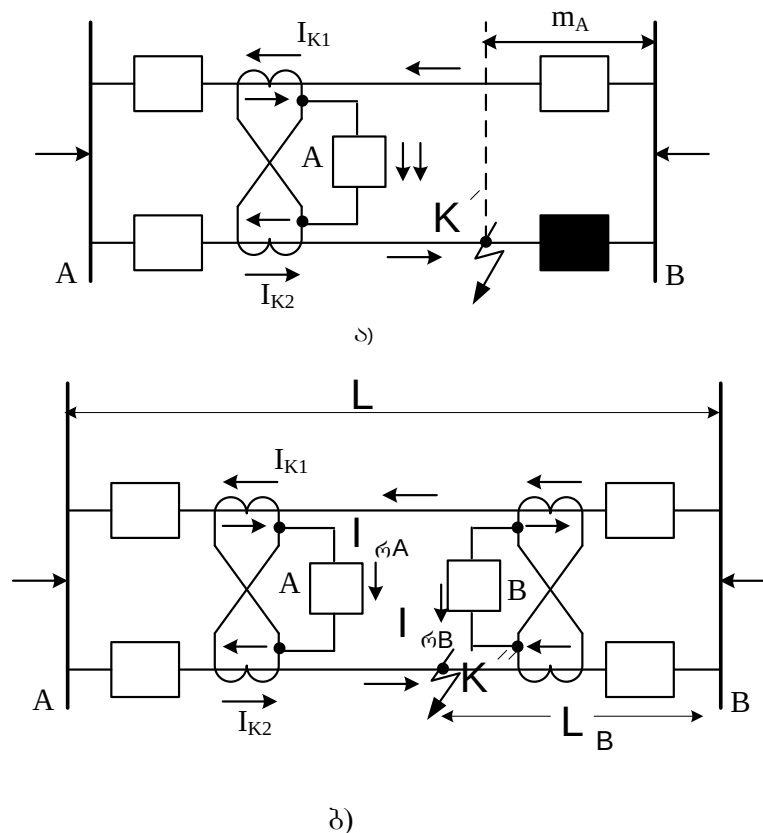
კასკადური მოქმედების ზონა პარალელური ხაზების ცალკეული ბოლოების დაცვებისათვის გამოითვლება (9.4) ფორმულით და არ უნდა აღემატებოდეს ხაზის სიგრძის 25%-ს.

დაცვის გამშვი რელეების მგრძნობიარობა მოწმდება ორი შემთხვევისათვის:

ა) დაცვის კასკადური მოქმედების საზღვარზე მოკლედ შერთვის დროს დაზიანებული ხაზის მოპირდაპირე ბოლოში გამორთვის შემდეგ განისაზღვრება მგრძნობიარობის კოეფიციენტი (ნახ. 9.11 ა).

$$K'_{მგრ.} = \frac{I_{რ.კას.მოქ.}}{I_{დ.ა.}} \quad (9.13)$$

სადაც $I_{რ.კას.მოქ.}$ – მინიმალური დენი რელეში, ასეთ პირობებში რეკომენდირებულია გვეყონდეს $K'_{მგრ.} \geq 1.5$;



ნახ. 9.11 განივი დიფერენციალური დაცვის მგრძნობიარობის შემოწმების საანგარიშო სქემები. (ა) დაზიანებული ხაზის კასკადური გამორთვის დროს; (ბ) თანაბარი მგრძნობიარობის K'' წერტილში მ.შ. დროს.

ბ) პარალელური ხაზების ორივე ბოლოში დაცვების დადგმის შემთხვევაში (ნახ. 9.11 ბ) განისაზღვრება მგრძნობიარობის კოეფიციენტი $K''_{\text{მგრ}}$ დაცვის ორივე მხრიდან თანაბარი მგრძნობიარობის წერტილში დაზიანებისას, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$\frac{I_{\text{რ. A}}}{I_{\text{დ. A}}} = \frac{I_{\text{რ. B}}}{I_{\text{დ. B}}} \quad (9.14)$$

სადაც $I_{\text{რ. A}}$ და $I_{\text{რ. B}}$ არის A და B რელეებში დენი როცა მოკლედ შერთვა არის $K''_{\text{მგრ}}$ წერტილში.

თუ ავლნიშნავთ მანძილს B დაცვის ადგილიდან K'' წერტილამდე L_B , მაშინ B ქვესადგურიდან K'' წერტილამდე ეგზ 1 და ეგზ 2 ხაზების კონტურებში ძაბვის ვარდნების გათანაბრების შემთხვევაში და (9.14) გათვალისწინებით მივიღებთ

$$L_B = \frac{I_{\text{დ. A}}}{I_{\text{დ. A}} + I_{\text{დ. B}}} \cdot L \quad (9.15)$$

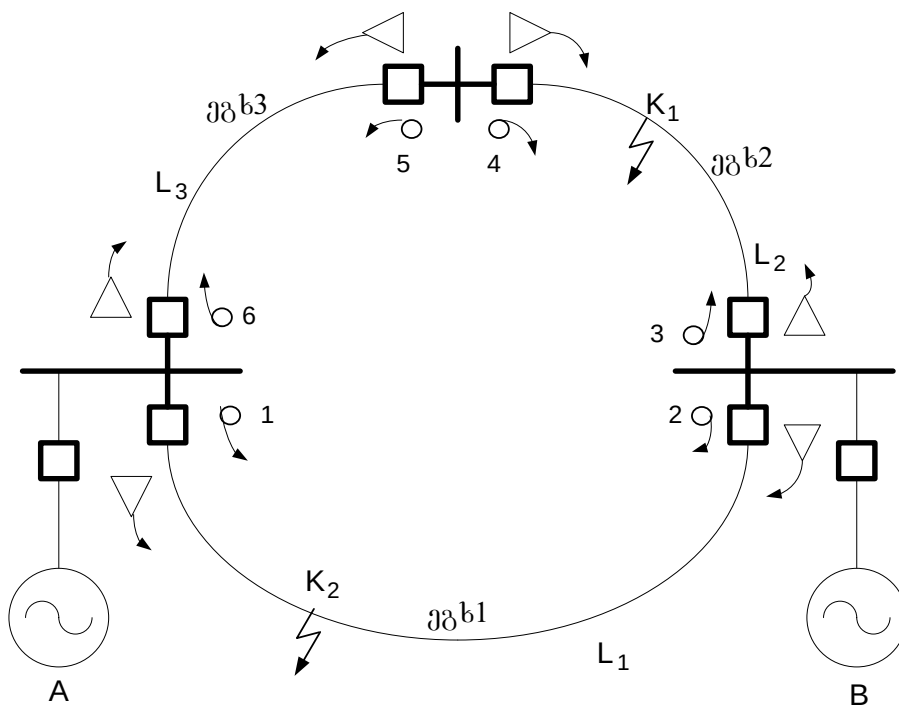
K'' წერტილის ადგილის განსაზღვრის შემდეგ ანგარიშობენ მოკლედ შერთვის დენებს და A და B დაცვის რელეებში, რის შემდეგაც პოულობენ

$$K''_{\text{მგრძ}} = \frac{I_{\text{რ A (K)}}}{I_{\text{დ. A}}} = \frac{I_{\text{რ B (K)}}}{I_{\text{დ. B}}} \quad (9.16)$$

რეკომენდირებულია $K''_{\text{მგრ}} \geq 2$.

10.1 დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი

რთული კონფიგურაციის ქსელში, რამდენიმე კვების წყაროთი, ზემოთ განხილული მაქსიმალური და მიმართულებიანი დაცვები ვერ უზრუნველყოფენ მოკლედ შერთვის სელექციურ გამორთვას. აღნიშნულში ადვილად დავრწმუნდებით თუ განვიხილავთ წრიულ ქსელს ორი კვების წყაროთი, რომელიც წარმოდგენილი არის ნახ. 10.1-ზე.



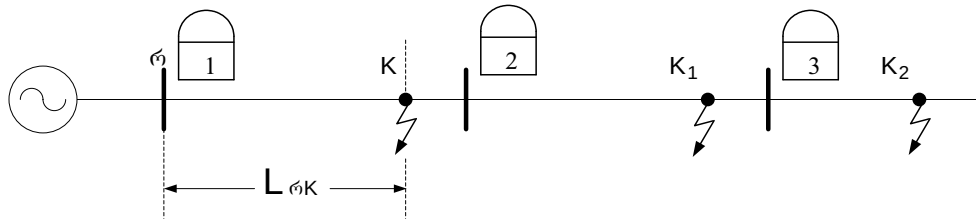
ნახ. 10.1 წრიული ქსელი. $\bigcirc \rightarrow$ მაქსიმალური დენური დაცვა; $\blacktriangleright$ დისტანციური დაცვა

ეგბ.2-ზე მოკლედ შერთვის დროს მაქსიმალურმა დენურმა დაცვამ (3) მიმართულებით უნდა იმოქმედოს უფრო სწრაფად, ვიდრე დაცვამ (1), ხოლო ეგბ 1-ზე მოკლედ შერთვის დროს დაცვამ (1) უნდა იმოქმედოს უფრო სწრაფად ვიდრე დაცვამ (3). ამ ორი ურთიერთგამომრიცხავი მოთხოვნის შესრულება მაქსიმალური მიმართული დენური დაცვის გამოყენებით შეუძლებელია. გარდა ამისა მაქსიმალური და მიმართულებიანი დაცვები ხშირად ვერ უზრუნველყოფენ დაცვის სწრაფმოქმედების მოთხოვნას; დენური მოკვეთის გამოყენება ხშირ შემთხვევებში

შეუძლებელია, ხოლო გრძივი დიფერენციალური დაცვები შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ მოკლე გადაცემის ხაზებზე.

პრობლემის გადაწყვეტა ორმხრივი კვების ხაზებზე შესაძლებელი არის დისტანციური დაცვების გამოყენებით.

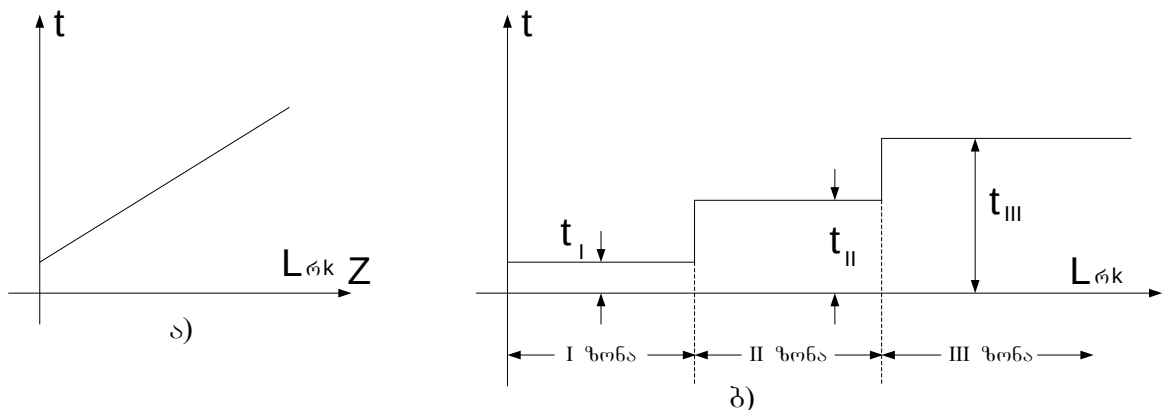
დისტანციური დაცვის დროის დაყოვნება t დამოკიდებული არის დაცვის დადგმის ადგილიდან მოკლედ შერთვის წერტილამდე მანძილზე (დისტანცია) L_{rk} (ნახ. 10.2) ანუ $t = f(L_{rk})$ და იზრდება მდორედ ან საფეხურებით აღნიშნული მანძილის ზრდასთან ერთად (ნახ. 10.3).



ნახ. 10.2 დისტანციური დაცვის დროის დაყოვნების დამოკიდებულება მ.შ. წერტილამდე L_{rk} მანძილზე

მოქმედების ასეთი პრინციპის დროს მოკლედ შერთვის წერტილთან ახლოს მდგომ დაცვას ყოველთვის გააჩნია უფრო მცირე დროის დაყოვნება, ვიდრე შორს მდგომ დაცვას. აქედან გამომდინარე ყოველთვის უზრუნველყოფილი არის მოკლედ შერთვის სელექციური გამორთვა.

დისტანციური დაცვის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს დისტანციური (გამზომი) ორგანო, რომელიც განსაზღვრავს დაშორებას დაცვის დადგმის ადგილიდან მოკლედ შერთვის წერტილამდე.



ნახ. 10.3 დისტანციური დაცვების მახასიათებლები $t=f(L_{rk})$.
(ა) დახრილი; (ბ) საფეხურებიანი.

დისტანციურ (გამზომ) ორგანოდ გამოყენებული არის წინაღობის რელე, რომელიც პირდაპირ ან ირიბად რეაგირებს ხაზის სრულ, აქტიურ და რეაქტიულ წინააღობებზე (z , r , x); ხაზის ფაზის წინააღობა დაცვის დადგმის ადგილიდან მოკლედ შერთვის წერტილამდე პროპორციული არის აღნიშნული მონაკვეთის მანძილის.

$$Z_{rk} = Z_{კუთ} L_{rk}; \quad X_{rk} = X_{კუთ} L_{rk}; \quad R_{rk} = R_{კუთ} L_{rk};$$

სადაც Z_{rk} , X_{rk} , R_{rk} არიან L_{rk} მონაკვეთი სიგრძის ხაზის სრული, რეაქტიული და აქტიური წინაღობები; $Z_{კუთ}$, $X_{კუთ}$, $R_{კუთ}$ - არიან 1კმ. სიგრძის ხაზის კუთხური წინაღობები.

ამრიგად რელეს ქმედება, რომელიც რეაგირებს ხაზის წინააღმდეგ დამოკიდებული არის მოკლედ შერთვის წერტილამდე მანძილზე. დისტანციური დაცვები იყოფიან სრული, რეაქტიული და აქტიური წინააღმდეგობის დაცვებად; რეაქტიული და განსაკუთრებით აქტიური წინააღმდეგობის დაცვები გამოიყენებიან ძალიან იშვიათად და ამიტომ ისინი შემდგომში არ იქნებიან განხილული.

რთული კონფიგურაციის ქსელში დისტანციური დაცვის სელექციურობის უზრუნველყოფისათვის აუცილებელი მოთხოვნა არის იგი განხორციელდეს მიმართულებით, რომელიც იმოქმედებს მხოლოდ მოკლედ შერთვის სიმძლავრის სალტიდან ხაზისაკენ მიმართულების შემთხვევაში (ნახ. 10.1).

ერთი მიმართულებით მოქმედი დისტანციური დაცვების დროის დაყოვნებები აუცილებლად უნდა იყოს ერთმანეთთან შეთანხმებული ისე, რომ დასაცავი ხაზის იქით მოკლედ შერთვის დროს დისტანციურ დაცვას უნდა ჰქონდეს დროის დაყოვნება ერთი სელექციურობის საფეხურით მაღალი, ვიდრე მის წინამდებარე დაცვას.

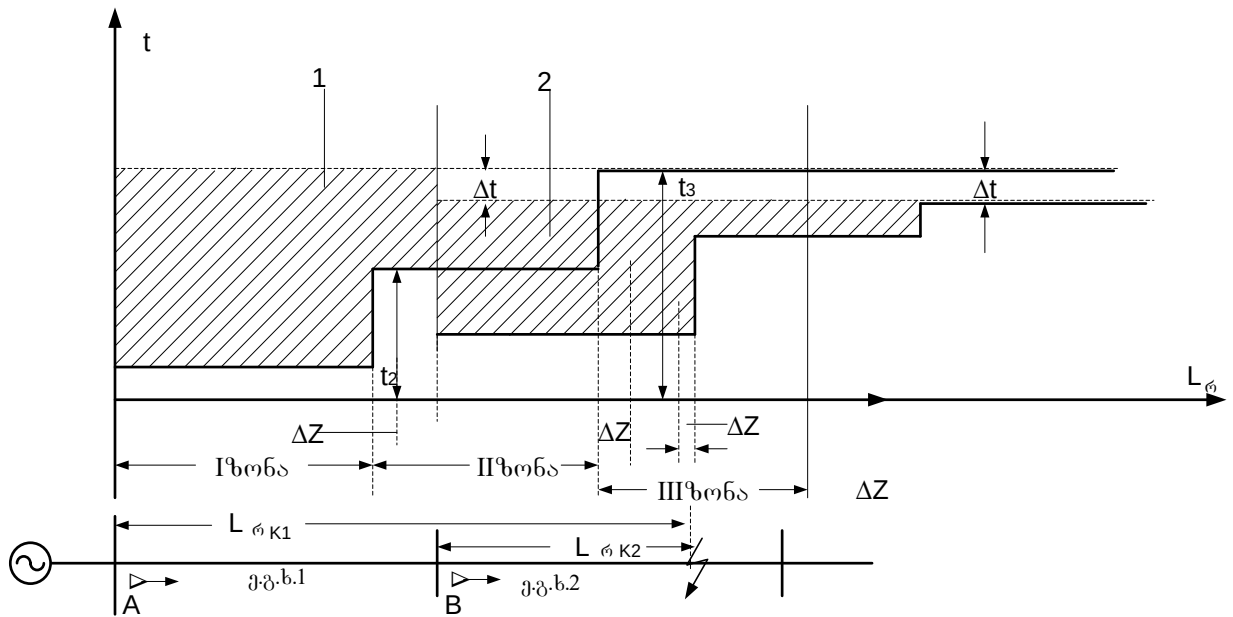
დისტანციური დაცვის მოქმედების მიმართულება განხორციელებული არის სქემაში ჩვეულებრივი სიმძლავრის მიმართულების რელეს გამოყენებით ან მიმართულების მქონე გამზომი ორგანოს გამოყენებით.

10.2 დაცვის დროის დაყოვნების მახასიათებელი

დისტანციური დაცვის მოქმედების დროის დამოკიდებულებას მოკლედ შერთვის ადგილამდე მანძილზე $t = f(L_{rk})$ ან წინააღმდეგობაზე $t = f(z)$ ეწოდება დისტანციური დაცვის დროის დაყოვნების მახასიათებელი. მახასიათებლის თვისებებიდან გამომდინარე დისტანციური დაცვები დაყოფილი არიან სამ ჯგუფად: დისტანციური დაცვა მოქმედების დროის მდორედ ზრდადი მახასიათებლით, საფეხურებიანი მახასიათებლით და კომბინირებული მახასიათებლით (მდორედ ზრდადი და საფეხურებიანი მახასიათებლების გაერთიანება ნახ. 10.3).

დახრილი და კომბინირებული მახასიათებლებით დისტანციური დაცვების კონსტრუქციული შესრულება გაცილებით უფრო რთული არის, ვიდრე საფეხურებიანი მახასიათებლით დისტანციური დაცვების. გარდა ამისა დისტანციური დაცვა საფეხურებიანი მახასიათებლებით უზრუნველყოფს დაზიანების გაცილებით სწრაფად გამორთვის ვიდრე დახრილი მახასიათებლით.

აღნიშნულიდან გამომდინარე გაცილებით უფრო ფართოდ არის გავრცელებული დისტანციური დაცვები საფეხურებიანი მახასიათებლით. ისინი ძირითადად განხორციელებული არიან დროის დაყოვნების სამი საფეხურით t_I , t_{II} , t_{III} , რომლებიც შეესაბამებიან დაცვის მოქმედების სამ ზონას (ნახ. 10.3 ბ.)



ნახ. 10.4 დისტანციური დაცვები საფეხურებიანი მახასიათებლებით. დროის დაყოვნების შეთანხმება. ΔZ -დისტანციური რელეს ცდომილება; Δt -სელექციურობის საფეხური.

დაცვის საფეხურებიანი მახასიათებლით სელექციური მოქმედების უზრუნველყოფის პრინციპი ნაჩვენებია არის ნახ. 10.4-ზე.

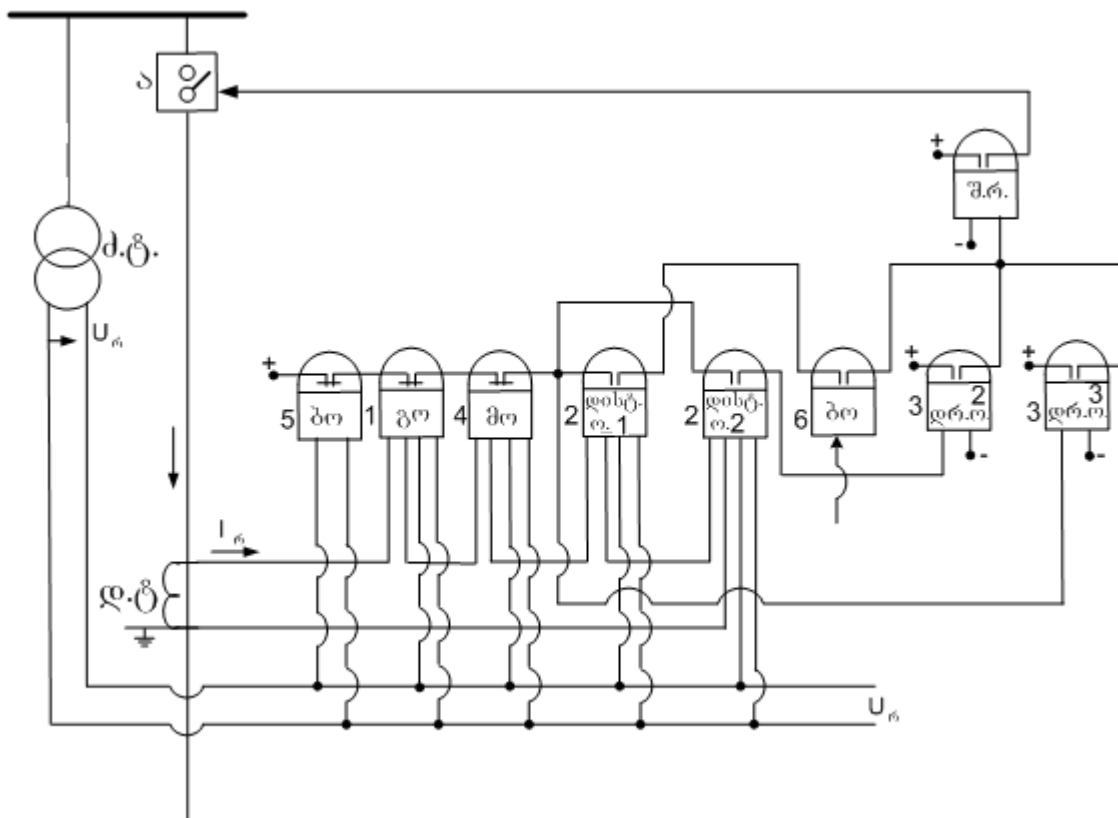
დაცვის I ზონის სიგრძე აღებული არის ხაზის სიგრძეზე ცოტა ნაკლები დისტანციური რელეს ამუშავების წინააღმდეგობაში ცდომილების ΔZ გათვალისწინებით. რელეს სიზუსტისგან დამოკიდებულებით I ზონას იღებენ დასაცავი ხაზის სიგრძის $0,7 \div 0,85$. I ზონის საზღვრებში მოკლედ შერთვის დროს დაცვა მოქმედებს მყისურად. ხაზის დანარჩენ ნაწილს და მოპირდაპირე ქვესადგურის სალტეებს იღებს II ზონა, რომლის სიგრძე და დროის დაყოვნება შეთანხმებული არის წინ მდებარე ხაზის დაცვის პირველი ზონის დანაყენთან. მოკლედ შერთვას II ზონის საზღვრებში დაცვა გამორთავს t_2 დროის დაყოვნებით. დაცვის III ზონა არის სარეზერვო, რომლის სიგრძეც შერჩეული არის იმ პირობით, რომ მან უნდა დაიცვას მის წინ მდებარე ხაზი (მოპირდაპირე ქვესადგურის სალტეებიდან გამავალი ხაზი ეგხ. 2) მთლიანად დაცვის ან ამომრთველის უარის შემთხვევაში. მესამე ზონის ზღვრებში დაზიანების შემთხვევაში დაცვა მოქმედებს t_3 დროის დაყოვნებით.

ნახ. 10-4-ზე წყვეტილით ნაჩვენებია არის დენური მიმართულებიანი დაცვის დროის დაყოვნებები, იმ შემთხვევისათვის, როცა დისტანციურის ნაცვლად ხაზებზე არის დენური დაცვები მიმართულებით. მათი შედარება დისტანციური დაცვის მახასიათებლებთან, გვიჩვენებს, რომ დისტანციური პრინციპი საშუალებას გვაძლევს გაცილებით ადრე გამოვრთოთ დაზიანებული უბანი, როცა დაზიანება არის ახლოს დაცვის დადგმის ადგილთან, ვიდრე შორი მოკლედ შერთვის დროს.

10.3 დისტანციური დაცვის ელემენტები და მათი ურთიერთქმედება

დისტანციური დაცვა განეკუთვნება რთული დაცვების ჯგუფს. ამ დაცვის ყველა სახეობა შედგება რამდენიმე საერთო ელემენტისაგან, რომლებსაც გააჩნიათ რამდენიმე ერთნაირი ტიპის ფუნქცია.

დისტანციური დაცვის ორგანოებს შორის ურთიერთკავშირის, დანიშნულების და მათ მიერ შესრულებული ფუნქციების ახსნა შესაძლებელი არის დაცვის (საფეხურებიანი მახასიათებლით) გამარტივებული ფუნქციონალური სქემით, რომელიც ერთფაზა შესრულებით ნაჩვენებია არის ნახ. 10.5-ზე. დაცვა შედგება შემდეგი ორგანოებისაგან:



ნახ. 10.5 სამსაფეხურიანი დისტანციური დაცვის გამარტივებული სქემა

1) გამშვი ორგანო 1. იგი ანხორციელებს დაცვის გაშვებას დაზიანების წარმოქმნის შემთხვევაში. ჩვეულებრივად გამშვი ორგანო შესრულებული არის სრული წინაღობის რელეს საშუალებით. ნახ. 10.5-ზე გამშვი ორგანო 1 წარმოადგენს წინაღობის რელეს, რომელიც იკვებება $I_{\text{რ}}$ დენით და $U_{\text{რ}}$ ძაბვით.

2) დისტანციური ორგანო 2. იგი განსაზღვრავს დაშორებას მოკლედ შერთვის წერტილამდე. საფეხურებიან დაცვებში იგი შესრულებული არის მინიმალური წინაღობის რელეს საშუალებით. მასზე მიყვანილი არის დასაცავი ხაზის დენი და ძაბვა ($I_{\text{რ}}$ და $U_{\text{რ}}$) და იგი მუშაობს როცა

$$Z_{\text{რ}} = \frac{U_{\text{რ}}}{I_{\text{რ}}} < Z_{\text{რა}}. \quad (10.1)$$

სადაც Z_{∞} არის ის უდიდესი წინაღობა, რომლის დროსაც რელე იწყებს მოქმედებას, ანუ რელეს ამუშავების წინააღობა. Z_{∞} წინააღობას ზოგჯერ უწოდებენ ფიქტიურს, რადგანაც ხაზის მუშაობის ზოგიერთ რეჟიმში (მაგალითად დატვირთვის და რყევების დროს) Z_{∞} არ წარმოადგენს ხაზის წინააღობას. ასეთ შემთხვევებში იგი წარმოადგენს შეფარდებას U_{∞}/I_{∞} , რომელსაც გააჩნია წინააღობის განზომილება, მაგრამ არა აქვს ფიზიკური მნიშვნელობა.

3) დროის დაყოვნების ორგანო 3. იგი ქმნის დროის დაყოვნებას, რომლითაც მოქმედებს დაცვა დისტანციური ორგანოს ქმედებისაგან დამოკიდებულებით. იგი წარმოადგენს ჩვეულებრივი კონსტრუქციის დროის რელეს.

4) სიმძლავრის მიმართულების ორგანო 4. იგი არ აძლევს დაცვას მოქმედების საშუალებას, როცა მოკლედ შერთვის სიმძლავრე მიმართული არის ქვესადგურის სალტეებისაკენ. შესრულებული არის სიმძლავრის მიმართულების რელეს გამოყენებით და სქემაში გათვალისწინებული არის მხოლოდ ისეთ შემთხვევებში, როცა გამშვი და დისტანციურ ორგანოებს არ გააჩნიათ მიმართულება.

5) ბლოკირება. მას დაცვა ავტომატურად გამოყავს მოქმედებიდან ისეთ რეჟიმებში, როცა დაზიანების არ არსებობის დროს დაცვამ შეიძლება იმოქმედოს არასწორად. ჩვეულებრივად გამოყენებული არის ორი სახის ბლოკირება:

ა) ბლოკირების ორგანო 5. დაცვის მკვებავი ძაბვის მეორად წრედებში უწყსრიგობის შემთხვევაში, ძაბვის გაქრობისას, გამოყავს დაცვა მოქმედებიდან; როცა $U_{\infty}=0$, როგორც ეს გამომდინარეობს (10.1) გამოსახულებიდან, $Z_{\infty}=0$ და დაცვის გამშვი რელეები და დისტანციური ორგანოები მოდიან მოქმედებაში, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს დაცვის არასწორი მუშაობა; ძაბვის წრედებში უწყსრიგობის შემთხვევაში იმოქმედებს ბლოკირება 5 და დაცვას მოუხსნის ოპერატიულ დენს, რითაც არ ეძლევა მას მუშაობის შესაძლებლობა.

ბ) ბლოკირება 6; სისტემაში რყევების დროს აბლოკირებს დაცვას არასწორი მუშაობის თავიდან აცილების მიზნით. როგორც ცნობილია რყევის პროცესში ძაბვის შემცირებას თან ახლავს დენის ზრდა, ამიტომ (10.1) თანახმად Z_{∞} მცირდება, რის გამოც შეიძლება იმოქმედონ გამშვი და დისტანციური ორგანოების რელეებმა და გამოიწვიონ დაცვის არასწორი მოქმედება. სისტემაში რყევების წარმოქმნის შემთხვევაში იმოქმედებს ბლოკირება 6 და ავტომატურად გამოიყვანს დაცვას მოქმედებიდან (კონტაქტების გახსნით დაცვას ეხსნება ოპერატიული დენი).

ხაზზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში იმუშავებს გამშვი რელე (გ.ო.) და სიმძლავრის რელე (მ.ო.); მათი კონტაქტების წრედის გავლით ოპერატიული დენი მიეწოდება დისტანციური ორგანოების კონტაქტებს და მესამე ზონის დროის რელეს გრაგნილს. თუ მოკლედ შერთვა არის დაცვის I ზონაში, მაშინ იმოქმედებს I ზონის დისტანციური ორგანო (დის.ო.1), შეკრავს თავის კონტაქტს, გაამზადებს ამომრთველის გამორთვის წრედს; თუ მოკლედ შერთვა გაჩნდება დაცვის II ზონაში, მაშინ (დის.ო.1) არ იმოქმედებს, ვინაიდან მის მომჭერებზე წინააღობის სიდიდე $Z_{\infty} > Z_{L,\infty}$ ამ შემთხვევაში იმოქმედებს მეორე ზონის დისტანციური ორგანო (დის.რ.2),

შეკრავს თავის კონტაქტს და ოპერატიულ დენს მიაწვდის მეორე ზონის დროის რელეს გრაგნილს (დრ.რ.2)-ს; t_{II} დროის ათვლის მომენტში შეიკვრება (დრ.რ.2)-ს კონტაქტი და მომზადდება ამომრთველის გამორთვის წრედი.

მეორე ზონის საზღვრებს გარეთ მოკლედ შერთვის შემთხვევაში (დის.ო.1) და (დის.ო.2) არ იმოქმედებენ, რადგანაც მათ მომჭერებზე წინაღობის სიდიდე $Z_R > Z_{L_{რა}}$ და $Z_R > Z_{II_{რა}}$; ამიტომ დროის რელე (დრ.რ.3), რომელიც აღგზნებული იყო დაცვის გაშვების მომენტიდან, ათვლის t_{III} დროის დაყოვნებას, შეკრავს (დრ.რ.3) კონტაქტს და მოამზადებს ამომრთველის გამორთვის წრედს. დისტანციური დაცვის III ზონის ფუნქციას ასრულებს გამშვი ორგანო (გ.ო.), ამიტომ დამატებით დისტანციური ორგანოს გამოყენება საჭირო არ არის.

10.4 დისტანციური რელეების ამუშავების მახასიათებლები და მათი გამოსახვა კომპლექსურ სიბრტყეზე

ა) კომპლექსური სიბრტყის გამოყენება რელეს მახასიათებლების გამოსახვისათვის.

დამოკიდებულებას $Z_{რა} = f(\varphi_{რა})$ ეწოდება მუშაობის მახასიათებელი, რომელიც განსაზღვრავს Z_R ვექტორების მნიშვნელობებს რელეს მომჭერებზე, მისი მუშაობის დროს.

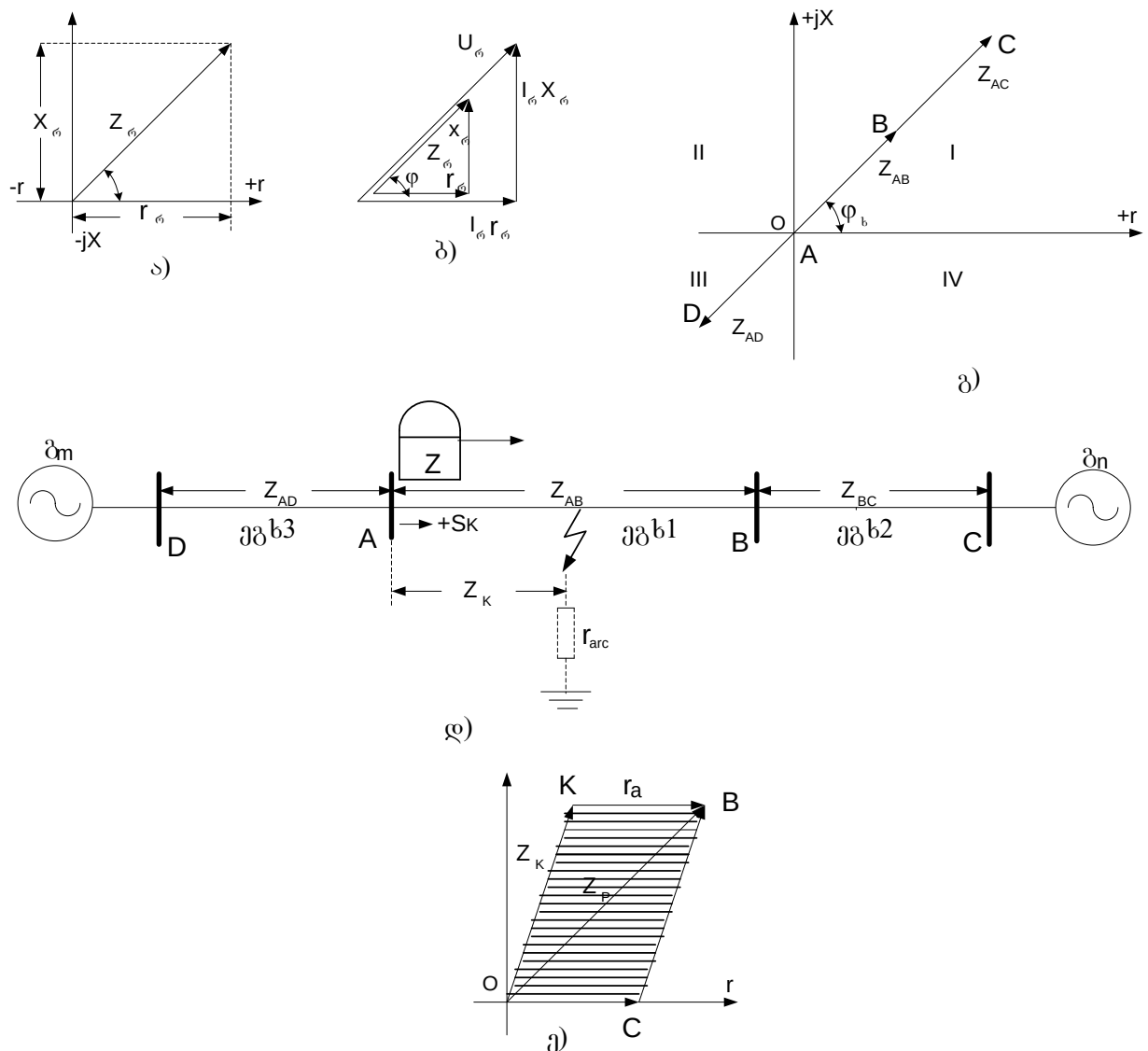
Z წინაღობა წარმოადგენს კომპლექსურ სიდიდეს, ამიტომ რელეს მუშაობის მახასიათებლები და მის მომჭერებზე წინაღობები ხელსაყრელია გამოვსახოთ კომპლექსურ სიბრტყეზე x, r ღერძებში (ნახ. 10.6). ამ შემთხვევაში კომპლექსური სიბრტყის არს ღერძზე გადადებული არის აქტიური წინაღობა r , ხოლო წარმოსახვით ღერძზე – რეაქტიული წინაღობა x ; რელეს მომჭერებზე ნებისმიერი სრული წინაღობა

$Z_R = \frac{U_R}{I_R}$ შეიძლება წარმოდგენილი იყოს აქტიური და რეაქტიული მდგენელებით

კომპლექსური რიცხვის სახით $Z_R = r_R + jx_R$ და გამოისახოს x, r ღერძებში ვექტორით, რომლის კოორდინატებია r_R და x_R (ნახ. 10.6 ა). ამ ვექტორის სიდიდეს განსაზღვრავს მოდული $|Z_R| = \sqrt{r_R^2 + x_R^2}$, ხოლო მიმართულებას კუთხე φ , რომელიც განისაზღვრება X_R

და r_R წინაღობების შეფარდებით, ვინაიდან $\operatorname{tg} \varphi_R = \frac{x_R}{r_R}$. ნახ. 10.6 ბ-დან ჩანს, რომ კუთხე φ

ტოლი არის ძაბვის U_R და დენის I_R ვექტორებს შორის ძვრის კუთხის, შესაბამისად შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ კომპლექსურ სიბრტყეზე I_R ვექტორი ემთხვევა r წინაღობის ვექტორის დადებით მიმართულებას, ხოლო ძაბვის U_R ვექტორი – Z_R ვექტორს.



ნახ. 10.6 კომპლექსური სიბრტყე r , jx . (ა) ვექტორის გამოსახვა; (ბ) წიაღობების სამკუთხედი; (გ) მისი გამოსახვა r და jx ღერძებში; (დ) ქსელის უბანი; (ე) მოკლედ შეთვა რკალის r წინალობით. დაშტრიხულია ფართი Z_0 წინალობის, როცა მოკლედ შეთვა არის რკალის r წინალობით.

ქსელის ნებისმიერი უბანი, მაგალითად ეგხ1 (ნახ. 10.6 დ), შეიძლება გამოვსახოთ r , X ღერძებში ეგხ Z_{AB} ვექტორით, იმის მხედველობაში მიღებით, რომ ხაზის ნებისმიერი წერტილი ხასიათდება r და X წინალობებით.

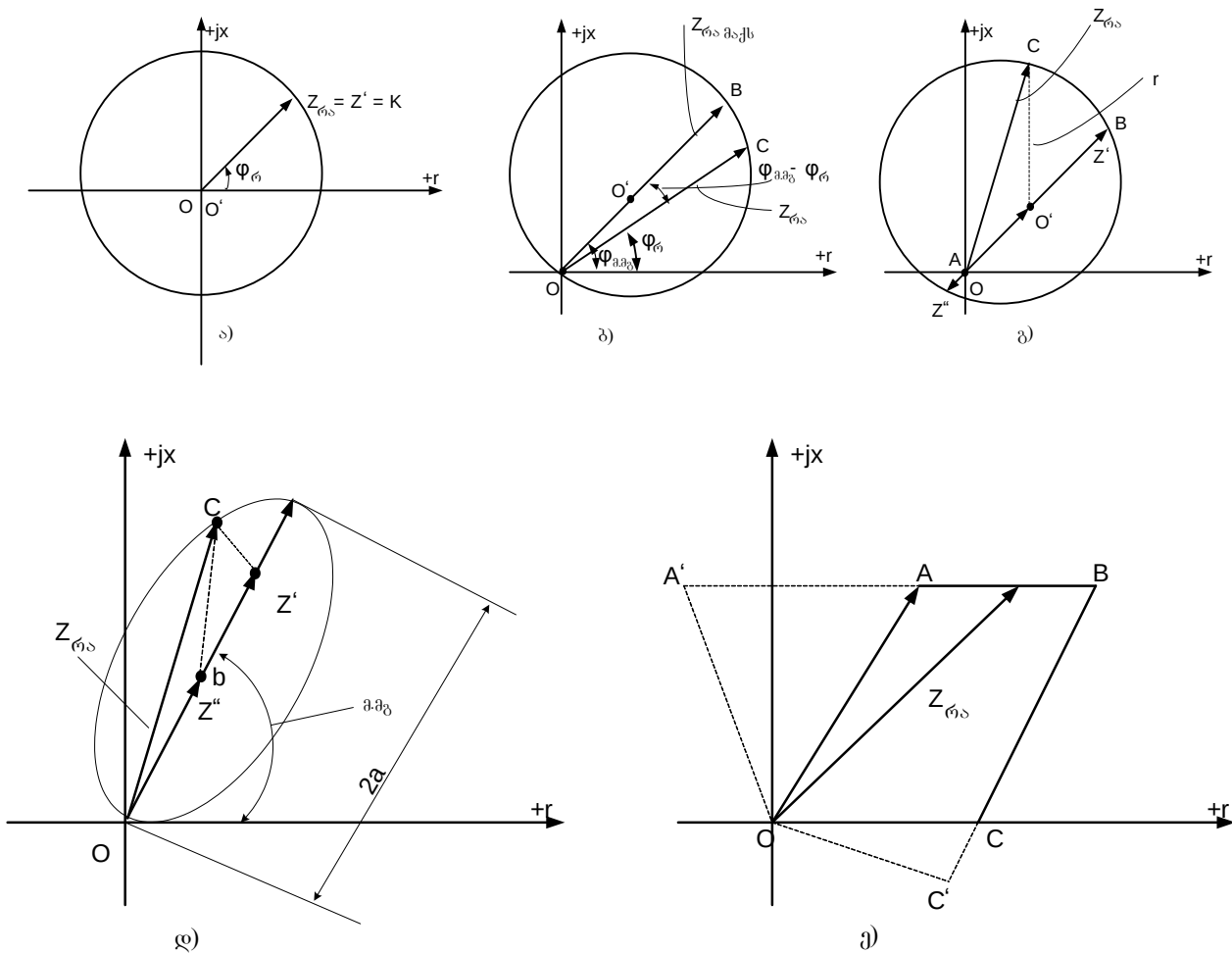
თუ ქსელის ყველა უბნის წინალობას გააჩნია ერთი და იგივე კუთხე ϕ , მაშინ კომპლექსურ სიბრტყეზე მათი გეომეტრიული ადგილი გამოისახება სწორით, რომელიც წანაცვლებულია r ღერძიდან ϕ კუთხით (ნახ.10.6 გ).

განსახილველი დაცვა A ემთხვევა კოორდინატა სათავეს (ნახ. 10.6 გ, დ); ქსელის ყველა უბნის კოორდინატი, რომელიც მოთავსებულია A დაცვის ზონაში, ითვლებიან დადებითად და მოთავსებული არიან სიბრტყის I კვადრატში (ნახ. 10.6 გ). A წერტილის მარცხნივ ქსელის უბნის კოორდინატები ითვლებიან უარყოფითად და მოთავსებული არიან მესამე კვადრატში; ე.გ.ხ.1-ის წინალობა დიაგრამაზე ნაჩვენებია AB მონაკვეთით, ხოლო ე.გ.ხ.3-ის - AD მონაკვეთით.

ბ) რელეს მუშაობის მახასიათებლები.

მინიმალური წინაღობის ტიპის ძირითადი რელეების მუშაობის მახასიათებლები გამოსახული არის ნახ. 10.7-ზე. ცალკეული რელეების მახასიათებლები წარმოადგენს წერტილთა გეომეტრიულ ადგილს, რომლებიც აკმაყოფილებენ ტოლობას: $Z_r = Z_{r0}$ მახასიათებლის დამტრიხული ნაწილი, სადაც $Z_r < Z_{r0}$. შეესაბამება რელეს მოქმედების ზონას; Z_r –ს მნიშვნელობის დროს, რომელიც მდებარეობს დამტრიხული ზოლის გარეთ, ანუ, როცა $Z_r > Z_{r0}$, რელე არ მოქმედებს. ამრიგად რელეს მუშაობის მახასიათებელი წარმოადგენს შემომსაზღვრელ მრუდს, რომელიც განსაზღვრავს რელეს მოქმედების პირობებს. ეს მახასიათებელი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც დამოკიდებულება რელეს ამუშავების წინაღობის $|Z_r|$ მოდულსა და φ_r კუთხეს შორის, რომელიც განსაზღვრავს მის მიმართულებას და გამოვსახოთ განტოლების სახით $Z_{r0} = f(\varphi_r)$. განვიხილოთ შედარებით გავრცელებული რელეს მახასიათებლები:

1. სრული წინაღობის რელე მიმართულების გარეშე (ნახ. 10.7 ა)



ნახ. 10.7 წინაღობის რელეს მუშაობის მახასიათებლები. (ა) მიმართულების გარეშე; (ბ) მიმართულებით კოორდინატა სათავეზე; (გ) მიმართულებით, წანაცვლებული მახასიათებლით; (დ) ელიფსური მახასიათებელი; (ე) მრავალკუთხა მახასიათებელი.

რელეს მუშაობის განტოლება

$$Z_{\text{რ}} = K \quad (10.2)$$

სადაც K არის მუდმივი სიდიდე.

ასეთი ტიპის რელეს გააჩნია წრიული მახასიათებელი, ცენტრით კოორდინატა სათავეზე და რადიუსით K ; რელე მუშაობს როცა $Z_{\text{რ}} \leq K$, φ კუთხის ნებისმიერი მნიშვნელობის დროს. რელეს მუშაობის ზონა განლაგებულია ოთხივე კვადრატში, მათ შორის პირველ და მესამე კვადრატებში. ეს უკანასკნელი კი ნიშნავს, რომ რელე (10.2) მახასიათებლით მუშაობს, როგორც წინაღობის რელე მიმართულების გარეშე.

2. სრული წინაღობის რელეს მიმართულებით გააჩნია $Z_{\text{რ}}$, რომელიც დამოკიდებულია φ კუთხეზე (ნახ. 10.7 ბ), მისი მუშაობის მახასიათებელი წარმოადგენს წრეს, რომელიც გადის კოორდინატა სათავეზე. რელეს ამუშავების წინააღობას აქვს მაქსიმალური მნიშვნელობა, როცა კუთხე $\varphi = \varphi_{\text{მაქს.მგრ.}}$; სადაც $\varphi_{\text{მაქს.მგრ.}}$ არის რელს მაქსიმალური მგრძნობიარობის კუთხე, რომლის დროსაც $Z_{\text{რ}} = Z_{\text{რ.მაქს.}}$, ანუ წრის OB დიამეტრი.

ასეთი რელეს $Z_{\text{რ}}$ -ს დამოკიდებულება φ კუთხისაგან გამომდინარეობს OBC მართკუთხა სამკუთხედიდან (ნახ. 10.7 ბ). რელე არ მოქმედებს $Z_{\text{რ}}$ -ის მნიშვნელობების დროს, რომლებიც განლაგებულია მე-3 კვადრატში. ეს ნიშნავს, რომ რელეს არ შეუძლია იმოქმედოს, როცა სიმძლავრე მიმართული არის ქვესადგურის სალტეებისაკენ. შესაბამისად, ზემოთ თქმულიდან გამომდინარეობს, რომ რელეს გააჩნია მიმართულება.

3. სრული წინაღობის რელე წანაცვლებული წრიული მახასიათებლით (ნახ. 10.7 გ). რელეს მახასიათებელი წანაცვლებულია კოორდინატა ღერძების მიმართ მესამე კვადრატში Z'' სიდიდით. ამიტომ რელე მუშაობს არა მარტო ხაზის დაცვების ზონაში მოკლედ შერთვის დროს, არამედ მოიცავს A ქვესადგურის სალტეებს და მისგან გამავალი მინაერთების ნაწილს.

$$\left| \frac{Z' - Z''}{2} \right| - \left| Z_{\text{რ.წ.}} - \frac{Z' + Z''}{2} \right| = 0 \quad (10.4)$$

განტოლება (10.4) შეიძლება მივიღოთ $OO'C$ სამკუთხედიდან. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ვექტორების $Z' - Z''$ გეომეტრიული სხვაობა ტოლი არის წრის დიამეტრის. აქედან

$$\left| \frac{Z' - Z''}{2} \right| = r \quad (10.4 \text{ ა})$$

ნახაზიდან გამომდინარეობს აგრეთვე, რომ $\frac{Z' + Z''}{2} = OO'$

ამის გათვალისწინებით ვწერთ:

$$\left| Z_{\text{რ.წ.}} - \frac{Z' + Z''}{2} \right| = |OC - OO'| = O'C = r \quad (10.4 \text{ ბ})$$

სადაც C არის წრის ნებისმიერი წერტილი; r წრის რადიუსი (10.4 ა) და (10.4 ბ) განტოლებების მარჯვენა ნაწილების გატოლებით მივიღებთ (10.4) განტოლებას.

4. რელე ელიფსური მახასიათებლით (ნახ. 10.7 დ). აღნიშნულ რელეს აქვს ელიფსური ფორმის მახასიათებელი. მისი ამუშავების წინააღმდეგობა დამოკიდებულია ρ_r კუთხეზე და დებულობს უდიდეს მნიშვნელობას, როცა $\rho_r = \rho_{\text{მაქს.მგრ.}}$; კუთხე $\rho_{\text{მაქს.მგრ.}}$ ჩვეულებრივად ტოლია ხაზის ϕ -ს; წინააღმდეგობა $Z_{\text{რა.მაქს.}}$ ტოლია ელიფსის დიდ ღერძის $2a$.

როგორც ცნობილია, ელიფსი წარმოადგენს წერტილთა გეომეტრიულ ადგილს, რომელთაგანაც ჯამური დაშორება b და d ფოკუსებამდე არის მუდმივი სიდიდე და ტოლია ელიფსის დიდი ღერძის $2a$. აღნიშნულიდან გამომდინარე თუ აღვნიშნავთ ფოკუსების b და d კოორდინატებს Z'' და Z' , ხოლო ელიფსის ნებისმიერი C წერტილის კოორდინატს $Z_{\text{რა.}}$, მივიღებთ ელიფსური მახასიათებლის განტოლებას

$$|Z_{\text{რა.}} - Z'| + |Z_{\text{რა.}} - Z''| = 2a \quad (10.5)$$

რელეს მოქმედების ზონა არის დაშტრიხული. წრიულ მახასიათებელთან შედარებით ელიფსურ მახასიათებელს გააჩნია შედარებით პატარა მუშა ზოლი. ეს საშუალებას იძლევა უფრო კარგად იქნას განრიდებული რელე რყევებისაგან და გადატვირთვისაგან.

5. რელე მრავალკუთხედის ტიპის მახასიათებლით. მიმართულებიანი წინააღმდეგობის რელეს მსგავსი მახასიათებელი ნაჩვენებია არის ნახ. 10.7 ე-ზე. აღნიშნული მახასიათებლის ზედდებით ნახ.10.6ე-ზე ნაჩვენებ OKBC მრავალკუთხედის ფართთან შეიძლება დავადგინოთ, რომ რელეს ოთხკუთხედის ფორმის მახასიათებელი უფრო მეტად ემთხვევა მოკლედ შერთვის დროს $Z_{\text{რა.}}$ ვექტორების განლაგების შემოსაზღვრული ფართის კონტურს, ვიდრე სხვა მახასიათებლები. იგი ამ მხრივ ითვლება ყველაზე რაციონალურ მახასიათებლად.

რელე მრავალკუთხედის ტიპის მახასიათებლით არის კონსტრუქციულად რთული, ამიტომ ჯერჯერობით იგი ფართოდ არ გამოიყენება.

10.5 წინააღმდეგობის რელეს შესრულების პრინციპები და ძირითადი მოთხოვნები კონსტრუქციების მიმართ.

დისტანციური რელეები შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა პრინციპებზე. ბოლო დრომდე ფართოდ იყო გავრცელებული რელეს ელექტრომექანიკური კონსტრუქციები ელექტრომაგნიტურ და განსაკუთრებით ინდუქციურ პრინციპზე. ბოლო დროს დამუშავდა და თანდათანობით ინერგება რელეები ნახევარგამტარული ელემენტებზე და ციფრულ ტექნოლოგიებზე, რომლებსაც გააჩნიათ მნიშვნელოვანი უპირატესობები. ენერგოსისტემაში უკვე დაინერგა ციფრული წინააღმდეგობის რელეები.

ყველა სახის წინააღმდეგობის რელეს მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია ძაბვის U_I და U_{II} ვექტორების ფაზების ან აბსოლუტურ მნიშვნელობების შედარებაზე,

რომლებიც წარმოადგენენ ქსელის დენისა და ძაბვის I_0 და U_0 ფუნქციებს შემდეგი გამოსახულებებით:

$$U_I = K_1 U_0 + K_2 I_0, \quad U_{II} = K_3 U_0 + K_4 I_0 \quad (10.4)$$

სადაც K_1, K_2, K_3 და K_4 არიან მუდმივი კოეფიციენტები, რომლებიც არ არიან დამოკიდებული I_0 და U_0 -ზე.

$K_1 \div K_4$ კოეფიციენტების ცვლილებით მიიღება სხვადასხვა ტიპის რელეების სხვადასხვა მახასიათებლით.

ელექტრომექანიკურ კონსტრუქციებში U_I და U_{II} სიდიდეების შედარება ხდება სამი ხერხით: მექანიკური-ელექტრომაგნიტური $M_{\exists I}$ და $M_{\exists II}$ მომენტების შედარების გზით, პროპორციული შესაბამისად U_I^2 -ს და U_{II}^2 -ს; ელექტრული U_I და U_{II} სიდიდეების უშუალოდ შედარებით; მაგნიტური $\Phi_1=U_I$ და $\Phi_2=U_{II}$ ნაკადების შეთანწყობის გზით.

ნახევარგამტარებიან რელეებში U_I და U_{II} ძაბვების შედარება ხდება შედარების სქემების გამოყენებით.

K კოეფიციენტების ცვლილებით შეიძლება მივიღოთ წინაღობის რელეები სხვადასხვა მახასიათებლით (ნახ. 10.7).

ძირითადი მოთხოვნები წინაღობის რელეს პარამეტრებისადმი არის შემდეგი:

1. წინაღობის რელეები უნდა იყოს სწრაფმოქმედი, რომ უზრუნველყოს პირველი ზონის ფარგლებში მოკლედ შერთვის სწრაფი გამორთვა. ამისათვის 110-500კვ ძაბვის ქსელში აუცილებელია გვქონდეს რელეები, რომლის მოქმედების დრო $t_0=0,1$ წმ.

2. წინაღობის რელეები, რომლებიც ასრულებენ დისტანციური ორგანოს ფუნქციას, უნდა გამოირჩეოდნენ $Z_{რა.}$ სიზუსტით, იმისათვის რომ დაცვების მოქმედების ზონები იყოს სტაბილური, ცდომილება $Z_{რა.}$ სიდიდის გადახრაში რელეზე განხორციელებული $Z_{კუთ.}$ დანაყენისაგან არ უნდა აღემატებოდეს 10%-ს.

3. გამშვი წინაღობის რელეებს უნდა ჰქონდეთ მაღალი დაბრუნების კოეფიციენტი

$$K_{\text{ვ}} = \frac{Z_{\text{დ}}}{Z_{\text{რა.}}} = 1,05 \div 1,15$$

10.6 წინაღობის რელეს მუშაობის სიზუსტე და ზუსტი ამუშავების დენი.

წინაღობის რელეს მუშაობა ხასიათდება ცდომილებით $\Delta Z = Z_{\text{კუთ}} - Z_{\text{რა.}}$, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენად განსხვავდება $Z_{\text{რა.}}$ მოქმედი მნიშვნელობა რელეს $Z_{\text{კუთ.}}$ დანაყენისაგან.

$Z_{\text{რა.}}$ დენის მნიშვნელობაზე დამოკიდებულების წარმოქმნის და რელეს მუშაობაში ცდომილების გამოწვევის ძირითად მიზეზებად ითვლებიან: ჯერ ერთი,

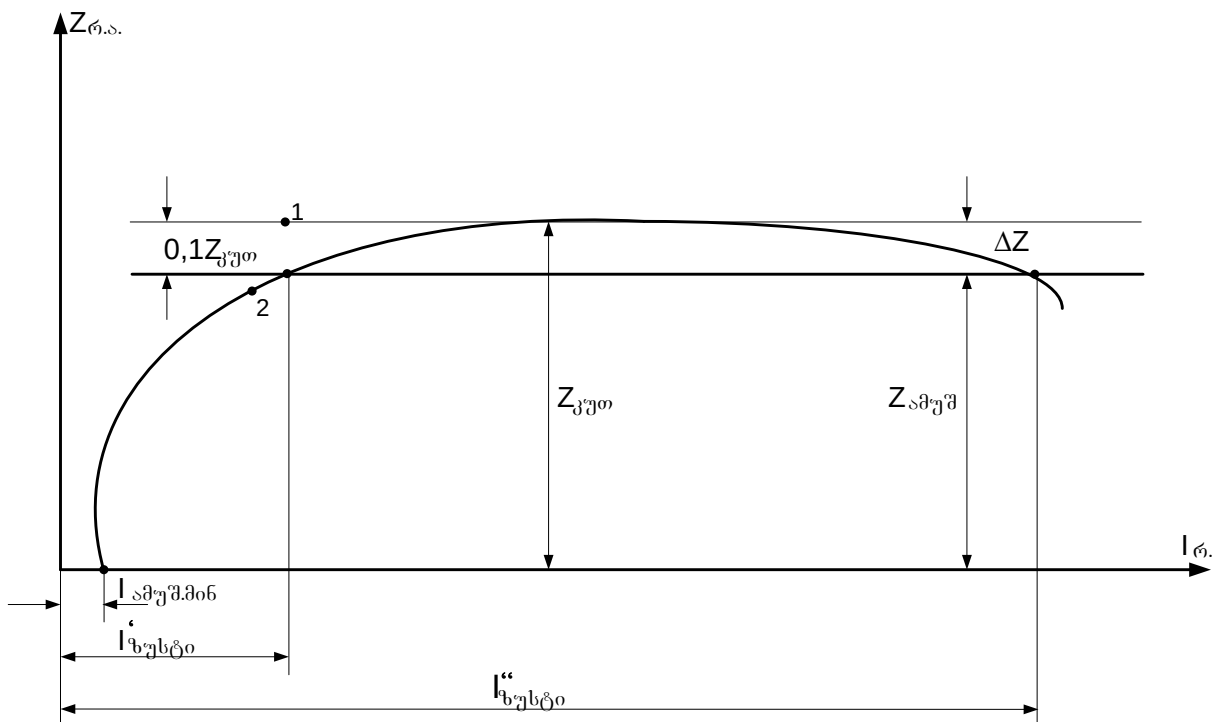
მექანიკური მომენტის და სხვა ფაქტორების არსებობა, რომლებიც იწვევენ კონსტრუქციის მგრძნობიარობის შეზღუდვას და მეორე, რელეს წრედებში არსებულ გამმართველების და მაგნიტური გამტარების არაწრფივობა.

ნახ.10.8-ზე ნაჩვენებია რელეს ამუშავების წინააღმდეგობის $Z_{რ.ა.}$ რელეში გამავალ $I_{რ.}$ დენზე დამოკიდებულების ხასიათი და ამ დროს წარმოქმნილი ΔZ ცდომილებები. მექანიკური მომენტისა და სხვა ფაქტორების არ არსებობის პირობებში, რომლებიც იწვევენ რელეს მგრძნობიარობის შეზღუდვას, მუშაობის მახასიათებელი არ არის დამოკიდებული $I_{რ.}$ დენზე და გამოსახულია სწორი ხაზით 1 ($Z_{რ.ა.}=Z_{კუთ.}$). რელეს ნამდვილი მახასიათებელი წარმოდგენილია 2 მრუდით.

განვიხილოთ განსაკუთრებული მომენტები: როცა $Z_{რ.ა.} = 0$, რასაც ადგილი აქვს როცა $U_{რ.}=0$, რელე მუშაობს მხოლოდ რელეში გამავალი დენის განსაზღვრული მნიშვნელობის დროს $I_{რ.მინ.}$ რომელმაც ამ შემთხვევაში უნდა გადალახოს მექანიკური მომენტის და სხვა ფაქტორების წინააღმდეგობა. აღნიშნული ფაქტორები განაპირობებენ რელეს მგრძნობიარობას.

რელეში გამავალი დენის მცირე მნიშვნელობების დროს, რომელიც თანაზომადია $I_{რ.მინ.}$ სიდიდის, რელეს ცდომილება განსაკუთრებით დიდია. ეს აიხსნება ΔZ ცდომილების დიდი მნიშვნელობით, რომელიც განპირობებულია მექანიკური მომენტით.

რელეში $I_{რ.}$ დენის ზრდასთან ერთად ΔZ ცდომილების მნიშვნელობა მცირდება და მახასიათებლის შუა ნაწილში ცდომილება იმდენად მცირეა, რომ შეიძლება იგი უგულებელვყოთ და ჩავთვალოთ, რომ $Z_{რ.ა.} = Z_{კუთ.}$.



ნახ. 10.8

რელეში გამავალი I_0 დენის დიდი მნიშვნელობების დროს თავს იჩენს მაგნიტური გამტარის გაჟღენთვა და გამმართველების არაწრფივობა, შედეგად ΔZ ცდომილება კვლავ იზრდება, ხოლო $Z_{რა.}$ მცირდება.

2 მრუდიდან ჩანს, რომ წინააღობის ყოველ რელეს შეუძლია იმუშაოს საკმაოდ მაღალი სიზუსტით, I_0 დენების მხოლოდ განსაზღვრულ დიაპაზონში. მიღებული არის, რომ დისტანციური რელეებისათვის ΔZ ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს 10%-ს.

აღნიშნული პირობის შესაბამისად $Z_{რა.} = f(I_0)$. მრუდით განისაზღვრება რელეს ზუსტი მუშაობის დენის სიდიდეები, რომლის დროსაც ცდომილება 10%-ის ტოლია, ხოლო $Z_{რა.} = 0,9Z_{კუთ.}$

რელეს თანამედროვე კონსტრუქციებში ზუსტი მუშაობის დენის სიდიდე მახასიათებლის საწყის ნაწილში შეადგენს 1-7 ამპერი.

წინააღობის რელეს დანაყენის შერჩევის დროს საჭიროა შემოწმდეს, რომ რელეს მოქმედების ზონის ბოლოში მოკლედ შერთვის დროს $I_{მ.შ.მინ} \geq I'_{ზუსტი}$, ხოლო $I_{მ.შ.მაქს.} \leq I''_{ზუსტი}$. თუ ეს პირობები არ იქნება შესრულებული, მაშინ რელეს ცდომილება გადააჭარბებს 10%-ს.

10.7 დაცვის დისტანციური ორგანოები.

ა) მოთხოვნები რელეს ჩართვის სქემების მიმართ.

დისტანციური ორგანოები, რომლებიც განხორციელებული არიან წინააღობის რელეებით, ჩართული უნდა იყვნენ ქსელის დენზე და ძაბვაზე ისეთი სქემებით, რომლის დროსაც რელეს მომჭერებზე წინააღობა $Z_{რა.}$ პროპორციული იქნება დაზიანების L_K ადგილამდე მანძილის და არ იქნება დამოკიდებული მოკლედ შერთვის სახეზე.

ამგვარად, დასმული პირობის შესრულებისათვის $U_{რა.}$ ძაბვა რელეს მომჭერებზე ტოლი უნდა იყოს მოკლედ შერთვის წერტილამდე $I_{შა.}$ Z_K ძაბვის ვარდნის, ხოლო დენი I_0 - მოკლედ შერთვის $I_{შა.}$ დენის; მაშინ

$$Z_{რა.} = \frac{U_{რა.}}{I_0} = \frac{I_{შა.} Z_K}{I_{შა.}} = Z_K = Z_{კუთ.} L_K$$

აღნიშნულიდან გამომდინარე დისტანციური ორგანოები ჩართული არიან მოკლედ შერთვის წრედის დენზე და ძაბვაზე. ორგანო მოკლედ შერთვის დროს დისტანციური ორგანოების სწორი ფუნქციონირებისათვის საჭიროა დაიდგას სამი დისტანციური ორგანო, რომლებიც რეაგირებას მოახდენენ AB, BC და CA ფაზებს შორის დაზიანებებზე.

ჩართვის სქემები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ფაზათაშორის მოკლედ შერთვების დროს $Z_{რა.}$ და L_K შორის პროპორციულობას, სრულიად მიუღებელია მიწასთან მოკლედ შერთვის პირობებში. ამიტომ რელე, რომელიც რეაგირებს

ფაზათაშორის მოკლედ შერთვებზე და რელე განკუთვნილი, მიწასთან ერთფაზა მოკლედ შერთვებისათვის, ჩართული არიან წრედში სხვადასხვა სქემებით. აღნიშნული სქემები განხილული არიან ქვემოთ

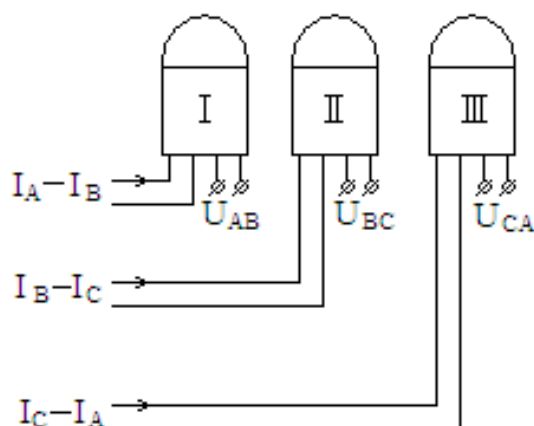
ბ) დისტანციური ორგანოს ჩართვის სქემა, რომელიც რეაგირებს ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვებზე.

ხაზურ ძაბვაზე და ფაზური დენების სხვაობაზე რელეს ჩართვის სქემა განხორციელებულია ცხრილი 10.1-ის შესაბამისად.

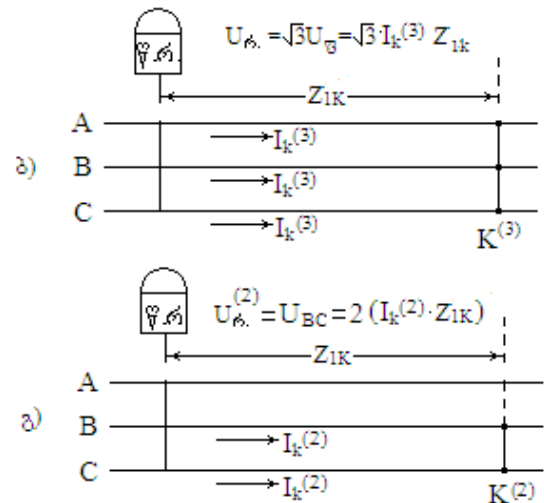
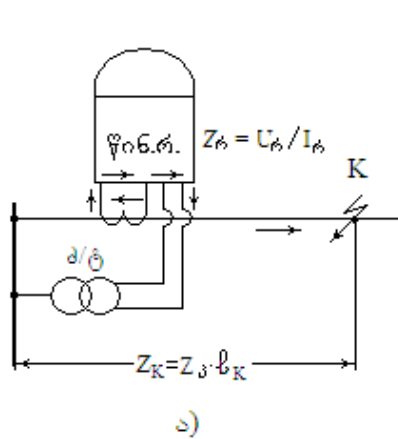
ცხრილი 10.1

რელე ფაზაში	I_{ϕ}	U_{ϕ}
AB	$I_A - I_B$	U_{AB}
BC	$I_B - I_C$	U_{BC}
CA	$I_C - I_A$	U_{CA}

ჩართვის ასეთი ხერხი (ნახ. 10.9) სრულად პასუხობს ზემოთ დასმულ პირობებს, რომელშიც ადვილად შეიძლება დავრწმუნდეთ თუ განვსაზღვრავთ წინააღმდეგობებს რელეს მომჭერებზე სხვადასხვა სახის ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების დროს. სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 10.10 ბ) სამივე დისტანციური ორგანო იმყოფება ერთნაირ პირობებში. თითოეულ მათგანზე მიეწოდება ხაზური ძაბვა, რომელიც ტოლია $\sqrt{3} U_{\phi}$; ფაზური ძაბვა U_{ϕ} ტოლი არის სადენის ფაზაში ძაბვის ვარდნის რელეს დადგმის ადგილიდან მოკლედ შერთვის წერტილამდე.



ნახ. 10.9 დისტანციური ორგანოების ჩართვის სქემა



ნახ. 10.10 მოკლედ შერთვა დასაცავ ხაზზე: (ა) ქსელის სქემა; (ბ) დენები და ძაბვები დაზიანებულ ფაზებში სამფაზა მ.შ.-ის დროს; (გ) დენები და ძაბვები დაზიანებულ ფაზებში ორფაზე მ.შ.-ის დროს.

აქედან ძაბვა $U_{\phi}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot I_K^{(3)} \cdot Z_{1K} = \sqrt{3} \cdot I_K^{(3)} \cdot Z_{1j} \cdot L_K$, სადაც $I_K^{(3)}$ არის ფაზაში გამავალი სამფაზა მოკლედ შერთვის დენი; Z_{1K} - ფაზის პირდაპირი მიმდევრობის წინაღობაა რელეს დადგმის ადგილიდან მოკლედ შერთვის წერტილამდე; L_K - მანძილი დაზიანების ადგილამდე; Z_{1j} - ფაზის პირდაპირი მიმდევრობის კუთრი წინაღობა 1 კმ-ზე.

დენი თითოეულ რელეში ტოლი არის ორი ფაზის დენების გეომეტრიული სხვაობის ანუ $I_{\phi} = \sqrt{3} \cdot I_K^{(3)}$; შესაბამისად თითოეული რელეს მომჭერზე წინაღობა:

$$Z_{\phi}^{(3)} = \frac{U_{\phi}^{(3)}}{I_{\phi}^{(3)}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_K^{(3)} \cdot Z_{1K}}{\sqrt{3} \cdot I_K^{(3)}} = Z_{1K} = Z_{1j} \cdot L_K$$

ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს, მაგალითად B და C ფაზებს შორის (ნახ. 10.10 გ), მხოლოდ B და C ფაზების ძაბვებზე მიერთებული დისტანციური ორგანო დებულობს ძაბვას რელეს მომჭერებზე, რომელიც პროპორციულია L_K - მანძილის. ეს ძაბვა ტოლი არის რელეს დადგმის ადგილიდან მოკლედ შერთვის წერტილამდე ძაბვის ვარდნის, ამიტომ: $U_{\phi}^{(2)} = U_{BC} = 2I_K \cdot Z_{1K}$

დენი $I_{\phi}^{(2)} = I_B - I_C = 2 \cdot I_K$; აქედან ვღებულობთ:

$$Z_{\phi}^{(2)} = \frac{U_{\phi}^{(2)}}{I_{\phi}^{(2)}} = \frac{U_{BC}}{I_B - I_C} = \frac{2I_K \cdot Z_{1K}}{2I_K} = Z_{1K} = Z_{1j} \cdot L_K$$

AB და CA ფაზებს შორის მოკლედ შერთვების დროს $Z_{\phi}^{(2)}$ პოულობენ ანალოგიურად და იგი ტოლი არის $Z_{1K} = Z_{1j} \cdot L_K$.

ანალოგიურად, შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს მიწასთან $Z_{\phi}^{(1,1)} = Z_{1K} = Z_{1j} \cdot L_K$.

ამრიგად ყველა სახის ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების დროს წინაღობა რელეს მომჭეებზე ტოლია ფაზის პირდაპირი მიმდევრობის წინაღობის Z_{1K} ; შესაბამისად $Z_{\phi} \equiv L_K$ და $Z_{\phi}^{(3)} = Z_{\phi}^{(2)} = Z_{\phi}^{(1,1)}$; როგორც ეს იყო გათვალისწინებული მოთხოვნებით.

გ) დისტანციური ორგანოს ჩართვის სქემა, რომელიც რეაგირებს ერთფაზა მოკლედ შერთვაზე.

იმისათვის, რომ მიწასთან ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს დისტანციურმა ორგანომ განსაზღვროს დაშორების მანძილი დაზიანების წერტილამდე, საჭიროა იგი ჩართოს დენური კომპენსაციის სქემით (ნახ. 10.11 ა). სქემაში გათვალისწინებულია სამი ცალი წინაღობის რელე, რომელთაგანაც თითოეული ჩართულია ცხრილი 10.2-ის შესაბამისად A, B და C ფაზების U_{ϕ} ძაბვაზე და დენზე $I_{\phi} = I_{\phi} + K3I_0$; სადაც I_{ϕ} და U_{ϕ} არის ერთი და იგივე ფაზის დენი და ძაბვა; $K3I_0$ – ნულოვანი მიმდევრობის დენის პროპორციული დენი.

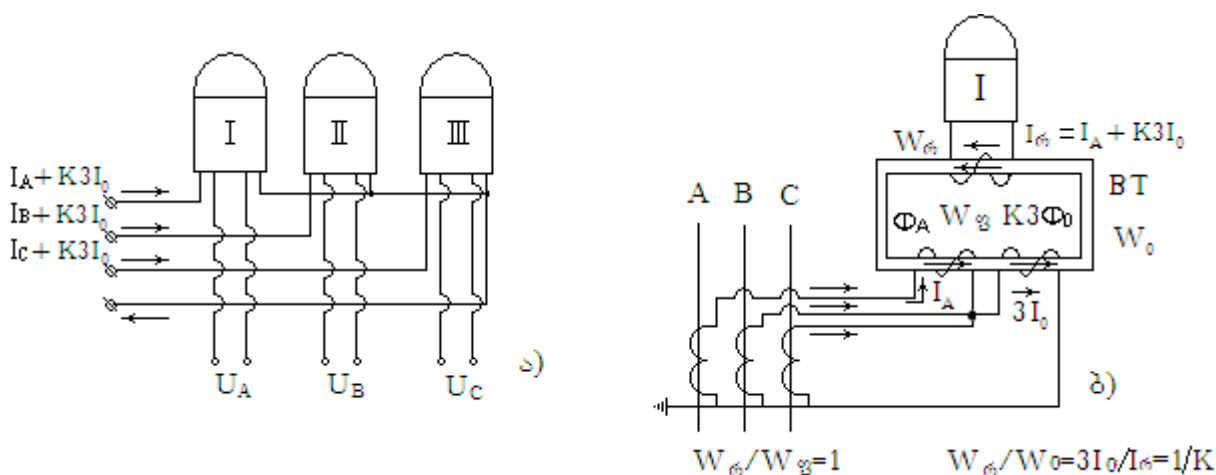
პროპორციულობის კოეფიციენტი $K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1}$, K კოეფიციენტის ასეთი

მნიშვნელობის დროს, ერთფაზა მოკლედ შერთვის შემთხვევაში, რელეს მომჭერებზე

წინაღობის სიდიდე $Z_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{I_{\phi} + K \cdot 3 \cdot I_0}$ მიიღება ტოლი Z_1 მოკლედ შერთვის

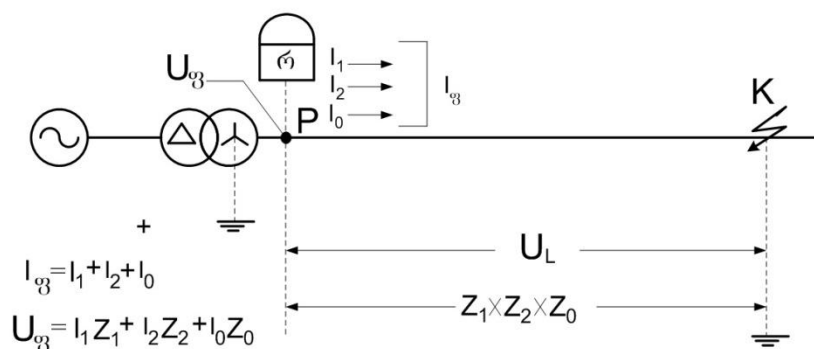
წერტილამდე პირდაპირი მიმდევრობის წინაღობის.

იმის დასამტკიცებლად, რომ შერჩეული კომპენსაციის სქემა უზრუნველყოფს $Z_{\phi} = Z_1$, გავნიხილოთ ერთფაზა მოკლედ შერთვა, მაგალითად A ფაზაზე (ნახ. 10.12).



ნახ. 10.11 დისტანციური ორგანოების ჩართვის სქემა $I_{\phi} + K3I_0$ დენზე.

(ა) სამფაზა ჩართვის სქემა; (ბ) $I_{\phi} + K3I_0$ დენის მიღების სქემა.



ნახ. 10.12

ცხრილი 10.2

რელე ფაზაში	ძაბვა	დენი
A	U_A	$I_A + K3I_0$
B	U_B	$I_B + K3I_0$
C	U_C	$I_C + K3I_0$

A ფაზის რელეს მომჭერებზე წინაღობა, 10.2 ცხრილის შესაბამისად ტოლია:

$$Z_{\phi} = \frac{U_A}{I_A + K \cdot 3 \cdot I_0} \quad (10.7)$$

დაცვის დადგმის ადგილზე (წერტილი P) A ფაზის ძაბვა $U_A = U_1 + U_2 + U_0$; P წერტილში თითოეული მდგენელი U_1 , U_2 , U_0 ტოლია K წერტილში ძაბვის შესაბამისი მდგენელების და KP უბანზე ძაბვის ვარდნის შესაბამისი მდგენელების ჯამის. აქედან: $U_A = (U_{1K} + I_1 Z_1) + (U_{2K} + I_2 Z_2) + (U_{0K} + I_0 Z_0)$ სადაც U_{1K} , U_{2K} , U_{0K} პირდაპირი, უკუ და ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვებია; I_1 , I_2 , I_0 მოკლედ შერთვის დენის სიმეტრიული მდგენელები, Z_1 , Z_2 , Z_0 პირდაპირი, უკუ და ნულოვანი მიმდევრობის წინაღობები KP უბანზე.

თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ დაზიანებულ ფაზაზე $U_{1K} + U_{2K} + U_{0K} = 0$, მაშინ შეგვიძლია დავწეროთ:

$$U_A = I_1 Z_1 + I_2 Z_2 + I_0 Z_0 \quad (10.8)$$

(10.8) განტოლების მარჯვენა ნაწილში მივუმატოთ და გამოვაკლოთ $I_0 Z_1$, აგრეთვე გავითვალისწინოთ, რომ ხაზისათვის $Z_1 = Z_2$ და A ფაზისათვის ჯამი $I_1 + I_2 + I_0 = I_A$ ასეთ პირობებში ვღებულობთ:

$$U_A = I_A Z_1 + I_0 (Z_0 - Z_1) \quad (10.9)$$

(10.9) გამოსახულება შევიტანოთ (10.7) განტოლებაში, მივიღებთ:

$$Z_{\phi} = \frac{Z_1(I_A + \frac{Z_0 - Z_1}{3 \cdot Z_1} \cdot 3 \cdot I_0)}{I_A + K \cdot 3 \cdot I_0} \quad (10.10)$$

აღვნიშნოთ $K = \frac{Z_0 - Z_1}{3 \cdot Z_1}$, ვღებულობთ:

$$Z_{\phi} = Z_1 = Z_{1\phi} \cdot L_{\phi K} \quad (10.11)$$

გამოსახულება (10.11) სამართლიანია, როგორც ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს, ისე ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს მიწასთან. ამრიგად დენური კომპენსაციის სქემით ჩართული რელეს მომჭერებზე წინაღობა პროპორციულია მოკლედ შერთვის წერტილამდე მანძილის და არ არის დამოკიდებული მიწასთან მოკლედ შერთვის სახეობაზე, აგრეთვე I_1 და I_0 დენები თანაფარდობაზე.

ამიტომ დენური კომპენსაციის სქემა სრულიად პასუხობს დისტანციური ორგანოების მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს და იგი ვრცლად არის გამოყენებული პრაქტიკაში.

10.8 წინაღობის რელე ნახევარგამტარული ელემენტების გამოყენებით.

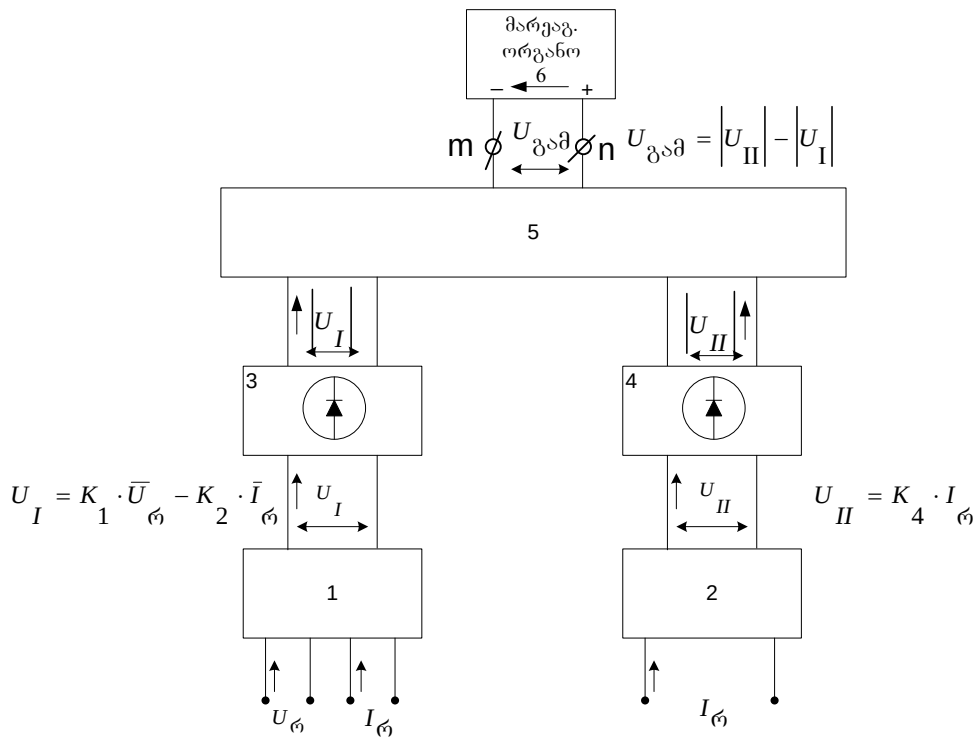
წინაღობის რელე გამართულ დენზე გამოირჩევა სქემის სიმარტივით, სიმძლავრის მოხმარების სიმცირით და საშუალებას იძლევა მივიღოთ სხვადასხვა სახის მუშაობის მახასიათებლები (წრიული, ელიფსური და ა.შ.).

ასეთი რელეების მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია U_I და U_{II} ძაბვების აბსოლუტური სიდიდეების შედარებაზე, რომლებიც წარმოადგენენ ზოგადად ქსელის ძაბვისა და დენის ფუნქციებს. წინაღობის რელეს მისაღებად (10.6) განტოლებაში, რომელიც განსაზღვრავს U_I და U_{II} ძაბვების მნიშვნელობებს, საჭიროა მივიღოთ კოეფიციენტი $K_3 = 0$, $K_2 < 0$, ხოლო $K_1 > 0$, $K_4 > 0$, მაშინ შეიძლება დავწეროთ:

$$\begin{aligned} U_I &= K_1 \cdot U_{\phi} - K_2 \cdot I_{\phi} \\ U_{II} &= K_4 \cdot I_{\phi} \end{aligned} \quad (10.12)$$

U_I და U_{II} სიდიდეების შედარება განხორციელებული არის ერთი სიდიდისგან მეორე სიდიდის უშუალო გამოკლებით. ძვრის კუთხის გავლენის აღმოფხვრისათვის წარმოებს შესადარებელი ძაბვების გამართვა, ხოლო შემდეგ ხდება გამართული სიდიდეების $|U_I|$ და $|U_{II}|$, რომლებიც პროპორციული არიან U_I და U_{II} საშუალო სიდიდეების, ერთმანეთზე გამოკლება.

წინაღობის რელეს ბლოკ-სქემა ორი სიდიდის აბსოლუტური მნიშვნელობების შედარების პრინციპით მოცემულია ნახ. 10.13-ზე.



ნახ. 10.13

რელე შეიცავს (1) და (2) გარდამქმნელ (შემკრებ) მოწყობილობებს, (3) და (4) გამმართველ (ნახევარგამტარულ დიოდებზე) მოწყობილობებს, შედარების სქემებს (5) და მარეაგირებელ ორგანოს (ნულინდიკატორი) (6); რელეს შესასვლელზე მიწოდებული არის ქსელის U_ϕ ძაბვა და I_ϕ დენი; გარდამქმნელ მოწყობილობებში (1) და (2) ტრანსფორმატორის საშუალებით U_ϕ ძაბვა გარდაიქმნება $K_1 U_\phi$ ძაბვად, ხოლო I_ϕ დენი ტრანსრეაქტორის გავლით გარდაიქმნება ორ ძაბვად $K_2 I_\phi$ და $K_4 I_\phi$. გარდაქმნილი სიდიდეები შეიკრიბება (10.12) განტოლების შესაბამისად; შედეგად შემკრები მოწყობილობის გამოსასვლელზე წარმოიქმნება ორი ძაბვა $U_I = K_1 \cdot U_\phi - K_2 \cdot I_\phi$ და $U_{II} = K_4 \cdot I_\phi$; აღნიშნული ძაბვები გაიმართება (3) და (4) გამმართველებში და მიღებული აბსოლუტური სიდიდეები $|U_I|$ და $|U_{II}|$, მიეწოდება შესაბამის სქემას (5), სადაც ხდება მათი სიდიდეების გამოკლება. შედარების სქემის გამოსასვლელზე წარმოიქმნება ძაბვა $U_{\text{გამ}} = |U_{II}| - |U_I|$, რომელიც მიეწოდება მარეაგირებელ ორგანოს (6); მარეაგირებელ ორგანოს გააჩნია მიმართულების ფუნქცია, ანუ იგი მოქმედებს მხოლოდ განსაზღვრული ნიშნის (დადებითი) ძაბვის ან დენის მნიშვნელობაზე.

მარეაგირებელი ორგანოს პოლარობა შერჩეულია იმ ანგარიშით, რომ იგი მუშაობს როცა $U_{II} > U_I$, და არ მოქმედებს, როცა $U_{II} < U_I$; U_{II} ძაბვას ეწოდება მუშა, ხოლო U_I - დამამუხრუჭებელი., რადგანაც U_{II} -ის ზეგავლენით მარეაგირებელი ორგანო იწყებს მოქმედებას, ხოლო U_I -ით არ მუშაობს; შესადარებელი ძაბვების U_ϕ და I_ϕ სიდიდეებთან (10.12) გამოსახულებით შერჩეული ფუნქციონალური კავშირის პირობებში U_I და U_{II} სიდიდეების ფარდობითი მნიშვნელობები და შესაბამისად რელეს ქცევა დამოკიდებულია U_ϕ და I_ϕ შეფარდებაზე, სხვანაირად სიდიდეზე $Z_\phi = U_\phi / I_\phi$;

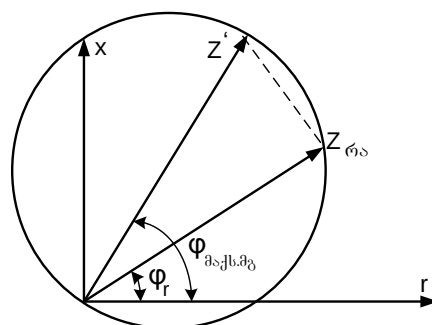
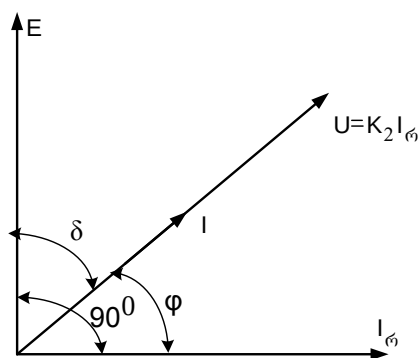
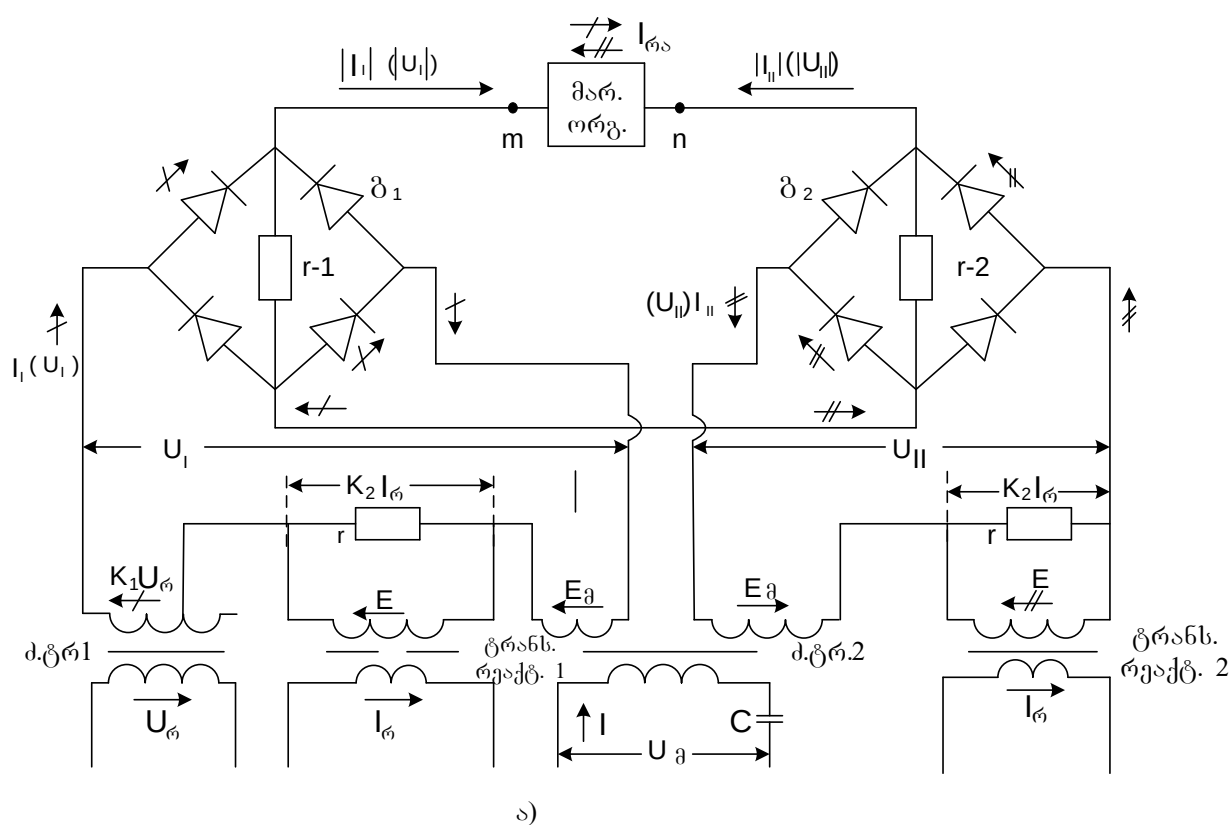
ნორმალურ რეჟიმში ძაბვა U_{ϕ} ახლოსაა ნომინალურთან, ხოლო დენი I_{ϕ} შედარებით მცირეა, ამიტომ $U_I = |K_1 \cdot U_{\phi} - K_2 \cdot I_{\phi}|$ მეტი არის $U_{II} = K_4 \cdot I_{\phi}$ სიდიდეზე და რელე არ მოქმედებს; დაცვის მოქმედების ზონაში მოკლედ შერთვის დროს დენი I_{ϕ} მნიშვნელოვნად იზრდება, ხოლო ძაბვა U_{ϕ} მცირდება; შედეგად $U_{II} > U_I$ და რელე იწყებს მოქმედებას. მაგალითის სახით განვიხილოთ წინააღობის რელეს კონკრეტული სქემები.

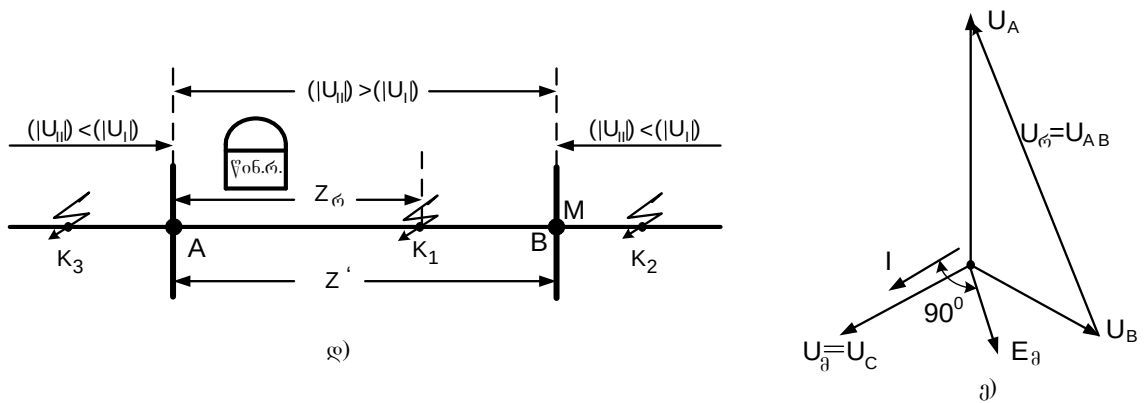
ა) წრიული მახასიათებლის მქონე წინააღობის რელე მიმართულებით.

მიმართულებიანი წინააღობის რელეს სქემა მოცემულია ნახ. 10.14-ზე. რელე დაფუძნებულია ორი ძაბვის აბსოლუტური მნიშვნელობების შედარებაზე.

$$U_I = |K_1 \cdot U_{\phi} - K_2 \cdot I_{\phi}| \text{ და } U_{II} = K_4 \cdot I_{\phi} \quad (10.13)$$

აქ $K_4 = K_2$





ნახ. 10.14 მიმართულებიანი წინაღობის რელე ძაბვების ბალანსზე შედარების სქემით.
 (ა) რელეს სქემა; (ბ) ტრანსრეაქტორის ვექტორული დიაგრამა; (გ) რელეს მახასიათებელი;
 (დ) რელეს მუშაობის განმარტებითი სქემა; (ე) მ.ტ.2-ის ვექტორული დიაგრამა.

შესადარებელი U_{II} და U_I ძაბვები მიიღება დამხმარე ძაბვის ტრანსფორმატორის (მტ) და ორი ერთნაირი ტრანსრეაქტორის გამოყენებით. ტრანსრეაქტორების მეორადი გრაგნილები დამოკლებული არიან r აქტიური წინააღობით. ქსელის ძაბვა მიწოდებულია (მტ1)-ზე და ტრანსფორმირდება მეორად გრაგნილში, სადაც წარმოქმნის $K_1 \cdot U_0$ ძაბვას. K_1 წარმოადგენს (მტ1)-ის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტს.

ქსელის დენი I_0 კვებავს (ტრ1) და (ტრ2) ტრანსრეაქტორების პირველად წრედებს და თითოეულის მეორად გრაგნილში დააინდუქტირებს ე.მ.დ.-ს $E = j \cdot K \cdot I_0$, რომელიც პროპორციულია I_0 დენის და დამრულია მისგან 90° -ით. ე.მ.დ.-ს ზემოქმედებით მეორადი გრაგნილის კონტურში წარმოიქმნება დენი $I \equiv E \equiv I_0$, რომელიც E -სგან ჩამორჩება δ კუთხით და განსაზღვრულია კონტურის x და r შეფარდებით; ტრანსრეაქტორის მეორადი გრაგნილის მომჭერებზე ძაბვა $U = I \cdot r$; თუ გავითვალისწინებთ რომ $I \equiv I_0$, მაშინ $U_{II} = K_2 \cdot I_r$; აქ K_2 წარმოადგენს კომპლექსურ სიდიდეს, რომელსაც აქვს წინააღობის განზომილება და დამოკიდებული არის ტრანსრეაქტორის პარამეტრებზე.

(მტ1)-ის და (ტრ1)-ის მეორადი გრაგნილები შეერთებული არიან ერთმანეთთან შემხვედრად (ნახ. 10.14 ა), ისე რომ გამომყვან მომჭერებზე აღიძვრას ძაბვა $U_I = |K_1 \cdot U_0 - K_2 \cdot I_r|$; ძაბვა $U = K_2 \cdot I_r$ მიიღება (ტრ2) ტრანსრეაქტორის მეორადი გრაგნილის მომჭერებზე. ძაბვა U_I მიწოდებული არის ორნახევარპერიოდთან გამმართველზე (გ1), ხოლო U_{II} მიწოდებული არის (გ2) გამმართველზე. გამართული ძაბვების სიდიდეების ზედდება ხორციელდება შედარების სქემის საშუალებით ძაბვების ბალანსზე. მარეაგირებელ ორგანოდ გამოყენებულია მაღალი მგრძნობიარობის მაგნიტური რელე ან ნულინდიკატორის ნახევარგამტარული სქემა, რომლის გამომყვანზეც ჩართული არის პოლარიზებული რელე.

როგორც სქემიდან ჩანს, $|U_I|$ და $|U_{II}|$ ძაბვები და მათ მიერ წარმოქმნილი დენები $|I_I|$ და $|I_{II}|$ მარეაგირებელი ორგანოს (მ.ო.) კონტურში მიმართული არიან ერთმანეთის შემხვედრად. ამიტომ ძაბვა მარეაგირებელი ორგანოს mn მომჭერებზე

$U_{\text{მო.}} = |K_2 \cdot I_{\text{ო}}| - |K_1 \cdot U_{\text{ო}} - K_2 \cdot I_{\text{ო}}|$, რელე მოქმედებს, როცა $|U_{\text{II}}| > |U_{\text{I}}|$. რელეს ამუშავების პირობა ხასიათდება განტოლებით:

$$|U_{\text{II}}| = |U_{\text{I}}| \text{ ან } |K_2 \cdot I_{\text{ო}}| = |K_1 \cdot U_{\text{ო}} - K_2 \cdot I_{\text{ო}}| \quad (10.14)$$

თუ 10.14 გამოსახულების ყველა წევრს გავყოფთ K_1 -ზე და $I_{\text{ო}}$ -ზე, აგრეთვე მივიღებთ, რომ $\frac{K_2}{K_1} = \frac{Z'}{2}$ და გავითვალისწინებთ, რომ $Z_{\text{ო}} = \frac{U_{\text{ო}}}{I_{\text{ო}}}$, 10.14 განტოლებაში წარმოადგენს $Z_{\text{ო}}$. წინააღმდეგ, რომელიც აკმაყოფილებს ამუშავების მოთხოვნებს, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\left| \frac{Z'}{2} \right| - \left| Z_{\text{ო}} - \frac{Z'}{2} \right| = 0 \quad (10.15)$$

გამოსახულება (10.15) წარმოადგენს წრის განტოლებას, რომელიც გადის კოორდინატთა სათავეზე, დიამეტრით Z' . შესაბამისად განხილული რელე წარმოადგენს მიმართულებიან წინააღმდეგობის რელეს.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ასეთი მახასიათებლის მქონე რელეს $Z_{\text{ო}}$ დამოკიდებული არის φ სიდიდეზე. როცა $\varphi = \varphi_{\text{მაქს.მგ.}}$; სადაც $\varphi_{\text{მაქს.მგ.}}$ არის Z' წინააღმდეგობის კუთხე, $Z_{\text{ო}} = Z'$ და აქვს მაქსიმალური მნიშვნელობა; φ -ს ყველა სხვა მნიშვნელობების დროს $Z_{\text{ო}} < Z'$ და განისაზღვრება გამოსახულებით $Z_{\text{ო}} = Z' \cos(\varphi_{\text{მაქს.მგ.}} - \varphi)$; ვინაიდან

$$Z' = 2 \cdot \frac{K_2}{K_1} \quad (10.16)$$

ამიტომ $Z_{\text{ო}}$ და Z' სიდიდეები შეიძლება დავარეგულიროთ K_1 -ს და K_2 -ს ცვლილებით, ანუ (მტ1)-ს და (ტრ)-ს ტრანსფორმაციის კოეფიციენტებით; კუთხე $\varphi_{\text{მაქს.მგ.}}$ განისაზღვრება (ტრ1) და (ტრ2) ტრანსრეაქტორების პარამეტრებით და შეიძლება ვარეგულიროთ r წინააღმდეგობის ცვლილებით. ჩვეულებრივად $\varphi_{\text{მაქს.მგ.}}$ მიიღება დასაცავი ხაზის წინააღმდეგობის კუთხის ტოლი და იცვლება 60° -დან 80° -მდე ზღვრებში.

მკვდარი ზონის აღმოფხვრის მიზნით რელეს მუშა და სამუხრუჭო კონტურებში შეყვანილი არის ერთნაირი ე.მ.ძ. ("მეხსიერება"), E_a , რომელიც შექმნილი არის (მტ2) ტრანსფორმატორით. (მტ2) ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილი იკვებება U_a ქსელის ძაბვით და C კონდენსატორის საშუალებით აწყობილი არის 50 ჰც-ზე რეზონანსში. (მტ2) ტრანსფორმატორის ქსელში ჩართვის სქემა შერჩეული არის ისე, რომ E_a , ფაზით თითქმის ემთხვევა $U_{\text{ო}}$ ძაბვას. ეს კარგად ჩანს ვექტორული დიაგრამიდან ნახ. 10.14-ზე.

ამისათვის (მტ2)-ის შესასვლელზე მიწოდებული არის იმ ფაზის ძაბვა, რომელიც არ ეწოდება (მტ1)-ს, მაგალითად თუ $U_{\text{ო}} = U_{AB}$, მაშინ $U_a = U_C$.

ასეთ პირობებში ახლო ორფაზა მოკლედ შერთვისას, რომელიც იწვევს $U_{\text{ო}}$ ძაბვის ნულამდე დაცემას, მესამე დაუზიანებელი ფაზის ძაბვა შენარჩუნებულია და

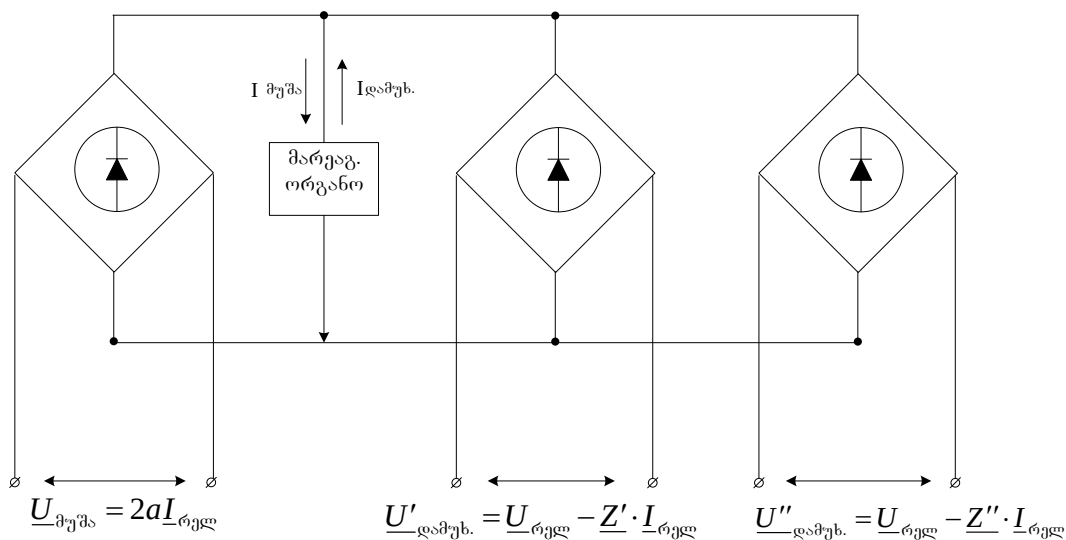
იგი უზრუნველყოფს რელეს მუშაობას ძაბვით, რომელიც განპირობებულია E_{θ} ე.მ.ძ.-ით.

სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს ყველა ფაზის ძაბვა ეცემა ნულამდე. ამ შემთხვევაში E_{θ} ე.მ.ძ. შენარჩუნებულია მცირე დროით C კონდენსატორის განმუხტვის განმავლობაში.

C კონდენსატორის განმუხტვის დროის განმავლობაში “მეხსიერების” ე.მ.ძ. წარმოქმნის დენს ორივე კონტურში, რომელიც უზრუნველყოფს რელეს მუშაობას. იმისათვის, რომ Z_{θ} -ზე ე.მ.ძ. E_{θ} -ის უარყოფითი (დამახინჯება) გავლენა მინიმუმამდე დავიყვანოთ, საჭიროა ე.მ.ძ. E_{θ} -ის მნიშვნელობა ავიღოთ U_{θ} -ის ნორმალურ მნიშვნელობაზე არაუმეტეს 3-5%.

ბ) ელიფსური მახასიათებლის მქონე წინააღობის რელე მიმართულებით.

რელე აგებული არის სამი ძაბვის სიდიდის შედარებაზე



ნახ. 10.15

რელეზე მიყვანილია სამი ძაბვა: მუშა $U_{\text{მუშა}}=2aI_{\theta}$ და ორი სამუხრუჭო $U'_{\text{სამ}} = U_{\theta} - Z' \cdot I_{\theta}$ და $U''_{\text{სამ}} = U_{\theta} - Z'' \cdot I_{\theta}$. სამუხრუჭო ძაბვებით შექმნილი დენები იკრიბებიან და შედარების სქემის საშუალებით ზედ ედება მუშა დენს. შემსრულებელ ორგანოდ გამოყენებული არის ნულინდიკატორი. დენი შემსრულებელ ორგანოში $I_{\theta} = |I_{\text{მუშა}}| - |I_{\text{სამ}}|$. რელეს ამუშავების საწყის პირობას წარმოადგენს ტოლობა:

$$I_{\text{მო.}} = |I_{\text{მუშა}}| - |I_{\text{სამ}}| = 0 \quad (10.17)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ დენები პროპორციული არიან შესაბამისი ძაბვების, მაშინ $I_{\text{მუშა}}$ და $I_{\text{სამ}}$. დენების ძაბვებით შეცვლის შედეგად განტოლება (10.17) მიიღებს სახეს: $|2 \cdot a \cdot I_{\theta}| = |U_{\theta} - Z' \cdot I_{\theta}| + |U_{\theta} - Z'' \cdot I_{\theta}|$, თუ აღნიშნული განტოლების

ყველა წევრს გავყოფთ I_{θ} -ზე და შეფარდებას $\frac{U_{\theta}}{I_{\theta}}$ შევცვლით Z_{θ} -ით, მივიღებთ:

$|Z_{\text{წი}} - Z'| + |Z_{\text{წი}} - Z''| = 2a$. მუშაობის მიღებული განტოლება ემთხვევა (10.5)-ს და წარმოადგენს ელიფსის განტოლებას, რომელიც გადის კოორდინატთა სათავეზე დიდი ღერძით $2a$. წინააღობები Z' და Z'' წარმოადგენენ ვექტორებს, რომლებიც განსაზღვრავენ ელიფსის ფოკუსების მდებარეობას.

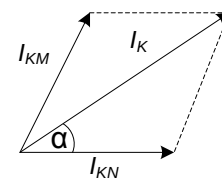
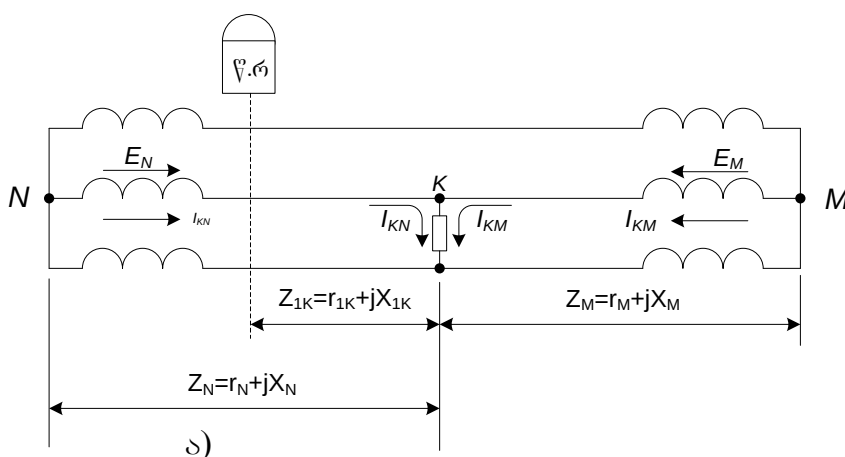
10.9 მიზეზები, რომლებიც იწვევენ დისტანციური დაცვის მოქმედების სიზუსტის დარღვევას.

დისტანციური ორგანოების მუშაობაზე გავლენას ახდენენ ზოგიერთი ფაქტორები, რომლებიც ამახინჯებენ $Z_{\text{წი}}$ სიდიდეს ისე, რომ ამ დროს ირღვევა პროპორციული დამოკიდებულება $Z_{\text{წი}}$ -სა და მოკლედ შერთვის წერტილამდე მანძილს L_k შორის. აღნიშნული ფაქტორების ზეგავლენა უნდა გავითვალისწინოთ წინააღობის რელეს ამუშავების დანაყენის შერჩევის დროს, იმისათვის რომ თავიდან ავიცილოთ სელექციურობის დარღვევა და დაცვის მოქმედების ზონის დაუშვებელი შემცირება.

ა) რკალის გარდამავალი წინააღობის ზეგავლენა.

მოკლედ შერთვის წერტილში გარდამავალი წინააღობა ძირითადად განპირობებულია ელექტრული რკალით, რომელსაც გააჩნია აქტიური წინააღობა $r_{\text{გ}}$ (ნახ. 10.16 ა, ბ). ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს დაზიანების ადგილზე რკალის არსებობისას (წ.რ.) წინააღობის რელეს მომჭერებზე წინააღობა, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 10.16-ზე ტოლია

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r} = \frac{2 \cdot I_{NK} \cdot Z_1 + I_K \cdot r_{\text{გ}}}{2 \cdot I_{KN}} = Z_1 + \frac{I_K \cdot Z_{\text{გ}}}{2 \cdot I_{KN}} = Z_{1K} + \Delta Z \quad (10.18)$$



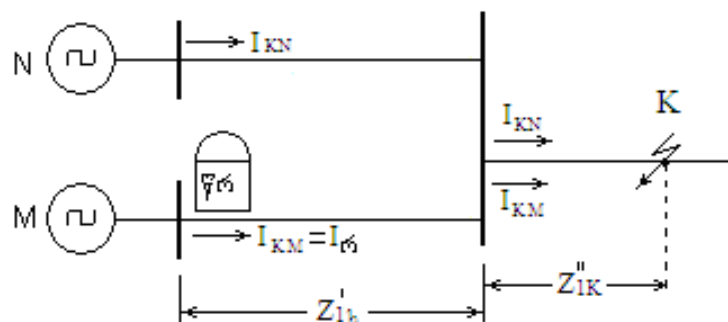
ნახ. 10.16 ელექტრული რკალის გავლენა $Z_{\text{წი}}$ წინააღობის სიდიდეზე Z_{1K} , r_{1K} , X_{1K} . ხაზის წინააღობა K მოკლედ შერთვის წერტილიდან დაცვის დადგმის ადგილამდე.

სადაც z_K არის მოკლედ შერთვის წერტილამდე პირდაპირი მიმდევრობის წინაღობა, r_{ϕ} არის ელექტრული რკალის წინაღობა; I_{KN} არის მოკლედ შერთვის დენი N კვების წყაროდან, რომელიც გადის (წ.რ.) რელეში; I_k არის რკალის წინაღობაში გამავალი მოკლედ შერთვის დენი, რომელიც ტოლია $I_K = I_{KN} + I_{KM}$; $\Delta Z = K \cdot r_{\phi}$, სადაც $K = \frac{I_K}{2 \cdot I_{KN}}$; იმის გამო, რომ მოკლედ შერთვის წერტილში გადის დენის ნაწილი I_{KM} , მოპირდაპირე მხარის M კვების წყაროდან, ამიტომ $\Delta Z > r_{\phi}$ და დაძრული არის მისგან α კუთხით, რომელიც ტოლია I_K და I_{KN} ვექტორებს შორის ძვრის კუთხის; I_{KM} და I_{KN} ვექტორებს შორის ფაზური ძვრა, E_N და E_M ე.მ.ძ.-ების ფაზური ძვრის გამო, წარმოქმნის Z_M და Z_N წინაღობების კუთხეების განსხვავებას და I_{KM} და I_{KN} დენების სიმეტრიული მდგენელების თანაფარდობებს შორის განსხვავებას. ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით (10.18) გამოსახულებიდან გამომდინარეობს, რომ სრული წინაღობის რელე გარდამავალი წინაღობის წარმოქმნას აღიქვამს, როგორც ნამდვილი მოკლედ შერთვის ადგილის გადაადგილებას ΔZ სიდიდით. შედეგად რელეს მოქმედების ზონა მცირდება და ჩნდება საანგარიშო ზონის ბოლოში დაცვის უარის და მომდევნო დაცვების არასელექციური მოქმედების შესაძლებლობა. რკალის წინაღობის ზუსტი სიდიდის განსაზღვრა ჯერ-ჯერობით შეუძლებელია.

დაზიანების წარმოქმნის საწყის მომენტში ელექტრული რკალის სიგრძე არის მინიმალური, ხოლო შემდგომ რკალის სიგრძე იზრდება, რის გამოც რკალის წინაღობა მატულობს. ამიტომ დროის დაყოვნებიან დაცვაზე რკალი ახდენს უფრო დიდ გავლენას, ვიდრე დაცვაზე დროის დაყოვნების გარეშე.

ბ) შუალედური ქვესადგურების სხვა წყაროებიდან მკვებავი დენების გავლენა.

ზოგიერთ შემთხვევაში დაცვის დადგმის ადგილსა და დაზიანების ადგილს შორის ჩართული აღმოჩნდება N კვების წყარო, რომელიც მოკლედ შერთვის წერტილში აგზავნის დამატებით I_{KN} დენს (ნახ. 10.17)



ნახ. 10.17 დისტანციური ორგანოს გაზომვების დამახინჯება მ.შ. წერტილის დამატებითი დენებით კვების გამო.

ეს დენი რელეში არ გადის, მაგრამ იგი დაზიანებული უბნის წინააღმდეგობაში წარმოქმნის დამატებით ძაბვის ვარდნას, რის გამოც იზრდება რელეს მომჭერებზე ძაბვა და მასთან ერთად წინააღმდეგობა Z_{ϕ} .

სხვა წყაროებიდან მკვებავი დენის გათვალისწინებით ძაბვა რელეს მომჭერებზე ტოლია: $U_{\phi} = I_{KM} \cdot Z'_{1b} + (I_{KM} + I_{KN}) \cdot Z''_{1K}$ დენი რელეში $I_{\phi} = I_{KM}$ აქედან

$$Z_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}} = Z'_{1b} + \frac{I_{KM} + I_{KN}}{I_{KM}} \cdot Z''_{1K} = Z'_{1b} + K_{\phi} \cdot Z''_{1K} \quad (10.19)$$

კოეფიციენტს $K_{\phi} = \frac{I_K}{I_{KM}} > 1$ ეწოდება განაწილების კოეფიციენტი.

სხვა ქვესადგურიდან მკვებავი დენის არსებობის პირობებში რელეს მომჭერებზე წინააღმდეგობის სიდიდე არის უფრო მეტი, ვიდრე დაცვის დადგმის ადგილიდან მოკლედ შერთვის წერტილამდე რეალურად არსებული პირდაპირი მიმდევრობის წინააღმდეგობა, რაც იწვევს მეორე და მესამე საფეხურების მოქმედების ზონების შემცირებას. რაც მეტია დამატებითი კვების I_{KN} დენი, მით უფრო მახინჯდება (იზრდება) Z_{ϕ} წინააღმდეგობა.

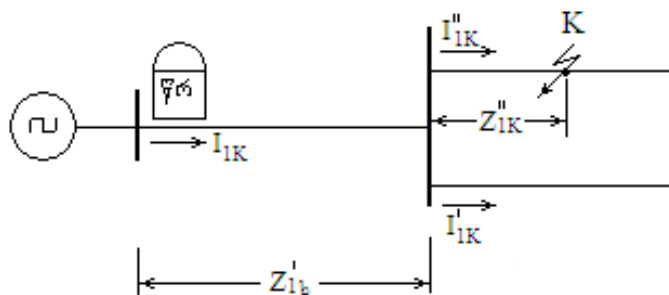
გ) ერთჯაჭვიანი ხაზის პარალელურ ხაზებთან შეთანწყობისას დენების განშტოების გავლენა.

განვიხილოთ ქსელის უბანი, როცა ერთჯაჭვიანი ხაზი კვებავს პარალელურ ხაზებს (ნახ.10.18). ასეთ პირობებში ერთჯაჭვიან ხაზზე კვების წყაროს მხარეს დადგმული რელე, ერთ-ერთ პარალელურ ხაზზე მოკლედ შერთვის დროს, ზომავს შემცირებულ წინააღმდეგობას. ამ შემთხვევაში $U_{\phi} = [I_{1K} \cdot Z'_{1b} + (I_{1K} - I'_{1K}) \cdot Z''_{1K}]$, $I_{\phi} = I_{1K}$. შესაბამისად

$$Z_{\phi} = Z'_{1b} + \frac{I_{1K} - I'_{1K}}{I_{1K}} \cdot Z''_{1K} = Z'_{1b} + K_{\phi} \cdot Z''_{1K} \quad (10.20)$$

სადაც $K_{\phi} = \frac{I_{1K} - I'_{1K}}{I_{1K}} < 1$ არის დენების განშტოების კოეფიციენტი.

ამრიგად დამატებით მკვებავი დენების და განშტოების დენების გავლენა უნდა იყოს გათვალისწინებული დისტანციური დაცვის დანაყენების ანგარიშის დროს.



ნახ. 10.18 დისტანციური ორგანოს გაზომვის დამახინჯება მ.შ. დენების კგანშტოების გამო.

10.10 გამარტივებული სქემები დისტანციური ორგანოების შემცირებული რაოდენობით.

დისტანციური რელეები განეკუთვნება რთული რელეების რიცხვს. ამასთან დაკავშირებით დამუშავებული არის სქემები, რომლებიც საშუალებას იძლევა შემცირდეს დაცვაში დისტანციური ორგანოების რაოდენობა.

ქვეთავ 10.7-ში აღწერილი დისტანციური ორგანოების ჩართვის ხერხები გათვლილი იყო სამ რელეზე. სქემებს, სადაც გამოყენებული არის სამი ორგანო ეწოდება სამსისტემიანი.

გამარტივების მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნას სქემა ერთი დისტანციური ორგანოთი (ერთსისტემიანი). ერთსისტემიან სქემებში დისტანციური ორგანოების სწორი ფუნქციონირებისათვის საჭიროა, ისინი გადაირთოს ავტომატურად იმ ფაზების დენებზე და ძაბვებზე, რომლებზეც აღიმრა დაზიანება. ასე მაგალითად, ერთსისტემიან სქემაში ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს A და B ფაზებს შორის დისტანციურ ორგანოზე უნდა მიეწოდოს ძაბვა U_{AB} და დენი I_A-I_B , ხოლო მოკლედ შერთვის დროს B და C ფაზებს შორის დისტანციურ ორგანოზე უნდა მიეწოდოს ძაბვა U_{BC} და დენი I_B-I_C .

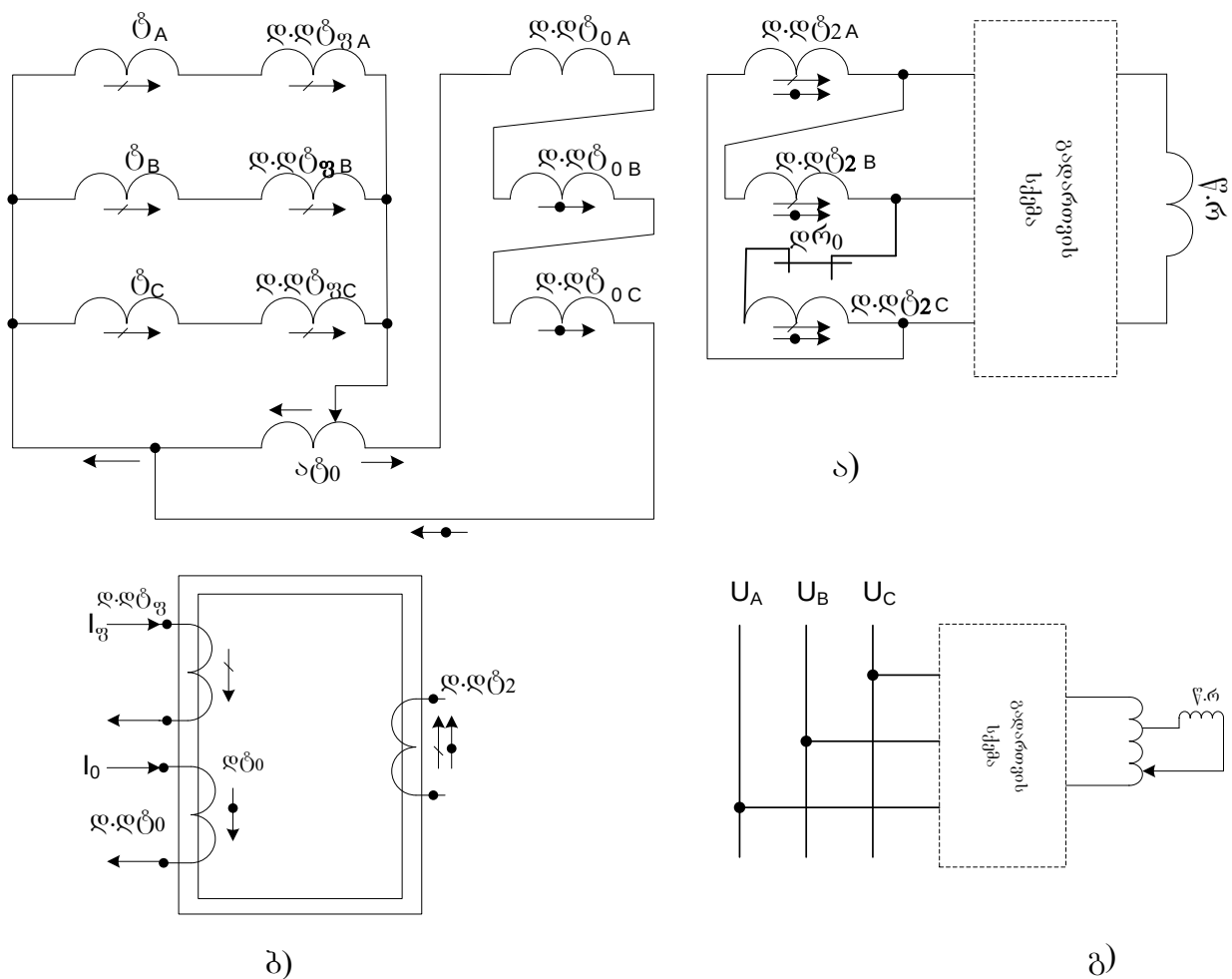
აღნიშნული გადართვები წარმოებს შუალედური რელეებით, რომლებიც იმართებიან დაცვის გამშვი ორგანოებით. ამისათვის საჭიროა, თითოეული გამშვი რელე მუშაობდეს მხოლოდ განსაზღვრულ ფაზაზე დაზიანების დროს. გამშვი ორგანოების ამ თვისებას ეწოდება არჩევითობა.

ნახ. 10.19-ზე წარმოდგენილია დაცვის დისტანციური ორგანოს ერთსისტემიანი გამარტივებული სქემა დენის და ძაბვის წრედებში გადართვებით. აღნიშნული სქემა გამოყენებული არის იზოლირებულ ნეიტრალიანი ქსელის რელეური დაცვის მოწყობილობებში.

მოკლედ შერთვის დენის დიდი მნიშვნელობების დროს (50-100 ა) გადამრთი რელეს კონტაქტების მუშაობის შემსუბუქების მიზნით (წ.რ.) რელეს დენური წრედების კვება განხორციელებულია დამხმარე დამწვევი (დ.დტ.) დენის ტრანსფორმატორის საშუალებით. ყოველ ასეთ ტრანსფორმატორს აქვს ორი პირველადი (დ.დტ₁) და (დ.დტ₀) და ერთი მეორადი (დ.დტ₂) გრაგნილი. (დ.დტ₁) გრაგნილი იკვებება შესაბამისი ფაზის I_{Φ} დენით, ხოლო (დ.დტ₀) გრაგნილი იკვებება I_0 დენით, რომელსაც იგი იღებს ატ₀ ავტოტრანსფორმატორიდან. პირველადი გრაგნილების I_{Φ} და I_0 დენები ტრანსფორმირდებიან (დ.დტ₂) მეორად გარგნილში,

სადაც აღიმკვრება დენი
$$I_2 = \frac{I_{\Phi} + K \cdot 3 \cdot I_0}{n_{\text{დტ}}}$$
.

სამფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვების დროს დენი $I_0=0$, ამ შემთხვევაში დენი $I_2 = I_{\Phi}/n_{\text{დტ}}$; ($n_{\text{დტ}}$ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ჩვეულებრივ ტოლია 25). ტრანსფორმაციის შედეგად (წ.რ.) რელეს კვების დენი მცირდება 25-ჯერ, რაც მნიშვნელოვნად ამსუბუქებს შუალედური რელეების კონტაქტების მუშაობას.



ნახ. 10.19 გამარტივებული ერთსისტემიანი სქემა ერთი დისტანციური ორგანოთი (წ.რ.).
(ა) დენური წრედების სქემა; (ბ) დამხმარე ტრანსფორმატორი (დ.დ.ტ.); (გ) ძაბვის
წრედების სქემა.

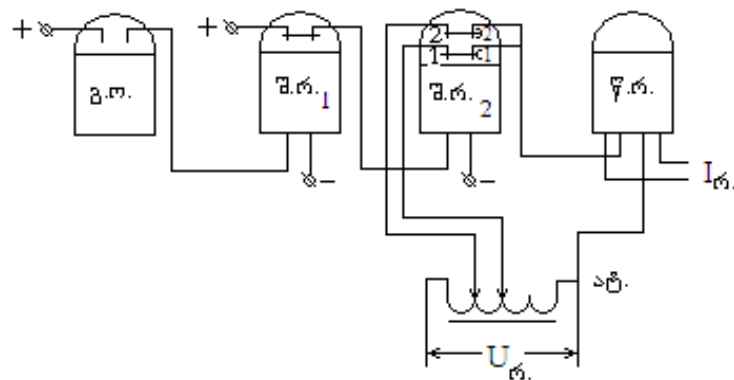
გრაგნილები (დ.დ.ტ_{2A}), (დ.დ.ტ_{2B}) და (დ.დ.ტ_{2C}) შეერთებული არიან სამკუთხედად, რომლის წრედშიც ჩართული არის (დ.რ.0) დენური რელეს ნორმალურად შეკრული კონტაქტი. დენის (დ.რ.0) რელე რეაგირებს $3I_0$ დენზე. ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების დროს რელე (დ.რ.0) არ მუშაობს და დაზიანებული ფაზების გამშვი რელეების მოქმედების შედეგად (წ.რ.) რელეს მიეწოდება ორი დაზიანებული ფაზის დენების სხვაობა (დ.დ.ტ₂) შესაბამისი გრაგნილებიდან.

ორ წერტილში დამიწების შემთხვევაში წარმოიქმნება I_0 დენი, იმოქმედებს (დ.რ.0) რელე და გამშვები რელეების კონტაქტების მდგომარეობიდან დამოკიდებულებით (წ.რ.) რელეს მიეწოდება დაზიანებული ფაზის დენის და კომპენსაციის $K3I_0$ დენების ჯამი, რომლებიც მიიღებიან (დ.დ.ტ₂) შესაბამისი გრაგნილებიდან. გამშვი რელეებით ხორციელდება აგრეთვე გადართვები (წ.რ.) რელეს ძაბვის წრედებში (ნახ. 10.19 გ); ისინი აწარმოებენ დისტანციური ორგანოს ძაბვის წრედებში საჭირო გადართვებს იმგვარად, რომ (ატ) ავტოტრანსფორმატორს მიეწოდოს ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვების დროს დაზიანებული ფაზების ძაბვების

სხვაობა, ხოლო ორ წერტილში დამიწების დროს დაზიანებული ფაზის ძაბვა. ერთსისტემიანმა სქემებმა ფართო გავრცელება ჰპოვა პრაქტიკაში.

ხშირ შემთხვევებში დისტანციური ორგანოს ერთი კომპლექტი გამოიყენება პირველი და მეორე ზონებისათვის. ეს საშუალებას გვაძლევს დაცვაში ორჯერ შევამციროთ დისტანციური ორგანოს რაოდენობა, ამიტომ იგი ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში.

წინააღმდეგობის რელეს ერთი კომპლექტის ორი ზონისათვის გამოყენების სქემები დაფუძნებულია იმაზე, რომ ნორმალურად დისტანციური ორგანოები ჩართული არიან სქემაში პირველი ზონის დანაყენით. პირველი ზონის საზღვრის იქით მოკლედ შერთვის შემთხვევაში რელეს პირველი ზონის დანაყენი ავტომატურად იცვლება მეორე ზონის დანაყენით. დანაყენის შეცვლა ხორციელდება გამშვი რელეების საშუალებით, პირველი ზონის მოქმედებისათვის საჭირო დროის დაყოვნების ამოწურვის შემდეგ.



ნახ. 10.20 სქემა პირველ და მეორე ზონისათვის წინააღმდეგობის რელეს ერთი კომპლექტით.

ნახ. 10.20-ზე ნაჩვენებია დისტანციურ ორგანოზე დანაყენის ავტომატურად შეცვლის ტიპური სქემა.

ნორმალურად წინააღმდეგობის (წ.რ.) რელეზე მიწოდებული არის პირველი ზონის დანაყენის შესაბამისი ძაბვა (ა.ტ.) ავტოტრანსფორმატორიდან (შ.რ.2) შუალედური რელეს 1 გახსნაზე მომუშავე კონტაქტით. აღნიშნული რელე უწყვეტად იკვებება დენით (შ.რ.1) შუალედური რელეს ნორმალურად შეკრული კონტაქტის გავლით, რომლის მართვაც ხორციელდება დაცვის გამშვი ორგანოს (გ.ო.)-ს საშუალებით.

მოკლედ შერთვის დროს გამშვი (გ.ო.) რელე მოდის მოქმედებაში და (შ.რ.1) შუალედური რელე გახსნის (შ.რ.2) რელეს გრაგნილის კვების წრედს. (შ.რ.2) რელე მოქმედებს დროის 0,15 წმ-ის დაყოვნებით, რომელიც საკმარისია პირველი ზონის ამუშავებისთვის და გადართავს (წ.რ.) რელეს ძაბვის წრედს (ა.ტ.) ავტოტრანსფორმატორის განშტოებაზე, რომელიც შეესაბამება მეორე ზონის დანაყენს. თუ მოკლედ შერთვა იქნებოდა პირველი ზონის საზღვრებში, მაშინ (წ.რ.) რელე იმოქმედებდა მანამ, სანამ (შ.რ.2) გადართავს მის დანაყენს. თუ მოკლედ შერთვა მოხდა

პირველი ზონის გარეთ, მაშინ (წ.რ.) რელეს დანაყენის გადართვის შემდეგ ეძლევა საშუალება იმოქმედოს მეორე ზონის დანაყენით.

10.11 დისტანციური დაცვის გამშვი ორგანოები.

ერთისიტემიან დისტანციურ დაცვებში და დაცვებში ორი ზონისათვის დისტანციური ორგანოს ერთი კომპლექტით აუცილებელი არის გამშვი ორგანოების არსებობა, რომლებიც მოკლედ შერთვის დროს სწორი მოქმედებისათვის ამზადებენ სქემას. ასეთ დაცვებში გამშვი ორგანოები ასრულებენ შემდეგ ფუნქციებს:

1. ახორციელებენ მეორე და მესამე ზონის დროის რელეების გაშვებას
2. დაცვებში ორი ზონისათვის დისტანციური ორგანოს ერთი კომპლექტით ავტომატურად ცვლიან მზომი ორგანოების პირველიდან მეორე ზონაზე ამუშავების წინააღობას.
3. ერთისიტემიან სქემებში გამზომ ორგანოებს აწოდებენ დაზიანებული ფაზების დენებს და ძაბვებს.
4. გამოიყენებიან, როგორც დაცვის სარეზერვო ზონა.

სამსისტემიან სქემებში თითოეული ზონისათვის გამზომი ორგანოების დამოუკიდებელი კომპლექტებით, რომლებიც შესრულებული არიან მიმართულებიანი წინააღობის რელეებით, სპეციალური გამშვი ორგანოების გამოყენება საჭირო არ არის.

ასეთ სქემებში გამზომი ორგანოების წრედებში არანაირი გადართვები არ ხორციელდება. გამზომი ორგანოები განრიდებულია დატვირთვისაგან. დროის რელეს გაშვება ხორციელდება შესაბამისი ზონის გამზომი ორგანოს მიერ. სარეზერვო ზონად გამოყენებულია გამზომი ორგანოების დამატებითი კომპლექტი.

გამშვი ორგანოები უნდა აკმაყოფილებდნენ სამ ძირითად მოთხოვნას: მათ უნდა გააჩნდეთ საკმარისი მგრძნობიარობა მოკლედ შერთვის დროს, უნდა იყვნენ საიმედოდ განრიდებული დატვირთვის მაქსიმალური მნიშვნელობებიდან და შემდეგისდაგვარად არ უნდა იმოქმედონ რყევების დროს.

ტექნიკურად აღნიშნული მოთხოვნების შესრულება წარმოადგენს საკმაოდ რთულ ამოცანას.

ძირითადად დისტანციური დაცვის გამშვი ორგანოდ გამოყენებული არის დენური რელე და სრული წინააღობის რელე. ორივე ტიპის გამშვი რელე განრიდებული უნდა იყოს დატვირთვის მაქსიმალური მნიშვნელობისაგან, რაც მნიშვნელოვნად ზღუდავს მოკლედ შერთვის დროს დაცვის მგრძნობიარობას, განსაკუთრებით გრძელი, დიდი დატვირთვის მქონე ხაზების შემთხვევაში. ამასთან დაკავშირებით გამოყენება ჰპოვეს წინააღობის რელეებმა წანაცვლებული წრიული, ელიფსური და ოვალური მახასიათებლებით. დენური და წინააღობის რელეები რეაგირებენ რყევებზე და სრულიად არ პასუხობენ გამშვი ორგანოების მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს. ამიტომ დაცვებს მსგავსი გამშვი ორგანოებით დამატებული აქვს რყევებისაგან ბლოკირების მოწყობილობები.

გამშვი წინაღობის რელეს უფრო რაციონალურ მახასიათებელს წარმოადგენს ნახ. 10.7-ზე ნაჩვენები დაშტრიხული OABC ოთხკუთხედის სახის მახასიათებელი, რომელიც უზრუნველყოფს შერჩეული მოქმედების ზონის საზღვრებში დაცვის საიმედო მოქმედებას რკალის წინაღობის გათვალისწინებით (ხაზის OA მონაკვეთი).

მოკლედ შერთვის დროს საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფისათვის რელეს მუშაობის მახასიათებელმა უნდა მოიცვას ნახ. 10.6-ზე ნაჩვენები დაშტრიხული OKBC ფართი.

რელე მუშაობის ასეთი მახასიათებლით არ მოქმედებს, როცა $Z_R > Z_{მ.შ.}$ და ამიტომ გადატვირთვების და რყვების დროს დაცვის არასწორი მოქმედების შესაძლებლობები დაყვანილია მინიმუმამდე.

10.12 დისტანციური დაცვის სქემები.

დისტანციური დაცვის სქემები კლასიფიცირებული არის მათი დანიშნულების, დისტანციური ორგანოების ტიპების და აგების პრინციპების მიხედვით. დანიშნულების მიხედვით სქემები იყოფიან ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვებისაგან დაცვის სქემებად, მიწასთან მოკლედ შერთვებისაგან დაცვის სქემებად და ყველა სახის მოკლედ შერთვებისაგან დაცვის სქემებად. დისტანციური ორგანოების ტიპის მიხედვით განარჩევენ სქემებს სრული წინაღობის დისტანციური რელეთი და რეაქტიული წინაღობის დისტანციური რელეთი; მახასიათებლის სახეობის მიხედვით სქემები არის ორსაფეხურიანი და სამსაფეხურიანი; აგების პრინციპის მიხედვით სქემები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად: სამსისტემიანი (ზონაში სამი დისტანციური რელე), ორსისტემიანი (ზონაში ორი დისტანციური რელე), ერთსისტემიანი (ზონაში ერთი დისტანციური რელე).

საქართველოს ენერგოსისტემაში უკანასკნელ დრომდე ძირითადად გამოყენებული იყო სქემები სრული წინაღობის დისტანციური ორგანოებით ფაზათაშორისო მოკლედ შერთვებისაგან დასაცავად. ბოლო დროს ენერგოსისტემაში დაიწყო ფირმა “სიმენსის” ციფრული ტერმინალების დანერგვა. 500კვ და 220კვ ძაბვის გადაცემის ხაზებზე დაინერგა ახალი ტიპის ციფრული დაცვები, რომლებიც რეაგირებენ, როგორც ფაზათაშორის მოკლედ შერთვებზე, ისე მიწასთან მოკლედ შერთვებზე. აღნიშნული ტიპის დისტანციური დაცვები უახლოეს მომავალში ფართოდ დაინერგება საქართველოს ენერგოსისტემაში.

ა) დისტანციური დაცვის სქემების შესრულების ზოგადი პრინციპები.

დისტანციური დაცვა გამოიყენება, როგორც ძირითადი, ისე სარეზერვო დაცვის ფუნქციებით. პირველ შემთხვევაში იგი უნდა შესრულდეს სამსაფეხურიანი დაცვის სახით, პირველი და მეორე საფეხურები უზრუნველყოფენ ხაზის დაცვას მინიმალური დროის დაყოვნებით, ხოლო მესამე ზონით ხორციელდება მომდევნო უბნის დაცვის რეზერვირება. მეორე შემთხვევაში დაცვა განხორციელებულია სამი საფეხურით, როცა სარეზერვო დაცვამ უნდა განახორციელოს ძირითადი დაცვის დუბლირება და

გამარტივებული ვარიანტით ორი ან ერთსაფეხურიანი, როცა მისი ამოცანაა განახორციელოს მომდევნო უბნის დაცვის რეზერვირება, აგრეთვე თავისი უბნის ძირითადი დაცვის რეზერვირება სწრაფმოქმედების მოთხოვნის შესრულების გარეშე.

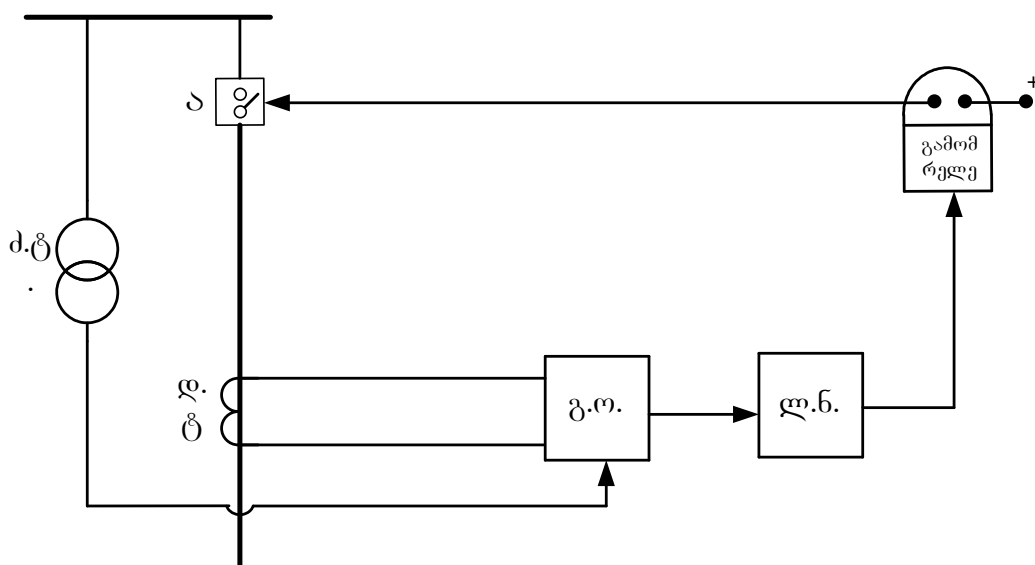
თანამედროვე დაცვებში დისტანციურ ორგანოდ ძირითადად გამოყენებულია მიმართული რელეები კოორდინატთა სათავეზე გამავალი წრიული ან ელიფსური მახასიათებლით.

90-იანი წლებიდან გამოიყენება რელეები ოთხკუთხა მახასიათებლით, რომელიც გამოსახული არის ნახ. 10.7-ზე. ასეთი მახასიათებლები უზრუნველყოფენ მოკლედ შერთვის დროს უდიდეს მგრძნობელობას და დატვირთვის და რყევის დენებისაგან საიმედოდ განრიდებას.

ქსელის უბნებზე, სადაც მოსალოდნელია რყევები და გამორიცხული არ არის დისტანციური დაცვების არასწორი მოქმედება, ისინი არჭურვილი არიან სპეციალური ბლოკირების მოწყობილობებით, რომლებიც აბლოკირებენ დაცვის მოქმედებას ასეთ რეჟიმებში. ძაბვის ტრანსფორმატორების მეორად წრედებში უწყესრიგობების დროს ადგილი აქვს ძაბვების გაქრობას რელეს მომჭერებზე. ასეთ დროს დისტანციურმა დაცვამ შეიძლება იმოქმედოს არასწორად. ამიტომ დისტანციური დაცვის სქემებში გათვალისწინებულია ბლოკირების მოწყობილობა, რომელიც ძაბვის გაქრობის შემთხვევაში ოპერატიულ დენს უხსნის დისტანციური დაცვის სქემას.

10.13 დისტანციური დაცვის სქემები ნახევარგამტარებზე.

დაცვა შედგება გამზომი ორგანოსაგან (გ.ო.) და ლოგიკური ნაწილისაგან (ლ.ნ.), რომლის გამოსასვლელზე ჩართული არის გამომავალი რელე (რგამ), რომელიც აგზავნის იმპულსს ამომრთველის გამორთვაზე.

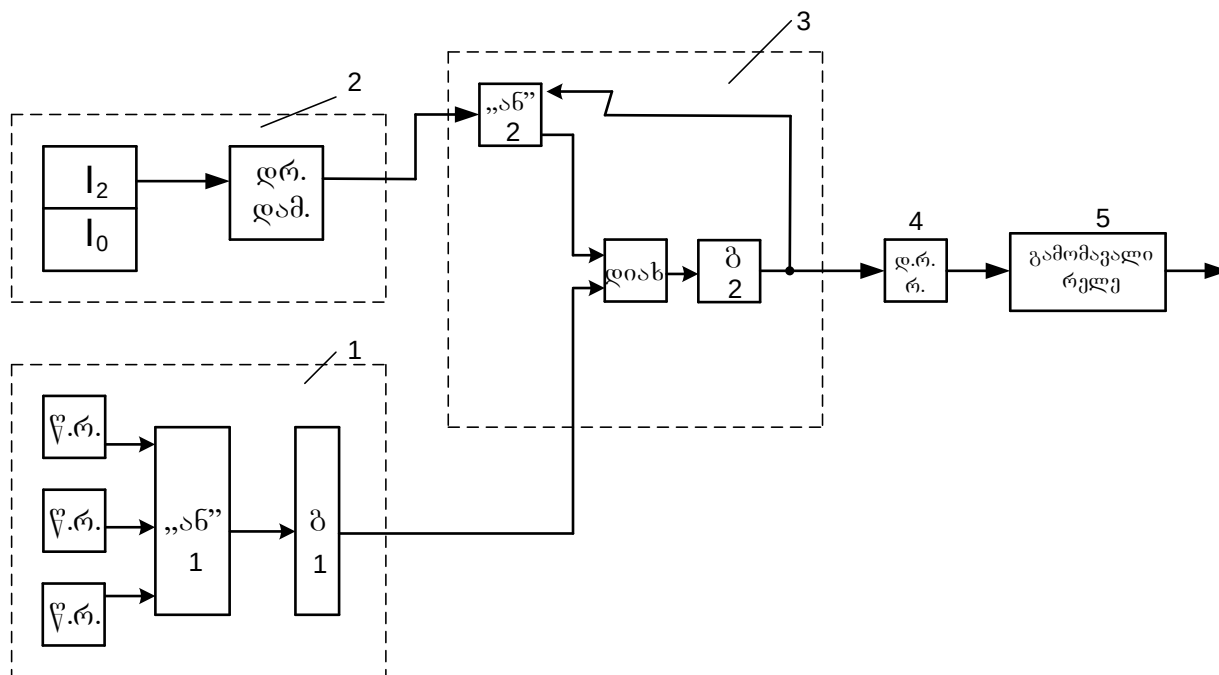


ნახ. 10.21 რელეური დაცვის სტრუქტურული სქემა.

დაცვებში ნახევარგამტარებზე, აღნიშნული ელემენტებით შესრულებული არის, როგორც მარეაგირებელი ორგანო (გამზომი), ისე ლოგიკური ნაწილი, შედეგად დაცვის სქემა არის უკონტაქტო.

უკონტაქტო სქემებს, რომლებიც შესრულებული არიან საიმედო ელემენტებით, გააჩნიათ მაღალი იმედიანობა და ესაჭიროებათ გაცილებით ნაკლები მომსახურეობა, ვიდრე მრავალკონტაქტიან სქემებს ელექტრომექანიკურ რელეებზე. აღნიშნული უპირატესობის გამო უკონტაქტო სქემები ფართოდ ინერგებიან რელეურ დაცვაში.

ნახევარგამტარებზე ერთსაფეხურიანი დისტანციური დაცვის სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 10.22-ზე.



ნახ. 10.22 ერთსაფეხურიანი დისტანციური დაცვის სტრუქტურული სქემა ნახევარგამტარებზე.

დაცვა შედგება (1) დისტანციური ორგანოსაგან, რომელიც შესრულებულია სამი მიმართულებიანი ელიფსური მახასიათებლის მქონე წინაღობის რელესაგან; (2) გამზვი ორგანოსაგან, რომელიც რეაგირებს უკუმიმდევრობის I_2 და ნულოვანი მიმდევრობის I_0 დენებზე; (3) ლოგიკური სქემისაგან, რომელიც შესრულებულია (“ან”) და (“დიახ”) ელემენტებით. (4) კონდენსატორული დროის რელესაგან და (5) შემსრულებელი ორგანოსაგან. სქემის ყველა ელემენტი შესრულებულია ნახევარგამტარებზე. გამონაკლისს წარმოადგენს შემსრულებელი ორგანო, რომლის ფუნქციას ასრულებს ელექტრომექანიკური რელე ПИ-7.

წინაღობის რელეებიდან ინფორმაცია ეწოდება ელემენტს (“ან”-1), რომლისგანაც გამომავალი სიგნალი გაძლიერების მიზნით შედის (გ-1) გამაძლიერებელში.

აღნიშნულ სქემაში გამზვი ორგანოს გამოყენება არ არის სავალდებულო, ვინაიდან დაცვის სქემაში დისტანციური ორგანო განრიდებულია დატვირთვისაგან. სქემაში გამზვი ორგანო გათვალისწინებულია ძაბვის მკვეზავ წრედებში უწყესრიგობის შემთხვევაში დაცვის არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით, აგრეთვე

სიმეტრიულ რეჟიმებში რყევის და დატვირთვის დენებისაგან განრიდებისათვის. I_2 და I_0 გამშვი რელეს გამომავალი სიგნალი ზემოქმედებს დროის დამახსოვრების (დრ.დამ) ელემენტზე, რომელიც იმახსოვრებს აღნიშნულ სიგნალს და I_2 და I_0 რელეს მოქმედების შეწყვეტიდან 0,1 წმ-ის განმავლობაში აწვდის სიგნალს ლოგიკურ სქემას. (დრ.დამ) ელემენტის ასეთი მუშაობა ტოლფასია გამშვი რელეს დაბრუნებაზე დაყოვნების და საჭიროა გამშვი რელეს საიმედოდ მოქმედებისათვის სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს, როცა ასიმეტრიის დენები I_2 და I_0 აღიძვრებიან ხანმოკლე დროით, მოკლედ შერთვის საწყის მომენტში 0,01-0,03 წმ-ის განმავლობაში.

დაცვა მოდის მოქმედებაში, როცა (“დიახ”) ელემენტზე ერთდოულად მიეწოდება სიგნალები გამშვი და დისტანციური ორგანოებიდან. ამ დროს (“დიახ”) ელემენტიდან გამომავალი სიგნალი (გ2) ელემენტში გაძლიერების შემდეგ მიეწოდება (დრ.რ) დროის ელემენტს. $t_{დავ}$ დროის დაყოვნების ათვლის შემდეგ სიგნალი მიეწოდება შემსრულებელ ორგანოს, რომელიც განახორციელებს ხაზის გამორთვის. (გ2) ელემენტსა და (“ან”2) ელემენტს შორის არსებული უკუკავშირი უზრუნველყოფს დაცვის საიმედო მუშაობას სიმეტრიული სამფაზა მოკლედ შერთვების დროს, როცა გამშვი (2) ორგანოს მიერ ლოგიკურ (3) სქემაზე მიწოდებული სიგნალი გაქრება გაცილებით უფრო ადრე, ვიდრე იმოქმედებს დაცვის (4) დროის რელე. ამრიგად განხორციელებული არის თავისებურად დაცვის თვითდაჭერის წრედი.

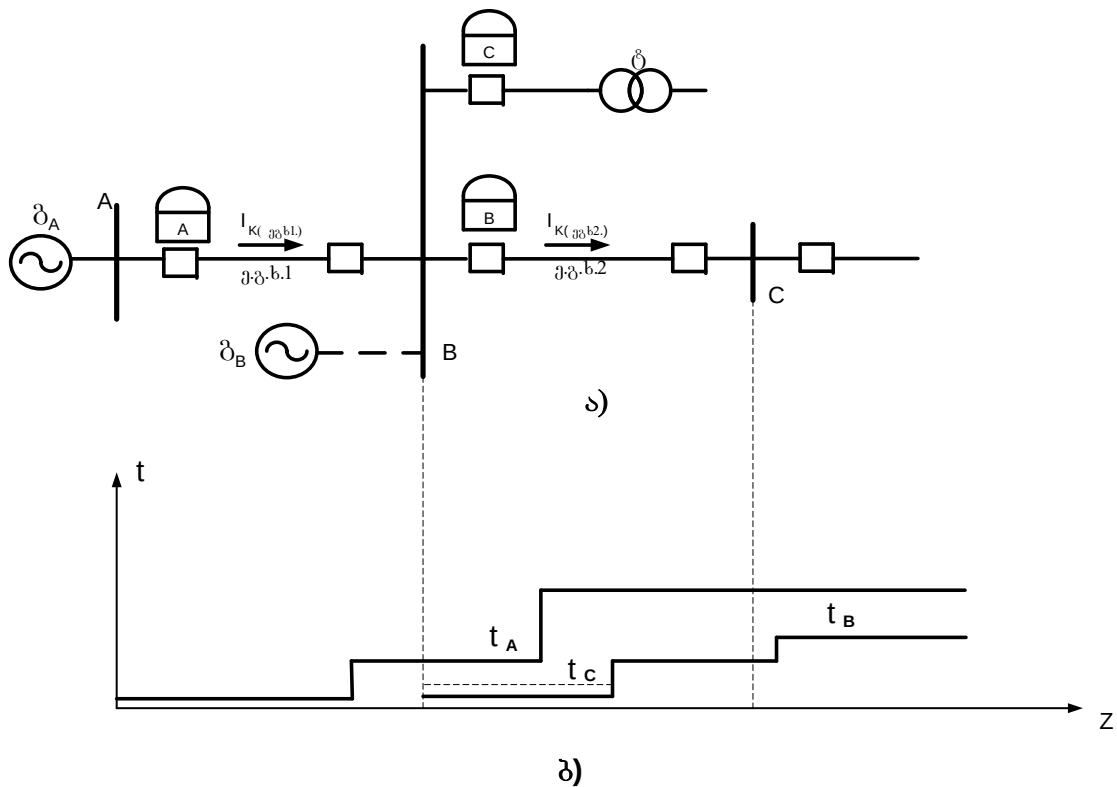
10.14 დისტანციური დაცვის დანაყენის შერჩევა

განვიხილოთ სამსაფეხურიანი დისტანციური დაცვის მახასიათებლების შერჩევა ნახ.10.23-ზე მოყვანილი ქსელის უბნის მაგალითზე.

B და C დაცვის დანაყენები ცნობილია, ხოლო A დაცვის დანაყენების შერჩევა უნდა განხორციელდეს. ერთმანეთში შესათანხმებელი დისტანციური დაცვების მახასიათებლები $t_{დავ} = f(Z)$, უფრო მეტი სიცხადისთვის, ჩვეულებრივად დიაგრამაზე გრაფიკულად გამოსახული არიან t , Z ღერძებში (ნახ. 10.23 ბ). Z ღერძზე გადაზომილია განსაზღვრული ქსელის უბნის პირდაპირი მიმდევრობის პირველადი წინაღობა Z_1 .

დისტანციური ორგანოების ამუშავების წინააღობების შერჩევის დროს აუცილებელია ცდომილების გათვალისწინება, რომელიც გამოწვეულია რელეს ამუშავების $Z_{რ.ა.}$ წინააღობის გადახრით შერჩეული $Z_{დ.ა.}$ დანაყენისაგან. უნდა ჩაითვალოს, რომ $Z_{რ.ა.} = Z_{დ.ა.} \pm \Delta Z$; ΔZ სიდიდეზე გავლენას ახდენენ: რელეს ცდომილება, მზომი ტრანსფორმატორების ცდომილებები და $Z_{დან}$ დანაყენის რელეზე განხორციელების სიზუსტეში ცდომილება.

გარდა აღნიშნულისა არსებობს ცდომილება ქსელის უბნის წინააღობის განსაზღვრაში, რომელიც გათვალისწინებულია გარკვეული მარაგით.



ნახ. 10.23

ა) დაცვის პირველი ზონა.

პირველი ზონის დროის დაყოვნება არ რეგულირდება და განისაზღვრება რელეს მოქმედების საკუთარი დროით, რომელიც შეადგენს $t_1=0,02-0,15$ წმ. პირველი ზონის ამუშავების წინააღმდეგობა Z_{1A} შეირჩევა იმ პირობით, რომ დისტანციურმა ორგანოებმა არ იმოქმედონ დასაცავი ე.გ.ბ.1 ხაზის საზღვრებს გარეთ მოკლედ შერთვების დროს (ნახ. 10.23).

აღნიშნული პირობის შესრულება აუცილებელია სელექციურობის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით, ვინაიდან პირველ ზონას არ აქვს დროის დაყოვნება. ამიტომ Z_{1A} შეირჩევა დასაცავი ხაზის $Z_{გბ1}$ წინააღმდეგობაზე ნაკლები სიდიდის, ისე რომ მაქსიმალური დადებითი $(+\Delta Z)$ ცდომილების დროს შესრულდეს პირობა: $(Z_{1A} + \Delta Z) < Z_{გბ1}$. აღნიშნულიდან გამომდინარე Z_{A1} გამოითვლება ფორმულით:

$$Z_{A1} = K_1 Z_{გბ1} \quad (10.21)$$

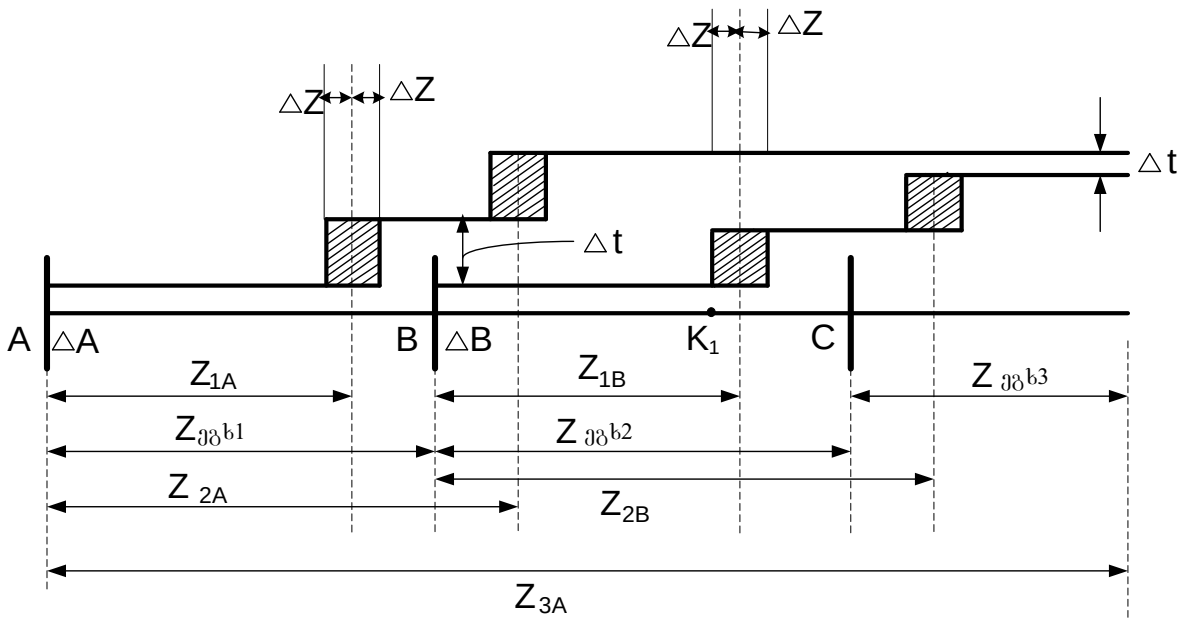
სადაც $Z_{გბ1}$ არის დასაცავი ხაზის პირდაპირი მიმდევრობის წინააღმდეგობა, K_1 არის კოეფიციენტი, რომელიც გარკვეული მარაგით ითვალისწინებს ΔZ ცდომილებას. K_1 სიდიდე დამოკიდებული არის რელეს სიზუსტეზე და აიღება $K_1 = 0,85$.

დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებამ შეიძლება გამოიწვიოს დაცვის მოქმედების ზონის შემცირება. ამიტომ დისტანციური დაცვის მკვებავი დენის ტრანსფორმატორები უნდა შეირჩეს ზღვრული ჯერადობის მრუდეებით (10%-იანი ცდომილება) პირველი ზონის ბოლოში მაქსიმალური მოკლედ შერთვის დენის პირობებში.

ბ) დაცვის მეორე ზონა.

დაცვის მეორე ზონამ საიმედოდ უნდა მოიცვას დასაცავი ხაზი (ეგზ.1), ამიტომ მისი მოქმედების ზონა აღემატება დასაცავი ხაზის სიგრძეს. სელექციურობის უზრუნველყოფის მიზნით მეორე ზონის ამუშავების წინააღმდეგობა და დროის დაყოვნება განრიდებული არის ტრანსფორმატორის და ხაზის სწრაფმოქმედი დაცვებიდან, რომლებიც გადიან მოპირდაპირე ქვესადგურის სალტეებიდან (ნახ. 10.24) დროის დაყოვნება შეირჩევა:

$$t_{2A} = t_{1B} + \Delta t \quad (10.22)$$



ნახ. 10.24 ორი ხაზის A და B დისტანციური დაცვების მახასიათებლების შეთანხმება.

სადაც t_{1B} არის მომდევნო უბნის სწრაფმოქმედი დაცვების მაქსიმალური დრო ($t_{1B} \approx 0,1$ წმ). სელექციურობის საფეხური Δt იცვლება ზღვრებში 0,3-0,5 წმ. აქედან $t_{2A}=0,4-0,6$ წმ.

ხაზის დაცვებთან შეთანხმებისათვის მეორე ზონა განრიდებული უნდა იყოს ყველაზე მოკლე მომდევნო უბნის პირველი ზონის დაცვიდან (Z_{1B}).

B დაცვის პირველი ზონის ΔZ -ით შესაძლო შემცირების გათვალისწინებით (ნახ. 10-24) A დაცვის მეორე ზონა უნდა იყოს განრიდებული K' წერტილიდან. წინააღმდეგობა A დაცვის დადგმის ადგილიდან K' წერტილამდე ტოლია ($Z_{გბ1}+K_1Z_{1B}$) აქედან

$$Z_{2A} = K_2 (Z_{გბ1} + K_1 Z_{1B}) \quad (10.23)$$

სადაც K_1 არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს Z_{1B} -ს შემცირებას ΔZ -ით და ტოლია $K_1=0,85-0,9$; K_2 არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს Z_{2A} შესაძლო გადიდებას A დაცვის მეორე ზონის დისტანციური ორგანოს ცდომილების გამო და აიღება $K_2 = 0,85$ ტოლი.

რამდენიმე კვების წყაროს არსებობის პირობებში (g_A და g_B ნახ. 10-23 ა) Z_{2A} შეირჩევა დენების განაწილების გათვალისწინებით შემდეგი გამოსახულებით:

$$Z_{2A} = K_2 (Z_{\text{გბ1}} + K_{\text{გან}} K_1 Z_{1B}) \quad (10.24)$$

სადაც $K_{\text{გან}}$ არის დენების განაწილების კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია (ე.გ.ბ.2) ხაზში გამავალი მოკლედ შერთვის $I_{K(\text{გბ2})}$ დენის შეფარდების (ე.გ.ბ.1) ხაზში გამავალი მოკლედ შერთვის $I_{K(\text{გბ})}$ დენტან

$$K_{\text{გან}} = \frac{I_{K(\text{გბ2})}}{I_{K(\text{გბ1})}} \quad (10.25)$$

კოეფიციენტი $K_{\text{გან}}$ უნდა შეირჩეს ისეთ რეალურ რეჟიმში, როცა $I_{K(\text{გბ1})}$ დენი არის მაქსიმალური მნიშვნელობის, ხოლო $I_{K(\text{გბ2})}$ დენი -- მინიმალური მნიშვნელობის.

B ქვესადგურის ტრანსფორმატორის (ტ) იქით მოკლედ შერთვისაგან განრიდებისათვის დენების განაწილების მხედველობაში მიღებით მეორე ზონა უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას:

$$Z_{2A} = K_2 [Z_{I(\text{გბ1})} + (1 - \Delta n_{\text{გ}})^2 K_{\text{გან}} Z_{1\text{ტ}}] \quad (10.26)$$

სადაც $Z_{1\text{ტ}}$ არის B ქვესადგურის ყველაზე მძლავრი ტრანსფორმატორის წინაღობა; $K_{\text{გ}} = \frac{I_{K(\text{გ})}}{I_{K(\text{გბ1})}}$; $\Delta n_{\text{გ}}$ არის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გადახრა ნომინალურისაგან; K_2 არის იგივე, რაც (10.23) გამოსახულებაში.

საბოლოოდ, უნდა შევარჩიოთ (10.23), (10.24) და (10.26) გამოსახულებებით მიღებული მნიშვნელობებიდან უმცირესი. შერჩეული Z_{2A} -ს მნიშვნელობა უნდა შემოწმდეს B ქვესადგურის სალტეზე მოკლედ შერთვისას საიმედო მუშაობის პირობით (მგრძნობიარობა):

$$K_{\text{გრ}} = \frac{Z_{2(A)}}{Z_{1(\text{გბ1})}} \geq 1,25$$

თუ $K_{\text{გრ}} < 1,25$, მაშინ იგი უნდა განვარიდოთ B დაცვის არა პირველი ზონის, არამედ მეორე ზონის ბოლოში მოკლედ შერთვისაგან. ასეთ პირობებში A დაცვის მეორე ზონის დროის დაყოვნება გამოითვლება ფორმულით: $t_{A2} = t_{B2} + \Delta t$; ხოლო Z_{2A} -ს მნიშვნელობა გამოითვლება (10.24) ფორმულის შესაბამისად.

გ) მესამე ზონა.

მესამე ზონამ უნდა განახორციელოს B ქვესადგურის სალტეებიდან გამავალი მინაერთების დაცვების რეზერვირება. მესამე ზონის ამუშავების დანაყენი განრიდებული უნდა იყოს დატვირთვის მაქსიმალური მნიშვნელობისაგან, ხოლო დროის დანაყენის შერჩევა წარმოებს სელექციურობის მოთხოვნის შესაბამისად. მესამე ზონა განხორციელებული არის დისტანციური დაცვის გამშვით რელეებით, რომლის ფუნქციასაც ასრულებს წინაღობის მიმართული რელეები.

ამუშავების წინაღობა შეირჩევა მაქსიმალური დატვირთვის შესაბამისი $Z_{\text{მუშა მინ.}}$ ამუშავების წინაღობის მინიმალური მნიშვნელობისაგან განრიდების პირობით, რომელიც წარმოიქმნება რელეს მომჭერებზე გარე მოკლედ შერთვების გამორთვის შემდეგ.

$Z_{\text{მუშა მინ.}}$ ამუშავების წინაღობის მინიმალურ მნიშვნელობას ადგილი აქვს ფაზაში დატვირთვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობის და მუშა ძაბვის მინიმალური მნიშვნელობის დროს

$$Z_{\text{მუშა მინ.}} = \frac{U_{\text{მუშა მინ.}}}{K_{\text{თვითგაშ.}} I_{\text{მუშა მაქს.}} \cdot \sqrt{3}} \quad (10.27)$$

სადაც, $U_{\text{მუშა მინ.}}$ არის 0,9 $U_{\text{ნომ}}$ (იგულისხმება ხაზური ძაბვა). შესაბამისად ამუშავების წინაღობა გამოითვლება ფორმულით:

$$Z_{\text{დაცვ. ამუშ.}} = \frac{Z_{\text{მუშა მინ.}}}{K_{\text{მარ.}} \cdot K_{\text{დაბრ.}}} \quad (10.28)$$

სადაც, $K_{\text{მარ.}}=1,1-1,2$; $K_{\text{დაბრ.}}$ არის დაბრუნების კოეფიციენტი; $K_{\text{თვითგაშ.}}$ არის პრავეების თვითგაშვების კოეფიციენტი.

ვინაიდან მიმართული წინაღობის რელეებისათვის $Z_{\text{რ.ამუშ.}}$ არის $\varphi_{\text{რ.}}$ მნიშვნელობაზე დამოკიდებული, ნაპოვნი ამუშავების წინაღობის $Z_{\text{დაცვ.ამუშ.}}(\text{დატ.})$ მნიშვნელობას უნდა ჰქონდეს ადგილი, როცა $\varphi_{\text{რ.}} = \varphi_{\text{დატ.}}$, რომელიც შეესაბამება ხაზის მუშაობის დატვირთვის რეჟიმს.

მოკლედ შერთვის დროს $\varphi_{\text{რ.}} = \varphi_{\text{ხაზ.}} = \varphi_{\text{მაქს.მგრძ.}}$ და ამიტომ რელე მუშაობს მაქსიმალური მგრძნობიარობით, ანუ $Z_{\text{დაცვ.ამუშ.მაქს.}}$ -ით. $Z_{\text{დაცვ.ამუშ.მაქს.}}$ მნიშვნელობა, რომელიც დასაშვებია დატვირთვის პირობით $Z_{\text{დაცვ.ამუშ.}}(\text{დატ.})$, შეიძლება ვიპოვოთ მიმართული წინაღობის რელეს ამუშავების განტოლებით:

$$Z_{\text{დაცვ.ამუშ.}} = Z_{\text{დაცვ.ამუშ.მაქს.}} \cos(\varphi_{\text{მაქს.მგრძ.}} - \varphi_{\text{რელე}}).$$

თუ აღნიშნულ განტოლებაში ჩავსვამთ (10.28) ტოლობით განსაზღვრულ $Z_{\text{დაცვ.ამუშ.}}(\text{დატ.})$ -ის მნიშვნელობებს, $Z_{\text{დაცვ.ამუშ.}}$ და $\varphi_{\text{რელე}}$ -ს მაგივრად, მივიღებთ:

$$Z_{\text{დაცვ. ამუშ. მაქს.}} = \frac{Z_{\text{დაცვ. ამუშ.}}(\text{დატ.})}{\cos(\varphi_{\text{მაქს. მგრძ.}} - \varphi_{\text{დატ.}})} = \frac{Z_{\text{მუშა მინ.}}}{K_{\text{მარ.}} K_{\text{დაბრ.}} \cos(\varphi_{\text{მაქს. მგრძ.}} - \varphi_{\text{დატ.}})} \quad (10.29)$$

მიღებული მნიშვნელობა $Z_{\text{III}}=Z_{\text{დაცვ.ამუშ.მაქს.}}$ წარმოადგენს რელეს ამუშავების წრიული მახასიათებლის დიამეტრს და აკმაყოფილებს დასაცავი ხაზის მაქსიმალური დატვირთვისაგან განრიდების პირობას.

დაცვის მგრძნობიარობა გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{\text{მგრძ.}} = \frac{Z_{\text{დაცვ.ამუშ.მაქს.}}}{Z_{\text{მ.შ.მაქს.}}}$$

სადაც $Z_{\text{მ.მ.ა.ე.ს.}}$ არის (ე.გ.ხ.2) ხაზის ბოლოში მოკლედ შერთვის დროს რელეს მომჭერებზე მაქსიმალური წინაღობა.

11.1 მაღალსიხშირული დაცვების დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი

მაღალსიხშირული დაცვები არიან სწრაფმოქმედი და ისინი გათვალისწინებული არიან ძირითადად საშუალო და გრძელი გადაცემის ხაზებისათვის. აღნიშნული დაცვები გამოიყენება ისეთ შემთხვევებში, როცა მდგრადობის ან სხვა პირობებიდან გამომდინარე აუცილებელია მოკლედ შერთვის სწრაფი გამორთვა ხაზის ორივე მხრიდან.

როგორც ცნობილია ამ პირობას აკმაყოფილებს გრძელი დიფერენციალური დაცვები, ისინი გამოუსადეგარი არიან გრძელი გადაცემის ხაზებისათვის შემაერთებული სადენების სიძვირის და დაუშვებლად დიდი წინაღობის გამო.

მაღალსიხშირული დაცვები შედგება ორი კომპლექტისაგან, რომლებიც განლაგებული არიან ხაზის თავში და ბოლოში. ამ დაცვების განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის, რომ გარე მოკლედ შერთვის დროს მათი სელექციური ფუნქციონირებისათვის აუცილებელი არის კავშირის არსებობა დაცვის კომპლექტებს შორის, რომელიც განხორციელებული არის დასაცავი ხაზის სადენებში გამავალი მაღალი სიხშირის დენებით.

თავისი მოქმედების პრინციპიდან გამომდინარე მაღალსიხშირული დაცვები არ რეაგირებენ დასაცავი ხაზის გარეთ მოკლედ შერთვებზე და ამიტომ, ისევე როგორც დიფერენციალურ დაცვებს, არ ააქვთ დროის დაყოვნება. დღეისათვის გამოიყენება მაღალსიხშირული დაცვის ორი სახეობა:

ა) მიმართულების მქონე დაცვები მაღალსიხშირული ბლოკირებით (ანუ მაღალი სიხშირის დენებით განხორციელებული ბლოკირება), რომელიც დაფუძნებულია დასაცავი ხაზის თავში და ბოლოში მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულების შედარებაზე.

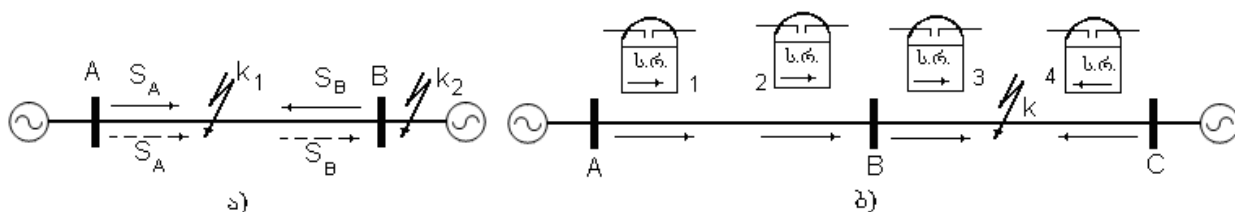
ბ) მაღალსიხშირული დიფერენციალურ-ფაზური დაცვები, რომლებიც დაფუძნებულია დასაცავი ხაზის თავში და ბოლოში დენების ფაზების შედარებაზე.

განვიხილოთ თითოეული ცალ-ცალკე.

11.2 მიმართული მაღალსიხშირული დაცვის მოქმედების პრინციპი

მიმართული მაღალსიხშირული დაცვა რეაგირებს დასაცავი ხაზის თავში და ბოლოში მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულებაზე (ნიშანზე); როგორც ნახ. 11.1ა-ზე არის ნაჩვენები დასაცავი ხაზის ზონაში მოკლედ შერთვის დროს (k_1 წერტილი) მოკლედ შერთვის სიმძლავრეებს დაზიანებული უბნის (AB) ბოლოებში აქვთ ერთნაირი ნიშანი და მიმართული არიან სალტიდან ხაზისაკენ. გარე მოკლედ შერთვის დროს (k_2 წერტილი) მოკლედ შერთვის სიმძლავრეების ნიშანი და მიმართულება დასაცავი უბნის თავსა და ბოლოში აღმოჩნდება სხვადასხვა. მოკლედ შერთვის წერტილთან ახლოს სიმძლავრე S_B არის უარყოფითი და მიმართულია ხაზიდან სალტისაკენ, ხოლო მისგან დაშორებულ ადგილზე (S_A) არის დადებითი და მიმართულია სალტიდან ხაზისაკენ. აქედან გამომდინარეობს, რომ ხაზის ბოლოებში სიმძლავრეების მიმართულებების შედარებით შეიძლება განისაზღვროს სად აღიძრა მოკლედ შერთვა, დასაცავ ხაზზე თუ მის საზღვრებს იქით. ასეთი შედარება განხორციელებული არის სიმძლავრის სრ რელეების (ნახ. 11.1 ბ) საშუალებით, რომლებიც დადგმულია დასაცავი ხაზის ბოლოებში და ჩართული არიან ისე, რომ დასაცავ ხაზზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში მათ მიერ გაიცეს ნებართვა დაცვებზე იმოქმედონ ხაზის გამორთვაზე.

ამრიგად ხაზზე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 11.1 ბ) K წერტილში, გამორთვაზე მოქმედებენ მხოლოდ 3 და 4 დაცვები, რომლებიც დადგმული არიან BC უბანზე.

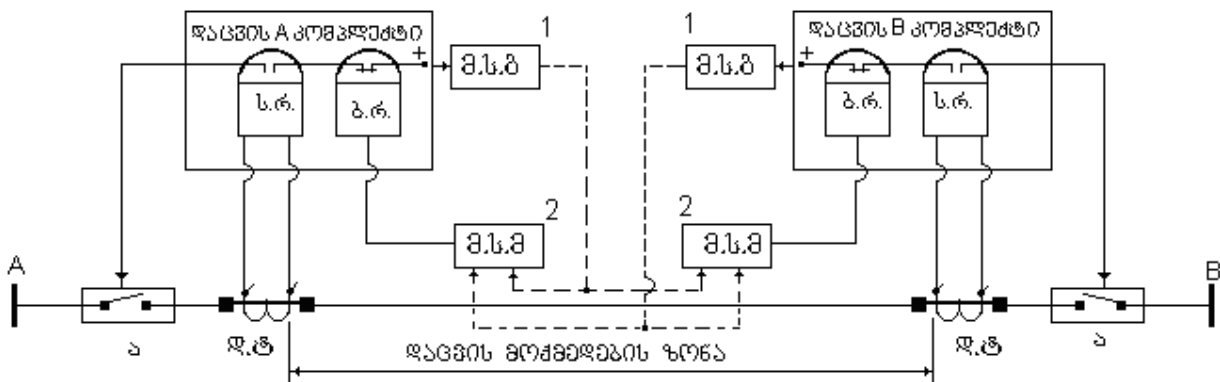


ნახ. 11.1 მოკლედ შერთვის დროს ხაზის ბოლოებში სიმძლავრის მიმართულებები: (ა) ხაზზე (k_1) და ხაზის გარეთ (k_2) წერტილები; (ბ) სიმძლავრის მიმართულების სრ რელეს საშუალებით ხაზის ბოლოებში სიმძლავრის მიმართულებების შედარება.

დაუზიანებელ AB უბანზე დადგმული სიმძლავრის 1 რელე შეკრავს კონტაქტს და უფლებას მიცემს დაცვას იმოქმედოს ხაზის გამორთვაზე, მაგრამ AB უბნის მეორე ბოლოში დადგმული სიმძლავრის 2 რელე, მოკლედ შერთვის სიმძლავრის ზემოქმედებით, გახსნის თავის კონტაქტს, რითაც ეკრძალება 2 დაცვას იმოქმედოს ამომრთველის გამორთვაზე და ამავე დროს მაღალი სიხშირის დენის მახლოკირებელი სიგნალის გაგზავნით (ამავე ხაზის სადენების გავლით) აბლოკირებს 1 დაცვის მოქმედებას ამომრთველის გამორთვაზე. მახლოკირებელი სიგნალების გაგზავნა განხორციელებული არის სპეციალური მაღალი სიხშირის გენერატორების (მსგ) საშუალებით, რომელთა მართვაც წარმოებს სიმძლავრის სრ მიმართულების რელეებით (ნახ.11.2); ხოლო მაღალი სიხშირის დენის სიგნალის მიღება ხორციელდება

სპეციალური მაღალი სიხშირის მიმღებებით (მსმ), რომლებიც დარეგულირებული არიან იგივე სიხშირეზე, რაც მაღალი სიხშირის გენერატორები.

მიიღებენ რა მაღალი სიხშირის სიგნალს, მიმღებები ახდენენ მიღებული დენის გამართვას და აწვდიან მას მახლოკირებელი (ბრ) რელეების გრაგნილს, რომლებიც გახსნიან თავიანთი დაცვიდან ამომრთველის გამორთვის წრედს, რითაც ხორციელდება დაცვის მოქმედების ბლოკირება.



ნახ. 11.2

ნახ.11.2-ზე ნაჩვენებია არის მიმართული მაღალსიხშირული დაცვის მოქმედების პრინციპი. დასაცავ ხაზზე მოკლედ შერთვის დროს მაღალი სიხშირის მახლოკირებელი სიგნალი არ არსებობს, რადგანაც მოქმედების შედეგად სიმძლავრის რელეები თავიანთი კონტაქტებით წყვეტენ მაღალი სიხშირის გენერატორების გადამცემის გაშვების წრედს. ამ შემთხვევაში მახლოკირებელი რელეს კონტაქტები რჩება შეკრული, რითაც უფლება ეძლევა სიმძლავრის რელეს იმოქმედოს ამომრთველის გამორთვაზე.

ამრიგად მაღალი სიხშირის მახლოკირებელი სიგნალი ხაზში ჩნდება მხოლოდ გარე მოკლედ შერთვის დროს, რითაც უზრუნველყოფილია დაცვის სელექციური მოქმედება. დაცვის მოქმედების ზონა განისაზღვრება სიმძლავრის რელეების მკვებავი დენის ტრანსფორმატორებით.

მაღალსიხშირული მიმართული დაცვის მოქმედების პრინციპიდან გამომდინარეობს, რომ დაცვა შედგება ორი კომპლექტისაგან (ნახ. 11.2). თითოეული კომპლექტი შეიცავს რელეურ ნაწილს, რომელიც რეაგირებს მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულებაზე, და მაღალი სიხშირის ნაწილს (მაღალი სიხშირის გადამცემს და მაღალი სიხშირის მიმღებს).

11.3 დაცვის მაღალსიხშირული ნაწილი.

ა) მაღალი სიხშირის დენების არხი

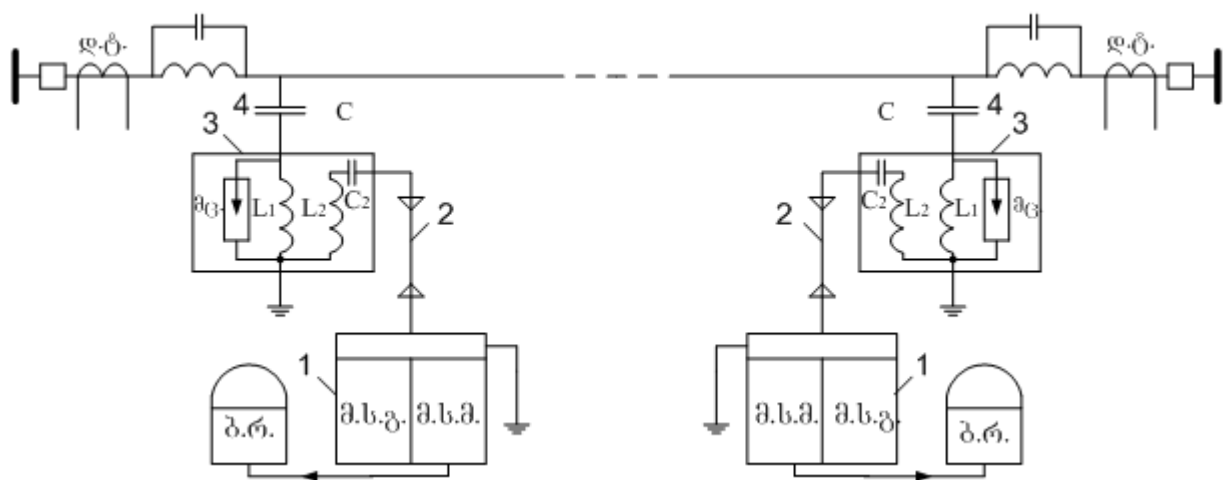
მაღალი სიხშირის არხს უწოდებენ გზას, რომლითაც იკვრებიან დაცვის ბლოკირების მაღალი სიხშირის დენები.

ნახ.11.3-ზე ნაჩვენებია მაღალი სიხშირის (მ/ს) არხი ფაზა-მიწა სქემით, რომლის დროსაც მაღალი სიხშირის დენი გადაიცემა ხაზის ერთი სადენით და ბრუნდება მიწით. ხაზის ყოველ ბოლოზე დაყენებულია მ/ს პოსტი (1), რომელიც შედგება მაღალი სიხშირის დენების (მსგ) გადამცემისგან და მიმღებისგან (მსმ). პოსტიდან გამოსავალი წრედი ერთი მომჭერით მიწასთან არის მიერთებული, ხოლო მეორეთი ელექტროგადამცემ ხაზთან (ეგხ): კაბელის (2), მიერთების ფილტრის (3) და კავშირის კონდენსატორის (4) გავლით. გადამცემი ხაზის მაღალი სიხშირის დენების სადენის ბოლოებზე მიერთებულია დროსელი (5), რომლის დანიშნულება არის ხაზის ფარგლებს გარეთ მაღალი სიხშირის დენების გასვლის ჩაკეტვა.

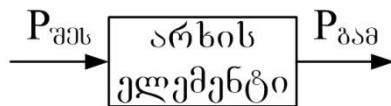
გადამცემის მიერ გენერირებული ენერგიის ნაწილი იკარგება არხის ელემენტებში: კაბელში, მიერთების ფილტრებში, კავშირის კონდენსატორებში, ხაზის მაღალი ძაბვის სადენებში და გადის დროსელის გავლით. ამიტომ მ/ს გადამცემმა მოპირდაპირე ბოლოს მიმღებზე გაგზავნილი მ/ს სიგნალის საკმარისი სიმძლავრის უზრუნველყოფის მიზნით გარკვეული მარაგით უნდა გადაფაროს დანაკარგები არხში.

ენერგიის დანაკარგები, მ/ს სიგნალების გადაცემისას (ნახ. 11.4), იწოდებიან მილევადად და პირობითად ხასიათდებიან შემდეგი სიდიდით:

$$b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_{\text{მსმ}}}{P_{\text{მსგ}}}, \quad (11.1)$$



ნახ. 11.3 მ/ს არხის პრინციპიალური სქემა.



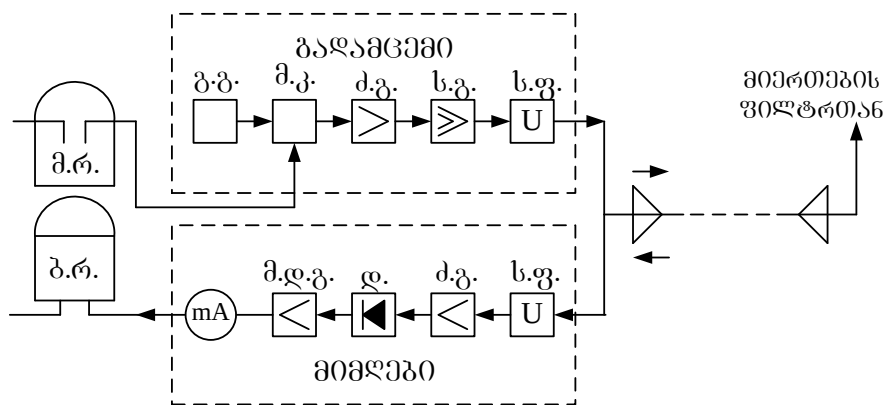
ნახ. 11.4 მ/ს არხის ელემენტებში მილევადობის განსაზღვრის სქემა.

სადაც: $P_{შპს}$ – სიმძლავრეა არხის განსახილველი ელემენტის შესასვლელზე (ელემენტის დასაწყისში); $P_{გამ}$ – არის სიმძლავრე მის გამოსავალზე (ელემენტის ბოლოში).

სიგნალის მილევის სიდიდე იზომება ნეპერში ან დეციბელში. მაღალი ძაბვის ხაზის განფენილობის დამოკიდებულების მიხედვით მ/ს არხების მილევადობა მერყეობს $1 \div 2$ ნპ-ის ფარგლებში.

ბ) მაღალსიხშირული პოსტი

ყოფილი საბჭოთა კავშირის წარმოება მაღალი სიხშირის დაცვებისათვის ამზადებდა ელექტრონულ მილაკებზე და ნახევარგამტარებზე მომუშავე მ/ს პოსტებს. 330-500 კვ ძაბვის ხაზებისთვის, რომლებსაც გააჩნიათ დიდი მილევადობა და დაბრკოლებების უფრო მაღალი დონე, მზადდებოდა გადიდებული სიმძლავრის ელექტრონულ მილაკებზე და ნახევარგამტარებზე მომუშავე პოსტები. ყოველი მ/ს პოსტი (ნახ. 11.5) შედგება გადამცემისგან და მიმღებისგან.

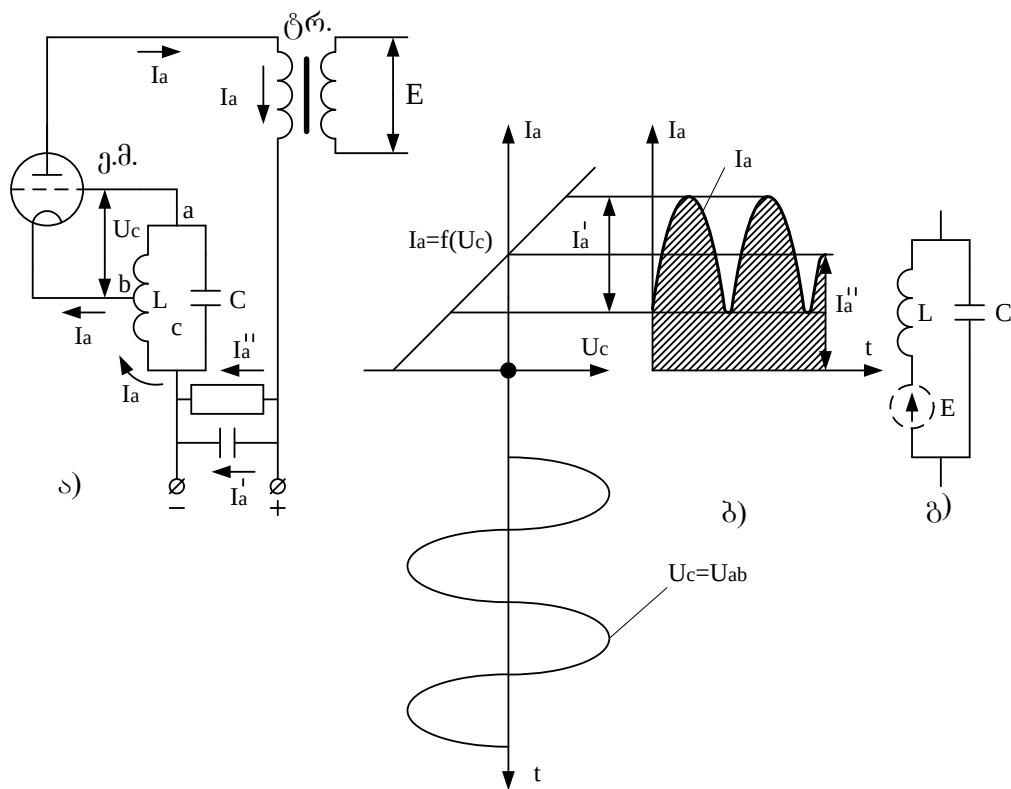


ნახ. 11.5 მ/ს პოსტის ბლოკსქემა.

ფიქსირებული სიხშირის გამცემი გენერატორი (გ.გ) წარმოადგენს მაღალი სიხშირის დენის წყაროს. იგი (ნახ. 11.6) შესრულებულია კვარციანი რეზონატორის სამწერტილოვანი ინდუქციური სქემით, რომელიც იმყოფება მუშაობის უწყვეტ რეჟიმში და უზრუნველყოფს სტაბილურ სიხშირეს (ნაჩვენები ნახ. 11.6-ზე არაა). გამცემი გენერატორის სიმძლავრე ძალიან მცირეა, ამიტომ წრედში ჩართულია შუალედური გამამლიერებელი კასკადი – ძაბვის გამამლიერებელი (მ.გ) და სიმძლავრის გამამლიერებელი (ს.გ). სახაზო ფილტრის (სფ) დანიშნულებაა შემომავალი წინააღმდეგობის გაზრდა, მოცემული არხის მუშა სიხშირისგან განსხვავებული სიხშირეებისათვის.

გადამცემის ამუშავება ხორციელდება მართვის კასკადის (მ.კ.) მილაკის ეკრანულ წრედზე მუდმივი დენის “+”-ს მიწოდებით, ხოლო “-” მიეწოდება გამცემი გენერატორის მილაკის პენტოდურ წრედს. გადამცემის მართვას ანხორციელებს სარელო დაცვის ნაწილი (მ.რ ნახ. 11.5). მიმღების მიერ მიღებული სიგნალი ძლიერდება (ძგ)-ს დახმარებით, იმართება (დ) დეტექტორით და შემდგომ ძლიერდება მუდმივი დენის გამაძლიერებელში (მდგ) და მიეწოდება სარელო დაცვის მახლოკირებელ რელეს (ბ.რ).

გაზრდილი სიმძლავრით პოსტის გადამცემს ნახ. 11.5-ზე ნაჩვენებისაგან განსხვავებით, დამატებით გააჩნია გამაძლიერებელი ბლოკი. ყველა გადამცემი გათვლილია 40–500 კვ სიხშირეებზე მუშაობისთვის. გენერატორი და მიმღები ერთი და იგივე სიხშირეზე მუშაობენ.



ნახ. 11.6 გადამცემი გენერატორის პრინციპიული სქემა (ა) და მისი ანოდური დენის დამოკიდებულების გრაფიკი მოდებულ ბადურ ძაბვაზე (ბ).

გ) მაღალსიხშირული არხის ელემენტები

კავშირის კონდენსატორის (4) დანიშნულებაა პოსტის მაღალი ძაბვის ხაზთან მიერთება (ნახ. 11.3). კონდენსატორის წინააღმდეგობა $x_c = \frac{1}{2\pi fC}$ დამოკიდებულია მასში გამავალი დენის f სიხშირეზე. სამრეწველო სიხშირის (50 ჰც) დენებისათვის ის დიდია, ამიტომ გაჟონვის დენი ძალიან მცირეა. მაღალი სიხშირეების, $f \geq 40$ კვც, დროს x_c წინააღმდეგობა მკვეთრად მცირდება.

მაღალსიხშირული კაბელი (2). კაბელის შესავალი წინააღმდეგობა დაახლოებით 100 ომია, მილევადობა 0.2 ნპ/1კმ-ზე 100 კპც სიხშირისას (ნახ. 11.3).

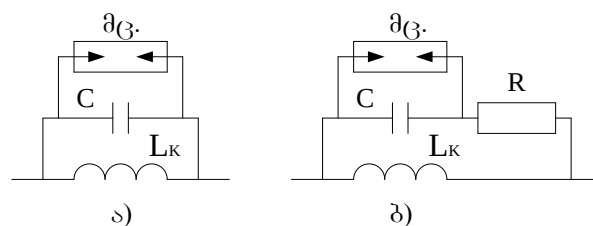
მიერთების ფილტრი (3) შეუსაბამებს (ათანაბრებს) კაბელის შესავალ წინააღმდეგობას ხაზის შესავალ წინააღმდეგობასთან; კავშირის კონდენსატორის ქვედა შემონაფენს აერთებს მიწასთან; ამგვარად აკეთებს მაღალი სიხშირის დენების ჩაკეტილ კონტურს და აკომპენსირებს კავშირის კონდენსატორის ტევადობას, რაც საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ მინიმუმამდე მაღალი სიხშირის დენებისთვის კონდენსატორის წინააღმდეგობა.

მიერთების ფილტრი წარმოადგენს განშტოებებიან საჰაერო ტრანსფორმატორს, რომელიც ცვლის მისი გრაგნილების თვითინდუქციას და გრაგნილებს შორის ურთიერთინდუქციას. L1 გრაგნილის წრედში ჩართულია C კავშირის კონდენსატორი, ხოლო L2 გრაგნილის წრედში ფილტრის C2 კონდენსატორი. მიერთების ფილტრი თავისუფლად ატარებს მხოლოდ გარკვეული მუშა დიაპაზონის სიხშირის დენებს. ამ სიხშირეების დროს მილევადობა ძალიან მცირეა (0,15-0,25 ნპ), ხოლო მუშა სიხშირეების ფარგლებს გარეთ მილევადობა მკვეთრად იზრდება.

L1 გრაგნილის პარალელურად ჩართულია განმმუხტველი. კავშირის კონდენსატორის გარღვევისას, მისი იზოლიაციის გადაფარვის მომენტში განმმუხტველი მოქმედებაში მოდის და საიმედოდ ამიწებს მოკლედ შერთვის დენებს.

დროსელი (5) კეტავს მაღალი სიხშირის დენების გასვლას ხაზის ფარგლებს გარეთ (ნახ. 11.3). დროსელის წინააღმდეგობა $Z_{\text{დ}}$ დამოკიდებულია f სიხშირეზე. დროსელის წინააღმდეგობა $Z_{\text{დ}}$ მაღალი სიხშირის დენებისათვის, რომლებიც გადაიცემიან მ/ს არხით დიდია, ხოლო საწარმოო სიხშირის (50 კპც) დენებისათვის კი ძალიან მცირეა.

დროსელი წარმოადგენს მ/ს პოსტის სიხშირეზე გაწყობილ რეზონანსულ კონტურს (ნახ. 11.7 ა); იგი შედგება ძალოვანი ინდუქციური L_K კოჭისაგან და რეგულირებადი კონდენსატორის სახით შესრულებული გაწყობის ელემენტისგან.

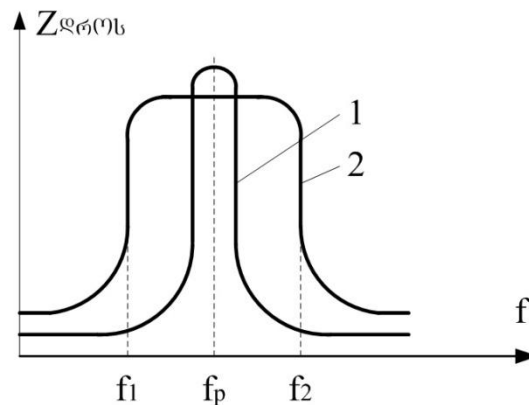


ნახ. 11.7 მაღალსიხშირული დროსელი: (ა) რეზონანსული (ერთფაზა); (ბ) ფართოზოლიანი.

C-ს სიდიდე იმგვარად შეირჩევა, რომ დროსელის კონტურში დამყარდეს მოცემული $f_{\text{მუშა}}$ სიხშირის რეზონანსი (დენების), ე. ი. $\omega L_K = 1/\omega C$. ასეთ დროსელს ეწოდება **რეზონანსული** ანუ ერთსიხშირიანი. რეზონანსული სიხშირის დროს კონტურის წინააღმდეგობას აქვს მაქსიმალური მნიშვნელობა (ნახ. 11.8) და ატარებს აქტიურ ხასიათს.

დროსელის რეზონანსული წინააღმდეგობა არანაკლებ 1000 ომი უნდა იყოს. C კონდენსატორის დაცვა ჭექაქუხილის და კომპუტაციური გადამეტაბვებისაგან ხორციელდება (მც.) მცლელის საშუალებით. დროსელის გრაგნილი გაანგარიშებულია დატვირთვის მუშა დენების და მოკლედ შერთვის დენების გატარებაზე.

ყოფილი საბჭოთა კავშირის მრეწველობა ამზადებდა დროსელებს, 1000-2000ა დატვირთვის დენით, 40-600 კჰც-იანი გაწყობის სიხშირის ფარგლებში.



ნახ. 11.8 დროსელის რეზონანსული მახასიათებლები. 1– რეზონანსული; 2 - ფართოზოლიანი.

გარდა რეზონანსულისა ასევე გამოიყენება ფართოზოლიანი დროსელები (ნახ. 11.7 ბ და 11.8) რომლებიც ზღუდავენ დენებს სიხშირის ძალზე დიდ დიაპაზონში – f_1 - f_2 . ასეთი დროსელები საჭიროა, მაშინ როცა ერთდროულად სხვადასხვა სიხშირით გადაიცემა რამოდენიმე სიგნალი.

11.4 მიმართული დაცვა მაღალსიხშირული ბლოკირებით

ა) დაცვის ძირითადი ელემენტები.

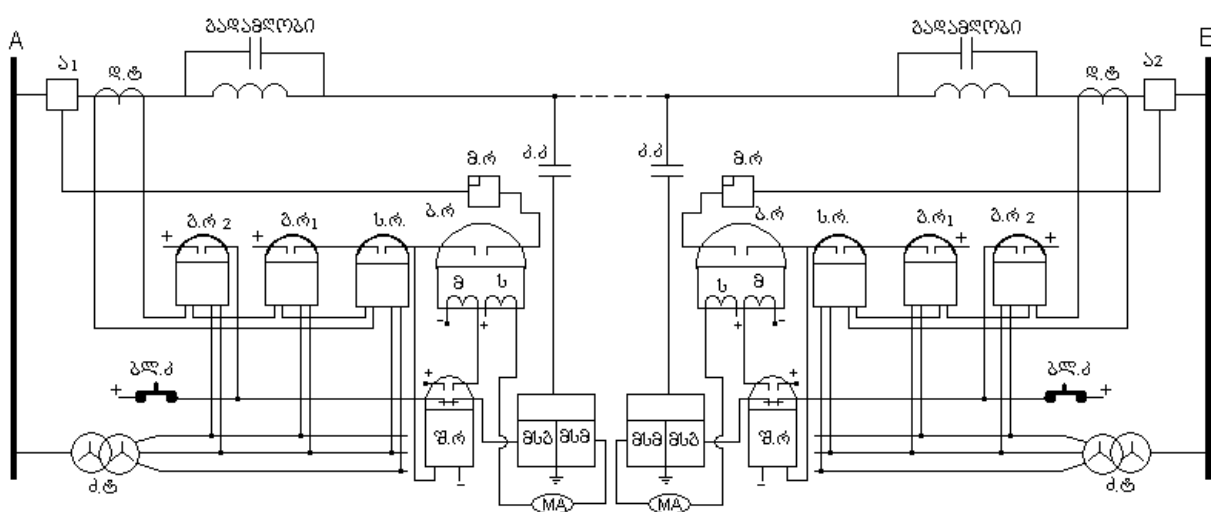
დაცვის გამარტივებული სქემა მოცემული არის ნახ. 11.9-ზე. იგი შედგება სამი ძირითადი ელემენტისაგან: გამშვი ორგანო, სიმძლავრის მიმართულების ორგანო და მაბლოკირებელი რელე.

დაცვის გამშვი ორგანო შესრულებული არის რელეების ორი კომპლექტით, რომელთაგან ერთი (გრ-2) ახორციელებს მაღალსიხშირული გადამცემის (მსგ) გაშვებას, ხოლო მეორე (გრ-1) მართავს დაცვის გამორთვის წრედს. ფაზათაშორის მოკლედ შერთვების დროს დაცვის გაშვებისათვის გამოიყენება დენური რელეები, რომლებიც ჩართული არიან ფაზურ დენზე, ხოლო არასაკმარისი მგრძნობიარობის შემთხვევაში – წინაღობის რელეები. მიწასთან მოკლედ შერთვისაგან რელეს კომპლექტში დაცვის გაშვება განხორციელებული არის უშუალოდ ნულოვანი მიმდევრობის დენის რელეებით. ზოგიერთ სქემებში დაცვის გაშვებისათვის გამოყენებული არის უკუმდმდევრობის დენის და ძაბვის რელეები. სიმძლავრის

მიმართულების ორგანო (სრ) შესრულებული არის ჩვეულებრივი სიმძლავრის რელეებით. დაცვებში, რომლებიც რეაგირებენ ფაზათაშორის მოკლედ შერთვებზე, სიმძლავრის რელეზე მიყვანილი არის ქსელის ძაბვა და დენი 90 გრადუსიანი სქემით.

მიწასთან მოკლედ შერთვისაგან დაცვის კომპლექტში სიმძლავრის რელე ჩართული არის ნულოვანი მიმდევრობის დენზე და ძაბვაზე. არასიმეტრიული მოკლედ შერთვისაგან დაცვებში სიმძლავრის რელე იკვებება უკუმიმდევრობის დენით და ძაბვით. სიმძლავრის რელე შეკრავს თავის კონტაქტს, როცა მოკლედ შერთვის სიმძლავრე მიმართული არის სალტიდან ხაზისაკენ, შუალედური რელეს (შრ) საშუალებით აჩერებს მაღალი სიხშირის გადამცემს, აწვდის დენს ბრ ბლოკირების რელეს მუშა გრაგნილს და შეკრავს დაცვის გამორთვის წრედს. როცა მოკლედ შერთვის სიმძლავრე მიმართული არის სალტისაკენ სრ რელე არ მოქმედებს და ნებართვას აძლევს გადამცემის გაშვებაზე. სიმძლავრის რელეები, რომლებიც რეაგირებენ S_0 და S_2 სიდიდეებზე, მოქმედებენ სიმძლავრის შებრუნებულ მიმართულებებზე (ხაზიდან სალტისაკენ).

ბრ ბლოკირების რელეს მართვა ხორციელდება მაღალი სიხშირის დენით. მაღალი სიხშირის სიგნალის არსებობის შემთხვევაში რელე გახსნის გამორთვის წრედს, რითაც უკრძალავს დაცვას მოქმედების უფლებას. ბლოკირების რელედ გამოიყენება პოლარიზებული რელე, რომელსაც აქვს ორი გრაგნილი: მუშა (მ) და სამუხრუჭო (ს). მუშა გრაგნილი კვებას იღებს სიმძლავრის რელეს ამუშავების შედეგად და მოქმედებს პოლარიზებული რელეს კონტაქტების შეკვრაზე. სამუხრუჭო გრაგნილი იკვებება მაღალი სიხშირის გამართული დენით, რომელიც მას მიეწოდება მიმღების ანოდის წრედით და მოქმედებს რელეს კონტაქტების გახსნაზე. მუშა და სამუხრუჭო გრაგნილების ერთდროულად კვების შემთხვევაში რელე არ მოქმედებს, რადგანაც სამუხრუჭო გრაგნილის მიერ შექმნილი მომენტი აღემატება მუშა მომენტს.



ნახ. 11.9 მაღალსიხშირული ბლოკირებით მიმართული დაცვის გამართივებული სქემა.
(მ-მუშა; ს-სამუხრუჭო გრაგნილები)

ბ) დაცვის მუშაობა სხვადასხვა რეჟიმებში.

გარე მოკლედ შერთვის დროს ხაზის ორივე ბოლოში მუშაობენ გამშვი რელეები გრ-1 და გრ-2, რითაც ხორციელდება მაღალი სიხშირის გადამცემების გაშვება და ოპერატიული “+”-ის მიწოდება სრ სიმძლავრის რელეს კონტაქტებზე. ხაზის იმ მხარეს, სადაც მოკლედ შერთვის სიმძლავრე მიმართული არის სალტიდან ხაზისაკენ, იმოქმედებს სიმძლავრის რელე, გააჩერებს თავისი კომპლექტის გადამცემს, მიაწვდის ოპერატიულ “+” ბრ ბლოკირების რელეს კონტაქტებს და დენს ბრ რელეს მუშა გრაგნილს, რითაც ამზადებს დაცვას მოქმედებისათვის. მაგრამ ბლოკირების რელეს კონტაქტებით დაცვის გამორთვის წრედი რჩება გახსნილი, ვინაიდან რელეს სამუხრუჭო გრაგნილში ხაზის მოპირდაპირე მხრიდან მიეწოდება ბლოკირების დენი. ხაზის მოპირდაპირე მხარეს მოკლედ შერთვის სიმძლავრე მიმართული არის სალტისაკენ, ამიტომ ხაზის ამ ბოლოში სიმძლავრის რელე არ მოქმედებს, უფლებას აძლევს გრ-2 რელეს გაუშვას გადამცემი, რომელიც გასცემს მაღალი სიხშირის ბლოკირების დენს. ხაზის ორივე ბოლოში მიმდებარეობს გამოსული და გამართული მაღალი სიხშირის დენი მიეწოდება ბრ ბლოკირების რელეების სამუხრუჭო გრაგნილებს და არ აძლევს დაცვებს მოქმედების უფლებას. ამრიგად გარე მოკლედ შერთვის დროს მაღალი სიხშირის ბლოკირების იმპულსები გაიგზავნება მხოლოდ ხაზის იმ ბოლოდან, სადაც სიმძლავრის რელეს კონტაქტები რჩება გახსნილი, რითაც უზრუნველყოფილი არის დაცვის მოქმედების სელექციურობა.

ზონაში მოკლედ შერთვის დროს ხაზის ორივე ბოლოში მოკლედ შერთვის სიმძლავრე მიმართული არის სალტიდან ხაზისაკენ. დაცვის ორივე კომპლექტში მუშაობენ გამშვი რელეები გრ-1 და გრ-2 და სიმძლავრის სრ რელე. შუალედური (შრ) რელეს საშუალებით სიმძლავრის რელე ანხორციელებს გადამცემის გაშვების წრედის გაწყვეტას. ხაზის ორივე მხარეს მაღალი სიხშირის გადამცემების უმოქმედობის შედეგად არ არსებობს მაღალი სიხშირის დენი და ბლოკირების რელეები მოქმედებენ, რითაც აძლევს უფლებას დაცვას იმოქმედოს ამომრთველების გამორთვაზე.

რყევების დროს, რომელიც ხასიათდება დენების გაზრდით და ძაბვების შემცირებით, გამშვი დენის და წინაღობის რელეები შეიძლება მოვიდნენ მოქმედებაში. ამიტომ დაცვის ქცევა ასეთ შემთხვევებში დამოკიდებული იქნება სიმძლავრის რელეს მოქმედებაზე, რომელიც თავისთავად დამოკიდებული არის რყევის ელექტრული ცენტრის ადგილის მდებარეობაზე. თუ ეს უკანასკნელი აღმოჩნდება ხაზის დაცვის ზონაში, მაშინ სიმძლავრის ნიშანი ორივე ბოლოში იქნება ერთნაირი (დადებითი). ასეთ შემთხვევაში დაცვა იმოქმედებს არასწორად და გამორთავს ხაზს. ყველა სხვა შემთხვევაში დაცვა ფუნქციონირებს სწორად და ბლოკირდება ისე როგორც გარე მოკლედ შერთვის დროს.

დაცვის არასწორი მოქმედების აღმოსაფხვრელად გამოიყენება სპეციალური ბლოკირების მოწყობილობა, რომელიც არ აძლევს საშუალებას დაცვას იმოქმედოს რყევების დროს.

დაცვის მოქმედების პრინციპიდან და სქემის მუშაობიდან გამომდინარეობს, რომ გარე მოკლედ შერთვის დროს დაცვის სწორი მუშაობის გადაუდებელ პირობას წარმოადგენს მაღალი სიხშირის გადამცემის გაშვება მოკლედ შერთვის წერტილთან ახლოს არსებული ქვესადგურის მხარეს. დასაცავი ხაზის ბოლოებში გამშვი რელეების მგრძნობიარობის ერთმანეთთან შეუთანხმებლობის შემთხვევაში აღნიშნული პირობა შეიძლება არ შესრულდეს. ასე მაგალითად, თუ გარე მოკლედ შერთვის დროს გრ-2, რომელიც ანხორციელებს მსგ-ს გაშვებას მიმღები B ქვესადგურის მხარეს, არ იმოქმედებს არასაკმარისი მგრძნობიარობის გამო, ხოლო გრ-1, რომელიც ანხორციელებს დაცვის გაშვებას კვების მხარეს A ქვესადგურში, აღმოჩნდება უფრო მგრძნობიერი და იმოქმედებს, მაშინ დაცვა კვების მხარეს A ქვესადგურში არასწორად გამორთავს ხაზს იმის გამო, რომ არ არსებობდა მახლოვრებული სიგნალი B ქვესადგურიდან.

მსგავსი შემთხვევის აღმოფხვრის მიზნით გამშვი ორგანო შესრულებული არის რელეების ორი კომპლექტისაგან: ერთი-გრ-2 მაღალი სიხშირის გადამცემის გაშვებისათვის; მეორე-გრ-1 გამორთვის წრედის მომზადებისათვის. ამ დროს რელე გრ-2 უნდა იყოს 1,5-2-ჯერ უფრო მგრძნობიარე ვიდრე რელე გრ-1 ხაზის ორივე მხარეს. ასეთ პირობებში ყოველთვის იქნება დაცვის საიმედო ბლოკირება გარე მოკლედ შერთვის დროს. დაცვის გაშვების ასეთი პრინციპი გათვალისწინებული არის სქემაში, რომელიც ნაჩვენებია არის ნახ. 11.9-ზე.

არსებობს აგრეთვე მეორე ხერხი, რომლის დროსაც გამშვი ორგანო შედგება ერთი კომპლექტისაგან, საიდანაც ხორციელდება როგორც მაღალი სიხშირის ნაწილის გაშვება, ისე დაცვის რელეური ნაწილის. ასეთ პირობებში ხაზის ორივე ბოლოში ცალკეული გამშვი რელე ანხორციელებს როგორც თავისი, ისე მოპირდაპირე ბოლოში მაღალი სიხშირის გადამცემების გაშვებას. სქემის გაშვების ასეთმა პრინციპმა მიიღო სახელწოდება დისტანციური. იგი გამოყენებული არის დისტანციურ დაცვებში მაღალსიხშირული ბლოკირებით.

გამშვი რელეები გრ-1 და გრ-2 უნდა იყოს განრიდებული მაქსიმალური დატვირთვის დენისაგან და მათ საიმედოდ უნდა იმოქმედონ დასაცავი ხაზის მოპირდაპირე ბოლოში მოკლედ შერთვის დროს. დენური რელეების განრიდება დატვირთვის დენისაგან ხორციელდება შემდეგი ფორმულით:

$$I_{\text{და.}} = \frac{K_{\text{იმ.}}}{K_{\text{დაბ}}} \cdot I_{\text{დატ.მაქს.}} \quad (11.2)$$

ხოლო წინალობის რელესათვის ფორმულით

$$Z_{\text{და.}} = \frac{1}{K_{\text{იმ.}} \cdot K_{\text{დაბ}}} \cdot Z_{\text{მუშ. მიწ.}} \quad (11.3)$$

როცა $\varphi = \varphi_{\text{დატ.}}$; ორივე შემთხვევაში $K_{\text{იმ.}} > 1$

აღნიშნულიდან გამომდინარე გამშვი გრ.2 რელეს დანაყენი, რომლითაც ხორციელდება მ.ს.გ-ს გაშვება, შეირჩევა (11.2) ან (11.3) გამოსახულებით, ხოლო გამშვი

გრ.1 რელეს დანაყენი, რომელიც მართავს დაცვის გამორთვის წრედს, აიღება 1,5-2 ჯერ მეტი, ვიდრე გრ.2 რელეს დანაყენი.

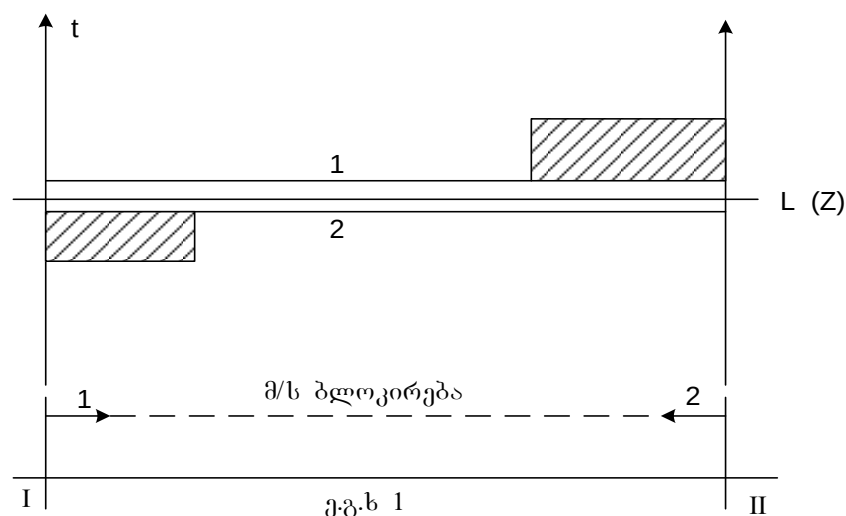
გრ.1 გამშვი რელეს მგრძნობიარობა მოწმდება დასაცავი ხაზის ბოლოში მოკლედ შერთვის დროს მინიმალურ რეჟიმში (როცა დაცვის დადგმის ადგილის მკვებავი სისტემის მხრიდან რელეში გადის შესაძლო მინიმალური მოკლედ შერთვის დენი). რელეს მგრძნობიარობის კოეფიციენტი შესაძლო მინიმალურ რეჟიმში უნდა იყოს არა უმცირეს 1,5-2.

11.5 დისტანციური დაცვა მაღალსიხშირული ბლოკირებით

დისტანციურ დაცვებში გამოყენებული წინააღმდეგობის რელეს მახასიათებელი შეესაბამება მოკლედ შერთვის სიმძლავრის მიმართულების განსაზღვრის მოთხოვნებს, ანუ სხვანაირად, აღნიშნულ რელეებს გააჩნიათ მიმართულების ორგანო. ამავე დროს დისტანციური დაცვები აღჭურვილი არიან გამშვი ორგანოებით.

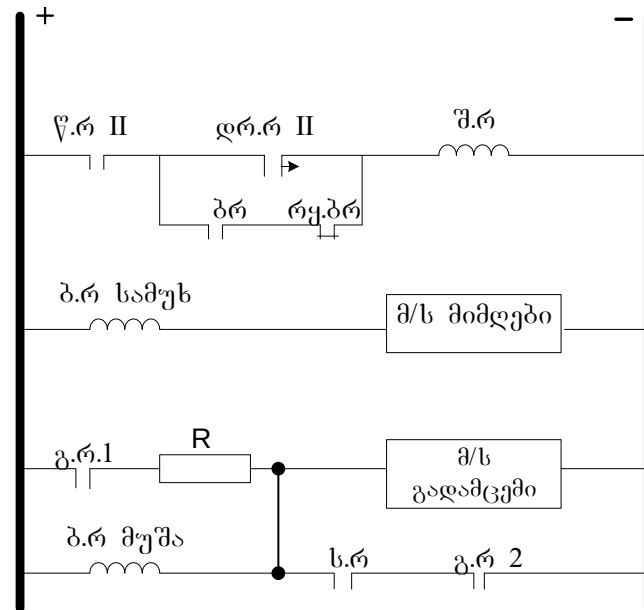
თუ გამოვიყენებთ აღნიშნულ ელემენტებს და მათ დავუმატებთ ბლოკირების რელეს და მაღალსიხშირულ არხს, მივიღებთ კომბინირებულ დაცვას, რომელიც შეასრულებს ძირითადი და სარეზერვო დაცვების ფუნქციებს. ბლოკირების რელე კომბინირებული დაცვის სქემაში აშუშებს მეორე ზონის დროის რელეს და უფლებას აძლევს იმოქმედოს ზონაში მოკლედ შერთვისას დროის დაყოვნების გარეშე.

ასეთი კომბინირებული დაცვა მაღალსიხშირული ბლოკირების გამოყენებით, ხაზის დაცვის ზონაში მოკლედ შერთვის დროს, ხაზს გამორთავს მყისურად ორივე მხრიდან. დისტანციური დაცვის მახასიათებელი მაღალსიხშირული ბლოკირებით ნაჩვენები არის ნახ. 11.10-ზე. დამტრიახულით ნაჩვენები არის აჩქარება, რომელიც მიიღწევა მაღალსიხშირული ბლოკირებით.



ნახ. 11.10 დისტანციური დაცვის მახასიათებელი, მაღალი სიხშირის ბლოკირებით.

ასეთი სქემების განხორციელების ზოგადი პრინციპი შეიძლება ავხსნათ წარმოდგენილი პრინციპიალური სქემით (ნახ. 11.11).



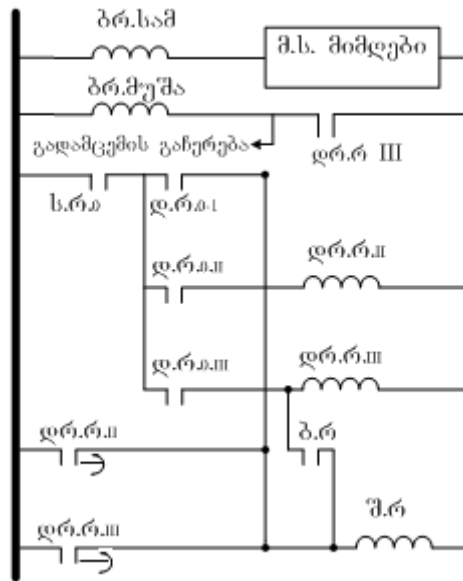
ნახ. 11.11 დისტანციური დაცვის პრინციპიალური სქემა მაღალი სიხშირის ბლოკირებით.

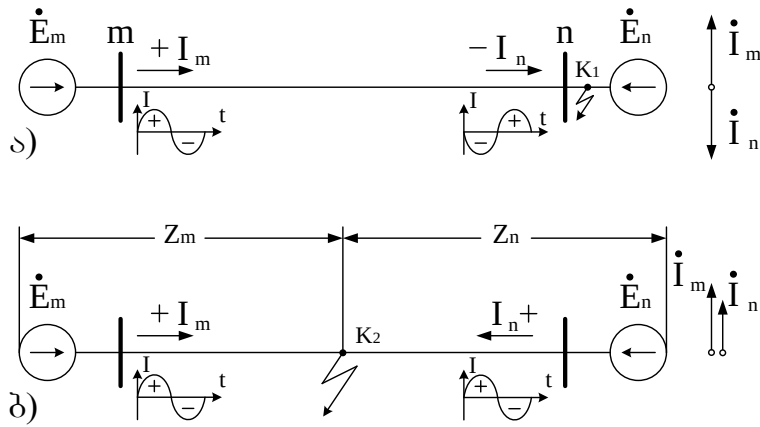
გამშვი რელეები: გრ1; გრ2 და სიმძლავრის მიმართულების (სრ) რელე (მიმართული წინაღობის რელე) დისტანციურ დაცვაში ახორციელებენ მ/ს პოსტის მართვას (გადამცემი და მიმღები); ასევე ბლოკირების (ბრ) რელეს მართვას, როგორც ეს ნაჩვენებია სქემაზე. დასაცავ ხაზზე მოკლედ შერთვის დროს, როცა ხაზის ორივე ბოლოში მ/ს გენერატორები არიან გაჩერებული, ბლოკირების (ბრ) რელე აშუქდება დისტანციური დაცვის II ზონის დროის რელე დრ.რII-ის კონტაქტებს და იგი მუშაობს დროის დაყოვნების გარეშე.

გარე მოკლედ შერთვის დროს ბლოკირების ბ.რ რელე არ მოქმედებს და დაცვა მუშაობს, როგორც ჩვეულებრივი დისტანციური, ახორციელებს მომდევნო უბნის რეზერვირებას II და III ზონის საშუალებით.

რყევების დროს დაცვის არასწორი მოქმედების აღმოფხვრის მიზნით რელეს ბლოკირების წრედში ჩართული არის რყევისაგან ბლოკირების რელეს(რყ.ბრ) კონტაქტი. აღნიშნული მიმდევრობითი წრედი გამორიცხავს რყევის დროს დაცვის არასწორ მოქმედებას.

იმის გამო, რომ დისტანციური დაცვა გამოყენებული არის, როგორც ფაზათაშორის მოკლედ შერთვისაგან დაცვა, საჭირო არის განხორციელდეს ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვის ანალოგიური შეთანწყობა მაღალი სიხშირის ბლოკირებასთან. აღნიშნული დაცვის სქემა მოცემული არის ნახ. 11.12-ზე.

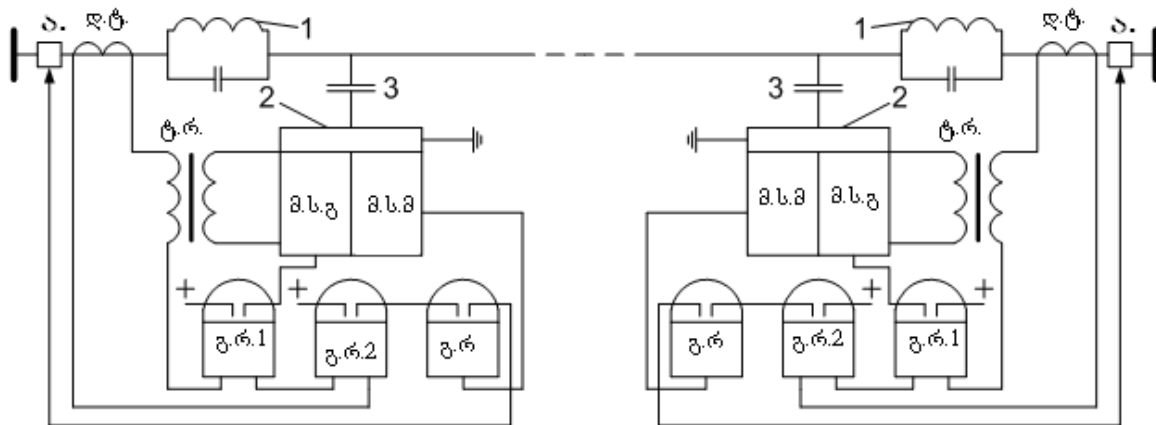




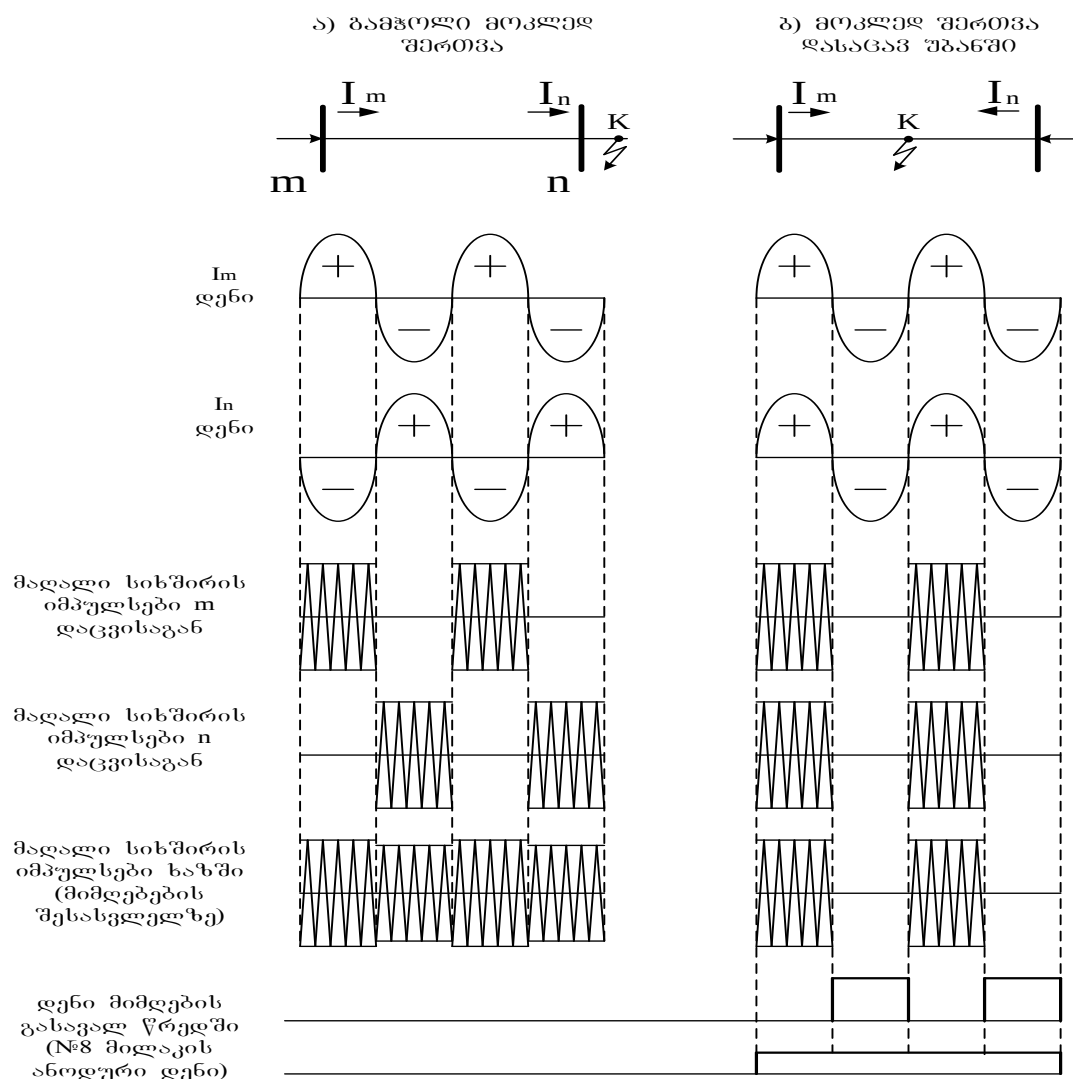
ნახ. 11.13 დიფერენციალურ-ფაზური მაღალსიხშირული დაცვის მოქმედების პრინციპი.

დაცვა შედგება მიმღებ-გადამცემისგან, რომელიც მოიცავს მ/ს (მსგ) გადამცემს, (მსმ) მიმღებს, მიმღების დენით მკვებავ გამორთვის (გრ) რელეს, და ორ გამშვებ გრ1 და გრ2 რელეს, რომელთაგანაც ერთს მოქმედებაში მოჰყავს მსგ, მეორე კი აკონტროლებს გამორთვის წრედს. მაღალი სიხშირის დენები გადაიცემიან მაღალი ძაბვის გადამცემი ხაზის სადენის და მიწის მიერ შექმნილი არხისგან. მაღალი სიხშირის დენების გასვლა ხაზის ფარგლებს გარეთ ჩაკეტილია დროსელებით–1, მაღალსიხშირული პოსტების–2 შეერთება ხორციელდება კავშირის კონდენსატორებით–3.

დაცვის განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის, რომ მ/ს გენერატორი იმართება (მანიპულირდება) უშუალოდ მაღალი სიხშირის დენებით, სპეციალური ტ_მ ტრანსფორმატორის დახმარებით. გენერატორი მხოლოდ სამრეწველო დენის დადებითი ნახევარტალღისას იწყებს მოქმედებას, ხაზში მაღალი სიხშირის დენის გაშვებით, ხოლო უარყოფითი ნახევარტალღისას – წყვეტს მუშაობას ე. ი. წყდება მაღალი სიხშირის დენი. ამავე დროს მიმღები შესრულებულია იმგვარად, რომ მის შესასვლელ კონტურში მაღალი სიხშირის დენების არსებობისას, გამოსავალი დენი, რომელიც კვებავს გამორთვის გრ რელეს ნულის ტოლია, ხოლო სიგნალის არარსებობისას ჩნდება გამოსავალი დენი, რომელიც მიეწოდება გამორთვის გრ რელეს.



ნახ. 11.14 დიფერენციალურ-ფაზური მაღალსიხშირული დაცვის გამარტივებული სქემა.



ნახ. 11.15 დიფერენციალურ-ფაზური მაღალსიხშირული დაცვის დენები.

ამრიგად მაღალი სიხშირის გენერატორი მუშაობს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა სამრეწველო დენს გააჩნია დადებითი ნახევარტალღა, ხოლო მიმღები – მ/ს სიგნალების არარსებობისას.

გამჭოლი მოკლედ შერთვისას (ნახ. 11.15 ა), როცა პირველადი დენების ფაზები ხაზის ბოლოებზე ურთიერთსაწინააღმდეგოა, გენერატორი ხაზის m ბოლოზე მუშაობს პირველი ნახევარპერიოდის განმავლობაში, ხოლო n ბოლოზე – მომდევნო ნახევარპერიოდის განმავლობაში. მაღალი სიხშირის დენები ხაზში განუწყვეტლივ გაედინებიან და კვებავენ ხაზის ორივე ბოლოზე არსებულ მიმღებებს. შედეგად გამოსავალი დენი მიმღების წრედში და გამორთვის გრ რელეში არარსებობს და შესაბამისად რელე (დაცვა) არ მუშაობს.

დასაცავ უბანზე მოკლედ შერთვისას (ნახ. 11.15 ბ) ხაზის ორივე ბოლოში გენერატორები ერთდროულად მუშაობენ, რადგან დენების ფაზები ხაზის ბოლოებში ერთმანეთს ემთხვევა. ამ დროს მიმღებზე მიწოდებულ მაღალსიხშირულ დენს ექნება

წყვეტილი ხასიათი დროითი ინტერვალებით, რომლებიც სამრეწველო სიხშირის დენის ნახევარპერიოდის ტოლია. ამ შემთხვევაში მიმღები იმუშავებს დროითი ინტერვალების განმავლობაში, როდესაც მაღალი სიხშირის დენები არარსებობენ, და იქნება ჩაკეტილი (არ იმუშავებს) მაღალი სიხშირის დენების არსებობის დროს. მიმღების გამოსასვლელ წრედში წარმოიქმნება წყვეტილი დენი, რომელიც იმართება სპეციალური მოწყობილობით და მიეწოდება გამორთვის გრ რელეს. ეს უკანასკნელი კი, მოდის მოქმედებაში და გამორთავს ხაზს.

ამგვარად ხაზის ორივე ბოლოში გამავალ დენებს შორის ფაზური ძვრა განისაზღვრება მ/ს სიგნალის ხასიათის მიხედვით (მუდმივი ან წყვეტილი), რომლებზედაც მიმღების დახმარებით რეაგირებს გამორთვის გრ რელე. დიფერენციალურ-ფაზური დაცვა მოქმედების პრინციპის მიხედვით არ რეაგირებს დატვირთვებზე და რყევებზე, რადგანაც ამ რეჟიმების დროს დენებს ხაზის ორივე ბოლოებზე განსხვავებული ნიშნები გააჩნიათ.

ბ) დიფერენციალურ-ფაზური დაცვის ძირითადი ნაწილები და მათი შესრულების განსაკუთრებულობანი

დიფერენციალურ-ფაზური დაცვა შედგება (ნახ. 11.14) სამი ძირითადი ელემენტისაგან: **გამშვი ორგანო** – გრ1 და გრ2, რომელსაც მოქმედებაში მოყავს გადამცემი და აძლევს დაცვას მოქმედების უფლებას მოკლედ შერთვების დროს; **მანიპულაციის ორგანო**, რომელიც შესადარებელი დენების ნიშნებიდან გამომდინარე (ტ.რ-ის დახმარებით) მართავს მაღალი სიხშირის დენების გადამცემს, და ხაზის ბოლოებზე გამავალი **დენების ფაზების შედარების ორგანო**.

დიფერენციალურ-ფაზური დაცვა არ რეაგირებს დატვირთვაზე, ამიტომ გამშვი ორგანო დაცვის ამ სქემაში აუცილებლობას არ წარმოადგენს. მაგრამ მისი არარსებობისას მაღალი სიხშირის დენების განუწყვეტელი ცირკულაციის ნებისმიერი დარღვევა მოქმედებაში მოიყვანს გამორთვის გრ რელეს და ხაზი ზედმეტად იქნება გამორთული. ამიტომ დიფერენციალურ-ფაზური დაცვის ყველა სქემაში მონაწილეობას იღებს გამშვი რელე, განრიდებული დატვირთვის დენებისაგან.

დაცვის ორგანოების შესრულების განსაკუთრებულობას წარმოადგენს შემდეგი:

1. გამჭოლი მოკლედ შერთვებისას დასაცავი ხაზის ორივე ბოლოში მაღალსიხშირული გადამცემების მოქმედებაში სინქრონულად მოყვანა. გამჭოლი მოკლედ შერთვების გამორთვისას, როდესაც მ/ს გადამცემის მოქმედებაში მომყვანი გამშვი რელე მუშაობს თავისი მგრძნობიარობის ზღვარზე, შესაძლებელია გამშვი ორგანოს ამუშავება, მხოლოდ ხაზის ერთ-ერთ ბოლოში, რის გამოც მაღალი სიხშირის დენს ექნება წყვეტილი ხასიათი და დაცვა იმოქმედებს ზედმეტად. მსგავსი გამორთვის გამორიცხვისათვის დაცვა შესრულებულია ორი კომპლექტისაგან: I – მგრძნობიარე, რომელიც უშვებს მ/ს გადამცემს და II – უხეში (1.5-2-ჯერ), რომელიც მართავს გამორთვის წრედს.

2. გამჭოლი მოკლედ შერთვების და რყევების დროს მ/ს სიგნალის უწყვეტობა შეიძლება დაირღვეს ხაზის მოპირდაპირე ბოლოებზე გადამცემების არაერთდროული მოქმედების მიზეზით. ამიტომ მ/ს გადამცემების ამუშავება უნდა მოხდეს გამორთვის გრ რელეზე ადრე, რომელიც შეკრავს გამორთვის წრედს, ხოლო მათი გაჩერება- გამშვი რელეს დაბრუნებამდე რამოდენიმე ხნით გვიან, რომლებიც მართავენ გამორთვის წრედს.

3. ყოველ ფაზაში დენების შემდარებელი დიფერენციალურ-ფაზური დაცვის შესრულება ძალიან რთული და ძვირია. დაცვა უფრო მარტივდება და ხდება უფრო საიმედო თუ, დენების ფაზების შედარების მაგივრად, შევადარებთ ფილტრებიდან მიღებულ მათ სიმეტრიულ მდგენელებს, რაც დენების სამფაზა სისტემას გარდაქმნის ერთფაზა სისტემად. ფილტრად ასეთ დაცვებში გამოიყენება კომბინირებული ფილტრები, რომელთა გამოსასვლეზეც მიიღება $\dot{I}_1 + K\dot{I}_2$ ან $\dot{I}_1 + K\dot{I}_0$ -ის პროპორციულ I_{Σ} დენი. ასეთი ფილტრები უზრუნველყოფენ ნებისმიერი სახის მოკლედ შერთვებისას დაცვის მოქმედებას. სიმეტრიული მოკლედ შერთვისას ფილტრის დენი განპირობებულია I_1 მდგენელით, ხოლო არასიმეტრიული მოკლედ შერთვებისას - I_1 და I_2 ან I_1 და I_0 მდგენელებით.

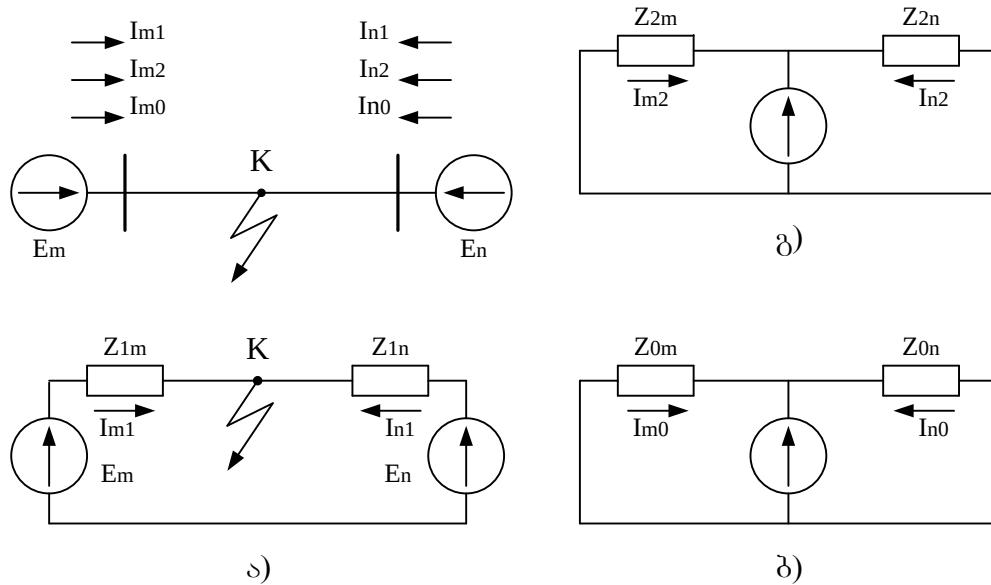
გ) შესადარებელი დენების ფაზების დამახინჯება (ფაზური ცდომილება)

მოქმედების პრინციპის ახსნისას მივიღეთ, რომ Im და In დენები ერთმანეთის მიმართ 180° -იანი ფაზით იყვნენ დაძრულნი ე.ი. კუთხე $\psi = 180^\circ$, ხოლო უბანზე მოკლედ შერთვისას Im და In დენები დასაცავ უბანზე ფაზით ემთხვევიან ერთმანეთს ე.ი. $\psi = 0$ (ნახ. 11.13 და 11.15).

სინამდვილეში დენის ტრანსფორმატორის ცდომილების და სხვა რიგი მიზეზების გამო (შემდგომში იქნება განხილული) მეორადი დენების ფაზები მახინჯდება, ამიტომ ფაზური ძვრა დენებს შორის განსხვავებულია ზემოთ მოყვანილისგან. Im და In დენების ფაზების დამახინჯებისას შესაძლებელია დაცვის ზედმეტად მოქმედება გამჭოლი მოკლედ შერთვებისას, ხოლო დასაცავ უბანზე მოკლედ შერთვებისას შეიძლება დაცვამ არ იმოქმედოს. ამასთან დაკავშირებით დაცვის პარამეტრები ისე შეირჩევა, რომ დაცვა დაბლოკირდეს გამჭოლი მშ დროს (როცა $\psi = 180^\circ - \beta$) და იმოქმედოს დასაცავ უბანზე მშ დროს (როცა $\psi > 0$). β კუთხის ზღვრულ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც დაცვა უნდა დაბლოკირდეს ეწოდება დაცვის ბლოკირების კუთხე. დიფერენციალურ-ფაზური დაცვის მკვებავი დენის ტრანსფორმატორების (დტ) მიერ Im და In დენების ფაზების დამახინჯების შემცირების მიზნით, აუცილებელია დტ-ის შერჩევა 10%-იანი მახასიათებლების მიხედვით, ამასთან კუთხური ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს 7%-ს.

დასაცავ გადაცემის ხაზზე მშ-ის დროს დტ-ის ცდომილების გარდა, რომლებიც ამახინჯებენ დენების ფაზებს, ადგილი აქვს პირველადი $\dot{I}_m$ და $\dot{I}_n$ დენებს შორის

ფაზურ განსხვავებას, რაც გამოწვეულია: ექვივალენტური გენერატორების $\dot{E}_m$ და $\dot{E}_n$ ემძების ფაზებს შორის სხვაობით (ნახ. 11.16 ა).



ნახ. 11.16 სიმეტრიული მდგენელების ჩანაცვლების სქემები. (ა) პირდაპირი მიმდევრობის; (ბ) უკუ მიმდევრობის; (გ) ნულოვანი მიმდევრობის.

z_m და z_n სრულ წინაღობებს შორის კუთხური განსხვავებით პირდაპირი, უკუ და ნულოვანი მიმდევრობების ჩანაცვლების სქემებში (ნახ. 11.16 ა, ბ, გ) და დატვირთვის დენების ზედდებით მოკლედ შერთვის დენებზე.

პირდაპირი მიმდევრობის დენები (ნახ. 11.16 ა) $\dot{I}_{m1} = \dot{E}_m / z_{1m}$, ხოლო $\dot{I}_{n1} = \dot{E}_n / z_{1n}$. აღნიშნული დენების ფაზები დამოკიდებულია $\dot{E}_m$ და $\dot{E}_n$ ემძების ფაზებზე. მათი განსხვავების გათვალისწინებით, აგრეთვე დატვირთვის და z_{m1} და z_{n1} -ის კუთხეების შეუსაბამობის გავლენით, ფაზური ძვრა $\dot{I}_{m1}$ და $\dot{I}_{n1}$ დენებს შორის განსხვავებულია ნულისაგან $\psi_1 \neq 0$.

უკუ და ნულოვანი მიმდევრობის ფაზები დასაცავი გადაცემის ხაზის ბოლოებზე განისაზღვრებიან ერთი და იგივე ძაბვებით მოკლედ შერთვის წერტილში ($\dot{U}_{K2}$ და $\dot{U}_{K0}$), $\dot{E}_m$ და $\dot{E}_n$ ემძების ფაზური ძვრა ამ მდგენელებზე გავლენას არ ახდენენ. დამახინჯება, გამოწვეული წინააღობების კუთხური სხვაობით დიდი არ არის, ამიტომ $\dot{I}_{2m}$ და $\dot{I}_{2n}$, ასევე $\dot{I}_{0m}$ და $\dot{I}_{0n}$ დენები პრაქტიკულად შეგვიძლია ჩავთვალოდ ფაზებით თანხვდენილად.

ამრიგად, $\dot{I}_1 + k\dot{I}_2$ ან $\dot{I}_1 + k\dot{I}_0$ დენებს შორის ფაზური ძვრა ხაზის ბოლოებზე ძირითადად განისაზღვრება $\dot{I}_{1m}$ და $\dot{I}_{1n}$ პირდაპირი მიმდევრობის დენების ფაზური განსხვავებით. ამის გათვალისწინებით, k კოეფიციენტი შეირჩევა რაც შეიძლება მაღალი იმ მიზნით, რომ არასიმეტრიული მოკლედ შერთვების დროს ფაზის ჯამურ დენზე I_1 დენმა მოახდინოს მცირე გავლენა.

12.1 ტრანსფორმატორების და ავტოტრანსფორმატორების დაზიანებისა და არანორმალური რეჟიმების შესაძლო სახეები

მაღოვანი ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები სხვა მაღალძაბვიან აპარატებთან და ელექტრულ მანქანებთან შედარებით, ექსპლუატაციის პირობებში უფრო საიმედოა არიან; ეს იმით აიხსნება, რომ მათ არ გააჩნიათ მოძრავი ნაწილები. გარდა ამისა, მათი გრაგნილები, გრაგნილების იზოლაცია და ფოლადის გულარა ზეთშია მოთავსებული, რაც უზრუნველყოფს ამ ნაწილების ეფექტურ გაციებას, საიზოლაციო მასალის ელექტრული სიმტკიცის გადიდებასა და ატმოსფერული ზეგავლენისაგან კარგ დაცვას.

აღნიშნულის მიუხედავად ტრანსფორმატორის დაზიანების შესაძლებლობა გამორიცხული არ არის, ამიტომ აუცილებელია ტრანსფორმატორზე სათანადო რელეური დაცვის გათვალისწინება. ტრანსფორმატორების ექსპლუატაციის დროს შესაძლებელია შემდეგი სახის დაზიანებისა და არანორმალური რეჟიმების გაჩენა:

1. დაზიანებები ტრანსფორმატორის გარსაცმის შიგნით; ე.ი. უშუალოდ გრაგნილების ან გულარას დაზიანება;

2. გარეგანი დაზიანებები ტრანსფორმატორის წრედის ფარგლებში, ე.ი. დენგამტარ სადენებზე ან კაბელებზე, მაღალი და დაბალი ძაბვის მხარეს დაყენებულ ამომრთველებს შორის (მათ შორის ხუფის ზევიდან დაყენებულ შემყვან იზოლატორებზე). აღნიშნულ ადგილებში მოსალოდნელია შემდეგი სახის დაზიანებები: სამფაზა, ორფაზა ან ერთფაზა მოკლედ შერთვა (ერთფაზა მოკლედ შერთვა ყრუდ დამიწებულ ნეიტრალიან დანადგარებში); ერთი ან ორი ფაზის დამიწება ტრანსფორმატორის გრაგნილის გულარაზე ან კორპუსზე დამოკლების გამო; გრაგნილის რომელიმე ფაზის ხვეულთა შორის დამოკლება; მოკლედ შერთვა ან დამოკლება და დამიწება ტრანსფორმატორის შემყვან იზოლატორებზე. ჩამოთვლილ შესაძლო დაზიანებათა შორის უფრო ხშირია მაღალი და დაბალი ძაბვის წრედში ერთფაზა დამიწება, ერთი ფაზის ხვეულებს შორის დამოკლება და გადაფარვები შემყვან იზოლატორებზე; რაც შეეხება ფაზებს შორის დამოკლებას და მით უმეტეს, მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილებს შორის შეერთებას, ასეთი დაზიანებები იშვიათად ხდება.

3. არანორმალური რეჟიმები, როცა თვითონ ტრანსფორმატორი დაზიანებული არ არის, მაგრამ მისი ხანგრძლივი მუშაობა აღებულ პირობებში დაუშვებელია.

ა) გადატვირთვის რეჟიმი, როდესაც ტრანსფორმატორის გრაგნილებში გამავალი დატვირთვის დენი ტრანსფორმატორის ნომინალურ დენს აღემატება და გრაგნილების გადახურებას იწვევს. ასეთი რეჟიმი შეიძლება გაჩნდეს ქსელში არსებული დატვირთვის მოზღვაების დროს, ელექტროძრავების თვითგაშვების პროცესში, პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორის გამორთვის შედეგად და სხვა. უნდა აღინიშნოს, რომ ზეთიანი ტრანსფორმატორები კარგად იტანენ ზომიერ გადატვირთვას; მაგალითად: მათი 5%-იანი გადატვირთვა ხაგრძლივად დასაშვებია, 20%-იანი - 120 წუთის, ხოლო 100%-იანი - (ე.ი. ორმაგი) გადატვირთვა 10 წუთის განმავლობაშია დასაშვები.

აღნიშნულის გამო ხანმოკლე, ბიძგური ხასიათის გადატვირთვის დროს ტრანსფორმატორის ავტომატური გამორთვა საჭირო არ არის. თუ გადატვირთვა ხანგრძლივია, მორიგე პერსონალს საკმარისი დრო აქვს ტრანსფორმატორის განტვირთვისათვის მომხმარებელის ნაწილის გამორთვის ან დამატებითი (სათადარიგო) ტრანსფორმატორის პარალელურ მუშაობაზე მიერთების გზით. აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ გადატვირთვის გაჩენის შემთხვევაში საკმარისია სიგნალიზაციის ამუშავება.

ბ) გამჭოლი მოკლედ შერთვის რეჟიმი, როდესაც დაუზიანებელი ტრანსფორმატორის გრაგნილებში გადის ნომინალურზე გაცილებით დიდი დენი (ზედენი), რაც ტრანსფორმატორის სწრაფ გახურებას იწვევს. ასეთი რეჟიმი შეიძლება გაჩნდეს გარეშე წრედში დაზიანების დროს (მაგალითად, ქვესადგურის შემკრებ სალტეებზე ან ქსელის მეზობელ უბანზე მოკლედ შერთვის დროს) და აგრეთვე სისტემაში რყევების გაჩენის შემთხვევაში. გამჭოლი მოკლედ შერთვის გაჩენისას ტრანსფორმატორის გამორთვა მხოლოდ მაშინაა საჭირო, თუ არ იმოქმედებს ის დაცვა, რომელსაც აკისრია დაზიანებული უბნის გამორთვა.

გ) ძაბვის აწევის რეჟიმი. ასეთი რეჟიმი შეიძლება გაჩნდეს ზემალაღი (500-750კვ) ძაბვის ქსელებში, როცა ქვესადგურის სალტეებზე მიერთებული რჩება ძალიან გრძელი, დიდი ტევადობის მქონე დაუტვირთავი ელექტროგადამცემი ხაზები. ძაბვის გადიდების გამო ტრანსფორმატორის გულარაში იზრდება ინდუქციის სიდიდე, რაც იწვევს დამაგნიტების დენისა და გულარაში აქტიური დანაკარგების გაზრდას, ასეთი რეჟიმის დიდხანს გაგრძელება სახიფათოა გრაგნილების იზოლაციის და გულარას გადახურების თვალსაზრისით. ამიტომ აღნიშნული რეჟიმის გაჩენის შემთხვევაში სიგნალიზაციის ამუშავებაა საჭირო.

დ) არანორმალურ რეჟიმს მიეკუთვნება ისეთი შემთხვევაც, როცა ტრანსფორმატორის კონსერვატორში ზეთის დონე ნორმალურზე დაბლა ეცემა. ეს შეიძლება მოხდეს ტრანსფორმატორის გაციების ან გარსაცმიდან ზეთის გაჟონვის გამო; ზეთის დონის დაწევა ზოგჯერ აირების ან ჰაერის ბუშტულების გამოყოფის შედეგად ხდება. ჰაერის ბუშტების წარმოქმნა გარსაცმის ჰერმეტიულობის დარღვევის ნიშანია, ხოლო აირის ბუშტების წარმოქმნა ზეთის დაშლის და ტრანსფორმატორის იზოლაციის წვის შედეგია, რაც დაზიანების გაჩენას მიანიშნებს.

ჩამოთვლილ შესაძლო დაზიანებათა და არანორმალური რეჟიმების სახეების შესაბამისად ტრანსფორმატორებსა და ავტოტრანსფორმატორებზე შემდეგ დაცვებს იყენებენ:

1. გრძივ დიფერენციალურ დაცვას, რომელიც ტრანსფორმატორის სწრაფ გამორთვას ახდენს ტრანსფორმატორის შიგნით ან მის წრედში ნებისმიერი დაზიანების დროს.
2. დენურ და დიფერენციალურ მომკვეთ დაცვებს, რომლებიც ტრანსფორმატორს გამორთავენ მოკლედ შერთვის გაჩენის დროს.
3. ნულოვანი მიმდევრობის დენურ დაცვას, რომლის ამოქმედება საჭიროა გრაგნილების კორპუსზე დამოკლების ან მიმყვანი სადენების ერთფაზა დამიწების დროს. თუ ტრანსფორმატორის ნეიტრალი დამიწებული არ არის, ეს დაცვა მხოლოდ სიგნალს იძლევა; ყრუდ დამიწებულ ნეიტრალიან დანადგარში კი - ტრანსფორმატორის გამორთვას ახდენს.
4. გაზურ დაცვას, რომელიც ტრანსფორმატორის გარსაცმის შიგნით დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში მუშაობს; დაზიანების გაჩენის საწყის ფაზაში გაზური დაცვა გამაფრთხილებელ სიგნალს იძლევა, ხოლო თუ დაზიანება ვითარდება, ტრანსფორმატორის ამორთვას ახდენს.
5. მაქსიმალურ დენურ დაცვას, რომელიც გამჭოლი ზედტენიებისაგან იცავს ტრანსფორმატორს და რომლის სელექციური მოქმედება დროის დაყოვნებას მოითხოვს.
6. გადატვირთვისაგან დაცვას, რომელიც სიგნალიზაციის ამუშავებას იწვევს.
7. ძაბვის აწევისაგან დაცვას, რომელსაც იყენებენ მხოლოდ ზემაღალი ძაბვის ქვესადგურებზე.

12.2 ძალოვანი ტრანსფორმატორების დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი

დიფერენციალური დაცვა ხასიათდება აბსოლუტური სელექციურობით, ფრიად სწრაფი მოქმედებითა და საკმარისად მაღალი მგრძნობიარობით. ამიტომ მას აკისრებენ მძლავრი ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების შინაგანი დაზიანებისაგან ძირითადი დაცვის როლს.

არსებული წესების თანახმად დიფერენციალური დაცვის დაყენება სავალდებულოა, თუ ტრანსფორმატორის სიმძლავრე ტოლია ან აღემატება 4მვა-ს. ზოგჯერ დიფერენციალური დაცვის დაყენება სავალდებულოა უფრო მცირე (1 მვა) სიმძლავრის ტრანსფორმატორებზედაც, თუ იგი ემსახურება საპასუხისმგებლო მომხმარებლების ჯგუფს და თუ მაქსიმალური დენური დაცვის მოქმედების დრო 1 წამს აღემატება.

ტრანსფორმატორის გრძივი დიფერენციალური დაცვის მოქმედების პრინციპი დასაცავი ელემენტის ორივე მხრიდან გამავალი I_1 და I_2 დენების შედარებაზეა

აგებული: I_1 და I_2 დენების შედარებისათვის გამოყენებულია მაცირკულირებელი დენების სქემა, რომელიც 1-ლ ნახაზზეა მოცემული.

I_1 და I_2 შედარებისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ნორმალური რეჟიმის დროს მაღალი ძაბვის მხარეზე გამავალი I_1 დენი უფრო მცირეა, ვიდრე დაბალი ძაბვის მხარეზე გამავალი I_2 დენი:

$$I_1 = I_2 / N$$

სადაც, $N = U_1 / U_2$ დასაცავი ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტია.

როგორც ვიცით მაცირკულირებელი დენების სქემის განხორციელება მოითხოვს დენის ტრანსფორმატორების დაყენებას დასაცავი ელემენტის ორივე მხრიდან. დენის ეს ტრანსფორმატორები ნახაზზე აღნიშნულია ინდექსებით დტ1 და დტ2. მათი მეორეული გრაგნილები დამხმარე ე.წ. “შემაერთებელი” სადენების საშუალებით თანმიმდევრობით არის დაკავშირებული, ხოლო დენური რელე შემაერთებელ სადენებთან პარალელურადაა (დიფერენციალურად) მიერთებული (ნახ. 12.1, 2, 3, 4).

ამრიგად I_1 და I_2 დენების შედარების ნაცვლად სქემა ითვალისწინებს მეორეული I'_1 და I'_2 დენების შედარებას მათი წინასწარი გატოლების შემდეგ. მეორეული დენების გატოლების მიზნით დტ1 და დტ2-ს ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების შერჩევა შემდეგი პირობის მიხედვით უნდა ხდებოდეს

$$n_1 = \frac{I_1}{I'_1} \quad \text{და} \quad n_2 = \frac{I_2}{I'_2}$$

ამავე დროს დაცული უნდა იყოს მეორეული დენების ტოლობის პირობა $I'_1 = I'_2$ აქედან გამომდინარეობს, რომ $I_1 \cdot n_2 = I_2 \cdot n_1$ საბოლოოდ $n_2 = n_1 \cdot N$.

განვიხილოთ დიფერენციალური დაცვის სქემის მუშაობის პირობები შემდეგი სამი სახასიათო რეჟიმის დროს.

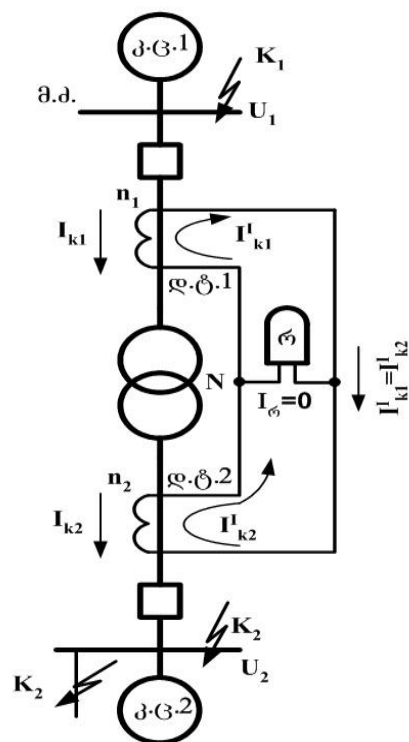
ა) ნორმალური რეჟიმი (ნახ. 12.1). ნორმალური რეჟიმის დროს ტრანსფორმატორების გრაგნილებში გადის დენი: დაბალი ძაბვის მხარეზე I_2 , რომლის სიდიდე დატვირთვის სიდიდეზეა დამოკიდებული.

$$I_2 = \frac{S_{\text{დტ}}}{U_2} = I_{\text{დტ. 6.}}$$

ხოლო მაღალი ძაბვის გრაგნილში - $I_1 = I_2 / N$.

დტ-1 და დტ-2 დენის ტრანსფორმატორების მეორეულ გრაგნილში გადის ერთნაირი სიდიდის დენი:

$$I'_1 = \frac{I_1}{n_1} \quad \text{და} \quad I'_2 = \frac{I_2}{n_2} = \frac{I_1 \cdot N}{n_1 \cdot N} = I'_1$$



ნახ. 12.2 გამჭოლი მოკლედ შერთვის რეჟიმი.

$$I_{\mathcal{G}} = I_1' - I_2' = 0$$

ბ) გამჭოლი მოკლედ შერთვის რეჟიმი (ნახ. 12.2). ვთქვათ, დაზიანება გაჩნდა დაბალი ძაბვის სალტეებზე K_2 წერტილში, ე.ი. დასაცავი ტრანსფორმატორის დაცვის ზონის გარეთ; ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის გრაგნილში კვების ცენტრის (კც) მხრიდან ახლა გადის K -ჯერ გადიდებული მოკლედ შერთვის დენი ($I_{k1} = K \cdot I_{160\text{ორმ}}$), ხოლო დაბალი ძაბვის გრაგნილში N -ჯერ გადიდებული - $I_{k2} = N \cdot I_{k1}$. სათანადოდ გაიზრდება მეორეული I'_{k1} და I'_{k2} დენები, მაგრამ მათი მიმართულება არ შეიცვლება, რის გამოც რელეში დენი არ გაჩნდება:

$$I_{\mathfrak{G}} = I'_{k1} - I'_{k2} = 0$$

გ) დაცვის ზონაში მოკლედ შერთვისას ცალმხრივი კვების დროს, ე.ი. ცალკეულად მომუშავე ტრანსფორმატორების შემთხვევაში, მოკლედ შერთვის დენი

გადის მხოლოდ დტ-1 დენის ტრანსფორმატორში, რადგან იგი მიმართულია მაღალძაბვიანი კვების ცენტრიდან დაზიანების ადგილისაკენ, ხოლო დაბალი ძაბვის მხრიდან დაყენებული დტ-2 დენის ტრანსფორმატორში არავითარი დენი არ გადის, ე.ი.

$$I_{k1} = I_k \text{ და } I_{k2} = 0$$

სათანადოდ, მეორეული დენი მხოლოდ დტ-1 დენის ტრანსფორმატორში ჩნდება და ეს დენი განშტოვდება რელეში (ნახ. 12.3), ე.ი.

$$I_{\phi} = I'_{k1}$$

რაც რელეს ამოქმედებას და ტრანსფორმატორის გამორთვას იწვევს.

ორმხრივი კვების დროს, ან თუ დაზიანებულ ტრანსფორმატორთან პარალელურად სხვა ტრანსფორმატორი მუშაობს, მაშინ დაზიანებული ტრანსფორმატორის ორივე ძაბვის მხრიდან მოკლედ შერთვის დენი გადის (ნახ. 12.4). მაღალი ძაბვის მხრიდან I_{k1} მოკლედ შერთვის დენი მიმართულია მაღალი ძაბვის სალტებიდან დაზიანების წერტილისაკენ (K_3 ან K'_3) წერტილისაკენ, ე.ი. იგივე მიმართულებას ინარჩუნებს, როგორც ჰქონდა გამჭოლი მოკლედ შერთვის დროს.

რაც შეეხება დაბალი ძაბვის მხარეზე გამავალ I_{k2} მოკლედ შერთვის დენს, იგი საწინააღმდეგოდაა მიმართული, ე.ი. დაბალი ძაბვის სალტებიდან მიმართულია იგივე K_3 ან K'_3 წერტილისაკენ (ნახ. 12.4). ასეთ პირობებში მეორეული დენი ორივე (დტ-1 და დტ-2) დენის ტრანსფორმატორში ჩნდება; მაგრამ ახლა მეორეულ დენებს I'_{k1} და I'_{k2} შემხვედრი მიმართულება აქვთ.

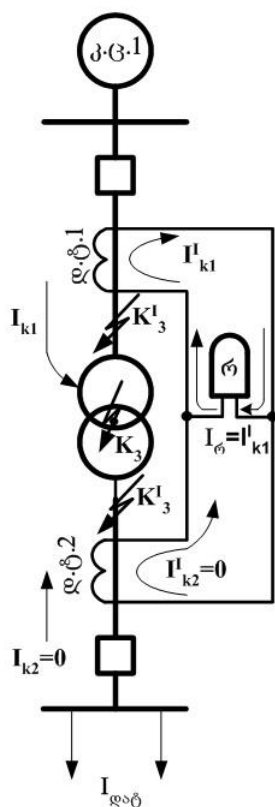
დტ-1 დენის ტრანსფორმატორში გაჩენილი მეორეული I'_{k1} დენის სიდიდე I_{k1} დენის სიდიდის პროპორციულია, ხოლო შემაერთებელ სადენებში იგი მიმართულია a კვანძიდან d კვანძისაკენ, ხოლო რელეში - d-დან d' კვანძისაკენ.

აღნიშნულიდან ჩანს, რომ რელეში გადის I'_{k1} და I'_{k2} დენების ჯამი, ე.ი.

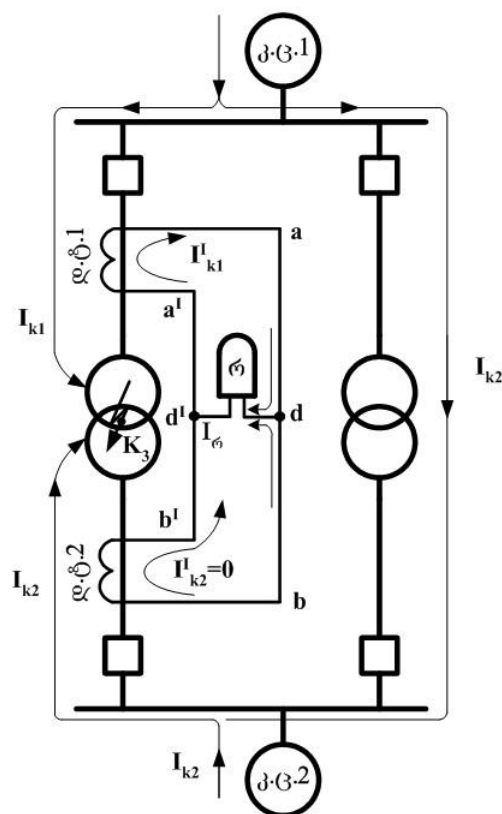
$$I_{\phi} = I'_{k1} + I'_{k2}$$

რის გამოც რელეს კონტაქტი იკეტება, რაც ტრანსფორმატორის გამორთვას იწვევს.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ დიფერენციალური დაცვა მუშაობს და ტრანსფორმატორს გამორთავს მხოლოდ მაშინ, როდესაც დაზიანება ჩნდება ტრანსფორმატორის შიგნით ან მისი უჯრედის ფარგლებში, ე.ი. დტ-1 და დტ-2 დენის ტრანსფორმატორებს შორის; დენის ტრანსფორმატორებს შორის განლაგებულ უბანს „დაცვის მოქმედების ზონას“ უწოდებენ. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ნებისმიერი დაზიანება, რომელიც დაცვის მოქმედების ზონის გარეთ ჩნდება, დაცვის მოქმედებას არ იწვევს.



ნახ. 12.3 დაზიანება ტრანსფორმატორში
ცალმხრივი კვების დროს.



ნახ. 12.4 დაზიანება ტრანსფორმატორში
ორმხრივი კვების დროს.

დიფერენციალური დაცვის აღნიშნული თვისება ძალზე მნიშვნელოვანია, რადგან იგი უზრუნველყოფს დაცვის მაღალ სელექციურობას დროის დაყოვნების გარეშე, ე.ი. უზრუნველყოფს დაცვის სწრაფ მოქმედებას.

აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ტრანსფორმატორის გრძივი დიფერენციალური დაცვის განხორციელება უფრო იაფია და ადვილი, ვიდრე ასეთივე დაცვის შესრულება გრძელი ელექტროგადამცემის ხაზებზე, სადაც შემართებული სადენების სიგრძის გამო დაცვის ღირებულება მაღალია და ამავე დროს გარკვეული ტექნიკური პრობლემების დაძლევის მოითხოვს.

ტრანსფორმატორზე გრძივი დიფერენციალური დაცვის გამოყენების შემთხვევაში შემართებული სადენების სიგრძე ძალიან მცირეა, რადგან დტ-1 და დტ-2 დენის ტრანსფორმატორები ერთი ქვესადგურის ტერიტორიაზე იმყოფებიან; ამავე დროს შემართებული სადენები განლაგებულია ქვესადგურის შემოღობილ ტერიტორიაზე და შესაბამისად კარგადაა დაცული შემთხვევითი დაზიანებისაგან, რაც ამ სადენების მაღალ საიმედოობას განაპირობებს.

როდესაც დაცვის მუშაობის პირობას იხილავენ ნორმალური რეჟიმის და გამჭოლი მოკლედ შერთვის დროს გულისხმობენ, რომ $I_1' = I_2'$, მაგრამ სინამდვილეში რიგი მიზეზების გამო ეს დენები არაა ერთმანეთის ტოლი და ამიტომ აღნიშნულ რეჟიმში რელეში გადის უბალანსობის დენი: $I_{\text{გაბ}} = I_1' - I_2'$. უბალანსობის დენს

შეუძლია ყალბად ამოქმედოს დაცვა, თუ რელეს დამკრის დენის ძალიან დაბალი მნიშვნელობაა შერჩეული. იმისთვის რომ ეს არ მოხდეს, სავალდებულოა შემდეგი პირობის დაცვა: $I_{რდამ} > I_{უბ.მაქს}$ ან რაც იგივეა, $I_{რდამ} = K_{მარ} \cdot I_{უბ.მაქს}$ სადაც $K_{მარ}$ არის მარაგის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდეს ირჩევენ 1,2-1,3-ის ტოლს. $I_{უბ.მაქს}$ უბალანსობის დენის მაქსიმალური მოსალოდნელი სიდიდეა. აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ დაცვის მგრძნობიარობა უბალანსობის დენის სიდიდებზე დამოკიდებული. როგორც შემდეგში დავინახავთ, ტრანსფორმატორზე და ავტოტრანსფორმატორზე დიფერენციალური დაცვის გამოყენების შემთხვევაში უბალანსობის დენის სიდიდე უფრო დიდია, ვიდრე სხვა ელემენტის (მაგ. ელექტრო გადამცემი ხაზის) დიფერენციალური დაცვის სქემაში. ამიტომ ძალოვან ტრანსფორმატორებზე დიფერენციალური დაცვის გამოყენების შემთხვევაში ზოგჯერ საჭირო ხდება სპეციალური ღონისძიებების ჩატარება უბალანსობის დენის შემცირებისა და დაცვის მგრძნობიარობის სასურველ დონეზე შენარჩუნების მიზნით.

12.3 სამუშაო ტრანსფორმატორების დიფერენციალური დაცვის მხრებში გამავალი დენების ფაზური ძვრის კომპენსაცია

დიფერენციალური დაცვის სქემების აგების დროს მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთების სქემა. თუ ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთება შესრულებულია $\wedge/\wedge$ - 12 ჯგუფის მიხედვით, ე.ი. მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილები ერთნაირად არის შეერთებული, მაშინ ტრანსფორმატორის ერთსახელა ფაზებში გამავალ დენების ვექტორებს ($I_{1A}I_{1B}I_{1C}$ და $I_{2a}I_{2b}I_{2c}$) შორის ძვრის კუთხე არ არსებობს ე.ი ისინი ფაზებით ერთმანეთს ემთხვევიან; ასეთ ტრანსფორმატორებზე დტ-1 და დტ-2 დენის ტრანსფორმატორების შეერთება ერთნაირად (ვარსკვლავის სქემით) სრულდება; ამ დროს მეორეული I_1' და I_2' დენები ფაზით ერთმანეთს ემთხვევიან და ამიტომ მხოლოდ მათი სიდიდეების გათანაბრებაა საკმარისი.

მაგრამ მძლავრი ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორების გრაგნილების შეერთებას ჩვეულებრივ ასრულებენ $\wedge/\Delta$ - 11 ჯგუფის მიხედვით ე.ი. მაღალი ძაბვის გრაგნილების შეერთებას ვარსკვლავის სქემით, ხოლო დაბალი ძაბვის გრაგნილების შეერთებას სამკუთხედის სქემით. ასეთი შეერთების დროს ტრანსფორმატორის მაღალი და დაბალი ძაბვის მხარეზე გამავალი $I_1(I_{1A}I_{1B}I_{1C})$ და $I_2(I_{2a}I_{2b}I_{2c})$ დენების ვექტორები დამრულია ერთმანეთის მიმართ 30° -ით. ამიტომ ამ დენების სიდიდეების გათანაბრება საკმარისი აღარ არის, არამედ სავალდებულო ხდება ძვრის კუთხის კომპენსაცია. მართლაც, თუ მაღალი და დაბალი ძაბვის მხარეზე დაყენებულ დენის ტრანსფორმატორებს ერთნაირად (ვარსკვლავურად) შევაერთებთ, მაშინ დიფერენციალური დაცვის მხრებში გაჩენილი მეორეული I_1' და I_2' დენები

აგრეთვე დაძრული იქნებიან ერთმანეთის მიმართ 30° -ით, რის გამოც აღნიშნული დენების გათანაბრება შეუძლებელი იქნება.

მეორეული დენების ფაზური ძვრის კომპენსაციის მიზნით იქ სადაც ძალოვანი ტრანსფორმატორის გრაგნილები ვარსკვლავის სქემით არის შეერთებული, დენის ტრანსფორმატორების შეერთება უნდა განხორციელდეს სამკუთხედის სქემით, და პირიქით ძალოვანი ტრანსფორმატორის სამკუთხედის მხარეზე დენის ტრანსფორმატორის შეერთება ვარსკვლავის სქემით უნდა ხდებოდეს. სქემის ასეთი შესრულება უზრუნველყოფს დიფერენციალური დაცვის მხრებში გამავალი I'_1 და I'_2 დენების ფაზების თანხვედნას და მათი სიდიდეების გათანაბრების შესაძლებლობას.

ზემოთ აღნიშნული უფრო ნათელი გახდება, თუ განვიხილავთ სამფაზა ძალოვანი ტრანსფორმატორის და მისი დიფერენციალური დაცვის წრედებში გამავალი დენების ვექტორულ დიაგრამას (ნახ. 12.5).

მოყვანილ ნახაზზე ძალოვანი ტრანსფორმატორის გრაგნილები $\sphericalangle/\triangle$ სქემის მიხედვითაა შესრულებული. ნორმალური რეჟიმის დროს მაღალი ძაბვის გრაგნილში გადის $I_{1A}I_{1B}I_{1C}$ სიმეტრიული დენები; მათი ელექტრული დიაგრამა მოცემულის ნახ. 12.5 ა-ზე. ამ დენების პროპორციული ფაზური $I_{a\varphi 1}I_{b\varphi 1}I_{c\varphi 1}$ დენები, რომლებიც დაბალი ძაბვის გრაგნილებში ჩნდებიან $I_{1A}I_{1B}I_{1C}$ დენებს ფაზით ემთხვევიან (შეადარეთ 12.5 ა და 12.5 დ ნახაზების ვექტორული დიაგრამები). რადგან დაბალი ძაბვის გრაგნილი სამკუთხედის სქემით არის შეერთებული, ამიტომ ამ გრაგნილიდან გამოსული ხაზური $I_aI_bI_c$ დენები ფაზური დენების გეომეტრიული სხვაობით განისაზღვრება:

$$\dot{I}_a = \dot{I}_{a\varphi} - \dot{I}_{b\varphi},$$

$$\dot{I}_b = \dot{I}_{b\varphi} - \dot{I}_{c\varphi},$$

$$\dot{I}_c = \dot{I}_{c\varphi} - \dot{I}_{a\varphi}.$$

ვექტორული დიაგრამიდან ჩანს (ნახ. 12.5 ა და 12.5 დ), რომ დაბალი ძაბვის მხარეზე გამავალი პირველადი ხაზური დენები $I_aI_bI_c$, მართლაც ჩამორჩებიან მაღალი ძაბვის მხარეზე გამავალ $I_{1A}I_{1B}I_{1C}$ დენებს 30° -ით.

ახლა განვიხილოთ დტ-1 და დტ-2 დენის ტრ-ებში გაჩენილი მეორეული დენების ვექტორები. იგულისხმება, რომ დენის ტრანსფორმატორები $\sphericalangle/\triangle$ - 11 ჯგუფით არის შეერთებული.

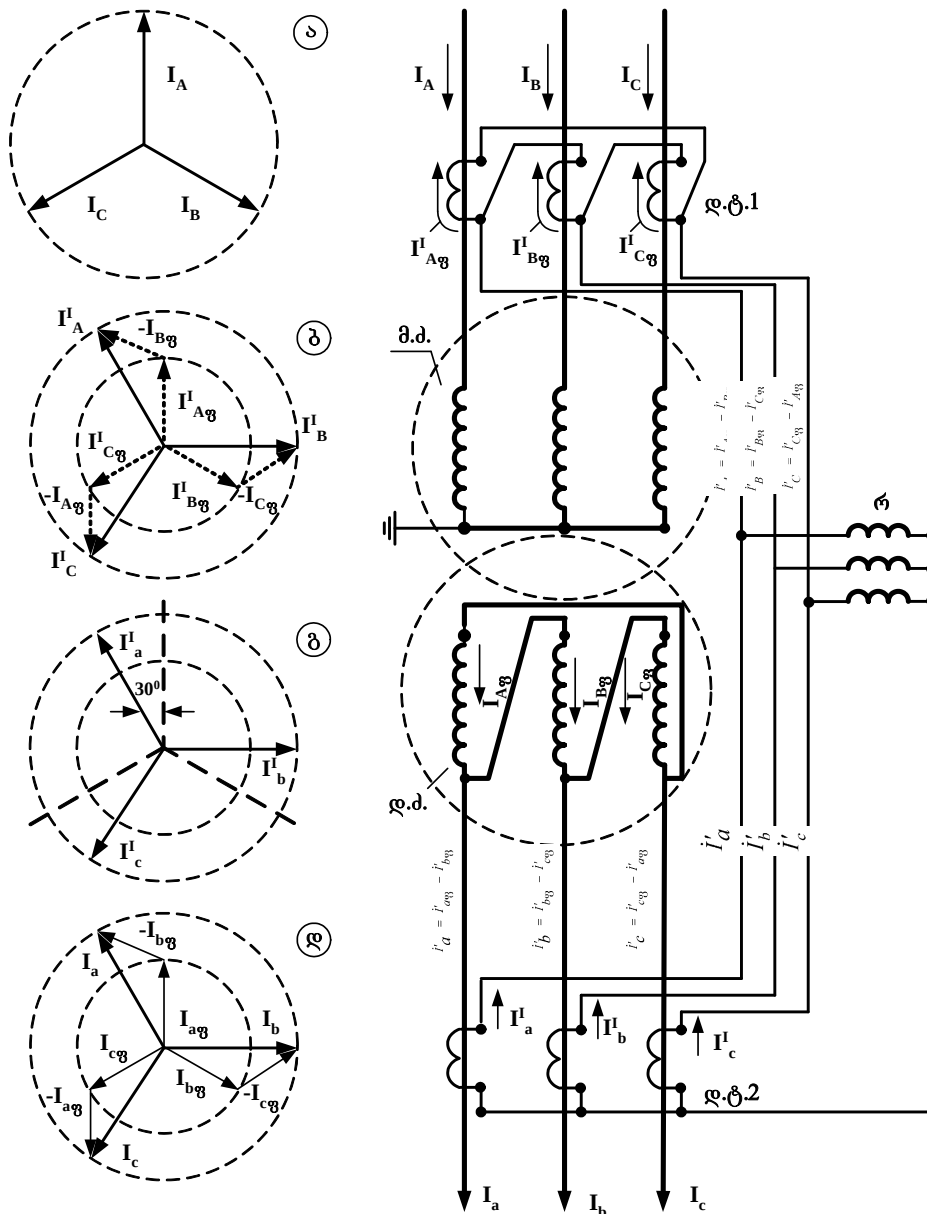
დტ-1 დენის ტრანსფორმატორებში გაჩენილი $I'_{A\varphi}I'_{B\varphi}I'_{C\varphi}$ დენების ვექტორები ფაზით ემთხვევიან $I_{1A}I_{1B}I_{1C}$ პირველად ხაზურ დენებს, ხოლო შემადგენელი სადენებისაკენ გადის მეორეული ხაზური დენები, რომლებიც ფაზური დენების გეომეტრიული სხვაობით არის განპირობებული (ნახ. 12.5 ბ):

$$I'_A = I'_{A\varphi} - I'_{B\varphi}$$

$$I'_B = I'_{B\varphi} - I'_{C\varphi}$$

$$I'_C = I'_{C\varphi} - I'_{A\varphi}$$

რაც შეეხება დტ-2 დენის ტრანსფორმატორებში გაჩენილ მეორეულ $I'_a I'_b I'_c$ დენებს, მათი ვექტორული დიაგრამიდან (ნახ. 12.5 გ) ჩანს, რომ შემართებელ სადენებში, ე.ი. დიფერენციალური დაცვის მხრებში გამავალი $I'_A I'_B I'_C$ და $I'_a I'_b I'_c$ დენების ვექტორები (ყოველ ფაზაში ცალ-ცალკე) დამთხვეული არიან.



ნახ. 12.5 სამფაზა ტრანსფორმატორის ვექტორული დიაგრამები.

მაღალი ძაბვის მხარეზე დენის ტრანსფორმატორების შეერთება სამკუთხედის სქემით ფაზური ძვრის კომპენსაციას უზრუნველყოფს არა მარტო ნორმალური რეჟიმის დროს, არამედ ნებისმიერი არასიმეტრიული მოკლედ შერთვების დროს.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ დტ-1 დენის ტრანსფორმატორების ასეთი შეერთება გამორიცხავს დიფერენციალური დაცვის ყალბ მოქმედებას და ტრანსფორმატორის გამორთვას ერფაზა მოკლედ შერთვის დროს. ეს აიხსნება იმით, რომ ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს გაჩენილი ნულოვანი მიმდევრობის $3I_0$ დენი გადის მხოლოდ დტ-1 დენის ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში და არ გადის დტ-2 დენის ტრანსფორმატორში, რადგან ნულოვანი მიმდევრობის დენი ძალოვანი ტრანსფორმატორის სამკუთხედის შიგნით იკვრება და მის გარეთ არ გადის. ამავე დროს დტ-1 დენის ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილში გაჩენილი I_0' დენი იკვრება დენის ტრანსფორმატორების სამკუთხედში და გარეთ (ე.ი. შემაერთებული სადენებისაკენ) არ გადის.

12.4 უბალანსობის დენი ტრანსფორმატორის დიფერენციალური დაცვის სქემაში

როგორც უკვე არაერთხელ აღვნიშნეთ, დასაცავი ელემენტის ნორმალური მუშაობის დროს და განსაკუთრებით მასში გამჭოლი მოკლედ შერთვის დენის გავლის შემთხვევაში დიფერენციალური დაცვის სქემაში ჩნდება უბალანსობის დენი, რომელიც დაცვის რელეებში განშტოვდება და მათი ყალბი ამოქმედება შეუძლია. რადგან უბალანსობის დენის თავიდან აცილება შეუძლებელია, ამიტომ აუცილებელია შემდეგი პირობის შესრულება:

$$I_{\text{დაძ}} > I_{\text{უბ. მაქს.}}$$

რაც ნიშნავს, რომ დაცვის მგრძნობიარობა უბალანსობის დენის სიდიდეზეა დამოკიდებული.

უბალანსობის დენის სიდიდე (დიფერენციალური დაცვის სქემაში) რამდენიმე მიზეზით არის გამოწვეული:

1. დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებით გამოწვეული უბალანსობის დენის შემდგენი $[I_{\text{უბ1}}]$;
2. ძალოვანი ტრანსფორმატორის N ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის შეცვლის (რეგულირების) შედეგად გაჩენილი შემდგენი $[I_{\text{უბ2}}]$;
3. ძალოვანი ტრანსფორმატორის დამაგნიტების (უქმი სვლის) დენის არსებობით გამოწვეული შემდგენი $[I_{\text{უბ3}}]$;
4. დაუტვირთავი ტრანსფორმატორის ჩართვის მომენტში გაჩენილი ბიძგური დამაგნიტების დენის გაჩენით გამოწვეული შემდგენი $[I_{\text{უბ4}}]$;
5. დიფერენციალური დაცვის მხრებში მეორეული დენების არაზუსტი გათანაბრების შედეგად გაჩენილი შემდგენი $[I_{\text{უბ5}}]$.

ამრიგად, ძალოვანი ტრანსფორმატორის დიფერენციალური დაცვის სქემაში უბალანსობის დენის შედარებით დიდი ჯამური მნიშვნელობაა მოსალოდნელი:

$$I_{\Sigma} = I_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 2} + I_{\Sigma 3} + I_{\Sigma 4} + I_{\Sigma 5}$$

12.5 ტრანსფორმატორების დიფერენციალური დაცვის სქემები სამფაზა ტრანსფორმატორის დიფერენციალური დაცვის სრული სქემა

სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის დაცვის სქემის (ნახ. 12.6) შესრულების დროს მაღალი ძაბვის მხარეს დაყენებულ დტ-1 დენის ტრანსფორმატორს სამკუთხედის სქემით აერთებენ, ხოლო დაბალი ძაბვის მხრიდან, ე.ი. დტ-2 დენის ტრანსფორმატორს - ვარსკვლავის სქემით; როგორც ვიცით, ასეთი შეერთება მეორეული დენების ფაზური ძვრის კომპენსაციისათვის არის საჭირო (იგულისხმება, რომ დასაცავი ტრანსფორმატორის გრაგნილების შეერთება Δ/Δ - 11 ჯგუფითაა შესრულებული).

დაცვის მხრებში გამავალი I_1' და I_2' დენების სიდიდეების გათანაბრებისათვის გამოყენებულია გამათანაბრებელი დამხმარე ტრანსფორმატორი, რომელიც ამავე დროს სწრაფგამჟღენთი შორისეული დენის ტრანსფორმატორის როლს ასრულებს. ამიტომ ამ შორისეული დენის ტრანსფორმატორს მე-6 ნახაზზე სწრაფგამჟღენთი დენის ტრანსფორმატორის სახელწოდება აქვს მინიჭებული.

მოყვანილი სქემისათვის დამახასიათებელია ის, რომ უბალანსობის დენის სიდიდე მინიმალურ მნიშვნელობამდეა დაყვანილი, რაც იმით აიხსნება, რომ დაცვის მხრებში გამავალი დენები სიდიდით გათანაბრებულია და ამავე დროს აპერიოდული დენის გაჩენა რელეში პრაქტიკულად გამორიცხულია. აგრეთვე იგულისხმება, რომ დტ-1 და დტ-2 დენის ტრანსფორმატორების ცდომილება მინიმუმამდეა დაყვანილი სათანადო გაანგარიშებებითა და შემაერთებული სადენების საკმაოდ დიდი განივკვეთების (2,5-4მმ) შერჩევით.

დამახასიათებელია ისიც, რომ დენის ტრანსფორმატორები და რელეები სამივე ფაზაზეა გათვალისწინებული. აღნიშნულის გამო მე-6 ნახაზზე მოყვანილი სქემა კარგად მუშაობს არა მარტო ორფაზა და სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს, არამედ დაბალი ძაბვის მხარეზე ორფაზა დამიწების ისეთ შემთხვევაშიც, როცა გამარტივებული ორფაზა დაცვა ვერ მუშაობს (მაგ. თუ დამიწება ისეთ ფაზაზე ხდება, სადაც დენის ტრანსფორმატორი დაყენებული არ არის).

შორისეული რელე, რომელიც გამორთვის ოპერატიულ წრედშია გათვალისწინებული ორ ფუნქციას ასრულებს: იგი უზრუნველყოფს ტრანსფორმატორის ორივე ამომრთველის ერთდროულ გამორთვას და იცავს გადაწვისაგან მაქსიმალური დენური რელეების სუსტ კონტაქტებს.

განხილული სქემის გამოყენების შემთხვევაში დაცვის დამკრის დენს ირჩევენ შემდეგი ორი პირობის მიხედვით:

1. დამკრის დენის სიდიდე ძალოვანი ტრანსფორმატორის დამაგნიტების დენის სიდიდეზე მეტი უნდა იყოს; მაგრამ იმის გამო, რომ სქემაში გამოყენებული

სწრაფგამჟღენთი დენის ტრანსფორმატორი აპერიოდულ შემდგენს რელეში არ უშვებს, ამიტომ საკმარისია დამაგნიტების დენის მხოლოდ პერიოდული (ცვლადი) შემდგენის გათვალისწინება. სპეციალური დაკვირვებებითა და ცდებით დადგენილი იყო, რომ ეს შემდგენი ჩვეულებრივად ტრანსფორმატორის ნომინალურ დენს არ აღემატება. ამ მოსაზრების გათვალისწინებით დაძვრის დენის სიდიდეს (პირველი პირობის მიხედვით) შემდეგნაირად ირჩევენ:

$$I_{\text{დაძ.}} \cong (1.2-1.3) \cdot I_{\text{ტრ.ნომ.}}$$

2. დაძვრის დენი უბალანსობის დენის მაქსიმალურად მოსალოდნელ სიდიდეზე მეტი უნდა იყოს, ე.ი.

$$I_{\text{დაძ.}} = K_{\text{მარ.}} \cdot I_{\text{უბ.შ. (მაქს.)}}$$

უბალანსობის დენის გამოსათვლელად სარგებლობენ მიახლოებითი ფორმულით:

$$I_{\text{უბ.შ.}} = (K_{\text{იდენტ.}} \cdot \Delta I_{\text{ცდომ}} + \frac{\Delta N\%}{100}) \cdot I_k \cong (0.2-0.22) I_k;$$

უბალანსობის დენის გამოთვლის დროს მხოლოდ ორი შემდგენის გათვალისწინებაა საჭირო:

$$I_{\text{უბ.შ. (მაქს.)}} = I_{\text{უბ.1(ცდომ)}} + I_{\text{უბ.2(\Delta N)}},$$

რადგან დამაგნიტების (უქმი სვლის) დენის გავლენა უკვე პირველი პირობის მიხედვითაა მხედველობაში მიღებული

$$I_{\text{დაძ2}} = K_{\text{მარ.}} \cdot (K_{\text{იდენ.}} \cdot K_{\text{ცდომ}} + \Delta N) \cdot I_k$$

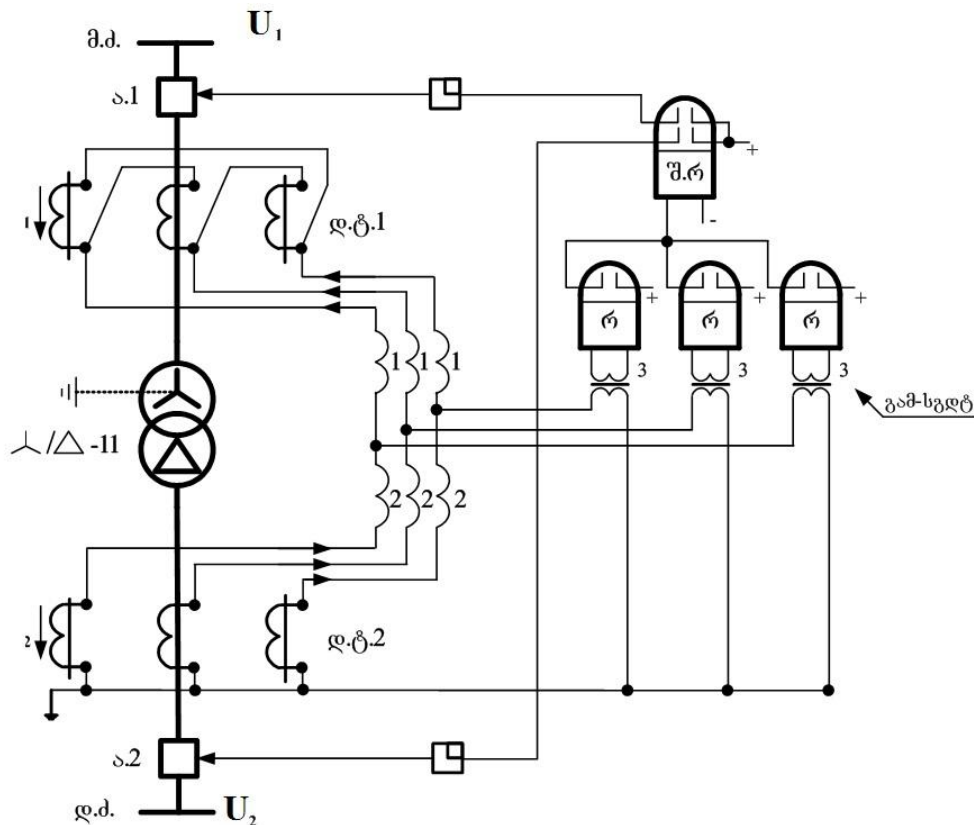
სადაც $K_{\text{მარ.}}=1,1$; $K_{\text{იდენ.}}=0,5-1,0$; $K_{\text{ცდომ}}=0,1$, $\Delta N=0,1-0,12$

ამრიგად თუ მეორე პირობა დაკმაყოფილდება, დაძვრის დენის შემდეგ მნიშვნელობას შევირჩევთ:

$$I_{\text{დაძ2}} = (0.18 \div 0.22) \cdot I_k$$

დაძვრის დენის საანგარიშო სიდიდე უმრავლეს შემთხვევაში ტრანსფორმატორის ნომინალურ დენს არ აღემატება (ან მისი თანაზომადი მნიშვნელობის ტოლია):

$$I_{\text{დაძ(1.52)}} \cong (1.0 \div 1.2) \cdot I_{\text{ტრ.ნომ.}}$$



ნახ. 12.6 დიფერენციალური დაცვის სქემა

12.6 დიფერენციალური მომკვეთი დაცვა

სრულ სამფაზა სქემასთან შედარებით მომკვეთი დიფერენციალური დაცვა უფრო მარტივია, რადგან მის სქემაში არ არის შეყვანილი სწრაფგამჟღენთი დენის ტრანსფორმატორი (ს.გ.დ.ტ.). რაც შეეხება დაცვის მხრებში გამავალი დენების გათანაბრებას, მომკვეთი დაცვის სქემაში გამათანაბრებელი ოთხგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის ნაცვლად დამხმარე ავტოტრანსფორმატორია დაყენებული (ნახ. 12.7). ამავე დროს ძალოვანი ტრანს-ფორმატორის სამკუთხედის მხარეზე, ესე იგი დაბალი ძაბვის მხრიდან დენის ტრანსფორმატორები მხოლოდ ორ ფაზაზეა დაყენებული და მათი მეორეული გრაგნილები არასრული ვარსკვლავის სქემით არის შეერთებული. დაბალი ძაბვის მხარეზე დაცვის ორფაზა შესრულება იმითაა გამართლებული, რომ შემაერთებული სადენების შუასადენში, ე.ი. bb' უბანზე გადის B ფაზის მეორეული დენი

$$(-\dot{I}'_{2a}) + (-\dot{I}'_{2c}) = \dot{I}_{2b}$$

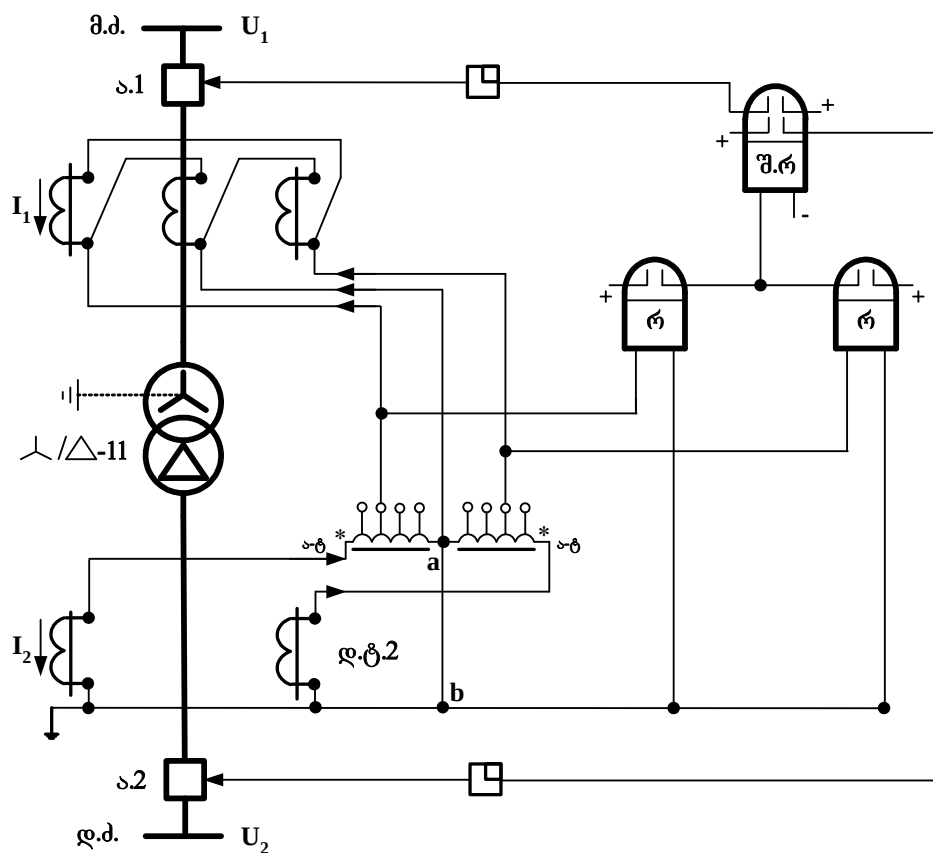
რადგან მომკვეთი დაცვის სქემაში არ არის გათვალისწინებული აპერიოდული დენის შემზღუდავი სწრაფგამჟღენთი დენის ტრანსფორმატორი (სგდტ), რის გამოც ბიძგური დამაგნიტების დენისა და უბალანსობის სრული (შეუზღუდავი) დენის გაჩენა დაცვის რელეებში გამორიცხული არ არის, ამიტომ დაცვის დაძვრის დენის

შერჩევა ბევრად უფრო მაღალ დონეზე უნდა ხდებოდეს, ვიდრე ეს სრული სამფაზა დიფერენციალური დაცვის გამოყენების შემთხვევაშია შესაძლებელი: ეს კი იმას ნიშნავს, რომ მომკვეთი დიფერენციალური დაცვა დაბალი მგრძნობიარობით ხასიათდება. იმის გამო, რომ ძალოვანი ტრანსფორმატორის დამაგნიტების დენი ზოგჯერ ნომინალური დენის სამმაგ მნიშვნელობას აღწევს, დაცვის დამკვრის დენის მნიშვნელობა ძალიან დიდი უნდა იყოს:

$$I_{\text{დაც}} > I_{\text{დამაგნიტ.}} = 10 \cdot I_{\text{ტრ.ნომ}}$$

ასეთი ტლანქი და უხეში დაცვის დაყენებას აზრი არ აქვს, რადგან მისი მგრძნობიარობა ვერ დააკმაყოფილებს საიმედოობის თვალსაზრისით დადგენილ მოთხოვნას რომლის თანახმად მგრძნობიარობის კოეფიციენტი უნდა იყოს არა ნაკლები, ვიდრე $K_{\text{გრძ}} > (1.5 \div 2.0)$.

მომკვეთი დიფერენციალური დაცვის აღნიშნული ნაკლის თავიდან აცილების მიზნით სქემაში შეყვანილია შუალედური რელე (შ.რ), რომლის მოქმედების საკუთარი დრო 0,05-0,07 წმ-ს უნდა აღწევდეს. დაცვის სწრაფი მოქმედების თვალსაზრისით დროის ასეთი მცირე დაყოვნება მისაღებია, სამაგიეროდ აღნიშნულ დროში დამაგნიტების და უბალანსობის დენის აპერიოდული შემდგენი მკვეთრად მცირდება, რაც დამკვრის დენის შემცირების საშუალებას იძლევა.



ნახ. 12.7 დიფერენციალური მომკვეთი დაცვის სქემა.

შუალედური რელეს მიერ შექმნილი დროის დაყოვნების გათვალისწინებით შეიძლება ჩაითვალოს, რომ დამაგნიტების დენის სიდიდე $(3 \div 4) \cdot I_{ტრ.ნომ}$ -ის მნიშვნელობამდე ეცემა. ამიტომ მომკვეთი დიფერენციალური დაცვის დამკრის დენს შემდეგი პირობის მიხედვით ირჩევენ:

$$I_{დამ} = (3.5 \div 4.2) \cdot I_{ტრ.ნომ}$$

ასეთ პირობებში დაცვის მგრძნობიარობის კოეფიციენტი დამაკმაყოფილებელ მნიშვნელობას იღებს. სამფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს მგრძნობიარობის კოეფიციენტი უმრავლეს შემთხვევაში 1.5-ს აღწევს

$$K_{მგრ} = \frac{I_{კმონ}}{I_{დამ}} \geq 1.3 \div 1.5$$

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ძალოვანი ტრანსფორმატორის გრაგნილებში ხვიების დამოკლების შემთხვევაში დაზიანების დენის სიდიდე ხშირად არ ყოფნის დაცვის ამოქმედებას.

12.7 სადაბლებელი ტრანსფორმატორების დაცვა გარეშე მოკლედ შერთვისაგან

ა. ზოგადი მოსაზრებები

გარეშე მოკლედ შერთვები (ე.ი. დაზიანების გაჩენა გამანაწილებელ ქსელში) ბევრად უფრო ხშირია ტრანსფორმატორების შინაგან დაზიანებასთან შედარებით. ამავე დროს გარეშე დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში ტრანსფორმატორების გრაგნილებში გამავალი გამჭოლი მოკლედ შერთვის დენი მრავალჯერ აღემატება ნომინალური დენის სიდიდეს და ამიტომ, თუ მოკლედ შერთვის დენის არსებობა დროულად არ შეწყდება ტრანსფორმატორის სწრაფ გადახურებას იწვევს.

ტრანსფორმატორის ავტომატური გამორთვა უნდა ხდებოდეს მხოლოდ მაშინ, თუ ელექტრულ ქსელში არსებული დაცვები არ გამორთავს დაზიანებულ უბანს; ეს კი იმას ნიშნავს, რომ სელექციურობის თვალსაზრისით გარეშე მოკლედ შერთვის დროს ტრანსფორმატორის დაცვა დროის დაყოვნებით უნდა მუშაობდეს.

გარეშე მოკლედ შერთვისაგან ტრანსფორმატორებს იცავენ მაქსიმალური დენური დაცვის პრინციპით; სქემაში გამოყენებულია ელექტრომაგნიტური, მყისურად მოქმედი დენური რელეები, აგრეთვე ჩვეულებრივი კონსტრუქციის დროის რელე.

გარეშე დაზიანებისაგან დაცვის გარდა, მაქსიმალურ დენურ დაცვას (მდდ) დამატებითი, ფრიად მნიშვნელოვანი დანიშნულება აქვს; იგი სარეზერვო დაცვის ფუნქციას ასრულებს ტრანსფორმატორების შინაგანი დაზიანებისაგან დაცვის მიმართ, ე.ი. მისი მოქმედება უზრუნველყოფილი უნდა იყოს, როცა შინაგანი დაზიანებისაგან

დაცვა (მაგ. დიფერენციალური ან გაზური) რაიმე მიზეზის გამო ვერ მუშაობს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მდდ-ს ეს მეორე დანიშნულება, თუ ტრანსფორმატორზე საერთოდ არ არის გათვალისწინებული შინაგანი დაზიანებებისაგან სპეციალური დაცვის დაყენება.

ამ მეორე დანიშნულების თვალსაზრისით გადამწყვეტი მნიშვნელობა ეძლევა მდდ-ს დაყენების ადგილს; სავალდებულო ხდება დაცვის დაყენება ტრანსფორმატორების კვების მხრიდან, ე.ი. სადაბლებელ ტრანსფორმატორებზე დაცვა მიერთებული უნდა იყოს მაღალი ძაბვის მხარეს (ნახ. 12.8), ხოლო სამაღლებელ ტრანსფორმატორზე დაბალი ძაბვის მხარეზე (ნახ. 12.9). მართლაც, თუ ვიხილავთ სადაბლებელ ტრანსფორმატორს და ვგულისხმობთ რომ დაცვა მაღალი ძაბვის (კვების) მხრიდან არის მიერთებული (ნახ. 12.8) მისი მოქმედება უზრუნველყოფილი იქნება არა მარტო გარეშე ქსელში (K'_1, K''_1 წერტილებში) დაზიანების გაჩენის დროს, არამედ შინაგანი დაზიანების დროსაც (K'_2, K''_2 წერტილებში).

ასე თუ ვიხილავთ სამაღლებელ ტრანსფორმატორს და დაცვას ვასრულებთ ნახ. 12.9-ის მიხედვით, მაშინ დაცვა ამუშავდება არა მარტო გარეშე დაზიანების (ე.ი. მაღალი ძაბვის ქსელში (K'_1, K''_1 წერტილებში), არამედ შინაგანი დაზიანების დროსაც (K'_2, K''_2 წერტილებში).

აღსანიშნავია, რომ სადაბლებელ ტრანსფორმატორზე დაყენებულ მაქსიმალურ დენურ დაცვას ჩვეულებრივ საკმაოდ მაღალი მგრძნობიარობა ახასიათებს რაც იმით აიხსნება, რომ დაბალი ძაბვის ქსელში დაზიანების დროს ტრანსფორმატორის გრაგნილებში გამავალი მოკლედ შერთვის დენი საკმარისად დიდია, რადგან იგზავნება დაზიანების წერტილისაკენ მრავალი გენერატორისაგან შემდგარი მძლავრი სისტემით. აღნიშნულის გამო მოკლედ შერთვის დენი მრავალჯერ აღემატება ტრანსფორმატორის ნომინალურ დენს.

სხვა მდგომარეობაა ძაბვის სამაღლებელი ტრანსფორმატორის მაქსიმალური დენური დაცვის მგრძნობიარობის შეფასების შემთხვევაში. აქ კვების მხარეზე მუშაობს მხოლოდ ერთი ან ორი გენერატორი, რომელთა ჯამური სიმძლავრე დასაცავი ტრანსფორმატორის სიმძლავრის თანაზომადია. ამიტომ მაღალი ძაბვის მხარეზე დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში, დაზიანების წერტილისაკენ იგზავნება მოკლედ შერთვის დენი, რომლის ჯერადობა ტრანსფორმატორის ნომინალური დენის მიმართ ბევრად უფრო მცირეა, ვიდრე სადაბლებელი ტრანსფორმატორის შემთხვევაში. ამიტომ სამაღლებელ ტრანსფორმატორზე ჩვეულებრივ მდდ-ს ნაცვლად ხშირად იყენებენ სხვა, უფრო მაღალი მგრძნობიარობის მქონე დაცვას.

12.8 სადაბლებელი ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის მაქსიმალური დენური დაცვა

როგორც სქემიდან ჩანს, დენის ტრანსფორმატორები მაღალი ძაბვის მხარეზეა დაყენებული, რაც დაცვის მოქმედებას უზრუნველყოფს გარეშე და შინაგანი

დაზიანების დროს. დაცვის მოქმედება უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ნებისმიერი სახის დაზიანების შემთხვევაში, ე.ი. სამფაზა, ორფაზა და ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს; ამიტომ ყრუდ დამიწებულ ნეიტრალიან დანადგარში დაცვა სამივე ფაზაზე უნდა იყოს გათვალისწინებული, ე.ი. საჭიროა სამი დენის ტრანსფორმატორის და სამი დენური რელეს დაყენება, ხოლო მათი შეერთება სრული ვარსკვლავის სქემით უნდა შესრულდეს (ნახ. 12.10).

თუ დანადგარს იზოლირებული ნეიტრალი აქვს, ან დამიწებულია რკალ-მქრობი კოჭით, მაშინ სამფაზა დაცვის ნაცვლად ორფაზა, არასრული ვარსკვლავის სქემით შესრულებული დაცვის დაყენებაა საკმარისი. აქვე უნდა ითქვას, რომ დაბალი ძაბვის (ე.ი. სამკუთხედის) მხარეზე ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს, ორფაზა დაცვას დაბალი მგრძნობიარობა აქვს, რადგან რელეში გადის მოკლედ შერთვის დენის სიდიდის ნახევარი.

დაცვის დაძვრის დენს ჩვეულებრივი პირობის მიხედვით ირჩევენ:

$$I_{\text{დაძ}} = \frac{K_{\text{იმ}} \cdot K_{\text{თვითგაშვ}}}{K_{\text{ღებრ}} \cdot n_{\text{ტ}}} \cdot I_{\text{დატ.მაქს}}$$

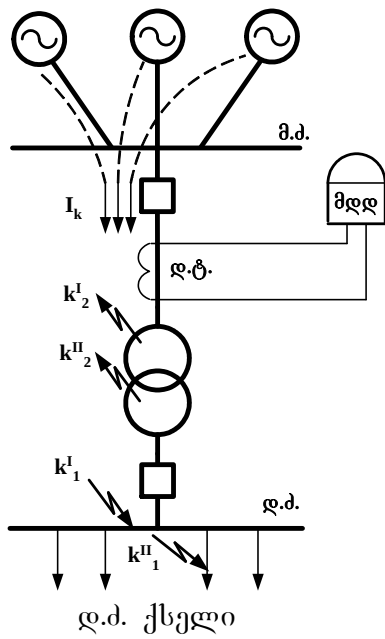
სადაც $I_{\text{დატ.მაქს}}$ არის ის დენი, რომელიც შეიძლება გაჩნდეს ტრანსფორმატორში მასთან პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორის გამორთვის შემდეგ, ან რეზერვის ავტომატური ჩართვის ამუშავების დროს.

დაცვის დროის დაყოვნებას ერთი საფეხურით უფრო მაღალს ირჩევენ, ვიდრე ქვესადგურის სალტებზე მიერთებული სამომხმარებლო ხაზების მაქსიმალური დენური დაცვის გამორთვის დროს $t_{\text{ა2}} = t_{\text{ბაბ}} + \Delta t$; $t_{\text{ა1}} = t_{\text{ა2}} + \Delta t$; დაცვის მგრძნობიარობის კოეფიციენტი უნდა იყოს არანაკლები 1.3-ისა.

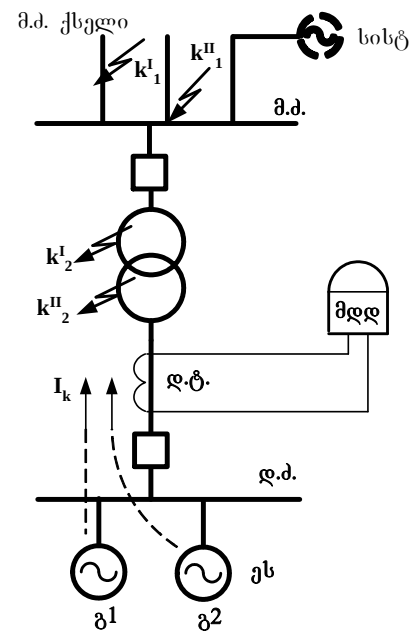
$$K_{\text{გრ}} = \frac{I_{\text{კმბ.}}}{I_{\text{დაძ}}} \geq 1.3$$

სადაბლებელ ტრანსფორმატორზე ეს პირობა ადვილად კმაყოფილდება.

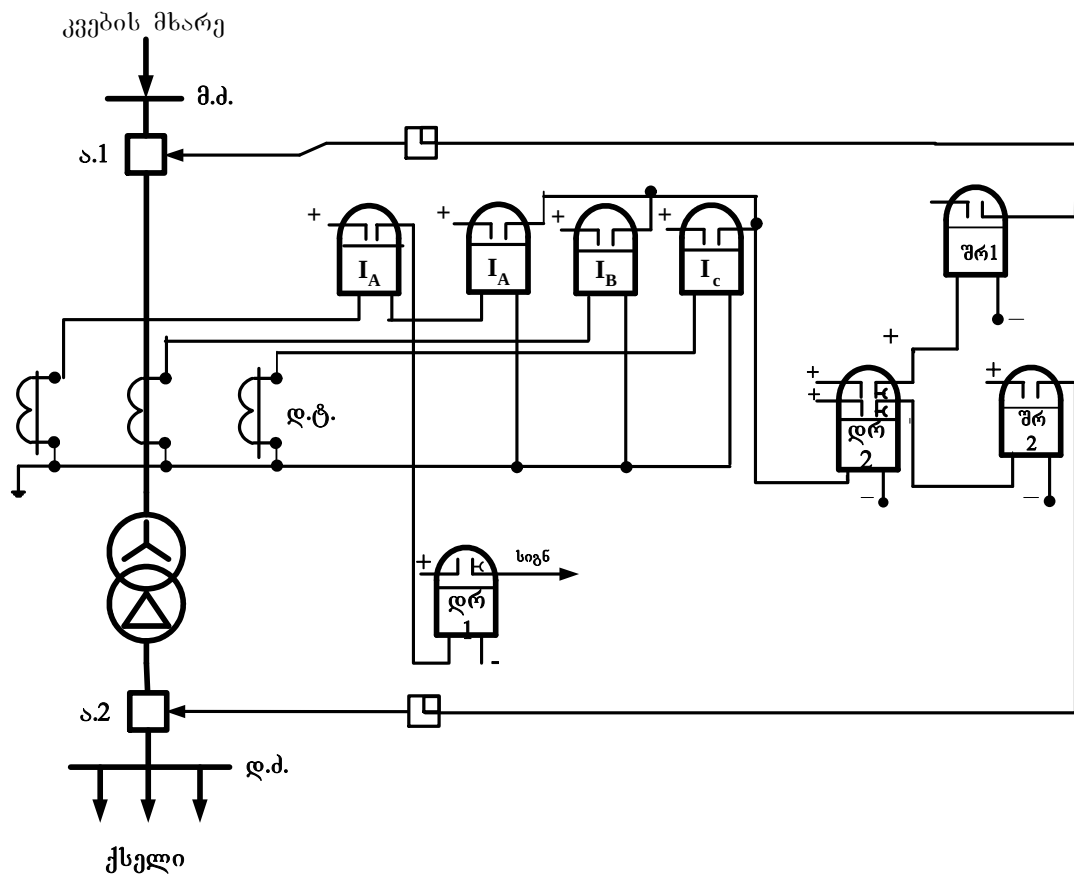
დაცვის გამოსასვლელზე დაყენებულია შორისეული რელეები (ნახ. 12.10), რომლებიც ახდენენ ტრანსფორმატორის ორივე (ა1 და ა2) ამომრთველის არაერთდროულ გამორთვას. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ცალმხრივი კვების დროს მხოლოდ კვების მხრიდან დაყენებული ა2 ამომრთველის გამორთვაა საჭირო, ხოლო ა1 ამომრთველის გამორთვა სრულდება რეზერვირების თვალსაზრისით.



ნაბ. 12.8 სადაბლებელი ტრანსფორმატორის მდდ



ნაბ. 12.9 სამაღლებელი ტრანსფორმატორის მდდ



ნაბ. 12.10 მაქსიმალური დენური დაცვა.

12.9 სამაღლებელი ტრანსფორმატორის მაქსიმალური დენური დაცვა ძაბვის ბლოკირებით

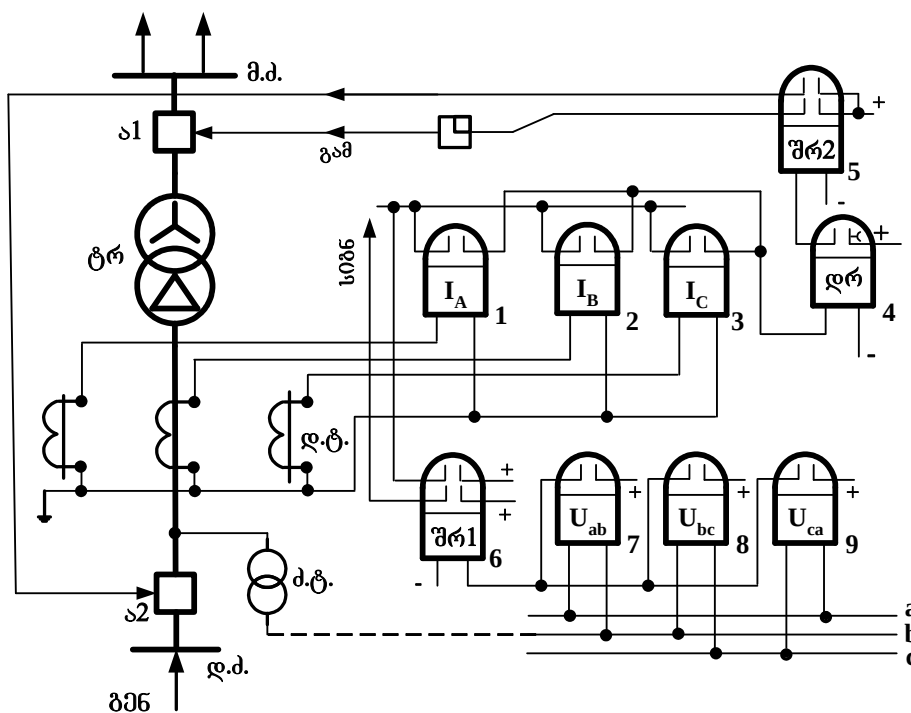
ძაბვის სამაღლებელ ტრანსფორმატორზე მაქსიმალური დენური დაცვის შესრულება შესაძლებელია იგივე სქემით, როგორიც იყო გამოყენებული სადაბლებელ ტრანსფორმატორზე (ნახ. 12.10), მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ სამაღლებელ ტრანსფორმატორზე დენის ტრანსფორმატორის დაყენება დაბალი ძაბვის მხარეზე უნდა იყოს გათვალისწინებული.

მაგრამ როგორც უკვე ვნახეთ ასეთ დაცვას დაბალი მგრძნობიარობა ახასიათებს, რაც იმით აიხსნება, რომ კვების მხრიდან დაყენებული გენერატორები დაზიანების ადგილისაკენ აგზავნის შედარებით მცირე მნიშვნელობის მოკლედ შერთვის დენს (გავიხსენოთ, რომ გენერატორების სიმძლავრე ტრანსფორმატორების სიმძლავრის თანაზომადია).

აღნიშნული მოსაზრებების გამო სამაღლებელ ტრანსფორმატორებზე იყენებენ ისეთ მაქსიმალურ დაცვებს, რომელთა მგრძნობიარობაც უფრო მაღალია, ვიდრე ზევით განხილული მდდ-ის. კერძოდ:

1. მაქსიმალურ დენურ დაცვას მინიმალური ძაბვის ბლოკირებით,
2. უკუმიმდევრობის დენურ დაცვას.

ძაბვის მიხედვით ბლოკირებული მაქსიმალური დენური დაცვის სქემა ნახ. 12.11-ზეა მოყვანილი. სქემა შეიცავს სამ დენის ტრანსფორმატორს, რომლების დაბალი ძაბვის მხარეზეა დაყენებული, სამ დენურ რელეს 1, 2, 3, რომლებიც დაბალი ძაბვის მხარეზეა დაყენებული, სამ მინიმალურ ძაბვის რელეს 7, 8, 9, დროის რელეს 4 და ორ შუალედურ რელეს 5 და 6.



ნახ. 12.11

მაბვის რელეები ხაზურ ძაბვებზეა მიერთებული; მათი კონტაქტები გახსნილი რჩება მანამდე, სანამ რელეებზე მიწოდებული ძაბვა ნორმალურია, ან ნორმალური სიდიდის 70%-ზე დაბლა არ ეცემა. ამიტომ ნორმალურ რეჟიმში, გადატვირთვის დროს და ქსელში დაყენებული ძრავების თვითგაშვების პროცესში (ე.ი. როცა ძაბვის სიდიდე საკმარისად მაღალ დონეზე რჩება), შუალედური რელე არ იკვებება და არ აწვდის ოპერატიულ დენს დენურ 1, 2, 3, რელეებს, რაც გამორიცხავს დაცვის ამოქმედების შესაძლებლობას დენის სიდიდის მიუხედავად.

მოკლედ შერთვის დროს დენის მნიშვნელოვანი გადიდების გარდა მკვეთრად ეცემა ძაბვა, რის გამოც მინიმალური ძაბვის რელეების კონტაქტები იკეტება და აღიგზნება მაბლოკირებელი შუალედური რელე შრ-1, ხოლო ეს უკანასკნელი ოპერატიულ დენს აწვდის დენურ რელეებს, რომელთა კონტაქტები იკეტება მოკლედ შერთვის დენის არსებობის გამო. ამუშავდება დროის რელე და დადგენილი დროის დაყოვნებით კვებავს დაცვის გამოსასვლელზე დაყენებულ შორისეულ (შრ-2) რელეს; ეს უკანასკნელი კი ა1 და ა2 ამომრთველებს ამორთავს.

ამრიგად, დაცვა ტრანსფორმატორს გამორთავს მხოლოდ მაშინ, როდესაც დანადგარის ძაბვა ეცემა მოკლედ შერთვის გაჩენის გამო და არ მუშაობს დენის ნებისმიერი გადიდების დროს, თუ ამ მოვლენას ძაბვის დაცემა არ მოჰყვება.

თუ იწვის დნობადი მცველი ძაბვის ტრანსფორმატორის წრედში, მინიმალური ძაბვის რელეების კონტაქტები ხანგრძლივად იკეტება, რის გამოც დაცვის ბლოკირება ძაბვის მიუხედავად ისპობა; ასეთ შემთხვევაში მორიგე პერსონალს ევალება ძაბვის წრედის აღდგენა სათანადო სიგნალის მიღებისთანავე.

რადგან ტრანსფორმატორის გადატვირთვის დროს (მათ შორის რეზერვის ავტომატური ჩართვის მუშაობის შემთხვევაში), ანდა ძრავების თვითგაშვების პროცესში გაჩენილი გადიდებული დენების ზეგავლენით დაცვის ყალბი მოქმედება გამორიცხულია, ამიტომ შეირჩევენ დაცვის დაძვრის დენის საკმაოდ დაბალ მნიშვნელობას და კერძოდ ბევრად უფრო დაბალს, ვიდრე ზემოთ აღწერილი მაქსიმალური დენური დაცვის სქემაში. მართლაც, დაძვრის დენის გამოსათვლელ ფორმულაში $I_{\text{დაძ. მაქს}}$ -ის ნაცვლად ტრანსფორმატორის ნომინალური დენის ჩასმა შეიძლება, ხოლო $K_{\text{თვ.აშ.}}$ კოეფიციენტი ერთის ტოლად შეიძლება მივიღოთ. მაშინ დაძვრის დენის საანგარიშო ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$I_{\text{დაძ}} = \frac{K_{\text{მარ.}}}{K_{\text{დაძრ.}} \cdot n} \cdot I_{\text{ტრ. ნომ.}}$$

ამ ფორმულით მიღებული დაძვრის დენის მნიშვნელობა ბევრად (3-5-ჯერ) ნაკლებია, ვიდრე მდდ-ს შემთხვევაში, რაც აღწერილ დაცვას საკმაოდ მაღალ მგრძნობიარობას ანიჭებს.

რაც შეეხება მინიმალური ძაბვის რელეებს, მათი დაძვრის ძაბვის შერჩევა შემდეგი ფორმულით უნდა ხდებოდეს:

$$U_{\text{год}} = \frac{U_{\text{б.м.д}}}{K_{\text{год.р}} \cdot K_{\text{м.р}} \cdot n}$$

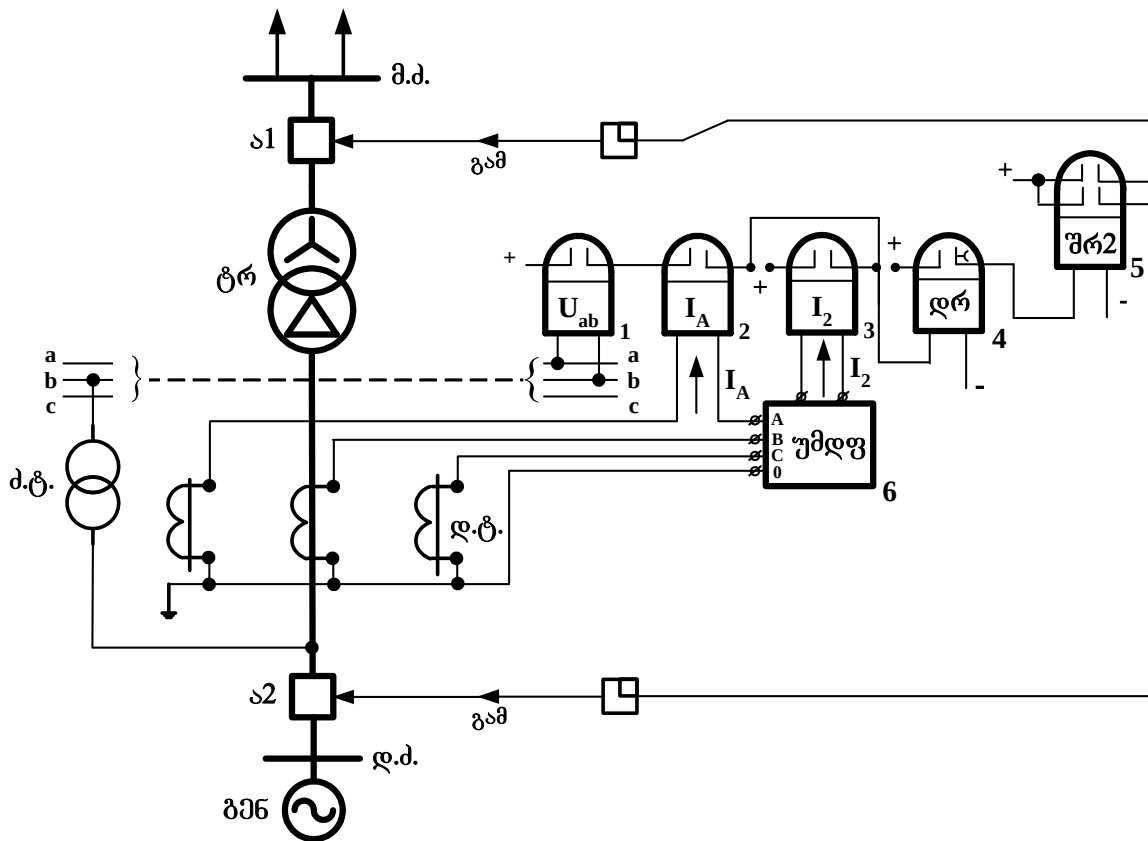
სადაც $U_{\text{ნომ}}$ ტრანსფორმატორის დაბალი ძაბვის მხარეზე არსებული ძაბვაა ნომინალური რეჟიმის დროს; $K_{\text{მარ}}$ მარაგის კოეფიციენტი, რომელსაც 1,1-1,2-ის ტოლს იღებენ; $K_{\text{ღაბრ}}$ მინიმალური ძაბვის რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი და იცვლება 1,15-1,2 ფარგლებში; $n = U_2/U_1'$ ძაბვის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

დაცვის დაძვრის ძაზვას ჩვეულებრივად 70-75 ვოლტის ტოლს იღებენ (იგულისხმება, რომ $U_2=100$ ვოლტს).

დაცვის დროის დაყოვნება ქსელში არსებული დაცვის დაყოვნებაზე ერთი საფეხურით მაღალი უნდა იყოს: $t = t_{\text{js}} + \Delta t$

12.10 სამაღლებელი ტრანსფორმატორის გარეშე დაზიანებისაგან უკუმიმდევრობის ფილტრული დაცვა

ამ სქემაში (ნახ. 12.12) ერთდროულად ორი დაცვა გამოყენებული: 1) ძაბვის მიხედვით დაბლოკირებული მაქსიმალური დენური დაცვა და 2) უკუმიმდევრობის ფილტრული დენური დაცვა.

**ᆪᆫᆯ. 12.12**

პირველი შესრულებულია ერთ ფაზაზე და ამიტომ მისი საიმედო მუშაობა უზრუნველყოფილია მხოლოდ სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს. ამ დაცვის ფუნქციას ორი რელე ასრულებს: მინიმალური ძაბვის რელე 1 და მაქსიმალური დენური რელე 2. მათი ამუშავების პირობები და ამ დაცვის მგრძნობიარობა ისეთივეა, როგორიც აღწერილი იყო ზევით, ძაბვის მიხედვით დაბლოკირებული სამფაზა დაცვის შემთხვევაში.

მეორე, ე.ი. ფილტრული დაცვის სქემა შეიცავს უკუმიმდევერობის დენების ფილტრს (უმდგ-№6) და ერთ მაქსიმალურ დენურ რელეს 3, რომელიც ფილტრის გამოსასვლელზეა მიერთებული.

უკუმიმდევერობის I_2 დენი ფილტრის გამოსასვლელზე ჩნდება მხოლოდ მაშინ, როცა ფილტრის ABCO შესასვლელზე სამფაზა არასიმეტრიული დენია მიწოდებული, კერძოდ მაშინ, როცა ტრანსფორმატორში გადის ორფაზა მოკლედ შერთვის დენი. ამავე დროს ტრანსფორმატორის ნორმალური (ე.ი.სიმეტრიული) დატვირთვის და სამფაზა მოკლედ შერთვის რეჟიმში უკუმიმდევერობის დენი არ არსებობს $I_2=0$. ამიტომ ფილტრის გამოსასვლელზე მიერთებული დენური 3 რელე ამუშავდება და შეკრავს თავის კონტაქტს მხოლოდ ორფაზა მოკლედ შერთვის გაჩენის შემთხვევაში და არ იმოქმედებს არც ნორმალური დატვირთვის ან გადატვირთვის დროს და არც სამფაზა მოკლედ შერთვის შემთხვევაში.

აქედან გამომდინარეობს, რომ რელეს (3) დაძვრის დენი ტრანსფორმატორის ნომინალური დატვირთვის დენზე უფრო მცირე შეიძლება იყოს: $I_{\text{დაძ}} \leq I_{\text{ტრ.ნომ}}$. უფრო ზუსტად, დაძვრის დენის შერჩევის დროს შემდეგი მოსაზრებებით უნდა ვისარგებლოთ: თუმცა ზევით ნაგულისხმევი იყო, რომ სიმეტრიული რეჟიმის დროს $I_2=0$, მაგრამ სინამდვილეში დენის ტრანსფორმატორების და ფილტრის ცდომილების გამო სიმეტრიული რეჟიმის დროს რელეში გადის აღნიშნული ცდომილებებით გამოწვეული უბალანსობის დენი; ამიტომ დაცული უნდა იყოს ჩვენთვის კარგად ცნობილი პირობა:

$$I_{\text{დაძ}} = K_{\text{მარ.}} \cdot I_{\text{უბ}}$$

მოყვანილ გამოსახულებაში უბალანსობის დენის სიდიდე უნდა ეთანადებოდეს დატვირთვის მაქსიმალურ რეჟიმს; მისი გამოთვლა მოკლედ შერთვის რეჟიმის მიხედვით საჭირო არ არის. პრაქტიკულად დადგენილია, რომ უკანასკნელი პირობა კმაყოფილდება თუ დაძვრის დენი შერჩეული იქნება შემდეგი გამოსახულებით:

$$I_{\text{დაძ}} = 0.5 \cdot I_{\text{ტრ.ნომ}}$$

აქედან ცხადია, რომ უკუმიმდევერობის დაცვა ხასიათდება საკმაოდ მაღალი მგრძნობიარობით არასიმეტრიული (ორფაზა) დაზიანების მიმართ (გავიხსენოთ, რომ მაქსიმალური დენური დაცვის გამოყენების შემთხვევაში დაძვრის დენი ტრანსფორმატორის ნომინალურ დენზე უფრო დიდი უნდა იყოს).

აღწერილი დაცვა შემდეგნაირად მუშაობს: სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს მოქმედებაში მოდის და ტრანსფორმატორს გამორთავს ძაბვის მიხედვით

ბლოკირებული მდდ, ხოლო ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს მუშაობს უკუმიმდევრობის დაცვა.

ორივე დაცვისთვის საერთო დროის რელე და საერთო გასავლელი შორისეული რელეა გამოყენებული: დროის დაყოვნება $t = t_{\text{კ}} + \Delta t$

12.11 ტრანსფორმატორების ნულოვანი მიმდევრობის დაცვა ერთფაზა მოკლედ შერთვისაგან

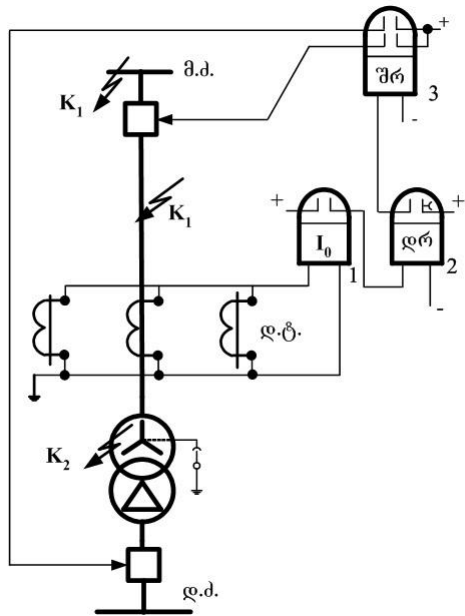
110 კვ-იან და უფრო მაღალი ძაბვის ქსელებში იყენებენ ყრუდ დამიწებულ ნეიტრალიან სისტემას, ე.ი. ტრანსფორმატორების ნეიტრალს ამიწებენ ყოველგვარი წინააღმდეგობის გარეშე. ასეთ დანადგარებში ერთი (ან ორი) ფაზის დამიწების შემთხვევაში ჩნდება ერთფაზა (ან ორფაზა) მოკლედ შერთვის დენი. აუცილებელია მისი სწრაფად გამორთვა.

აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ერთფაზა მოკლედ შერთვის დენის სიდიდე იმ ტრანსფორმატორების ჯამურ სიმძლავრეზეა დამოკიდებული, რომელთა ნეიტრალები ყრუდ არის დამიწებული. მძლავრ დანადგარებში ერთფაზა მოკლედ შერთვის დენის სიდიდის შემცირების მიზნით ზოგიერთ ტრანსფორმატორს დაუმიწებელი ნეიტრალით ამუშავებენ; ასეთი ტრანსფორმატორების მაღალი ძაბვის მხარეზე ნულოვანი მიმდევრობის (ე.ი. ერთფაზა მოკლედ შერთვის) დენები არ გადის, რაც გამორიცხავს მდდ-ს გამოყენების შესაძლებლობას. ამრიგად, ნულოვანი მიმდევრობის დაცვის განხორციელება მხოლოდ ისეთ ტრანსფორმატორებზეა შესაძლებელი, რომელთა ნეიტრალი ყრუდ არის დამიწებული. ამიტომ შევჩერდეთ ყრუდ დამიწებული ტრანსფორმატორების დაცვის შესაძლო სქემების განხილვაზე.

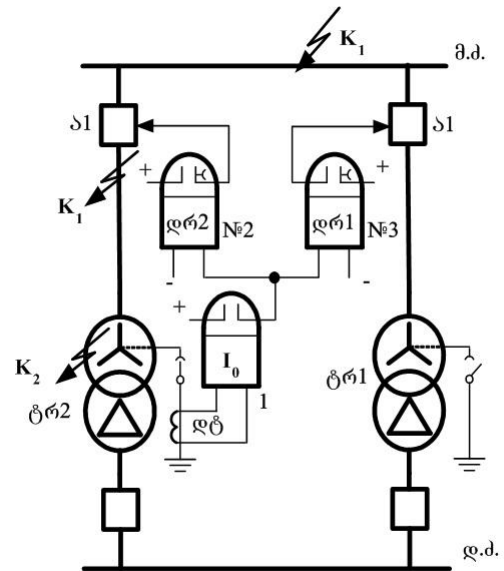
დაცვას აყენებენ ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის მხრიდან; მისი შესრულების ორი ვარიანტი არსებობს:

1. სამი დენის ტრანსფორმატორისაგან შემდგარი ნულოვანი მიმდევრობის დენების ფილტრის გამოყენების საფუძველზე (ნახ. 12.13),
2. ნეიტრალის დამამიწებელ სადენში ერთი დენის ტრანსფორმატორის მოთავსების გზით (ნახ. 12.14),

პირველი ვარიანტით შესრულებული სქემა მუშაობს მხოლოდ მაშინ, როცა ერთფაზა მოკლედ შერთვა ტრანსფორმატორის გარეშე ქსელში ჩნდება, მაგ. K_1 წერტილში (ნახ. 12.13), ასეთ შემთხვევაში ნულოვანი მიმდევრობის დენი $3I_0$ იკვრება შემდეგი გზით: დაზიანების ადგილი-მიწა-დამამიწებელი სადენი-ნეიტრალი- და უბრუნდება დაზიანების წერტილს დენის ტრანსფორმატორების გავლით; ამიტომ 1 რელეში $3I_0'$ დენი ჩნდება, რომელიც დაცვის ამუშავებას უზრუნველყოფს. მაგრამ თუ ერთფაზა დაზიანება იზოლირებულად მომუშავე ტრანსფორმატორის შიგნით ჩნდება (მაგ. K_2 წერტილში), მაშინ დაცვა უკვე ვერ მუშაობს, რადგან $3I_0$ დენი დენის ტრანსფორმატორებში (ე.ი. ნულოვანი მიმდევრობის დენების ფილტრში) არ გადის.



ნახ. 12.13



ნახ. 12.14

მეორე ვარიანტით შესრულებული სქემა (ნახ.12.14) მუშაობს და ტრანსფორმატორს გამორთავს მაშინ, როდესაც ნულოვან (ე.ი. ნეიტრალის დამამიწებელ) სადენში დაყენებულ დენის ტრანსფორმატორში $3I_0$ დენი ჩნდება, რაც უზრუნველყოფილია დაზიანების წერტილის ადგილმდებარეობის მიუხედავად (ე.ი. გარეშე ქსელში K_1 წერტილში და აგრეთვე ტრანსფორმატორის შიგნით K_2 წერტილში).

ორივე სქემაში ერთი დენური რელეა გამოყენებული, რომლის დაძვრის დენს ტრანსფორმატორის ნომინალურ დენზე ნაკლებს ირჩევენ, რაც დაცვის მაღალ მგრძნობიარობას განაპირობებს. დაძვრის დენის ასეთი სიდიდის შერჩევის შესაძლებლობა იმით აიხსნება, რომ სიმეტრიული დატვირთვის რეჟიმში ნულოვანი მიმდევრობის დენი არ არსებობს.

თუ ქვესადგურზე ორი, პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორია დაყენებული და ერთს ყრუდ დამიწებული ნეიტრალი აქვს, ხოლო მეორის ნეიტრალი მიწისაგან იზოლირებულია (გამორთულია ნულოვან სადენში მოთავსებული გამთიში), როგორც ნაჩვენებია ნახ. 12.14-ზე, მაშინ მეორე ტრანსფორმატორზე (ტრ-2) დაყენებულ დაცვას დროის ორი რელე უნდა ჰქონდეს. დაცვა შემდეგი მიმდევრობით მუშაობს: ერთგზა მოკლედ შერთვის გაჩენის შემთხვევაში დროის რელე 3 (დრ-1) t_1 დროის დაყოვნებით ჯერ იმ ტრანსფორმატორს გამორთავს, რომლის ნეიტრალი იზოლირებულია, ხოლო შემდეგ, ერთი საფეხურით უფრო გვიან ე.ი. $t_2 = t_1 + \Delta t$ დროის დაყოვნებით მეორე დროის რელე (დრ-2 №2) იმ ტრანსფორმატორს გამორთავს რომლის ნეიტრალი დამიწებულია. დაცვის მოქმედების ასეთი მიმდევრობა გამორიცხავს იზოლირებულნეიტრალიანი ტრანსფორმატორის დამოუკიდებელ მუშაობაში დატოვებას და მის შემდგომ მოსალოდნელ დაზიანებას (გადამეტდების გაჩენის შემთხვევაში).

ამრიგად, ერთფაზა მოკლედ შერთვის გაჩენის შემთხვევაში ქვესადგურზე დაყენებული ორივე ტრანსფორმატორის გამორთვა ხდება. ტრ1-ის მუშაობის აღდგენა დასაშვებია მისი ნეიტრალის დამიწების შემდეგ, ან დამიწებულნეიტრალიანი ტრანსფორმატორის ჩართვის შემდეგ.

12.12 საგმრაგნილიანი ტრანსფორმატორის მიმართული დენური დაცვა

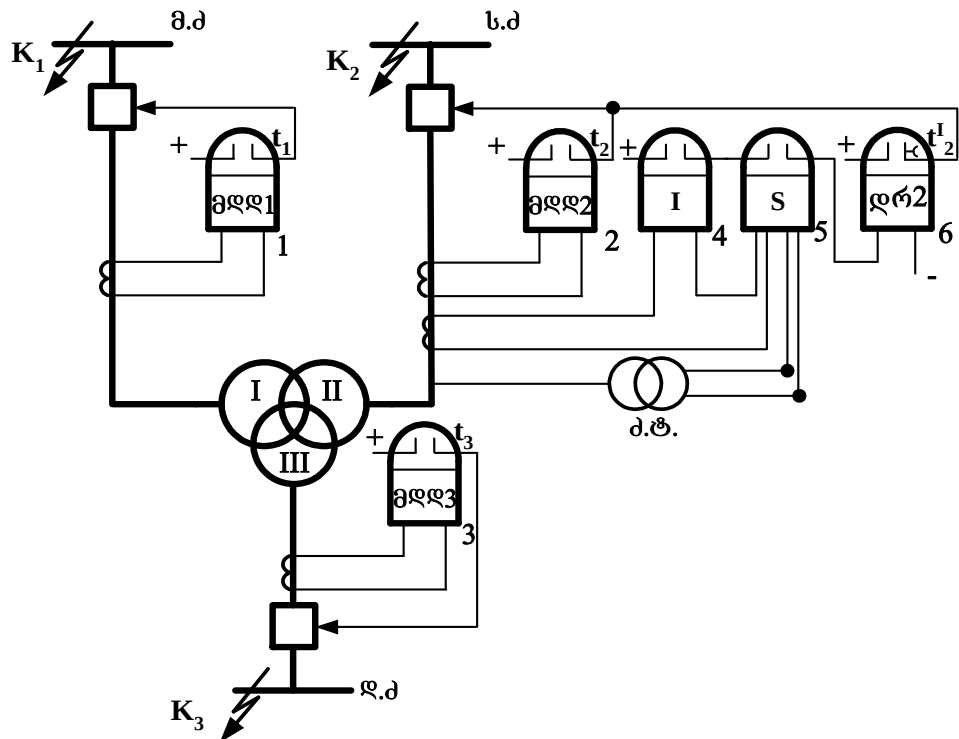
სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი აკავშირებს სამი ძაბვის ქსელს. როდესაც გარეშე დაზიანება ჩნდება ერთ-ერთი ძაბვის მხარეზე, გამორთვა უნდა ხდებოდეს მხოლოდ იმ გრაგნილის წრედში, რომელიც კვებავს დაზიანებულ ქსელს. ორ დანარჩენ ძაბვას შორის კავშირი არ უნდა დაირღვეს. აქედან გამომდინარეობს, რომ ყოველი ძაბვის მხარეზე გათვალისწინებული უნდა იყოს თავისი დამოუკიდებელი დაცვა (მაგ. მდდ).

თუ სადაბლებელ ტრანსფორმატორს ცალმხრივი კვება აქვს (მხოლოდ მაღალი ძაბვის მხრიდან), ე.ი. თუ მის საშუალო და დაბალი ძაბვის მხარეზე მხოლოდ მომხმარებლებია მიერთებული, მაშინ გარე დაზიანებებისაგან დაცვისათვის საკმარისია მაქსიმალური დენური დაცვის მიერთება მხოლოდ აღნიშნული გრაგნილების წრედში, ხოლო კვების მხრიდან (მაღალი ძაბვის წრედში) დაცვის დაყენება სავალდებულო არ არის, თუმცა რეზერვირების თვალსაზრისით დაცვის დაყენება აქაც სასურველია. აღებულ შემთხვევაში დაბალი ძაბვის მხარეზე დაყენებული დაცვის მოქმედების დრო ნაკლები უნდა იყოს კვების მხარეზე დაყენებული დაცვის მოქმედების დროზე.

თუ სადაბლებელ ტრანსფორმატორს ორმხრივი კვება აქვს მაღალი და საშუალო ძაბვის მხრიდან, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 12.15-ზე, მაშინ დაცვის სელექციური მოქმედების უზრუნველყოფა სამივე ძაბვის მხარეზე უბრალო მდდ-ს საშუალებით უკვე აღარ ხერხდება და საჭირო ხდება კვების ერთ-ერთ მხარეზე მიმართულების ელემენტის შეყვანა.

მართლაც, წარმოვიდგინოთ, რომ სამივე ძაბვის მხარეზე უბრალო მაქსიმალური დენური დაცვაა დაყენებული (მდდ-1, მდდ-2, მდდ-3), ხოლო მიმართულების ელემენტი არ (რელე 4, 5, 6) არის (ნახ. 12.15). მაშინ თუ დაზიანება დაბალი ძაბვის მხარეზე (ე.ი. K_3) ჩნდება, იმოქმედებს მდდ-3 t_3 დროის დაყოვნებით, ხოლო მდდ-1 და მდდ-2 მოქმედებას ვერ მოასწრებენ, რადგან $t_2 > t_3$ და $t_1 > t_3$, დაცვის ასეთი მოქმედება სწორია, რამდენადაც კავშირი მაღალი და საშუალო ძაბვის მხარეს არ შეწყდა.

თუ დაზიანება გაჩნდა მაღალი ძაბვის მხარეზე (K_1 წერტილში), მაშინ მოკლედ შერთვის დენი წამოვა საშუალო ძაბვის სალტებიდან მაღალი ძაბვის სალტებისაკენ; დაცვის მოქმედება ახლაც სწორი იქნება და დაბალი ძაბვის მხარეზე მიერთებული მომხმარებლების კვება არ შეწყდება, თუ $t_1 < t_2$ ე.ი. (თუ არ იმოქმედებს მდდ-2) და იმოქმედებს მხოლოდ მდდ-1.



ნახ. 12.15

ახლა წარმოვიდგინოთ, რომ დაზიანება საშუალო ძაბვის მხარეზეა (K_2 წერტილში). დაბალი ძაბვის მომხმარებელს რომ კვება არ შეუწყდეს, ჩართული უნდა დარჩეს მაღალი ძაბვის გრაგნილი, ე.ი. საჭიროა, რომ იმოქმედოს მხოლოდ მდდ-2-მა, რაც შესაძლებელია, თუ $t_1 > t_2$. მაგრამ ეს პირობა ეწინააღმდეგება წინა მაგალითში განხილულ შემთხვევას, როცა დაზიანება იყო K_1 წერტილში და საჭირო იყო $t_1 < t_2$ პირობის შესრულება.

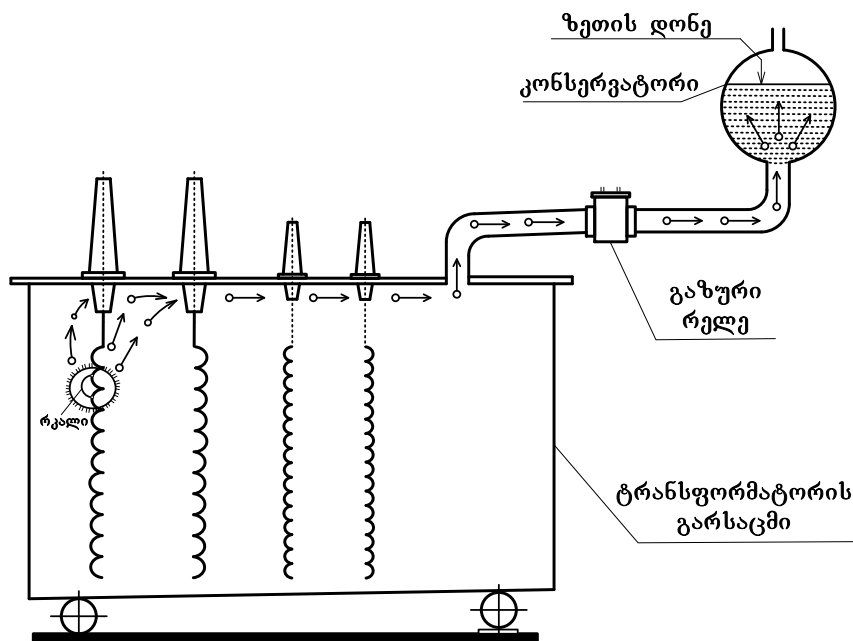
აღნიშნული წინააღმდეგობის თავიდან აცილების მიზნით, საშუალო ძაბვის მხარეზე მდდ-2-ის გარდა აყენებენ მიმართულების ელემენტს, რომელიც სამ რელეს შეიცავს: მაქსიმალურ დენურ რელეს (4), სიმძლავრის რელეს (5) და დროის რელეს (6). სიმძლავრის რელეს გრაგნილების პირობა ისეა შერჩეული, რომ ამ რელეს კონტაქტი იკეტება მხოლოდ მაშინ, როდესაც მოკლედ შერთვის დენი საშუალო ძაბვის სალტეებისაკენ არის მიმართული. რაც შეეხება დროის რელეს (6), მისი მოქმედების დრო t'_2 ნაკლები უნდა იყოს, ვიდრე მდდ-1-ის მოქმედების დრო. ამრიგად მიმართულების ელემენტი საშუალო ძაბვის გრაგნილის აჩქარებულ გამორთვას ახდენს K_2 წერტილში დაზიანების დროს.

სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორების უბრალო დენური და მიმართული დენური დაცვის დაძვრის დენის შერჩევას იგივე პირობების მიხედვით ახდენენ, როგორც ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორების შემთხვევაში.

12.13 ტრანსფორმატორების გაზური დაცვა

ზეთშეესებული მაღალმაზიანი ტრანსფორმატორი ყოველთვის ზეთით ხუფამდე სავსე უნდა იყოს და არ უნდა შეიცავდეს ჰაერის ან სხვა აირის არავითარ მინარევს.

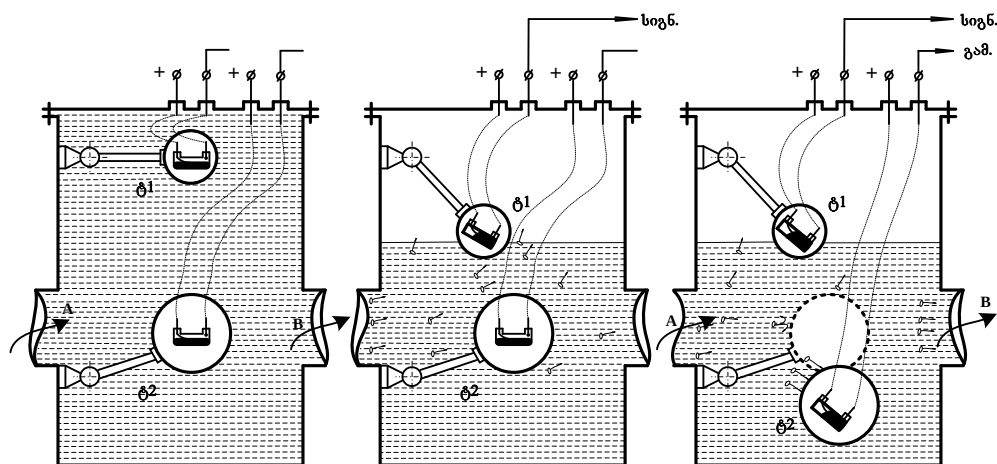
გაზური დაცვა შემდეგი პრინციპით მოქმედებს: როცა ტრანსფორმატორის შიგნით რაიმე დაზიანება ჩნდება (მაგ. სადენების ადგილობრივი გადახურება ან იზოლაციის გარღვევა და რკალის გაჩენა), მაშინ მაღალი ტემპერატურის გავლენით იწყება ზეთის დაშლა და გაზების ინტენსიური გამოყოფა. ეს გაზები მოძრაობენ კონსერვატორისაკენ, ე.ი. ზეთის უმაღლესი დონისაკენ და აქედან გადიან ატმოსფეროში.



ნახ. 12.16

ამ გაზების გზაზე, ე.ი. იმ მილში, რომელიც ტრანსფორმატორსა და კონსერვატორს აკავშირებს, ჩაყენებულია სპეციალური კონსტრუქციის (ე.წ. გაზური) რელე (ნახ. 12.16). გაზური რელეს შიგნით მოთავსებულია ორი კონტაქტი, რომლებიც იკეტებიან გაზების გაჩენის დროს: ერთი-მაშინ, როცა გამოყოფილი გაზების რაოდენობა მცირეა, ე.ი. როდესაც დაზიანება საწყის სტადიაშია, ეს კონტაქტი სიგნალზე მუშაობს და მორიგე პერსონალის ყურადღებას იპყრობს. მეორე იკეტება მაშინ, როცა დაზიანების ადგილში მნიშვნელოვანი სიდიდის დენი გადის, რასაც რკალის გაჩენა მოჰყვება; ასეთ შემთხვევაში გამოყოფილი გაზების რაოდენობა იმდენად დიდია, რომ გაზების და ზეთის ნარევი მძლავრი ნაკადის სახით და დიდი სიჩქარით მოძრაობს კონსერვატორისაკენ და ეჯახება რელეში მოთავსებულ მოსაბრუნებელ ნაწილს, რაც მეორე კონტაქტის ჩაკეტვას იწვევს. მეორე კონტაქტის ჩაკეტვა ტრანსფორმატორის გამორთვას იწვევს.

გაზური რელეს რამდენიმე კონსტრუქცია არსებობს. ტიპტივებიანი გაზური რელეს სქემა მოყვანილია ნახ. 12.17-ზე. რელეს შიგნით ორი ტიპტივაა მოთავსებული ტ-1 და ტ-2, რომლებიც სახსრების საშუალებით უმრავ საყრდენებზე არიან დამაგრებული.



ნახ. 12.17

ნორმალურ პირობებში ორივე ტიპტივა ზედა მდგომარეობაში ცურავს (ნახ. 12.17ა); ამიტომ ტიპტივების ტორსზე მიმაგრებულ კოლბებში ჩასხმული ვერცხლის წყალი არ აკავშირებს კოლბაში ჩაშვებულ საკონტაქტო ელექტროდებს.

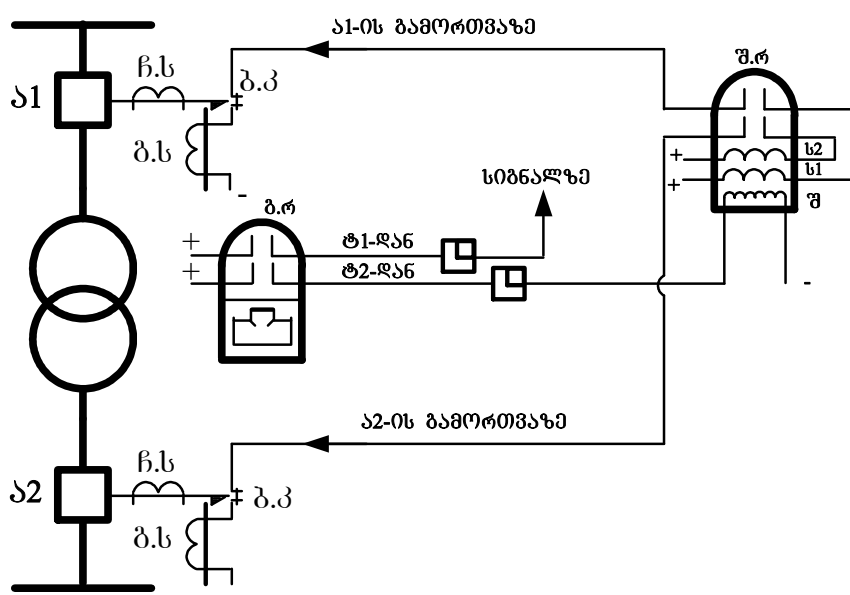
დაზიანების გაჩენის საწყის ეტაპზე, როცა ტრანსფორმატორში გაზების გამოყოფა იწყება (ჯერჯერობით მცირე რაოდენობით), გაზის ბუშტულები გროვდება რელეს ზედა ნაწილში, რასაც ტ-1 ტიპტივას ქვევით დაშვება (დახრა) მოჰყვება: ტ-1 ტიპტივას ტორსზე მიმაგრებული კოლბა დახრილ მდგომარეობას ღებულობს, რის გამოც ვერცხლის წყალი აკავშირებს საკონტაქტო ელექტროდებს, ე.ი. ჩაკეტავს სასიგნალო კონტაქტს (ნახ. 12.17 ბ).

ტრანსფორმატორის შიგნით მოკლედ შერთვის და რკალის გაჩენის შემთხვევაში, ზეთის დამლა და გაზების გამოყოფა ფრიად ინტენსიურად მიმდინარეობს, ტრანსფორმატორის გარსაცმის შიგნით ზეთის წნევა იზრდება. მისი ზეგავლენით გაზების და ზეთის ნარევი სწრაფად მოძრაობს კონსერვატორისაკენ; ეს ნაკადი ეჯახება მის გზაზე მოთავსებულ მეორე (ტ-2) ტიპტივას და ახდენს მის მობრუნებას საყრდენის მიმართ. მეორე კოლბის დახრის გამო ვერცხლის წყალი აერთებს ელექტროდებს, ე.ი. კეტავს იმ კონტაქტს, რომელიც გამომრთველ იმპულსს აგზავნის და ტრანსფორმატორს გამორთავს. რადგან ზეთნარევი გაზების ნაკადი ქვედა (ტ-2) ტიპტივაზე დარტყმით დაწოლას ახდენს, ამიტომ ამ ტიპტივაზე დამაგრებული ვერცხლისწყლიანი კონტაქტის ჩაკეტვას დისკრეტული (წყვეტილი) ხასიათი აქვს; თუ თითოეული იმპულსის ხანგრძლივობა ამომრთველის გამორთვის საკუთარ დროზე ნაკლები აღმოჩნდება, გაზური რელე ვერ უზრუნველყოფს ტრანსფორმატორის გამორთვას.

აღნიშნული ნაკლის თავიდან აცილების მიზნით გაზური დაცვის გამოსასვლელზე აყენებენ სპეციალური კონსტრუქციის შუალედურ რელეს (ნახ.18), რომელსაც სამი გრაგნილი აქვს: შუნტური (შ), რომელზედაც გაზური რელეს ქვედა ტივტივა (ტ2) კვებას აწვდის, როცა ტრანსფორმატორის გამორთვაა საჭირო. შუნტურ გრაგნილზე კვების მიწოდების შედეგად შუალედური რელე ამუშავდება და ჩაკეტავს თავის ორ კონტაქტს: სერიესული პირველი (ს-1) და მეორე (ს-2) გრაგნილები ამომრთველების გამორთვის (გ.ს.) სოლენოიდებთან მიმდევრობით არიან ჩართული (ნახ. 12.18).

სქემა შემდეგნაირად მუშაობს: გაზური რელეს მიერ გამოგზავნილი პირველივე, თუნდაც ძალიან ხანმოკლე იმპულსი საკმარისია შორისეული რელეს ამუშავებისათვის, ე.ი. მისი ორივე კონტაქტის ჩაკეტვისათვის. ამის შემდეგ ამომრთველების გამორთვის წრედში (გამორთვის “გს” სოლენოიდებში) და შორისეული რელეს სერიესულ გრაგნილებში (ს-1 და ს-2-ში) ჩნდება დენი, რომელიც უზრუნველყოფს გასასვლელი შორისეული რელეს ჩართულ მდგომარეობაში ყოფნას მანამდე, სანამ ამომრთველი არ გამოირთვება, ე.ი. სანამ ბლოკკონტაქტები (ბკ) არ გაიხსნება.

აღწერილი გაზური რელე მუშაობს არა მარტო მაშინ, როდესაც ტრანსფორმატორის შიგნით დაზიანება ჩნდება, არამედ მაშინაც, როდესაც მომუშავე ტრანსფორმატორში ზეთის დონე დასაშვებ მინიმალურ მნიშვნელობაზე დაბლა დაიწევს. გაზური დაცვის ამოქმედება მოსალოდნელია აგრეთვე ტრანსფორმატორში ზეთის შეცვლის შემდეგ, რადგან ახალი ზეთის ჩასხმის პროცესში გარსაცმში დიდი რაოდენობით შედის ჰაერი.



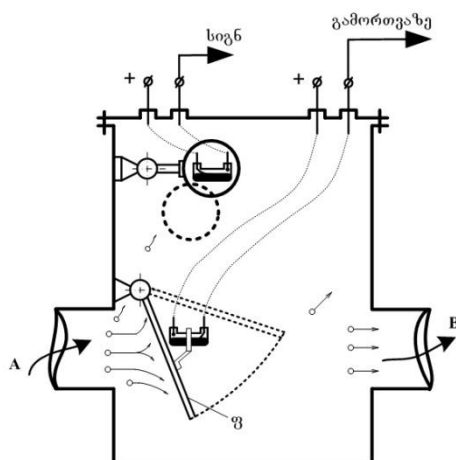
ნახ. 12.18

გაზური რელეს შესრულების სხვა, ე.წ. ფირფიტის ვარიანტიც არსებობს (ნახ. 12.19). ამ ვარიანტში სასიგნალო (ზედა) ტივტივა ისეთივე კონსტრუქციით

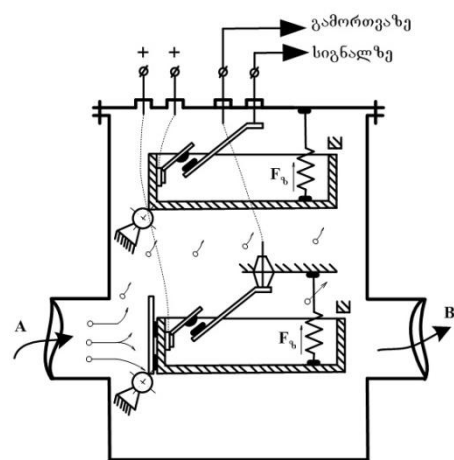
სრულდება, როგორც წინა სქემაში (ნახ. 12.17) იყო აღწერილი, ხოლო გამომრთველი ტივტივას ნაცვლად დაყენებულია ფირფიტისმაგვარი ფრთა, რომელსაც ეჯახება ზეთნარევი გაზების ნაკადი, ტრანსფორმატორში მოკლედ შერთვის გაჩენის შემთხვევაში. ეს ნაკადი აწვება მის გაზზე დაყენებულ ფირფიტას და აბრუნებს ფირფიტას სახსრიანი საყრდენის მიმართ; ამავდროულად იცვლება ფირფიტასთან დაკავშირებული საკონტაქტო კოლბის დახრილობა. ასეთ შემთხვევაში კოლბაში მოთავსებული ვერცხლის წყალი აკავშირებს საკონტაქტო ელექტროდებს და ამომრთველებზე იგზავნება გამორთვის იმპულსი. დაცვის პრინციპული ელექტრული სქემა ისეთივე რჩება, როგორც მოყვანილია ნახ. 12.18-ზე.

ფირფიტებიანი გაზური რელე უფრო მაღალი მგრძნობიარობით ხასიათდება, ვიდრე ტივტივებიანი; ამავე დროს მისი მგრძნობიარობის რეგულირება ადვილია ფირფიტის დახრილობის შეცვლით, მაგრამ ზეთის დონის შემცირების დროს მუშაობს მხოლოდ სასიგნალო ტივტივა, ტრანსფორმატორის გამორთვა კი არ ხდება. ამიტომ ფირფიტებიანი გაზური რელეს დაყენება მხოლოდ ისეთ ქვესადგურებზეა გამართლებული, სადაც მუდმივად იმყოფება მორიგე პერსონალი. ფირფიტებიანი გაზური რელეს აღნიშნული ნაკლის გამო, უფრო ხშირად იყენებენ „ჯამიან“ რელეს.

ჯამიანი გაზური რელეს გამართლებული კონსტრუქციული სქემა მოცემულია ნახ. 12.20-ზე. გაზების მოძრაობის შემგრძნობ ელემენტებად აქ გამოყენებულია ვარცლისებური ალუმინის კოლოფები (ჯამები). ზედა (1) ელემენტზე დამაგრებულ კონტაქტს სასიგნალო დანიშნულება აქვს, ხოლო ქვედა (2) ელემენტზე დამაგრებული კონტაქტი ტრანსფორმატორის გამორთვის ახდენს. ჯამისებრი ელემენტები (კოლოფები) მარცხენა მხრიდან უძრავ სახსრიან საყრდენებზეა დამაგრებული, ხოლო მარჯვენა მხრიდან ზამბარებზეა ჩამოკიდებული. ზამბარების F_b ძალა ზევით არის მიმართული და აკომპენსირებს კოლოფის წონას ($F_{წ}$ -ს). ქვედა ჯამისებურ ელემენტზე მარცხენა მხრიდან ე.ი. ტრანსფორმატორიდან მოყვანილი მილის პირდაპირ დამატებითი ფირფიტაა „ფ“ მიმაგრებული.



ნახ. 12.19



ნახ. 12.20

ჯამიანი გაზური რელე შემდეგნაირად მუშაობს: ნორმალურ პირობებში რელე ზეთით არის გავსებული და ამიტომ კოლოფების (ჯამების) წონა შემცირებულია მათ ნამდვილ წონასთან შედარებით. რადგან $F_{\text{ზ}} \geq F_{\text{წ}}$, ამიტომ ზამბარის ზეგავლენით ჯამისებური ელემენტები თარაზულ მდგომარეობაში იმყოფება და მათი კონტაქტები გახსნილია.

დაზიანების გაჩენის საწყის ეტაპზე გაზების ბუშტულების გამოყოფა იწყება; ეს ბუშტულები გროვდება რელეს ზედა ნაწილში, საიდანაც ზეთის განდევნა ხდება. ამის გამო ჯამისებური ელემენტი (1) მძიმდება, რადგან იგი სითხეში ჩაძირული აღარ არის; გარდა ამისა, კოლოფის ნამდვილ წონას ემატება ჯამის შიგნით დარჩენილი ზეთის წონა. ზამბარის ძალა ვეღარ აკომპენსირებს დამძიმებული ჯამის წონას, რის გამოც ჯამისებური ელემენტი დაიხრება და მისი კონტაქტი ჩაიკეტება, რაც სიგნალის ამუშავებას უზრუნველყოფს.

ტრანსფორმატორის შიგნით რკალის გაჩენის შემთხვევაში გამოყოფილი გაზების რაოდენობა მკვეთრად იზრდება, ზეთის წნევა ტრანსფორმატორის გარსაცმის შიგნით მატულობს და ამიტომ გაზების და ზეთის ნარევისაგან შემდგარი ნაკადი დიდი სისწრაფით მოძრაობს კონსერვატორისაკენ, ეჯახება ქვედა ჯამისებურ ელემენტს და მასზე დამაგრებულ „ფ“ ფირფიტას, რასაც ელემენტის გადახრამისი კონტაქტის ჩაკეტვა და ტრანსფორმატორის გამორთვა მოჰყვება.

ზეთის დონის დაწევის შემთხვევაში ორივე ჯამისებური ელემენტი ერთნაირად მუშაობს, ე.ი. სიგნალის ამუშავების გარდა ტრანსფორმატორის გამორთვაც ხდება.

13.1 დაზიანებები და გენერატორების მუშაობის არანორმალური რეჟიმები. ძირითადი მოთხოვნები გენერატორების დაცვების მიმართ

ა) დაზიანებები გენერატორებში

გენერატორებში ძირითადად დაზიანებები გამოწვეული არის სტატორის და როტორის გრაგნილებში იზოლაციის დარღვევით. იზოლაციის დარღვევა ჩვეულებრივად მიმდინარეობს მისი დამკვლელის შედეგად, დანესტიანებით, მასში დეფექტების არსებობით, ძაბვის აწევის შედეგად გადამაბვებით, მექანიკური დაზიანებით და ა.შ.

გენერატორის სტატორში შეიძლება წარმოიქმნას: სამფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვები; ერთი ფაზის დამოკლება კორპუსთან (მიწასთან); ერთი ფაზის გრაგნილის ხვიებს შორის დამოკლება.

ფაზათაშორის მოკლედ შერთვები ხასიათდებიან დაზიანების ადგილზე დიდი მნიშვნელობის დენების გავლით და ელექტრული რკალის წარმოქმნით, რომელიც იწვევს იზოლაციის დაწვას, აგრეთვე გრაგნილის დენგამტარი ნაწილების დაზიანებას, ხოლო ზოგჯერ სტატორის მაგნიტური გამტარის ფოლადის დაზიანებას.

სტატორის გრაგნილის დამოკლება კორპუსთან წარმოადგენს დამიწებას, რადგანაც სტატორის კორპუსი დამიწებულია. ამიტომ დაზიანების დენი მიწაში გადის სტატორის მაგნიტოგამტარის ფოლადის გავლით და იწვევს მის დაწვას. ფოლადის დაზიანება მოითხოვს ხანგრძლივი და რთული შეკეთების ჩატარებას.

დამოკლება ერთი ფაზის ხვიებს შორის წარმოიქმნება შედარებით იშვიათად. იგი გადადის ან კორპუსთან დამოკლებაში, ან ფაზათაშორის მოკლედ შერთვაში.

გენერატორის როტორის გრაგნილი იმყოფება 300—500ვ. ძაბვის ქვეშ. ამიტომ მის იზოლაციას გააჩნია სიმტკიცის გაცილებით დიდი მარაგი, ვიდრე სტატორის გრაგნილის იზოლაციას. მაგრამ როტორის გრაგნილის მუშაობის მძიმე მექანიკური პირობებიდან გამომდინარე შედარებით ხშირად შეიმჩნევა იზოლაციის დაზიანების და როტორის გრაგნილის კორპუსთან ერთ წერტილში ან ორ წერტილში დამოკლების შემთხვევები.

როტორის გრაგნილის კორპუსთან ერთ წერტილში დამოკლება საშიში არ არის, რადგანაც დამოკლების წერტილში დენი პრაქტიკულად ნულის ტოლია და გენერატორის ნორმალური მუშაობის რეჟიმი არ ირღვევა.

როტორის გრაგნილის კორპუსთან ორ წერტილში დამოკლების შემთხვევაში როტორის გრაგნილის ხვეების ნაწილი აღმოჩნდება დაშუნტებული; ამ დროს როტორის გრაგნილის წინაღობა მცირდება, რის გამოც ადგილი აქვს როტორის დენის გადიდებას. ეს დენი იწვევს გრაგნილის გადახურებას და როტორის დაზიანებას. აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ ორ წერტილში დამოკლება მეტად საშიში მოვლენაა გენერატორისათვის.

ბ) არანორმალური რეჟიმები.

გენერატორისათვის არანორმალურ რეჟიმად ითვლება: სტატორის ან როტორის დენის დასაშვებ სიდიდეზე მეტად გაზრდა; სტატორის ფაზების არასიმეტრიული დატვირთვა; სტატორის მომჭერებზე ძაბვის დასაშვებზე მნიშვნელოვანი მომატება. განვიხილოთ ისინი ცალ-ცალკე.

გარე მოკლედ შერთვის დროს გენერატორში, რომელიც კვებას დაზიანების ადგილს, აღიძვრება მოკლედ შერთვის დენი $I_{a.შ.} > I_{a.წ.}$; ნორმალურად ასეთი მოკლედ შერთვების ლიკვიდაცია ხდება დაზიანებული ელემენტის რელეური დაცვით და იგი არ არის საშიში გენერატორისათვის. მაგრამ დაზიანებული ელემენტის დაცვის უარის შემთხვევაში გენერატორში ხანგრძლივად გაივლის მოკლედ შერთვის დენი და გადახურებს გრაგნილს, რაც შეიძლება დამთავრდეს გენერატორის დაზიანებით. აღნიშნული შეიძლება თავიდან იქნას აცილებული გენერატორის დროულად გამორთვით. ამ მიზნით გენერატორები უნდა იყოს აღჭურვილი დაცვებით, რომლებიც რეაგირებენ გარე მოკლედ შერთვებზე და ახორციელებენ შორეულ რეზერვირებას.

გენერატორის გადატვირთვა ჩვეულებრივად აღიძვრება: როცა ენერგოსისტემაში გამოირთვება პარალელურად მომუშავე გენერატორების ნაწილი; მომხმარებლების საწარმოო პროცესების ტექნოლოგიებით გამოწვეული დატვირთვის ხანმოკლე ზიგებით; ძრავების თვითგაშვებით; გენერატორის ფორსირებით; სინქრონიზმის დარღვევით; გენერატორის აღგზნების დაკარგვით და ა.შ.

გადატვირთვა, ანუ გენერატორის გრაგნილში დატვირთვის დენის გაზრდა ნომინალური მნიშვნელობის ზევით $I_a > I_{a.წ.}$, ახდენს გრაგნილის გადახურებას და შეიძლება გამოიწვიოს იზოლაციის დარღვევა. მძლავრი გენერატორების გადატვირთვის დასაშვები დროის ხანგრძლივობა დამოკიდებული არის გენერატორის გაციების სისტემის ტიპზე. სტატორის გრაგნილებისათვის შესაბამისი მონაცემები მოცემული არის სათანადო ცნობარებში.

როგორც აღნიშნული ცხრილებიდან გამომდინარეობს სტატორის გადატვირთვა 30%-მდე გენერატორებზე უშუალო გაციებით და 50%-მდე გენერატორებზე ირიბი

გაციებით დასაშვებია 2 წთ და მეტი დროის განმავლობაში. ამიტომ ასეთ შემთხვევაში არ არის საჭირო გენერატორის მყისურად ავტომატური გამორთვა.

უმეტეს შემთხვევაში გადატვირთვები გამოწვეული აღზნების ფორსირებით, რყევებით, მომხმარებლების დატვირთვის ხანმოკლე ბიძგებით და ა.შ. თავისთავად ქრებიან $t_{დას.}$ ზღვრული დროის ამოწურვამდე. ენერგოსისტემაში ავარიების შემთხვევაში, რომელიც ხასიათდება საგენერატორო სიმძლავრეების დეფიციტით, გათვალისწინებული არის ავტომატური განტვირთვა სიხშირის დაცემისას ნაწილი მომხმარებლების გამორთვით; აგრეთვე სარეზერვო აქტიური და რეაქტიური სიმძლავრეების ავტომატური და ხელით გაშვება (ჩართვა სისტემაში). მსგავსი საშუალებებით თავიდან არის აცილებული გენერატორების ხანგრძლივი გადატვირთვა.

გენერატორების ფაზებში დენების ასიმეტრია აღიძვრება გარე ქსელში ორფაზა და ერთფაზა მოკლედ შერთვების დროს; გენერატორის დატვირთვასთან დამაკავშირებელი ქსელის ერთი ან ორი ფაზის გაწყვეტის დროს; ქსელის არასრულფაზა რეჟიმში მუშაობის შემთხვევაში. დენების ასიმეტრია იწვევს როტორის დამატებით გადახურებას და მანქანის მექანიკურ ვიბრაციებს.

ასიმეტრია ხასიათდება სტატორის გრაგნილში უკუმიმდევერობის დენის გაჩენით I_2 ; ამ დენს აქვს ფაზების შებრუნებული თანმიმდევრობა და წარმოქმნის მაგნიტურ ველს, რომელიც ბრუნავს როტორის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით. შედეგად I_2 დენით შექმნილი მაგნიტური ნაკადი გადაკვეთს როტორის კორპუსს ორმაგი სიჩქარით. ის აინდუქცირებს როტორის მეტალურ ნაწილში მნიშვნელოვანი სიდიდის გრიგალურ დენებს, რომელსაც აქვს ორმაგი სიხშირე, და წარმოქმნის დამატებით ორმაგი სიხშირით პულსირებულ ელექტრომაგნიტურ მომენტს. გრიგალური დენები იწვევენ როტორის დამატებით გადახურებას, ხოლო პულსირებული მომენტი-მანქანის მბრუნავი ნაწილის ვიბრაციას.

დენი $I_2 > I_2 \text{ მაქს. ხანგ. დას.}$ იწვევს როტორის საშიშ დამატებით გადახურებას და შეიძლება დაშვებულ იქნას მხოლოდ შეზღუდული $t_{დას.}$ დროის განმავლობაში.

დასაშვები დროის სიდიდე $t_{დას.}$ განისაზღვრება ზღვრული ტემპერატურით $T_{ზღვრ.}$, რომელიც დასაშვებია როტორის გრაგნილის იზოლაციისათვის.

მძლავრი გენერატორებისათვის, ირიბი გაციებით, როცა $I_2 > 0,3 \cdot I_{ნომ.გ.}$, დრო $t_{დას.}$ შედარებით მცირეა (2 წთ-ზე ნაკლები) და ამიტომ მსგავსი გადატვირთვების შემთხვევაში საჭირო არის ავტომატური მოწყობილობა, რომელიც დაიცავს გენერატორს არასიმეტრიულ რეჟიმში.

მცირე სიმძლავრის გენერატორებში, (30-60 მვტ), ირიბი გაციებით და როტორის გადახურების დიდი მარაგით, დასაშვები დრო გაცილებით დიდია და მათი ავტომატური გამორთვა საჭირო არის, როცა დენი $I_2 > 0,5 \cdot I_{ნომ.გ.}$.

გენერატორებზე ძაბვის აწევა მოხდება დატვირთვის უეცარი მოხსნის შემთხვევაში, რადგანაც ამ დროს ქრება სტატორის რეაქციის მაგნიტური ნაკადი და იზრდება განტვირთული მანქანის ბრუნვის სიჩქარე.

ტურბოგენერატორზე ძაბვის აწევა არ აღწევს საშიშ სიდიდემდე და აღმოფხვრება სიჩქარის და ალგზნების ავტომატური რეგულატორების მოქმედებით.

ჰიდროგენერატორებზე სიჩქარის რეგულატორები მოქმედებენ შედარებით ნელა, ვიდრე ტურბოგენერატორებზე, ამიტომ დატვირთვის უეცარი მოხსნის შემთხვევაში აგრეგატის ბრუნვის სიჩქარე მნიშვნელოვნად იზრდება და შეიძლება გადააჭარბოს ნომინალური სიჩქარეს 40-60%-ით, ხოლო ძაბვამ ასეთ დროს მიაღწიოს ნომინალურის 150%-ს. ამიტომ ჰიდროგენერატორები ალგზნების მოხსნის ავტომატური მოწყობილობების გარდა აღჭურვილი არიან ძაბვის აწევისაგან დაცვით, რომელიც მოქმედებს ალგზნების მოხსნაზე და გენერატორის გამორთვაზე.

გ) ზოგადი მოთხოვნები გენერატორების დაცვების მიმართ.

გენერატორებზე დადგმული არის რელეური დაცვის მოწყობილობები, რომლებიც იცავენ მას შიდა დაზიანებებისაგან და ისეთი საშიში არანორმალური რეჟიმებისაგან, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს გენერატორის დაზიანება.

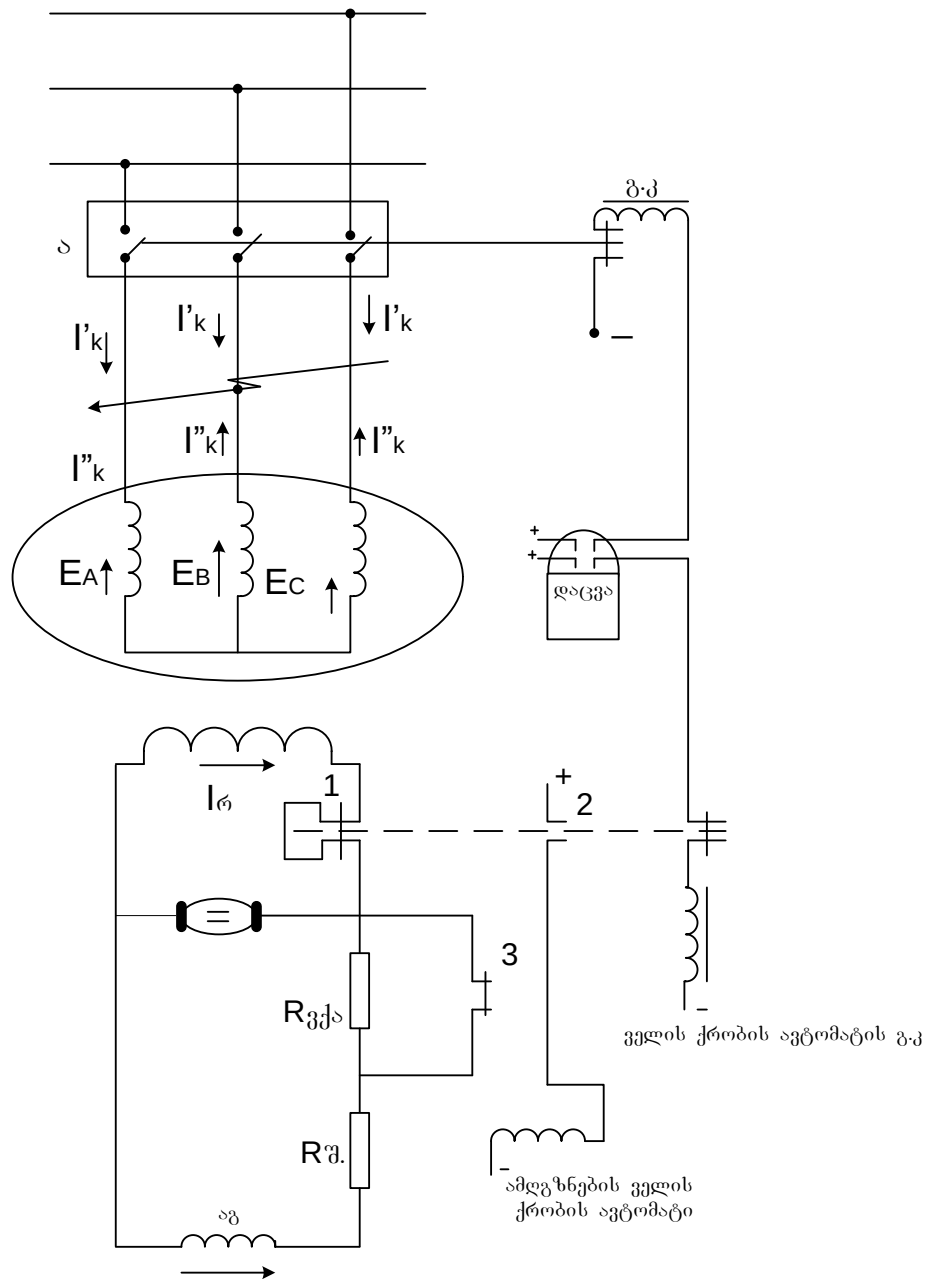
გენერატორის მუშაობის ისეთი არანორმალური რეჟიმების დროს, როცა არ არის საჭირო გენერატორის დაუყოვნებლივი გამორთვა, დაცვა მოქმედებს სიგნალზე, რომლის დროსაც მორიგე პერსონალი ვალდებული არის გაატაროს ღონისძიებები არანორმალური რეჟიმის აღმოსაფხვრელად გენერატორის გამორთვის გარეშე.

გენერატორის ავტომატური გამორთვა ნებადართული არის მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა აღძრული არანორმალური რეჟიმის აღმოფხვრა შეუძლებელია და შემდგომში მან შეიძლება გამოიწვიოს გენერატორის დაზიანება.

გენერატორში აღძრული დაზიანების გავრცელების ლიკვიდაციისათვის, შიდა დაზიანებისაგან დაცვებმა უნდა გამოყონ გენერატორი ქსელისაგან ძირითადი ამომრთველის გამორთვით და შეწყვიტონ დენი როტორის გრაგნილში ველის ქრობის ავტომატის გამორთვით.

ძირითადი ამომრთველის გამორთვით შეწყდება დაზიანების I_K' დენი, რომელიც გადის დაზიანებულ გენერატორში ქსელიდან (ნახ. 13.1); მაგრამ დაზიანების ადგილზე კვლავ გადის დენი I_K'' , რომელიც განპირობებული არის გენერატორის E ე.მ.დ.-ით.

ველის ქრობის 1 ავტომატის გამორთვით გაწყდება როტორის I_{∞} დენის წრედი. ამის გამო გაქრება როტორის ნაკადი და მასთან ერთად გაქრება გენერატორის ფაზებში მის მიერ შექმნილი ე.მ.დ; ერთდროულად ველის ქრობის ავტომატის 2 ბლოკ-კონტაქტი ზემოქმედებს აღმგზნების ველის ქრობის ავტომატის გამორთვაზე, რომლის 3 კონტაქტით ჩაირთვება $R_{3.კ.ა}$ წინაღობა აღმგზნების ალგზნების წრედში.



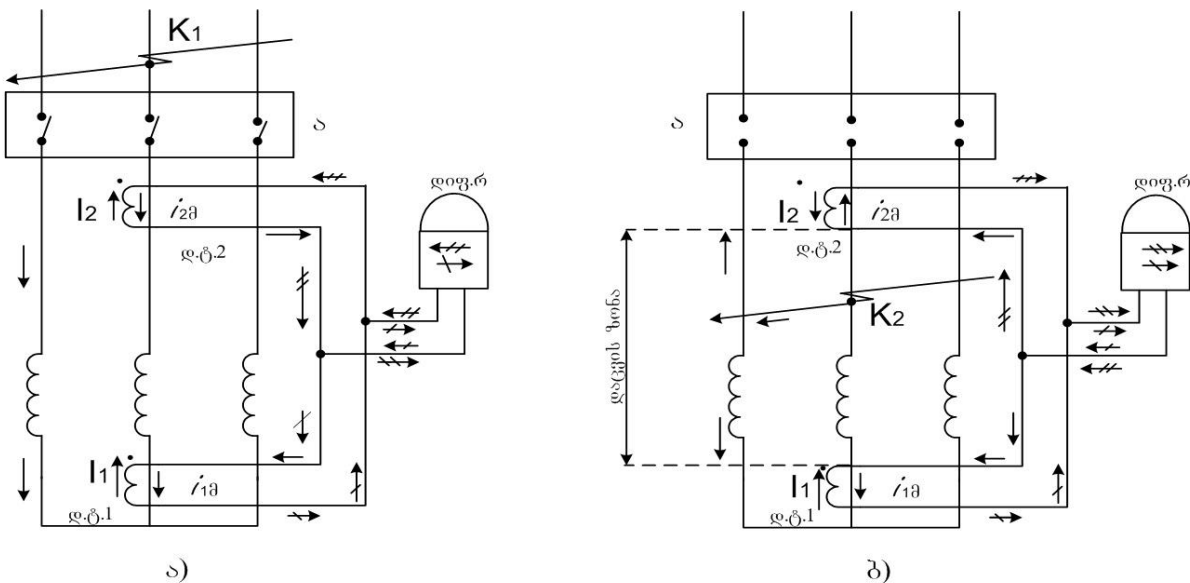
ნახ. 13.1 გენერატორის ველის ავტომატური ქრობის სქემა.

გარე ქსელში მოკლედ შერთვებისაგან დაცვებმა უნდა გამორთონ საგენერატორო ამომრთველი და ველის ქრობის ავტომატი, ერთის მხრივ გენერატორის მიერ ქსელში გაგზავნილი მოკლედ შერთვის დენის შეწყვეტის მიზნით, ხოლო მეორეს მხრივ დატვირთვის უეცრად მოხსნის დროს გენერატორის მომჭერებზე ძაბვის აწევის თავიდან აცილებისათვის.

13.2 სტატორის გრაგნილში ფაზათაშორის მოკლედ შერთვისაგან დაცვა

გენერატორში ფაზათაშორის მოკლედ შერთვისაგან დასაცავად გამოიყენება სწრაფმოქმედი გრძივი დიფერენციალური დაცვა. გენერატორის გრძივი დიფერენციალური დაცვის სქემა ერთი ფაზისათვის ნაჩვენებია არის ნახ. 13.2 ა-ზე. სრული სქემები, ორ ვარიანტად, მოცემული არის ნახ. 13.4-ზე.

დაცვის მოქმედების პრინციპი (ნახ. 13.2 ა) დაფუძნებული არის დენების სიდიდის და ფაზის შედარების პრინციპზე სტატორის გრაგნილის ფაზის დასაწყისში და ბოლოში (I_1 და I_2).



ნახ. 13.2 გენერატორის გრძივი დიფერენციალური დაცვის სქემა და მოქმედების პრინციპი. (ა) დენების განაწილება გარე მოკლედ შერთვის დროს; (ბ) დენების განაწილება ზონაში მოკლედ შერთვის დროს.

ამ მიზნით სტატორის გრაგნილის ორივე მხარეს დადგმული არის დენის ტრანსფორმატორები დ.ტ.1 და დ.ტ.2 ერთნაირი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტებით $n_{დ.ტ.1} = n_{დ.ტ.2}$. დენის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილები შეერთებული არიან მიმდევრობით, როგორც ეს ნაჩვენებია არის ნახაზზე, სხვადასხვა პოლარობებით. დიფერენციალური რელე დიფ. რ. ჩართული არის ორთავე დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილების პარალელურად.

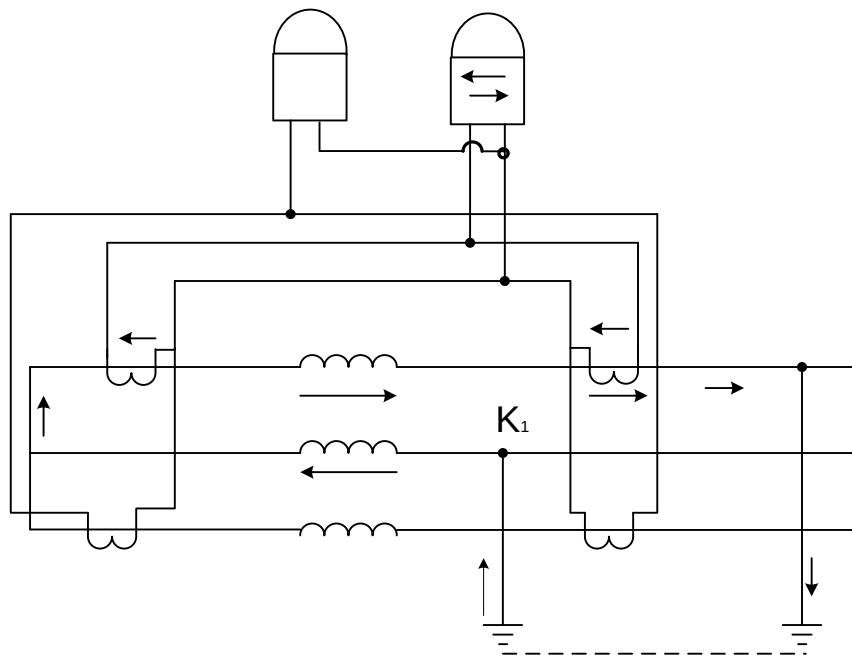
ზონის გარეთ მოკლედ შერთვის დროს (წერტილი K_1 ნახ. 13.2 ა) პირველადი დენები I_1 და I_2 ტოლი არიან სიდიდით და ორიენტირებული არიან ერთი მიმართულებით მოკლედ შერთვის K_1 წერტილისაკენ. მეორადი დენების განაწილება ნაჩვენებია არის ნახ. 13.2ა-ზე; დენი რელეში $I_6 = I_{1a} - I_{2a}$; დენის ტრანსფორმატორების მუშაობის იდეალური რეჟიმის შემთხვევაში $I_{1a} = I_{2a}$ და დენი $I_6 = 0$ ე.ი. დაცვა არ მოქმედებს. სინამდვილეში დენის ტრანსფორმატორების ცდომილების გამო დენები $I_{1a} \neq I_{2a}$ და რელეში გადის უბალანსობის დენი $I_6 = I_{1a} - I_{2a}$. დაცვის არასწორი მოქმედების

თავიდან აცილების მიზნით საჭირო არის უზრუნველყოფილი იქნას პირობა $I_{დ.ა.} > I_{უბ.მაქს.}$.

დატვირთვის რეჟიმში პირველადი და მეორადი დენების განაწილება არის იგივე როგორც გარე მოკლედ შერთვის დროს, ე.ი. დენი $I_0 = 0$ და დაცვა არ მუშაობს. ზონაში მოკლედ შერთვის (წერტილი K_2 ნახ. 13.2 ბ) დროს დენების პირველადი მნიშვნელობები მიმართული არიან შემხვედრად (მოკლედ შერთვის K წერტილისაკენ). შედეგად რელეში მეორადი დენები იკრიბება $I_0 = I_{10} + I_{20}$ და რელე მოდის მოქმედებაში; თუ $I_0 > I_{დ.ა.}$; მოკლედ შერთვის დენის შეწყვეტისათვის საჭირო არის დაცვამ გამორთოს გენერატორი და ველის ქრობის ავტომატი.

იმის გამო, რომ საგენერატორო ძაბვის ქსელი ძირითადად მუშაობს იზოლირებული ნულოვანი წერტილით, გენერატორის ფაზათაშორის მოკლედ შერთვისაგან დაცვა შეიძლება განხორციელდეს ორფაზა შესრულებით. მაგრამ ორფაზა შესრულებით დაცვა ვერ უზრუნველყოფს გენერატორის გამორთვას მიწასთან დამოკლების დროს, როცა ერთი ფაზის დამოკლება ხდება ქსელში, ხოლო მეორე ფაზის - გენერატორში, (ნახ. 13.3) რომელსაც არ გააჩნია დაცვა. მეორეს მხრივ ორ წერტილში მიწასთან დამოკლება გენერატორისათვის არის საშიში სახის დაზიანება და ამ დროს საჭირო არის გენერატორის დაუყოვნებლივი გამორთვა. ამიტომ ასეთი სახის დაზიანებების დროულად ლიკვიდაციისათვის საჭირო არის გენერატორის გრძივი დიფერენციალური დაცვა განხორციელდეს სამფაზა შესრულებით.

დიფერენციალური დაცვის მოქმედების ზონა შემოისაზღვრება მონაკვეთით, რომელიც მოთავსებული არის დენის ტრანსფორმატორებს შორის (ნახ. 13.2 ბ).



ნახ. 13.3 გრძივი დიფერენციალური დაცვის მუშაობა ორი ფაზის მიწასთან დამოკლების შემთხვევაში.

დიფერენციალური დაცვის დენის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილები დამიწებული არის მხოლოდ ტრანსფორმატორების ერთ ჯგუფთან დტ1 ან დტ2; დენის ტრანსფორმატორების მეორე ჯგუფი ელექტრულად არის დაკავშირებული პირველ ჯგუფთან და ამიტომ მეორე წერტილში დამიწება საჭირო არ არის.

გარე ქსელში მოკლედ შერთვის დროს დაცვის დიფერენციალურ (დიფ.რ.) რელეში (ნახ. 13.2 ა) გადის უბალანსობის დენი, რომელიც განპირობებული არის დტ1 და დტ2 დენის ტრანსფორმატორებით. როგორც ნაჩვენებია იყო ქვეთავ 8.2-ში

$$I_{\text{უბ.}} = I_{2\text{დამაგ.}} - I_{1\text{დამაგ.}} \quad (13.1)$$

უბალანსობის დენმა შეიძლება გამოიწვიოს დიფერენციალური დაცვის არასწორი მოქმედება, ამიტომ საჭირო არის გატარდეს ღონისძიებები მისი სიდიდის შემცირებისათვის. ამ მიზნით აუცილებელია გატარდეს შემდეგი ღონისძიებები:

ა) დენის ტრანსფორმატორები არ უნდა გაიჟლინთოს გარე მოკლედ შერთვის დენის დროს, რაც შეამცირებს დამაგნიტების დენის სიდიდეს და შესაბამისად უბალანსობის დენს გარე მოკლედ შერთვის დროს. ამის მიღწევა გახდება შესაძლებელი თუ გამოვიყენებთ დენის ტრანსფორმატორებს, რომლებიც იჟლინთებიან მეორადი ე.მ.ძ-ს E_2 შესაძლო მაქსიმალური მნიშვნელობის დროს, და დენის ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილის წინაღობების (დატვირთვა) შემცირებით, რომელზეც დამოკიდებული არის მეორადი E_2 ე.მ.ძ-ს მნიშვნელობა. აღნიშნულ მოთხოვნებს აკმაყოფილებენ დენის ტრანსფორმატორები P(D) კლასის, რომლებიც ჩვეულებრივად გამოიყენებიან დიფერენციალურ დაცვებში.

მეორადი დატვირთვის წინააღობის შემცირება მიიღწევა შემაერთებული სადენების კვეთის შერჩევით. შემაერთებული სადენების დასაშვებ წინააღობას პოულობენ დენის ტრანსფორმატორების 10%-ანი ცდომილების მრუდეების საშუალებით.

ბ) დამაგნიტების დენებს შორის სხვაობის შემცირებისათვის დტ1 და დტ2 დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების მახასიათებლები $E_2 = f(I_{\text{დამ.}})$ უნდა იყოს იდენტური, ხოლო მხრების წინააღობები - შესაძლოდ თანაბარი. ასეთ პირობებში სხვაობა $I_{2\text{დამ.}} - I_{1\text{დამ.}}$ იქნება მინიმალური.

როგორც ცნობილია საწყის მომენტში უბალანსობის დენი შეიცავს მნიშვნელოვანი სიდიდის აპერიოდულ მდგენელს, რომელიც განპირობებულია დამაგნიტების დენის ნახტომისებური გაზრდით, რაც უბალანსობის დენის მრუდს აძლევს არასიმეტრიულ სახეს.

დაუმყარებელ რეჟიმებში უბალანსობის დენით გამოწვეული დიფერენციალური დაცვის არასწორი მოქმედების აღმოფხვრის მიზნით გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი ღონისძიებებისა შეიძლება გამოყენებული იქნას დამატებით ორი ხერხი:

1. დაუმყარებელ რეჟიმში დამაგნიტების დენის ნახტომისებური ზრდით გამოწვეული უბალანსობის დენის სიდიდის და ხანგრძლივობის შემცირება.

2. რელეების გამოყენება, რომლებიც განრიდებული არიან დამაგნიტების დენის ნახტომისებური ზრდით გამოწვეული უბალანსობის დენისაგან.

ნახტომისებური უბალანსობის დენის შემცირება მიიღწევა აქტიური წინაღობით (5 ომი), რომელიც ჩართული არის დიფერენციალური რელეს მიმდევრობით (ნახ.13.4). აქტიური წინაღობა ამცირებს I_{Σ} . დენის სიდიდეს და გარდა ამისა, ამცირებს დენის ტრანსფორმატორის მეორადი კონტურის დროის მუდმივას $T_2 = L/r$. მაგრამ აღნიშნული აქტიური წინაღობის ჩართვა დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის წრედში წარმოქმნის გაზრდილ დატვირთვას დენის ტრანსფორმატორზე გენერატორის შიგნით მოკლედ შერთვის დროს. შედეგად მათი ცდომილება იზრდება და მეორადი დენი, რომელიც გადის რელეში მცირდება, რაც იწვევს დაცვის მგრძნობიარობის გაუარესებას. ეს კი არის აღნიშნული ხერხის გამოყენების შემზღუდველი ფაქტორი.

უფრო ხელსაყრელი და ფართოდ გამოყენებული არის მეორე ხერხი, ანუ რელეების გამოყენება, რომლებიც შეიცავენ სწრაფგამქლენტ ტრანსფორმატორებს, რითაც ხდება დაუმყარებელ რეჟიმში წარმოქმნილი უბალანსობის დენისაგან განრიდება.

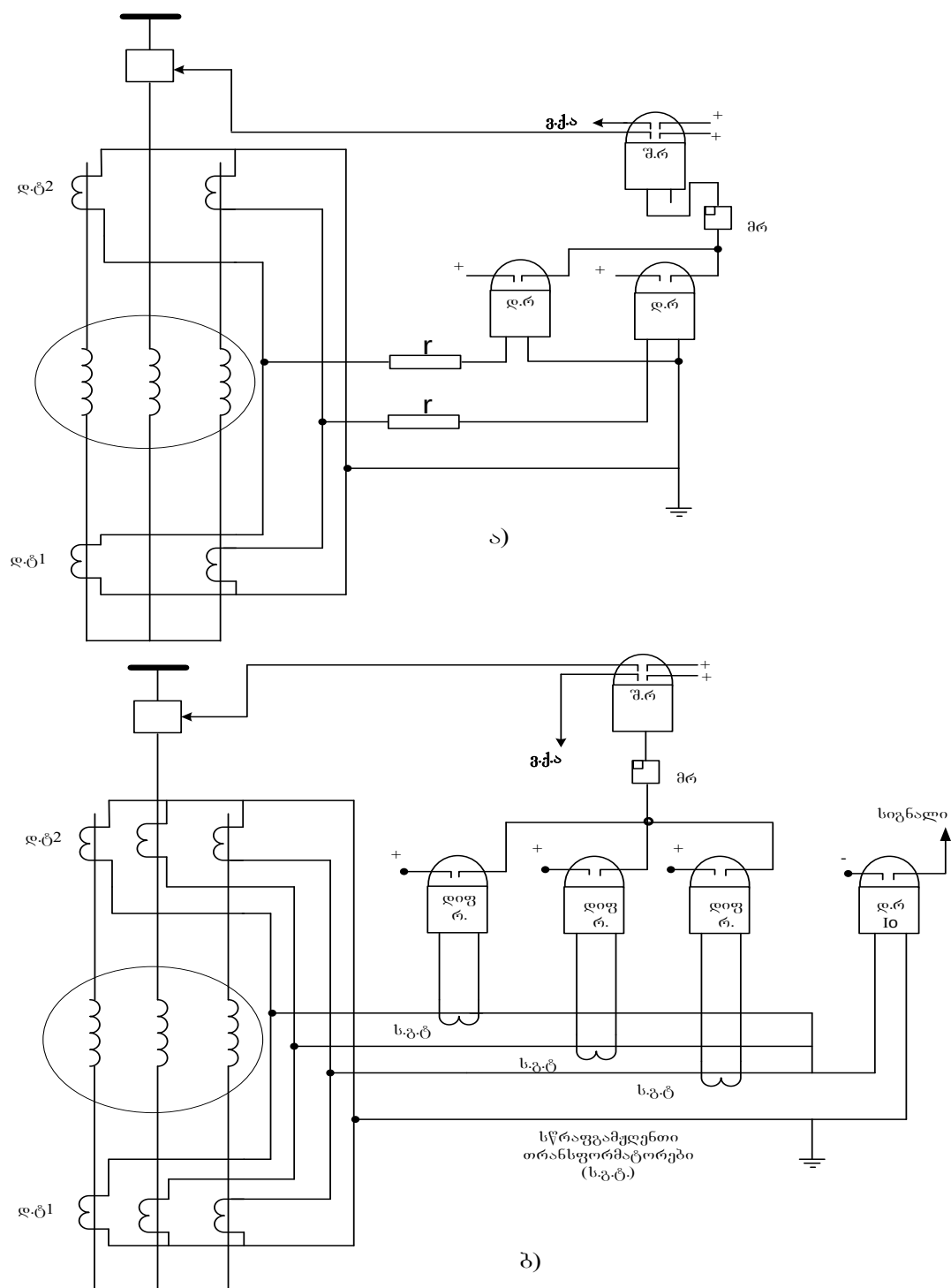
ნახ. 13.4-ზე მოცემული არის დიფერენციალური დაცვის ორი ძირითადი სქემა.

პირველი სქემა (ნახ. 13.4 ა) შესრულებული არის დენის რელეების გამოყენებით. სქემის ცვლადი დენის წრედში, დენის რელეს გრაგნილის მიმდევრობით, ჩართული არის აქტიური წინაღობა $R=5$ ომი, რომელიც ემსახურება უბალანსობის დენის შემცირებას. ასეთი სქემები გამოიყენება მცირე სიმძლავრის გენერატორებში. დენის ტრანსფორმატორების ეკონომიის მიზნით ისინი ჩვეულებრივად არიან ორფაზა შესრულებით. ამ დროს ორ წერტილში დამოკლებისას დაზიანების გამორთვა ხორციელდება ჩვეულებრივი დამიწებისაგან დაცვით.

მეორე სქემა (ნახ. 13.4 ბ) შესრულებული არის დიფერენციალური რელეებით. იგი განხორციელებული არის სამფაზა შესრულებით. რელეში გამოყენებული არის მხოლოდ დიფერენციალური გრაგნილი W_{Σ} . გამათანაბრებელი გრაგნილები არის გახსნილი და არ გამოიყენება. რელეში სწრაფგამქლენტი ტრანსფორმატორების გამოყენება უზრუნველყოფს უბალანსობის დენებისაგან საიმედო განრიდებას. ეს წარმოადგენს აღნიშნული სქემის უპირატესობას პირველ სქემასთან შედარებით, სადაც გამოყენებული არის უბრალო დენის რელეები. აღნიშნული სქემა გამოიყენება 25 მვა და მეტი სიმძლავრის გენერატორებისათვის. სქემა შეიძლება განხორციელდეს აგრეთვე ორფაზა შესრულებით.

დატვირთვის რეჟიმში დიფერენციალური დაცვის ერთ-ერთ მხარში შემაერთებელი სადენის გაწყვეტის შემთხვევაში შესაძლებელია დაცვამ არასწორად იმუშაოს და გამორთოს გენერატორი, მაშინ როცა გენერატორის შიგნით დაზიანება არ არსებობს. აღნიშნულის თავიდან აცილების მიზნით მეორე სქემაში ნულოვან სადენში ჩართული არის I_0 დენის რელე, რომელიც მოდის მოქმედებაში თუ მეორადი წრედის ერთ-ერთ მხარში გაწყდება სადენი და დაცვა მოგვცემს სიგნალს მეორადი წრედის

დაზიანების შესახებ. ამრიგად როგორც ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს ყველაზე უფრო მარტივ და საიმედო სქემას წარმოადგენს სქემა სწრაფგამუდენთი დენის ტრანსფორმატორებით (ნახ. 13.4 ბ), რომელიც გამოყენების მიზნით არის რეკომენდირებული.



ნახ. 13.4 გენერატორის გრძივი დიფერენციალური დაცვის სქემები: (ა) ორფაზა სქემა დენის რელეების გამოყენებით; (ბ) სამფაზა სქემა სწრაფგამუდენთი დენის ტრანსფორმატორებიანი დიფერენციალური რელეებით.

გარე ქსელში მოკლედ შერთვის დროს, დიფერენციალური დაცვის არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით, დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე განრიდებული უნდა იყოს უბალანსობის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობისაგან, რომელიც აღიმკრება მოცემულ რეჟიმში. აქედან გამომდინარე დაცვის ამუშავების პირველადი დენი განისაზღვრება ფორმულით.

$$I_{\text{დ.ა.}} = K_{\text{იმ.}} I_{\text{შ.მაქს.}} \quad (13.2)$$

სადაც $K_{\text{იმ.}}$ – არის იმედიანობის კოეფიციენტი.

განტოლება (13.1)-ს თანახმად უბალანსობის დენი ტოლი არის იმ დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების დენების სხვაობის, რომლებიც გამოყენებული არიან დიფერენციალურ დაცვაში. ის თავის უდიდეს მნიშვნელობას აღწევს გარე მოკლედ შერთვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობის დროს. თუ დტ1 და დტ2 დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების დენებს გამოვსახავთ მათი დენური ცდომილებებით ფარდობით ერთეულებში f_{i1} და f_{i2} მივიღებთ:

$$I_{\text{შ.მაქს.}} = I_{\text{დამ.2}} - I_{\text{დამ.1}} = (f_{i2} - f_{i1}) I_{\text{შ.შ.მაქს.}} \quad (13.3)$$

დაცვის მგრძნობიარობის ამალღებისათვის გენერატორში დაზიანების დროს, აგრეთვე გარე მოკლედ შერთვის დროს დაცვის იმედიანობის ამალღებისათვის, საჭირო არის გატარდეს ღონისძიებები $I_{\text{შ.}}$ შემცირების მიზნით: დაიდგას D კლასის დენის ტრანსფორმატორები; უზრუნველყოფილი იქნას მათი თანაბრად დატვირთვა და შერჩეული იქნას თითოეული დენის ტრანსფორმატორის დატვირთვის წინაღობის სიდიდე $Z_{\text{დატ.}}$ 10%-იანი დამაგნიტების მახასიათებლების მიხედვით.

აღნიშნული პირობების შესრულების შემთხვევაში თითოეული დენის ტრანსფორმატორის ცდომილება არ გადააჭარბებს 10%-ს.

თუ დავუშვებთ, რომ $f_{i2}=0,1$ ხოლო $f_{i1}=0$, მაშინ უბალანსობის დენი იქნება მაქსიმალური.

$$I_{\text{შ.მაქს.}} = 0,1 \cdot I_{\text{შ.შ.მაქს.}} \quad (13.3 \text{ ა})$$

თუ დიფერენციალური დაცვის მხრები თანაბრად იქნებიან დატვირთული და დენის ტრანსფორმატორების მახასიათებლები იქნება იდენტური, მაშინ მათი ცდომილებებს შორის სხვაობა ნაკლები იქნება 0,1-ზე. აღნიშნული საანგარიშო ფორმულაში გათვალისწინებული არის ერთგვაროვნობის კოეფიციენტი $K_{\text{ერთგვ.}}$, მაშინ

$$I_{\text{შ.მაქს.}} = K_{\text{ერთგვ.}} \cdot 0,1 \cdot I_{\text{შ.შ.მაქს.}} \quad (13.4)$$

ერთნაირი ტიპის დენის ტრანსფორმატორების და მხრების წინააღობების ტოლობის შემთხვევაში ერთგვაროვნობის კოეფიციენტი $K_{\text{ერთგვ.}}=0,5$. აღნიშნული პირობების შეუსრულებლობის შემთხვევაში $K_{\text{ერთგვ.}} = 1$. განტოლება (13.4) განსაზღვრავს უბალანსობის დენის დამყარებულ მნიშვნელობას.

საწყის მომენტში მოკლედ შერთვის დენში არსებობს აპერიოდული მდგენელი, რომელიც იწვევს დენის ტრანსფორმატორის დამაგნიტებას და საანგარიშო მაქსიმალური ცდომილების გაზრდას. სახელმძღვანელო მითითებების რეკომენდაციის შესაბამისად (13.4) გამოსახულებაში ცდომილების აღნიშნული გაზრდა შეფასებული არის $K_{აპერ.}$ კოეფიციენტით. ამ კოეფიციენტის გათვალისწინებით ზოგად შემთხვევაში გვექნება

$$I_{უბ. მაქს.} = K_{აპერ.} \cdot K_{ერთგვ.} \cdot f_i \cdot I_{ა.შ. მაქს.} \quad (13.4 ა)$$

სადაც: $K_{აპერ.} = (1-2)$ - არის აპერიოდული მდგენელით გამოწვეული ცდომილების ამსახველი კოეფიციენტი; $I_{ა.შ. მაქს.}$ - არის მოკლედ შერთვის მაქსიმალური დენის პერიოდული მდგენელი, რომელიც გადის დაცვის დენის ტრანსფორმატორებში გენერატორების მომჭერებზე სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს (დიფერენციალური დაცვის ზონის გარეთ) საწყის მომენტში $t = 0$ წმ; $K_{ერთგვ.} = 0,5$; $f_i = 0,1$; $K_{აპ.}$ -ს მნიშვნელობა შეირჩევა დაცვის სქემის გათვალისწინებით.

$I_{უბ.}$ -ს საანგარიშო გამოსახულებები (13.4) და (13.4 ა) იძლევიან მიახლოებით მნიშვნელობებს. ამიტომ (13.2) გამოსახულებაში კოეფიციენტი $K_{იმედ.}$ საჭირო არის მივიღოთ $K_{იმედ.} = 1,3-1,5$; ხოლო დენი $I_{დ.ა.}$ არ არის რეკომენდირებული იყოს ნაკლები $0,5I_{გ.ნ.}$ -ზე.

ქვემოთ მოცემული არის $I_{დ.ა.}$ დანაყენის შერჩევის ზოგიერთი განსაკუთრებულობები დაცვის სქემის და დიფერენციალური რელეს ტიპის გათვალისწინებით:

1. დანაყენის შერჩევა დიფერენციალური დაცვის სქემისათვის სწრაფგამჟღენთი ტრანსფორმატორებით (ნახ. 13.4 ბ). დაცვა დიფერენციალური რელეებით, რომლებიც მიერთებული არიან სწრაფგამჟღენთ ტრანსფორმატორებზე, არ რეაგირებს უბალანსობის დენის აპერიოდულ მდგენელზე და ამიტომ საჭირო არის განვარიდოთ უბალანსობის დენის პერიოდული მდგენელისაგან. უბალანსობის დენის საანგარიშო მნიშვნელობა განისაზღვრება (13.4 ა) გამოსახულებით, სადაც მიღებულია $K_{აპერ.} = 1$; ამის გათვალისწინებით დიფერენციალური დაცვის ამუშავების დენი ტოლია

$$I_{დ.ა.} = K_{იმედ.} \cdot K_{ერთგვ.} \cdot f_i \cdot I_{ა.შ. მაქს.} \quad (13.4 ბ)$$

დიფერენციალური რელეს გრაგნილის ხვიათა რიცხვი განისაზღვრება იმ დამამაგნიტებელი ძალის სიდიდით, რომელიც აუცილებელია რელეს ამუშავებისათვის

$$F_{რ.ა.} = I_{დ.ა.} \cdot W_{დიფ.}$$

აქედან

$$W_{დიფ.} = F_{რ.ა.} / I_{რ.ა.}; \quad I_{რ.ა.} = I_{დ.ა.} / n_{დ.ტ.}$$

2. დიფერენციალური დაცვის სქემისათვის, უბრალო დენის რელეებით, დანაყენის შერჩევა (ნახ. 13.4 ა). ამ სქემის დენის რელეები რეაგირებენ უბალანსობის სრულ დენზე. ამიტომ დაცვა განრიდებული უნდა იყოს უბალანსობის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობიდან დაუმყარებელ რეჟიმში (გამოსახულება 13.4 ა).

აღნიშნულის შესაბამისად $I_{დ.ა.} = K_{იმ.} \cdot K_{აპ.} \cdot K_{ერთგვ.} \cdot f_i \cdot I_{აშ. მაქს.};$

$K_{აპერ.}$, რომელიც ითვალისწინებს უბალანსობის დენის გადიდებას დაუმყარებელ რეჟიმში, აიღება ტოლი (1,5 - 2).

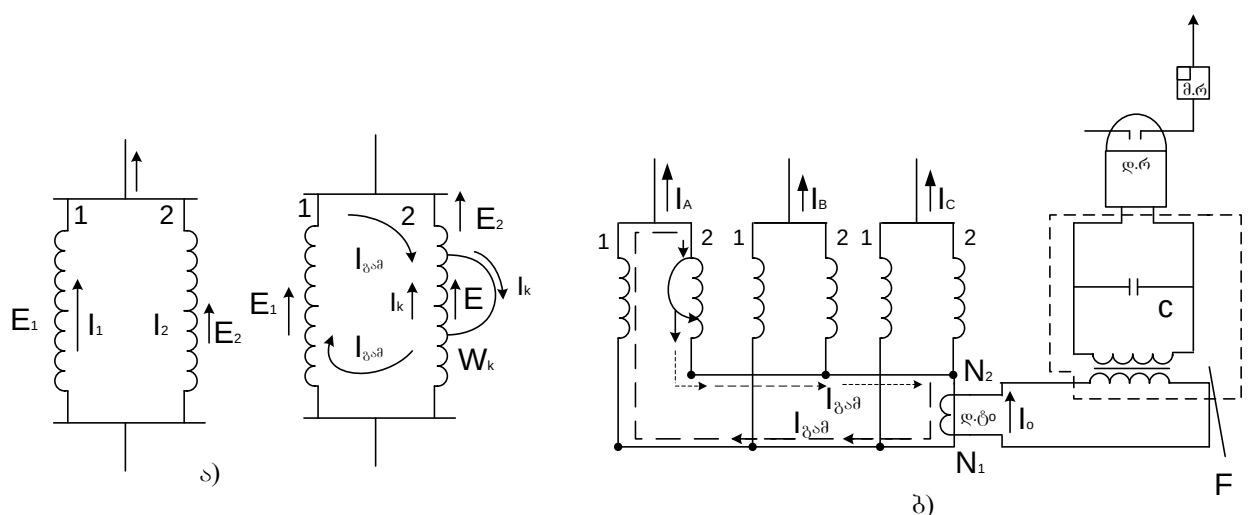
დაცვის მგრძნობიარობა უნდა შემოწმდეს მოკლედ შერთვის მინიმალურ დენზე. ეს დენი მიიღება ქსელიდან გამორთული გენერატორის მომჭერებზე ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს. მგრძნობიარობის კოეფიციენტი უნდა იყოს $K_{მგრძ.} \geq 2$.

13.3 გენერატორის განივი დიფერენციალური დაცვა

ხვების შორის დამოკლებისას დაცვის განხორციელებას აქვს შეზღუდული გამოყენება, რადგანაც მისი განხორციელებისათვის მარტივი ხერხები არ არსებობს.

მხოლოდ მძლავრი გენერატორებისათვის, სადაც ცალკეული ფაზები შესრულებული არის გარეთ გამოტანილი ორი ან სამი პარალელური შტოს საშუალებით, დამუშავებული არის დაცვის შედარებით მარტივი და საიმედო სქემები.

გენერატორის ცალკეული ფაზის პარალელურ 1 და 2 შტოებში ნორმალურ რეჟიმში და გარე მოკლედ შერთვის დროს დაინდუქცირდება სიდიდით და ფაზით ერთნაირი ე.მ.დ.-ები E_1 და E_2 (ნახ. 13.5 ა). პარალელური შტოების წინააღობა არის ერთნაირი და ამიტომ შტოებში დენები I_1 და I_2 , ნორმალურ რეჟიმში და გარე მოკლედ შერთვის დროს, აგრეთვე არის ტოლი ერთმანეთის სიდიდით და ფაზით.



ნახ. 13.5 გენერატორის განივი დიფერენციალური დაცვა: (ა) ფაზის პარალელურ შტოებს შორის დენების განაწილება; (ბ) ერთსისტემიანი დაცვის სქემა.

ერთი ფაზის ხვიების ნაწილის დამოკლების შემთხვევაში W_k დამოკლებულ ხვიებში E_k ე.მ.დ.-ის ზემოქმედებით აღიძვრება მოკლედ შერთვის დიდი დენი I_k , რომელიც ცირკულირებს დამოკლებულ წრედში.

დაზიანებული შტოს წინაღობა და ე.მ.დ. მცირდება დამოკლებული W_k ხვიების გამო. შედეგად ირღვევა E_1 და E_2 ე.მ.დ.-ებს შორის არსებული ბალანსი და ამის გამო წარმოიქმნება ე.მ.დ. $\Delta E = E_1 - E_2$, რომლის ზემოქმედებით დაზიანებული ფაზის კონტურში აღიძვრება გამათანაბრებელი დენი.

$$I_{\text{გამათ.}} = (E_1 - E_2) / (X_1 + X_2) \quad (13.5)$$

სადაც: X_1 და X_2 არიან 1 და 2 შტოს ინდუქციური წინააღობები; აქტიური წინააღობები მათი სიმცირის გამო მხედველობაში არ მიიღება; ხოლო E_1 და E_2 არიან დაუზიანებელი და დაზიანებული შტოების ე.მ.დ.-ები.

რაც უფრო მცირეა დამოკლებულ ხვიათა რაოდენობა, მით უფრო მცირეა განსხვავება E_1 და E_2 ე.მ.დ.-ებს შორის და შესაბამისად მცირდება გამათანაბრებელი დენის სიდიდე $I_{\text{გამ.}}$ (13.5 გამოსახულების თანახმად).

გენერატორის სტატორის პარალელურ შტოებში დენების ტოლობის დარღვევა, რომელსაც ადგილი აქვს ხვიების დამოკლების დროს და გამათანაბრებელი დენის $I_{\text{გამ.}}$ წარმოქმნა გამოყენებული არის აღნიშნული სახის დაზიანებისას დაცვის განხორციელებისათვის.

გენერატორის ფაზის ხვიებს შორის დამოკლებისაგან დასაცავად გამოყენებული არის განივი დიფერენციალური დაცვა, რომელიც დაფუძნებული არის ორი პარალელური შტოს დენების შედარებაზე. ასეთი შედარება შეიძლება განხორციელდეს დაცვის სამსისტემიანი და ერთსისტემიანი სქემების გამოყენებით.

სამსისტემიან სქემაში გათვალისწინებული არის შტოების დენების შედარება ცალკეულ ფაზებში. ამ მიზნით სქემაში გამოყენებული არის სამი დენის რელე. ცალკეული რელე ჩართული არის A, B და C ფაზების პარალელური შტოების დენების სხვაობაზე.

ერთსისტემიანი სქემა შესრულებული არის ერთი დიფერენციალური რელეს გამოყენებით, რომელშიც ხდება სამივე ფაზის პარალელური შტოების ჯამური დენების შედარება. 1 შტოს დენების ჯამი $I_{A1} + I_{B1} + I_{C1}$ დიფერენციალურ რელეში შედარებული არის 2 შტოს დენების ჯამთან $I_{A2} + I_{B2} + I_{C2}$.

პრაქტიკაში გავრცელება ჰპოვა განივი დიფერენციალური დაცვის ერთსისტემიანმა სქემამ და ამიტომ იგი განხილული არის ქვემოთ.

ერთსისტემიანი დაცვის სქემა მოცემული არის ნახ. 13.5 ბ-ზე. საგენერატორო ძაბვის მხარეს ფაზაში გრაგნილები შეერთებული არიან ერთმანეთთან და გამოდიან საერთო გამოძყვანით; ნეიტრალის მხარეს A, B და C ფაზების სამი პარალელური 1 შტო და სამი პარალელური 2 შტო შეერთებული არიან ვარსკვლავად ცალცალკე ორი გამოყვანილი N_1 და N_2 ნეიტრალით. ეს ნეიტრალები ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ნულოვანი სადენით $N_1 - N_2$. ნულოვანი სადენის წრედში ჩართული არის დენის

ტრანსფორმატორი დ.ტო. მის მეორად გრაგნილთან F ფილტრის გავლით მიერთებული არის დენის (დ.რ.) რელე. ფილტრი ატარებს მხოლოდ 50ჰც სიხშირის დენს და ახშობს მაღალი სიხშირის ჰარმონიკებს, მათ შორის მესამე ჰარმონიკას.

სქემიდან ჩანს რომ N_1-N_2 ნულოვან სადენში დენი I_0 , რომელიც კვებავს დენის რელეს დ.რ. ტოლი არის 1 და 2 შტოების ნულოვანი მიმდევრობის დენების სხვაობის

$$I_{6.b.} = (I_{A1} + I_{B1} + I_{C1}) - (I_{A2} + I_{B2} + I_{C2}) = 3I_{01} - 3I_{02} \quad (13.6)$$

სადაც I_{01} და I_{02} არიან 1 და 2 პარალელური შტოების ნულოვანი მიმდევრობის დენები. ნორმალურ რეჟიმში თითოეული ვარსკვლავის ფაზების დენების გეომეტრიული ჯამი, $I_{A1} + I_{B1} + I_{C1} = 0$ და $I_{A2} + I_{B2} + I_{C2} = 0$ ტოლი არის ნულის.

გარე ქსელში სამფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვების დროს თითოეულ ვარსკვლავში მოკლედ შერთვის დენების ჯამი აგრეთვე ტოლი არის ნულის.

ამრიგად ორთავე შემთხვევაში დენი N_1-N_2 ნულოვან სადენში ტოლი არის $I_{6.b.}=0$ ნულის და რელე არ მუშაობს. სინამდვილეში გენერატორის ფაზების პარალელური შტოების ე.მ.დ.-ბის მრუდის ფორმის გარკვეულწილად დამახინჯების გამო წარმოიქმნება მესამე ჰარმონიკის დენები $I_1^{(3)}$ და $I_2^{(3)}$. ეს დენები ემთხვევიან ფაზით, იკრიბებიან ნულოვან სადენში N_1-N_2 და წარმოქმნიან ჯამურ დენს $3I_1^{(3)} - 3I_2^{(3)} = 3I^{(3)}$.

პარალელური შტოების ე.მ.დ.-ების E_{A1} და E_{A2} , E_{B1} და E_{B2} , E_{C1} და E_{C2} არაზუსტი ტოლობის გამო თითოეული ფაზის კონტურში ჩნდება ძირითადი სიხშირის გამათანაბრებელი დენი $I_{გამ. A}$, $I_{გამ. B}$, $I_{გამ. C}$; გამათანაბრებელი დენი და მესამე ჰერმონიკის დენი იკვრებიან თითოეული ფაზის პარალელური შტოების კონტურში და გადიან ნულოვან სადენში N_1-N_2 ;

$$I_{6.b.} = (3I_1^{(3)} - 3I_2^{(3)}) + (I_{გამ. A} + I_{გამ. B} + I_{გამ. C}) = 3I^{(3)} + I_{გამ.} \quad (13.7)$$

მესამე ჰარმონიკის დენები F ფილტრის გამოსასვლელზე არ არსებობენ. გამათანაბრებელი დენი არის 50ჰც სიხშირის და ამიტომ იგი დაბრკოლების გარეშე გადის რელეში და წარმოქმნის უბალანსობის დენს.

$$I_{უბ} = I_{გამ. A} + I_{გამ. B} + I_{გამ. C} = I_{გამ.} \quad (13.8)$$

დაცვა იმოქმედებს როცა $I_{გამ.} > I_{დ.ა.}$ ამიტომ დაცვის არასწორი მოქმედების აღმოსაფხვრელად საჭიროა $I_{დ.ა.} > I_{უბ}$; ერთ-ერთი ფაზის შტოში ხვიების დამოკლების შემთხვევაში, როგორც ნაჩვენები იყო, ირღვევა დაზიანებული ფაზის შტოებში დენების ტოლობა და ჩნდება გამათანაბრებელი დენი, რომელიც გამოითვლება (13.5) ფორმულით.

ეს დენი გადის ნულოვან სადენში N_1-N_2 და იწვევს რელეში დენის გაჩენას

$$I_r = \frac{I_{გამ.}}{n_{\delta}}$$

დაცვა იმოქმედებს როცა $I_{გამ.} > I_{დ.ა.}$

ვინაიდან გამათანაბრებელი დენის სიდიდე მცირდება, დამოკლებული ხვიათა რიცხვის რაოდენობის შემცირებით, დაცვას გააჩნია მკვდარი ზონა. იგი არ მოქმედებს როცა $I_{აბ} < I_{დ.ა.}$; დაცვა მოქმედებს არა მარტო ხვიების დამოკლების დროს, არამედ დაცვამ შეიძლება იმოქმედოს აგრეთვე სტატორში ფაზათაშორის მოკლედ შერთვების და ერთი ფაზის შტოებს შორის დამოკლების დროს, რადგანაც ასეთ დროს ირღვევა ე.მ.დ.-ბის და დაზიანებული ფაზის პარალელური შტოების დენების ტოლობის პირობები. ნულოვან სადენის დენის ტრანსფორმატორი დ.ტ., რომელიც კვებას დაცვის დენურ წრედს, შეირჩევა დატვირთვის დენის გათვალისწინების გარეშე, რადგანაც მასში დენი ჩნდება ხანმოკლე დროით, მხოლოდ დაზიანების წარმოქმნის დროს. მისი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი შეირჩევა შემდეგი გამოსახულებით

$$n_{ტ} = \frac{0.25 \cdot I_{ნომ.ტ.}}{5} \quad (13.9)$$

ამ დროს რელეს ამუშავების მეორადი დენი I_0 უნდა შეესაბამებოდეს დანაყენს, რომელიც გააჩნია PTΦ ტიპის რელეს.

დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე უნდა იყოს მეტი ვიდრე უბალანსობის დენი, რომელიც ჩნდება რელეში გარე მოკლედ შერთვის დროს $I_{დ.ა.} = K_{იმ} \cdot I_{უბ.მაქს.}$ ექსპლოატაციის გამოცდილებიდან გამომდინარე ლებულობენ $I_{დ.ა.} = (20 \div 30\%) I_{ნომ.ტ.}$

დაცვის განხორციელებისათვის გამოყენებული არის PT-40 ტიპის რელე, რომლის სქემაც ნაჩვენებია არის ნახ. 13.5 ბ-ზე. რელეს გრაგნილის წინაღობა და C კონდენსატორის ტევადობა შერჩეული არის ისე, რომ მესამე ჰარმონიკის დენები, რომლებიც ცირკულირებენ N_1 და N_2 ნეიტრალის შემაერთებელ სადენში ძირითადად იკვრებიან C კონდენსატორში. ამის გამო რელეს ამუშავების $I_{რ.ა.}$ დენი 150 ჰვ სიხშირის დენის დროს არის 10-ჯერ უფრო დიდი ვიდრე 50 ჰვ. სიხშირის დენის დროს. რელეს ამუშავების დენის სიდიდე რეგულირდება დ.რ.-ს ტრანსფორმატორის გამომყვანებით და რელეს ზამბარით (1,75 ÷ 8,8) ა-ს ზღვრებში.

დაცვის ძირითად დადებით თვისებას წარმოადგენს ის რომ იგი არის მარტივი და სწრაფმოქმედი. ხოლო მის უარყოფით მხარედ ითვლება მკვდარი ზონის არსებობა.

13.4 სტატორის გრაგნილის კორპუსთან დამინებისაგან დაცვა

როგორც ცნობილია საქართველოს ენერგოსისტემაში საგენერატორო ძაბვის ქსელი მუშაობს იზოლირებული ნეიტრალით, ხოლო ქსელში ტევადური დენები გაკომპენსირებული არის რკალმქრობი კოჭებით. სტატორის გრაგნილის კორპუსთან (მიწასთან) დამოკლების შემთხვევაში დაზიანების დენი $I_{მიწა}$ იკვრება სტატორის მაგნიტური გამტარის გზით და იწვევს ფოლადის დაზიანებას. დაზიანების ზომა დამოკიდებული არის დენის სიდიდეზე და ხანგრძლივობაზე.

ექსპერიმენტების შედეგების და ექსპლოატაციის გამოცდილების საფუძველზე სტატორის გრგანილის კორპუსთან დამიწებისაგან დაცვისადმი წაყენებული არის შემდეგი მოთხოვნები:

1. დაცვამ უნდა იმოქმედოს სიგნალზე, როცა დამიწების დენის სიდიდე $I_{\text{მიწა}} < 5 \text{ ა-ზე}$, რადგანაც აღნიშნული სიდიდის დენის დროს არ არის შემჩნეული სტატორის დაზიანების შემთხვევები.

2. დაცვა მოქმედებს გენერატორის გამორთვაზე, როცა დამიწების დენის სიდიდე $I_{\text{მიწა}} \geq 5 \text{ ა-ზე}$, ვინაიდან ამ დროს არსებობს სტატორის ფოლადის დაზიანების საშიშროება.

ა) დაცვის შესრულების პრინციპი.

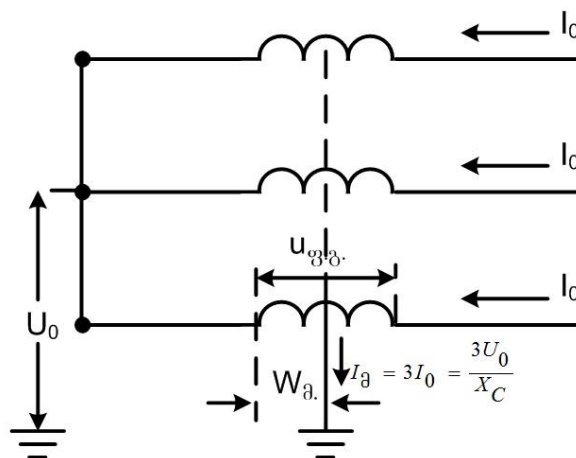
გენერატორის სტატორის დამოკლებისაგან დაცვის განხორციელებისათვის გამოიყენება სპეციალური მაღალი მგრძნობიარობის დაცვა, რომელიც რეაგირებს ნულოვანი მიმდევრობის დენის სიდიდეზე.

როგორც ცნობილია დამიწების დენის სიდიდე $I_{\text{მიწა}}$ ტოლი არის $3I_0$ -ს და პროპორციული არის ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვის U_0 .

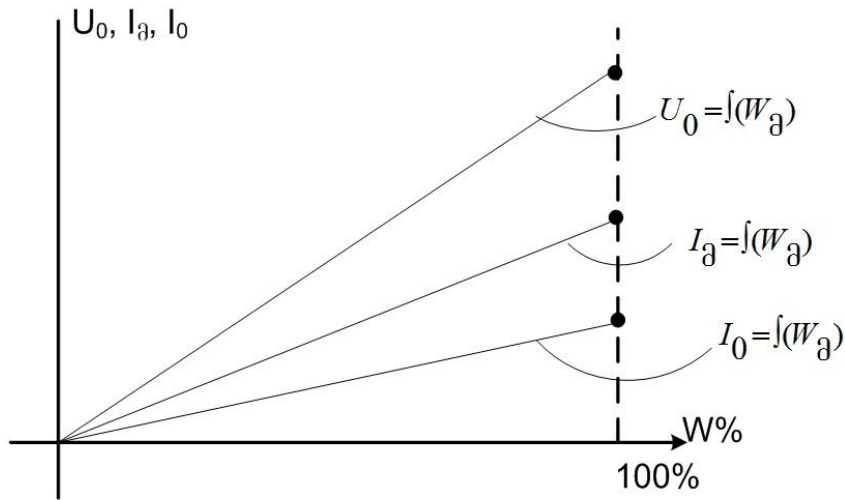
$$I_{\text{მიწა}} = 3I_0 = 3 \frac{U_0}{X_c} \quad (13.10)$$

სადაც X_c -არის საგენერატორო ძაბვის ქსელის ერთი ფაზის ტევადური წინაღობა.

გენერატორის სტატორის გრგანილის კორპუსთან დამოკლების შემთხვევაში (ნახ. 13.6) U_0 ძაბვა ტოლი არის სტატორის ფაზის გრგანილის მიწასთან დამოკლებული ხვიების ძაბვის. მიახლოებით შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ძაბვა თანაბრად არის განაწილებული გენერატორის ფაზის ხვიებს შორის. მაშინ თუ გამოვსახავთ $W_{\text{მიწა}}$ -ს ფაზის ხვიებისაგან პროცენტებში, მივიღებთ



ნახ. 13.6 ძაბვა (U_0) და დენი (I_0) გენერატორის სტატორის გრგანილის მიწასთან დამოკლების შემთხვევაში



ნახ. 13.7 U_0 , I_0 და $I_{0\text{წა}}$ დამოკიდებულება გენერატორის სტატორის გრაგნილის დამოკლებული ხვიათა რიცხვზე

$$U_0 = \frac{W_{\text{მოწა}} \%}{100} \cdot U_{\text{ფ.გ.}} \quad (13.10 \text{ ა})$$

სადაც $U_{\text{ფ.გ.}}$ არის გენერატორის ფაზის ნომინალური ძაბვა. თუ U_0 -ს ჩავსვამთ (13.10) გამოსახულებაში, შეგვიძლია დავწეროთ

$$I_{0\text{წა}} = 3I_0 = \frac{3 \cdot U_{\text{ფ.გ.}}}{X_c} \cdot \frac{W_{\text{მოწა}} \%}{100} \quad (13.10 \text{ ბ})$$

(13.10 ა) და (13.10 ბ) გამოსახულებებიდან გამომდინარეობს, რომ U_0 , I_0 და $I_{0\text{წა}}$, რომელიც ჩნდება სტატორის გრაგნილის კორპუსთან დამოკლების დროს, პროპორციული არიან დამოკლებული ხვიათა რიცხვის. გრაფიკულად ეს დამოკიდებულება გამოსახული არის ნახ. 13.7-ზე. U_0 , I_0 და $I_{0\text{წა}}$ აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობებს, როცა დამოკლება კორპუსთან ხდება უშუალოდ გენერატორის გამომყვანებზე. ამ შემთხვევაში $W_{\text{მოწა}} = 100\%$; თუ ამ მნიშვნელობას ჩავსვამთ (13.10 ა) და (13.10 ბ) გამოსახულებებში, მივიღებთ $U_0 = U_{\text{ფ.გ.}}$, ხოლო

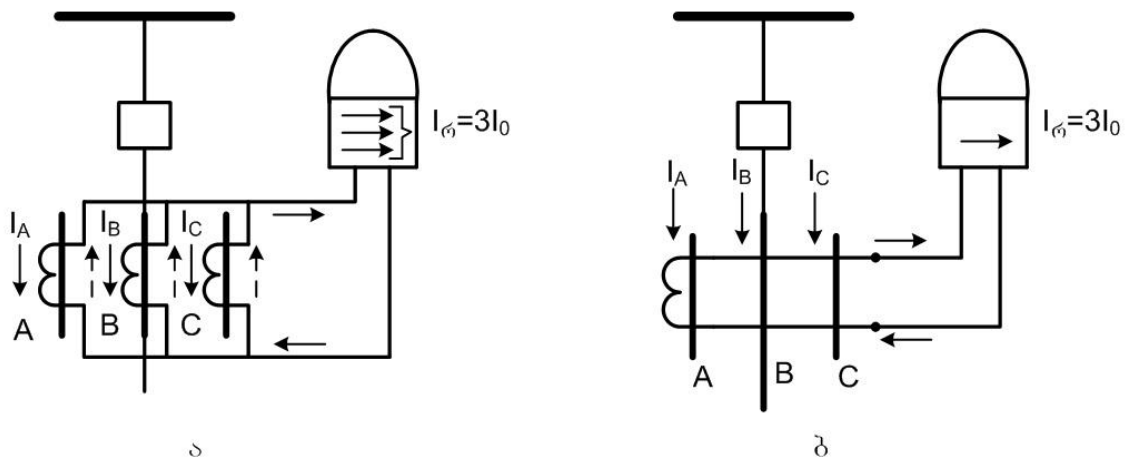
$$I_{0\text{წა}} = 3I_0 = 3 \frac{U_{\text{ფ.გ.}}}{X_c} = 3U_{\text{ფ.გ.}} \cdot \omega \cdot C$$

სადაც C - არის საგენერატორო ძაბვის ქსელის ერთი ფაზის ტევადობა.

როცა კორპუსთან დამოკლების წერტილი გადაადგილდება გენერატორის ნეიტრალისაკენ, $W_{\text{მოწა}}$ მცირდება 100%-დან 0-მდე. შესაბამისად მცირდება U_0 , I_0 და $I_{0\text{წა}}$ და გენერატორის ნეიტრალში ტოლი ხდებიან ნულის.

რკალმქრობი კოჭის არსებობის შემთხვევაში $I_{0\text{წა}}$ დენი შედგება ორი მდგენელისაგან: დენი, რომელიც იკვრება ქსელის ტევადური წინააღობის X_c გავლით და დენი, რომელიც იკვრება რკალმქრობი კოჭის X_L წინააღობის გავლით.

ჯამური დამიწების დენი ტოლი არის



ნახ. 13.8 ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვა: (ა) ჩვეულებრივი დენის ტრანსფორმატორით; (ბ) ნულოვანი მიმდევრობის დენის ტრანსფორმატორით.

$$I_{\text{აოწა}} = \frac{3U_0}{X_C} - \frac{3U_0}{X_L} = 3U_{\text{ფაზ}} \cdot \frac{W_{\text{აოწა}} \%}{100} \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right);$$

პრინციპიალურად არსებობს ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვის განხორციელების ორი ხერხი: I_0 -ს სამტრანსფორმატორიანი ფილტრით (ნახ. 13.8 ა) და ერთტრანსფორმატორიანი ფილტრით – ნულოვანი მიმდევრობის დენის ტრანსფორმატორით ნ.მ.დ.ტ. (ნახ. 13.8 ბ).

თავდაპირველად დაცვა სრულდებოდა სამტრანსფორმატორიანი ფილტრის სქემით. მას არ გააჩნდა საკმაო მგრძნობიარობა. იგი იწყებდა მოქმედებას დამიწების დენის $15 \div 20$ ა მნიშვნელობის დროს. დაცვის მგრძნობიარობა შეზღუდული იყო უბალანსობის დენით, რომლისგანაც განრიდებული იყო დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე $I_{\text{ა.}} > I_{\text{ბ.}}$. უბალანსობის დენი ძირითადად განპირობებული არის დენის ტრანსფორმატორების ცდომილებით და ამიტომ იგი არის მნიშვნელოვანი სიდიდის.

თანამედროვე სქემებში გენერატორის სტატორის გრაგნილის კორპუსთან დამიწებისაგან დაცვა განხორციელებული არის მეორე ხერხით – ნულოვანი მიმდევრობის დენის ტრანსფორმატორის გამოყენებით. უბალანსობის დენი ნ.მ.დ.ტ.-ში არის გაცილებით მცირე სიდიდის და ამიტომ დაცვა არის უფრო მაღალი მგრძნობიარობის. მაგრამ ჩვეულებრივი კონსტრუქციის ნ.მ.დ.ტ. ვერ უზრუნველყოფს საჭირო მგრძნობიარობას, ამიტომ გამოყენება ჰპოვა სქემებმა სადაც გამოყენებული არის ნ.მ.დ.ტ. დამატებითი დამაგნიტებით, რომელიც საშუალებას იძლევა მიღებული იქნას დაცვის საჭირო მგრძნობიარობა ($3 \div 5$ ა პირველადი).

ბ) ნ.მ.დ.ტ.-ით განხორციელებული (ნახ.13.8 ბ) დენური დაცვის მოქმედების პრინციპი.

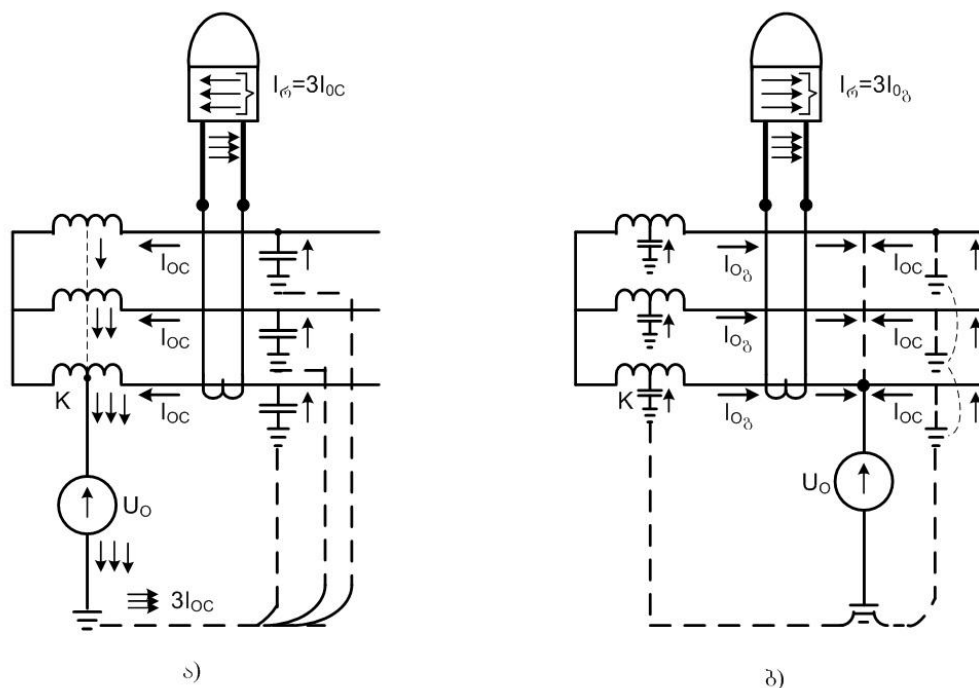
გენერატორის გრაგნილის კორპუსთან დამოკლების შემთხვევაში (ნახ. 13.9 ა) დამოკლების ადგილზე (K წერტილი) აღიმკვრება U_0 ძაბვა, რომლის ზემოქმედებითაც გენერატორის ყველა ფაზაში გაჩნდება I_{0c} დენი. აღნიშნული დენის შეკვრის გზას წარმოადგენს ქსელის შესაბამისი ფაზის ტევადობა C და დაზიანების K წერტილი.

ნ.მ.დ.ტ.-ში გავლის შედეგად, რომელიც მოიცავს სამივე ფაზას, სამი ($3I_{0C}$) დენი დააინდუქცირებს ნ.მ.დ.ტ.-ს მეორად გრაგნილში დენს $I_6=3I_{0C}$, რომელიც კვებავს დენის რელეს გრაგნილს. თუ დენი $I_6>I_{დ.ა.}$, მაშინ დაცვა მოდის მოქმედებაში. თუ I_6 და $I_{დ.ა.}$ დენების მნიშვნელობებს მივიყვანთ ნ.მ.დ.ტ.-ს პირველად გრაგნილზე, მივიღებთ რომ დაცვის მუშაობის პირობას წარმოადგენს თანაფარდობა $3I_{0C}\geq I_{დ.ა.}$, სადაც $3I_{0C}=I_6$ – არის ტევადური დენი, რომელიც გადის რელეში.

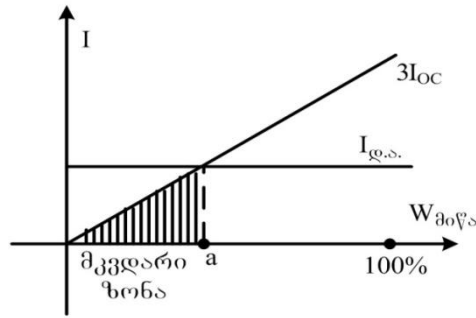
თუ ქსელში დადგმული არის რკალმქრობი კოჭი, მაშინ I_{0C} დენს ემატება რკალმქრობ კოჭში გამავალი დენი I_{0L} ამ დროს $I_6=3I_{0C}+3I_{0L}$, ხოლო დაცვის მუშაობის პირობას ექნება სახე

$$(3I_{0C} + 3I_{0L}) \geq I_{დ.ა.}$$

ვინაიდან $3I_{0C}$ და $3I_{0L}$ დენები პროპორციული არიან $W_{მიწა}$ -ს მაშინ დენი $I_6=W_{მიწა}$; თუ დამოკლება ხდება გენერატორის ნეიტრალთან ახლო წერტილში დენი I_6 შეიძლება აღმოჩნდეს $I_{დ.ა.}$ დენზე ნაკლები (ნახ. 13.10) და დაცვა არ იმოქმედებს. ამრიგად დაცვას თავისი მოქმედების პრინციპიდან გამომდინარე გააჩნია მკვდარი ზონა. მკვდარი ზონის სიდიდე, ანუ გრაგნილის დაუცველი ხვიათა რიცხვი a , შეიძლება განისაზღვროს გრაფიკულად, როგორც $3I_{0C}=f(W_a)$ წრფის და $I_{დ.ა.}$ წრფის გადაკვეთის წერტილი (ნახ. 13.10); მკვდარი ზონის არსებობა წარმოადგენს აღნიშნული დაცვის უარყოფით მხარეს. მიუხედავად ამისა მცირე და საშუალო სიმძლავრის გენერატორებზე მკვდარი ზონის არსებობა დასაშვებია, თუ მათში დაზიანების წარმოქმნისას $I_{მიწა} < 5a$ -ზე.



ნახ. 13.9 ნ.მ.დ.ტ.-ით განხორციელებული დენური დაცვის მოქმედების პრინციპი: (ა) დენების განაწილება გენერატორში დამოკლების დროს; (ბ) დენების განაწილება გარე ქსელში დამოკლების დროს.



ნახ. 13.10 დაცვის მკვდარი ზონა

გარე ქსელში ფაზის დამიწების შემთხვევაში კორპუსთან (ნახ. 13.9 ბ) U_0 ძაბვის ზეგავლენით წარმოიქმნება დენი I_0 რომლის შეკვრის გზას წარმოადგენს ქსელის ტევადური წინაღობა და გენერატორის გრაგნილის ტევადური წინაღობა (I_{0c} და I_{0g}). დენი I_{0g} გადის ნ.მ.დ.ტ.-ში და რელეში. ამიტომ გარე ქსელში ფაზის დამიწების შემთხვევაში დენი $I_0 = 3I_{0g}$. იმისათვის რომ ასეთ შემთხვევაში დაცვამ არ იმოქმედოს საჭირო არის შესრულდეს პირობა $I_{დ.ა.} > K \cdot 3I_{0g}$, სადაც K – არის კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს ტევადური დენის ნახტომისებურ ზრდას.

ნორმალურ რეჟიმში და გარე ქსელში მოკლედ შერთვის დროს ნ.მ.დ.ტ.-ში გამავალი პირველადი დენების ჯამი ტოლი არის ნულის ამიტომ დენი რელეში არ არსებობს; მაგრამ ნ.მ.დ.ტ.-ს მაგნიტურ გამტართან შედარებით ფაზების განლაგების არასიმეტრიის ზეგავლენით დაცვის რელეში ჩნდება უბალანსობის დენი $I_{უ.ბ.}$. ნორმალურ რეჟიმში $I_{უ.ბ.}$ არის მცირე სიდიდე, მოკლედ შერთვის დროს $I_{უ.ბ.}$ იზრდება, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს დაცვის არასწორი მოქმედება.

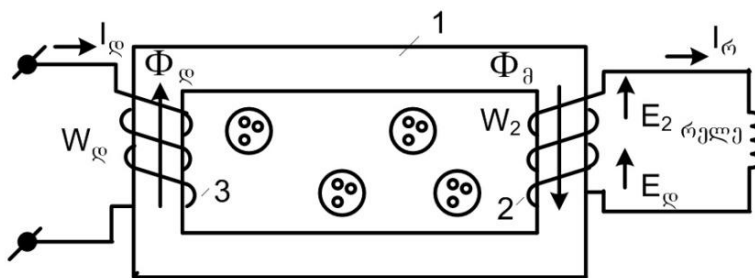
დაცვის არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით გარე მოკლედ შერთვების შემთხვევაში, შესაძლებელია დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე განვარიდოთ გარე მოკლედ შერთვის დროს წარმოქმნილი უბალანსობის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობიდან $I_{უ.ბ.მ.შ.}$, ანუ ხელოვნურად შევამციროთ დაცვის მგრძნობიარობა ან მოვახდინოთ დაცვის დაბლოკირება გარე მოკლედ შერთვის დენის აღმოფხვრამდე, რითაც შენარჩუნებული იქნება დაცვის ნორმალური მგრძნობიარობა.

უპირატესობა ენიჭება მეორე ხერხს, რაც საშუალებას იძლევა უზრუნველყოფილი იქნას დაცვის მაღალი მგრძნობიარობა.

ბლოკირების განხორციელების შემთხვევაში თუ წარმოიქმნება ერთდროულად დამიწება ორ წერტილში, გენერატორში და გარე ქსელში (დამიწება ორ წერტილში), დაცვა არ იმოქმედებს. ანუ ორ წერტილში დამიწების შემთხვევაში წარმოიქმნება მოკლედ შერთვის დენი, რაც იწვევს დაცვის მოქმედებიდან გამოყვანას. ამიტომ თუ გენერატორის დიფერენციალური დაცვა განხორციელებული არის ორფაზა შესრულებით, მაშინ გენერატორის დამიწებისაგან დაცვის სქემაში გათვალისწინებული არის მეორე რელე უბეში დანაყენით, რომელიც გაცილებით მეტი არის $I_{უ.ბ.}$ უბალანსობის დენზე, მაგრამ საიმედოდ იმოქმედებს ორ წერტილში დამიწების გაჩენით წარმოქმნილი $3I_0$ დენის გავლის ზეგავლენით.

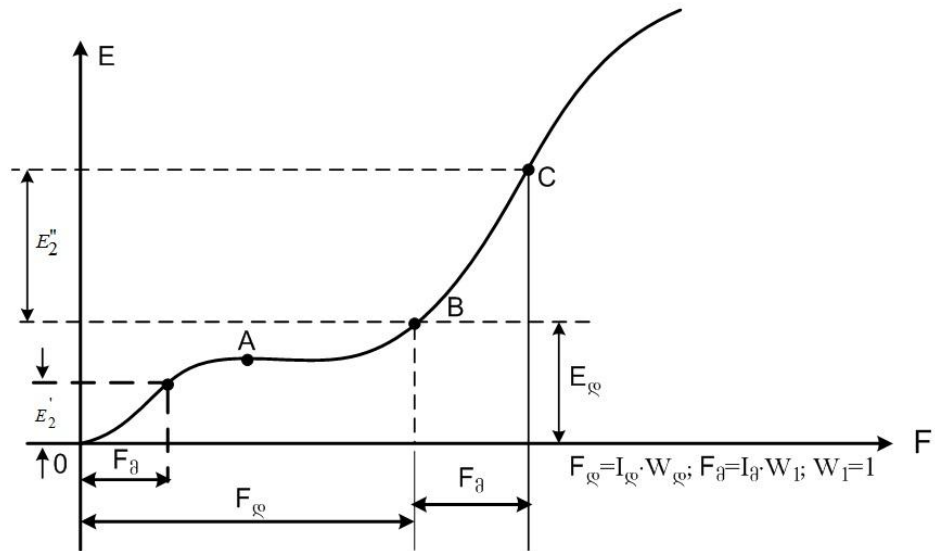
გ) კორპუსთან დამიწებისაგან დაცვა ნ.მ.დ.ტ.-ს გამოყენებით, დამატებითი დამაგნიტებით.

ნულოვანი მიმდევრობის დენის ტრანსფორმატორის, რომელსაც გააჩნია დამატებითი დამაგნიტება, კონსტრუქცია მოცემული არის ნახ. 13.11-ზე. მას აქვს მართკუთხედის ფორმა, რომლის შიგნით განლაგებულია გენერატორის სამი ფაზის დენგამტარები. მისი მაგნიტური გამტარი 1 შესრულებული არის სატრანსფორმატორო ფოლადისაგან, რომელზეც დახვეული არის მეორადი გრაგნილი 2. მეორადი გრაგნილის გამომყვანებზე მიერთებული არის რელე.



ნახ. 13.11 ნულოვანი მიმდევრობის დენის ტრანსფორმატორის გამარტივებული სქემა დამატებითი დამაგნიტებით

ნახ. 13.12-ზე ნაჩვენებია არის ნულოვანი მიმდევრობის დენის ტრანსფორმატორის ცვლადი დენით დამატებითი დამაგნიტების მრუდი. იგი წარმოადგენს ნ.მ.დ.ტ.-ის გახსნილი მეორადი გრაგნილის მომჭერებზე ე.მ.ძ-ს დამოკიდებულებას პირველადი დენის დამაგნიტებელი F ძალისაგან $E_2 = f(F)$. თუ დიაგრამაზე ვაჩვენებთ I_0 დამიწების დენის შესაბამის დამაგნიტებელ F_0 ძალას, ადვილად დავრწმუნდებით, რომ I_0 დამიწების დენის მცირე სიდიდის გამო ტრანსფორმატორი მუშაობს დამაგნიტების მახასიათებლის საწყის ნაწილში. მეორად გრაგნილში დაინდუქცირებული ე.მ.ძ. $E_2 = E_2^1$ არის მცირე; შესაბამისად მცირე იქნება მეორადი დენი, თუ მეორად გრაგნილს მივაერთებთ რელესთან. თუ მაგნიტურ გამტარზე მოვათავსებთ დამატებით გრაგნილს 3 და განვახორციელებთ მის კვებას გარე წყაროდან ცვლადი დენით I_d , მაშინ დაცვის მგრძნობიარობა მნიშვნელოვნად გაიზრდება. დამატებითი გრაგნილის მაგნიტომამოძრავებელი F_d ძალა ახდენს მაგნიტური გამტარის დამატებით დამაგნიტებას, წარმოქმნის მასში მაგნიტურ ნაკადს F_d . თუ ამ დროს გაჩნდება I_0 დამიწების დენი, მაშინ მის მიერ წარმოქმნილი დამაგნიტებელი ძალა F_0 ემატება დამატებითი გრაგნილის მიერ წარმოქმნილი დამაგნიტებელ ძალას F_d . შედეგად ნ.მ.დ.ტ. მუშაობს დამაგნიტების მახასიათებლის უფრო ციცაბო ნაწილში BC და ე.მ.ძ. $E_2 = E_2''$, რომელიც დაინდუქცირებული არის I_0 დამიწების დენით, იქნება გაცილებით (15÷20-ჯერ) მეტი, ვიდრე I_0 დამიწების დენის დროს დამატებითი დამაგნიტების გარეშე. შესაბამისად გაიზრდება დენი რელეში, რაც გამოიწვევს დაცვის მგრძნობიარობის ამაღლებას.



ნახ. 13.12 დამატებითი დამაგნიტების გავლენა ნ.მ.დ.ტ.-ს მეორად ე.მ.დ.-ზე E_2

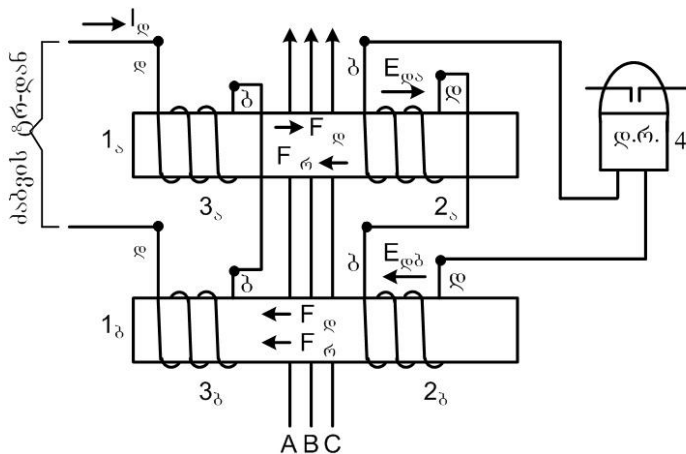
მითითებული დამატებითი დამაგნიტება განხორციელებული არის გენერატორის ძაბვის ტრანსფორმატორიდან ცვლადი დენით. ამიტომ მაგნიტური ნაკადი F_{Φ} წარმოქმნის მეორად გრაგნილში დამატებით ე.მ.დ.-ს E_{Φ} , რომელიც იწვევს ნ.მ.დ.ტ.-ს მუშაობის დამახინჯებას. დამატებითი დამაგნიტების გრაგნილის მავნე ზეგავლენის აღმოფხვრისათვის მაგნიტური გამტარი შესრულებული არის ორი ერთნაირი გულანისაგან: 1ა და 1ბ (ნახ. 13.13). თითოეულ გულანზე განლაგებული არიან მეორადი გრაგნილები 2ა და 2ბ და ქვედამაგნიტების გრაგნილები 3ა და 3ბ. დამაგნიტების გრაგნილები 3ა და 3ბ შეერთებული არიან შემხვედრი თანმიმდევრობით და ამიტომ გულანებში წარმოქმნიან საწინააღმდეგოდ მიმართულ მაგნიტურ ნაკადებს. მეორადი გრაგნილები 2ა და 2ბ შეერთებული არიან ერთნაირი თანმიმდევრობით, ამიტომ დამატებითი დამაგნიტების დენებით მათში დაინდუქცირებული ე.მ.დ.-ები $E_{\Phi.ა.}$ და $E_{\Phi.ბ.}$ ერთმანეთს აკომპენსირებენ. პრაქტიკულად არაზუსტი ბალანსირების გამო მეორად გრაგნილში ჩნდება ამ ე.მ.დ.-ბის სხვაობა ($E_{\Phi.ა.} - E_{\Phi.ბ.} = I_{\Phi.ბ.}$), რომელიც წარმოქმნის უბალანსობის დენს. მისი სიდიდე შეიძლება ზუსტად გაიზომოს და შეიძლება ჰქონდეს მაქსიმალური მნიშვნელობა ქსელის ნომინალური ძაბვის დროს.

კორპუსთან დამოკლების შემთხვევაში ნ.მ.დ.ტ.-ს პირველად გრაგნილში ჩნდება დენი $3I_{\Phi}$. იგი 2ა და 2ბ გრაგნილებში აღძრავს სიდიდით ტოლს და ერთნაირი მიმართულების ე.მ.დ.-ბს, რომლებიც იკრიბებიან და რელეში ჩნდება დენი $I_{\Phi} = 3I_{\Phi}$.

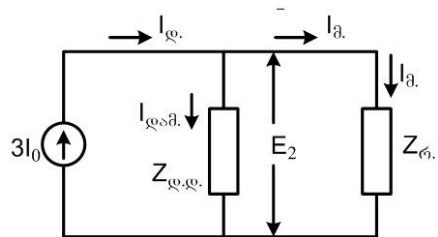
მოკლედ შერთვის დროს და დატვირთვის რეჟიმში რელეში დენი არ უნდა არსებობდეს, მაგრამ პირველადი დენგამტარი ნაწილების არასიმეტრიული განლაგების გამო ნ.მ.დ.ტ.-ს მეორად გრაგნილებში ჩნდება უბალანსობის ე.მ.დ. $E_{\Phi.ასიმეტრია}$, რაც იწვევს რელეში დენის გაჩენას $I_{\Phi.ასიმეტრია}$.

ამრიგად ჯამური უბალანსობის დენი ტოლი არის

$$I_{\Phi} = I_{\Phi.ასიმეტრია} + I_{\Phi.დამაგ.}$$



ა



ბ

ნახ. 13.13 ნულოვანი მიმდევრობის დენის ტრანსფორმატორი დამატებითი დამაგნიტებით: (ა) კონსტრუქცია; (ბ) ჩანაცვლების სქემა.

აღნიშნული უბალანსობის დენი, რომელიც შედგება ორი მდგენელისაგან: $I_{უბ.ასიმეტრია}$ და $I_{უბ.დამაგ.}$, რელეში ჩნდება გარე მოკლედ შერთვის დროს და დატვირთვის რეჟიმში.

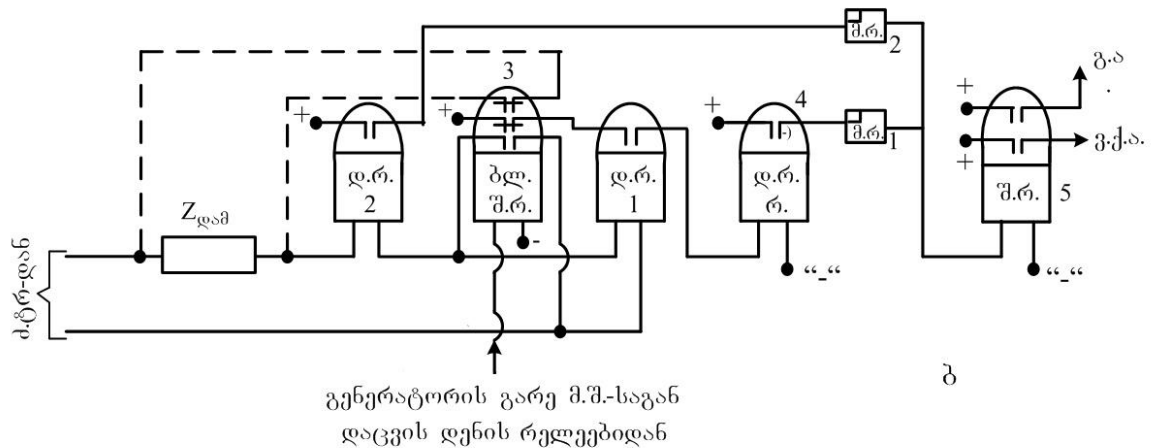
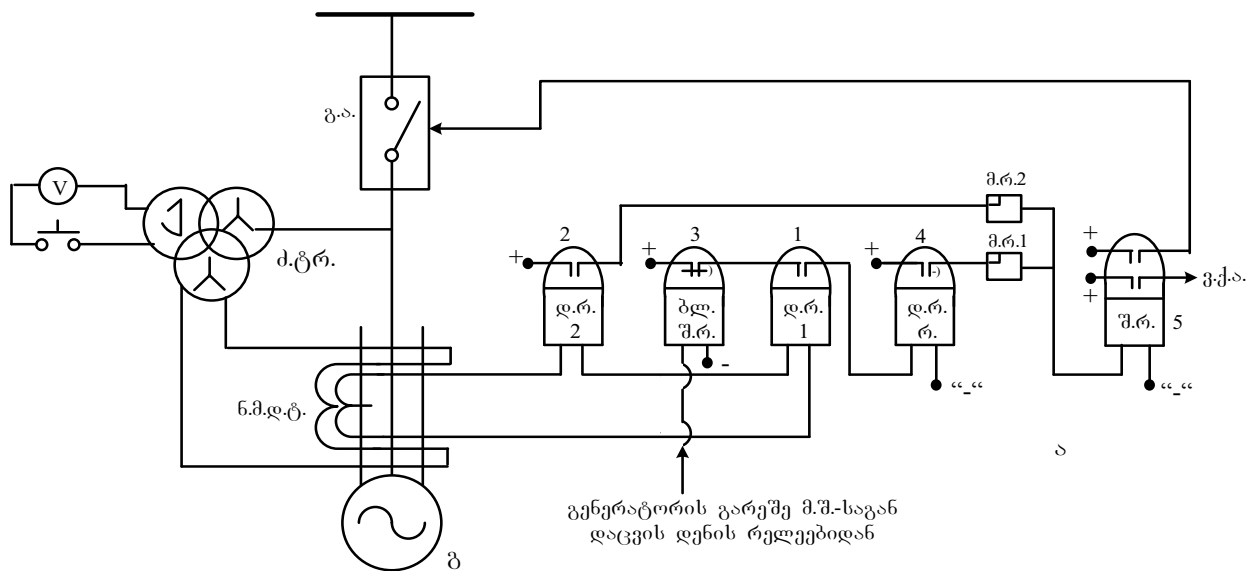
თეორიული ანალიზი და ექსპერიმენტები აჩვენებენ, რომ $E_{უბ.ას.}$ და შესაბამისად $I_{უბ.ასიმ.}$ პროპორციული არიან პირველადი დენის, ანუ $E_{უბ.ასიმ.} = K \cdot I_{პირვ.}$. ნ.მ.დ.ტ.-ს მაგნიტურ გამტარზე მეორადი გრაგნილების განლაგება შერჩეული არის ისე, რომ $I_{უბ.ასიმ.}$ იღებს მინიმალური მნიშვნელობას. ამიტომ დატვირთვის რეჟიმში $I_{უბ.ასიმეტ.}$ არ აღემატება $2 \div 3$ მ.ა.-ს, მოკლედ შერთვის დროს იგი შესაბამისად იზრდება.

მეორადი გრაგნილის ხვიათა რიცხვი შერჩეული არის იმ ანგარიშით, რომ ნ.მ.დ.ტ.-ს დამაგნიტების შტოს წინააღობა ტოლი იყოს რელეს წინააღობის ($Z_{ნ.მ.დ.ტ.} = Z_{რ.}$); აღნიშნულ პირობებში მიიღწევა კვების წყაროდან (ნ.მ.დ.ტ.-ს მეორადი გრაგნილი) დატვირთვაზე (რელე) მაქსიმალური სიმძლავრის გადაცემა.

დაცვის სქემა ნ.მ.დ.ტ.-ს გამოყენებით, რომელსაც გააჩნია დამატებითი დამაგნიტება, მოცემული არის ნახ. 13.14-ზე. სქემაში გათვალისწინებული არის ორი დენური რელე: მგრძნობიარე და უხეში. მგრძნობიარე 1 რელეს დანიშნულებას იმოქმედოს გენერატორის სტატორის გრაგნილში ერთი ფაზის დამიწების დროს კორპუსთან.

ეს რელე არ არის განრიდებული გარე მოკლედ შერთვის დროს უბალანსობის დენისაგან და ამიტომ აქვს ბლოკირება, რომელსაც გარე მოკლედ შერთვის დროს გამოყავს იგი მოქმედებიდან.

დენის 1 რელეს გამორთვის წრედში გათვალისწინებული არის 4 დროის რელე დროის დაყოვნებით $0.5 \div 1$ წმ. დროის დაყოვნება ზრდის 1 რელეს ტევადური დენის ნახტომისებური მომატებისაგან განრიდების იმედიანობას გარე ქსელში მიწასთან დამოკლების დროს და უფლებას გვაძლევს არ მივიღოთ მხედველობაში აღნიშნული დენის პიკები. შედეგად მცირდება $I_{დ.ა.}$ და იზრდება დაცვის მგრძნობიარობა.



ნახ. 13.14 დამატებითი დამაგნიტებიანი ნ.მ.დ.ტ.-ს გამოყენებით დამიწებისაგან დაცვის პრინციპიალური სქემა. (ა) მგრძნობიარე კომპლექტის ოპერატიული წრედის გახსნაზე ბლოკირებით; (ბ) ბლოკირებით, ოპერატიული წრედის გახსნაზე და დენური წრედის დაშლენზე

უხეში დენური 2 რელე სქემაში გამოყენებული არის ორ წერტილში დამიწების წარმოქმნის დროს მოქმედების მიზნით (დამიწება გენერატორის წრედში ერთ წერტილში და გარე ქსელში მეორე წერტილში), როცა მგრძნობიარე 1 რელე ბლოკირებით გამოდის მოქმედებიდან. დენის 2 რელე განრიდებული არის გარე ქსელში მოკლედ შერთვის დროს წარმოქმნილი უბალანსობის დენისაგან და მოქმედებს დროის დაყოვნების გარეშე გამორთვაზე.

ნ.მ.დ.ტ.-ს დამატებითი გრაგნილი იკვებება გენერატორის ძაბვის ტრანსფორმატორიდან. ამ წრედის გაწყვეტის დროს ადგილი აქვს დაცვის გაუხეშებას და შეიძლება არ იმოქმედოს დამიწების შედეგად წარმოქმნილ მცირე დენებზე.

აღნიშნული წრედის კონტროლისათვის სქემაში გათვალისწინებული არის რელე, რომელიც წრედის გაწყვეტის შემთხვევაში მოქმედებს სიგნალზე.

1 რელეს ბლოკირება განხორციელებული არის 3 შუალედური რელეთი, რომელიც მოქმედებაში მოდის გენერატორის გარე ქსელში მოკლედ შერთვისაგან დაცვის დენური რელესაგან მიღებული ოპერატიული პლიუსით. რელე 3 მოქმედების შედეგად გახსნის 1 რელეს ოპერატიულ წრედს, რითაც იგი გამოყავს მოქმედებიდან. ნახ. 13.14 ბ-ზე ნაჩვენებია არის ბლოკირების მეორე ვარიანტი. აქ შუალედური რელე 3 ხსნის 1 რელეს ოპერატიულ წრედს და გარდა ამისა, მგრძნობიარე 1 რელეს საიმედოდ დაბრუნების უზრუნველყოფის მიზნით აშუქებს მის გრაგნილს. ბლოკირების ასეთი ხერხი საშუალებას გვაძლევს შევირჩიოთ 1 რელეს დანაყენი დაბრუნების კოეფიციენტის გათვალისწინების გარეშე, რაც ზრდის 1 რელეს მგრძნობიარობას.

1 რელეს დენური გრაგნილის დაშუქებით მცირდება ნ.მ.დ.ტ-ის მეორადი წრედის წინაღობა. ამის გამო მნიშვნელოვნად იზრდება უბალანსობის დენის სიდიდე, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს უხეში 2 დენის რელეს ამუშავება. დენის 2 რელეს არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით ბლოკირების 3 რელეს მოქმედებით დენურ წრედში ჩაირთვება $Z_{დაფ}$ წინაღობა, რომელიც სიდიდით ტოლი არის 1 დენის რელეს წინაღობის. ამრიგად დენური წრედის წინაღობა, და შესაბამისად, უბალანსობის დენი $I_{უბ}$ რჩება უცვლელი. $Z_{დაფ}$ წინაღობის დენურ წრედში ჩართვა განხორციელებული არის 3 რელეს კონტაქტით, როგორც ეს ნაჩვენებია არის ნახ. 13.14 ბ-ზე.

13.5 გენერატორის გარე ქსელში მოკლედ შერთვის დენისაგან და გადატვირთვისაგან დაცვა

ა) დანიშნულება და დაცვის სახეობები

გარე მოკლედ შერთვისაგან გენერატორის დაცვის დანიშნულებას შემკრებ სალტებზე ან მისგან გამავალ მინაერთებზე მოკლედ შერთვის დროს გამორთოს გენერტორი.

ნორმალურად აღნიშნული მოკლედ შერთვა უნდა გამორთოს დაზიანებული ელემენტის დაცვამ (ანუ სალტების ან ხაზის, ან ტრანსფორმატორის) ამიტომ გენერატორებზე გარე მოკლედ შერთვისაგან დაცვა ითვლება სარეზერვოდ და მოქმედებს მხოლოდ აღნიშნული ელემენტების დაცვის უარის შემთხვევაში.

თუ გენერატორის ძაბვის სალტებს არ გააჩნიათ სპეციალური დაცვა, მაშინ სალტებზე მოკლედ შერთვის დროს გენერატორის გარე მოკლედ შერთვისაგან დაცვა წარმოადგენს ძირითად დაცვას, ხოლო სალტიდან გამავალი მინაერთებისათვის იგი წარმოადგენს სარეზერვო დაცვას.

გარე მოკლედ შერთვისაგან დაცვა დამატებით წარმოადგენს გენერატორის დიფერენციალური დაცვის რეზერვს, გენერატორში აღძრული ფაზათაშორის მოკლედ

შერთვების დროს. ამრიგად გარე მოკლედ შერთვისაგან დაცვის მოქმედების ზონაში შედის: გენერატორი, შემკრები სალტები და მისგან გამავალი ელემენტები.

ვინაიდან გარე მოკლედ შერთვისაგან დაცვა წარმოადგენს გენერატორის სარეზერვო დაცვას, ამიტომ მან უნდა გამორთოს გენერატორი და ველის ქრობის ავტომატი.

გარე მოკლედ შერთვისაგან დაცვის მიმართ წაყენებული არის ძალზედ მნიშვნელოვანი მოთხოვნა – მან არ უნდა იმოქმედოს გადატვირთვების და რყევების დროს. აღნიშნული მოთხოვნის შესაბამისად გენერატორებზე გარე მოკლედ შერთვისაგან დაცვისათვის გამოიყენება მაქსიმალური დენური დაცვა ძაბვით ბლოკირებით და ფილტრული დაცვა (უკუმდმდევრობის დენზე), რომელსაც გააჩნია სამფაზა მოკლედ შერთვისაგან დაცვის დამატებითი კომპლექტი.

ჩვეულებრივი მაქსიმალური დენური დაცვა (ძაბვით ბლოკირების გარეშე) რეაგირებს ხანმოკლე და არა საშიშ გადატვირთვებზე და ამიტომ არ შეიძლება მათი გამოყენება გენერატორის გარე მოკლედ შერთვისაგან დასაცავად, რომლის გამორთვაც გადატვირთვებისა და რყევების დროს დაუშვებელია.

ბ) მაქსიმალური დანური დაცვა ძაბვით დაბლოკირებული

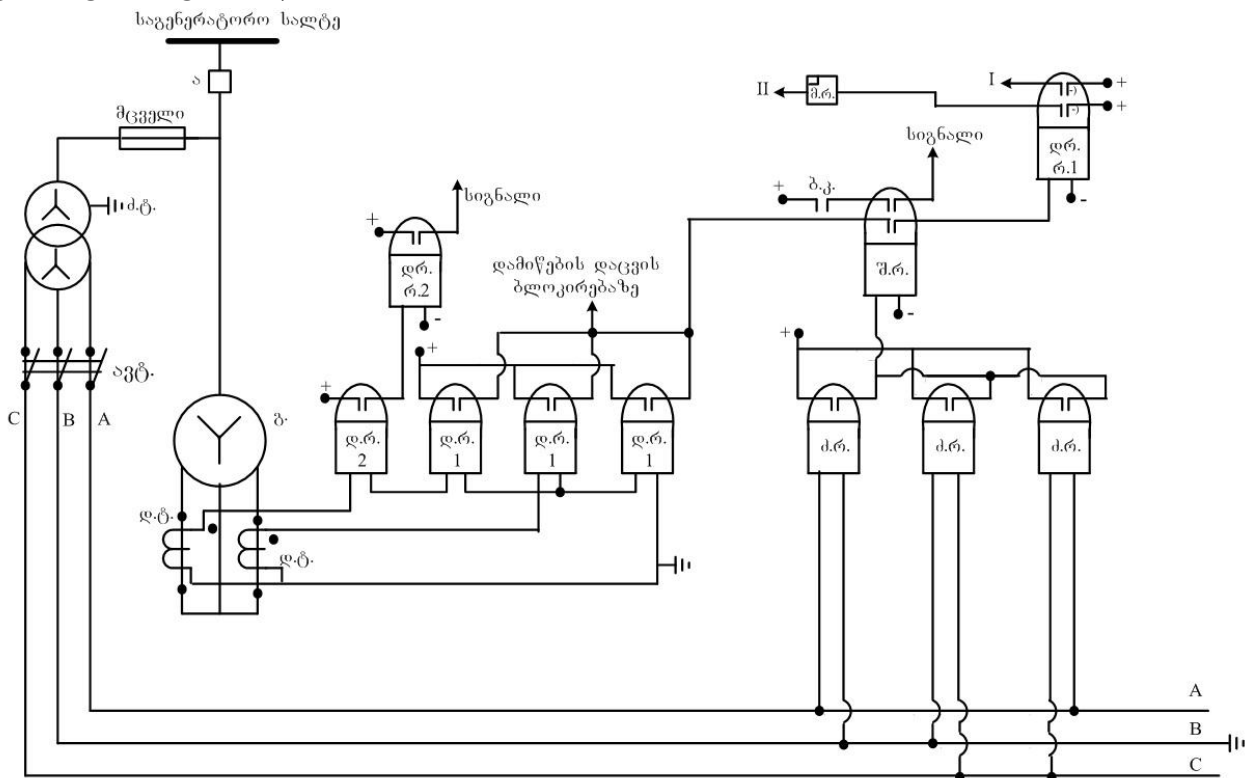
დაცვა შესრულებული არის ორ ვარიანტად: ბლოკირება, რომელიც განხორციელებული არის სამი მინიმალური ძაბვის რელეს გამოყენებით (ნახ. 13.15) და ბლოკირება, რომელიც განხორციელებული არის კომბინირებული სქემით. იგი შედგება ერთი უკუმდმდევრობის ძაბვის რელესაგან და ერთი მინიმალური ძაბვის რელესაგან, რომელიც ჩართულია ხაზურ ძაბვაზე (ნახ. 13.16).

ორივე შემთხვევაში დენის რელეები იკვებებიან გენერატორის ნულოვან გამომყვანში არსებული დენის ტრანსფორმატორებიდან. ასეთი ჩართვის გამო მაქსიმალური დენური დაცვა არა მარტო რეაგირებს გარე მოკლედ შერთვებზე, არამედ არეზერვირებს გენერატორის დიფერენციალურ დაცვას, რომელიც გენერატორში დაზიანების დროს მოქმედებს გენერატორის დენებით.

დენის რელეების ჩართვა დენის ტრანსფორმატორებზე, რომლებიც განლაგებული არიან საგენერატორო ძაბვის სალტის მხარეს არ არის მიზანშეწონილი თვით გენერატორის დაცვიდან გამომდინარე. ასეთ შემთხვევაში გენერატორის შიგნით დაზიანების დროს დაცვა იმოქმედებს მხოლოდ ქსელიდან მოკლედ შერთვის დენის არსებობის შემთხვევაში. თუ ქსელიდან მოკლედ შერთვის დენი არ არსებობს, მაშინ დაცვა არ იმოქმედებს და არ მოახდენს გენერატორში დაზიანების ლიკვიდაციას.

მაქსიმალური დაცვა შეიძლება დაიდგას მხოლოდ ორ ფაზაზე. მაგრამ იმედიანობის და მგრძნობირობის ამაღლების მიზნით მას დგამენ სამივე ფაზაზე. სქემაში გამოყენებული არის მყისური მოქმედების დენური რელეები. დამოკიდებულ მახასიათებლიანი დენის რელეები გენერატორის მაქსიმალურ დაცვაში არ გამოიყენება რადგანაც რყევების დროს ისინი ვერ ასწრებენ საწყის მდგომარეობაში

დაბრუნებას. მინიმალური ძაბვის რელე კვებას იღებს გენერატორის ძაბვის ტრანსფორმატორიდან.



ნახ. 13.15 მინიმალური ძაბვით დაბლოკიებული მაქსიმალური დენური დაცვის სქემა.

სადგურის სალტის ძაბვის ტრანსფორმატორიდან კვების განხორციელება გამოყენებული არ არის, რადგანაც საგენერატორო ამომრთველის გამორთვის შემთხვევაში გენერატორში დაზიანების დროს დაცვა არ მოქმედებს.

ფაზათაშორის მოკლედ შერთვების დროს მაღალი მგრძნობიარობის უზრუნველყოფის მიზნით ძაბვის რელეები ჩართული არიან ხაზურ ძაბვებზე. ორფაზა მოკლედ შერთვის შემთხვევაში ბლოკირების მოქმედების უზრუნველყოფის მიზნით აუცილებელი არის სქემაში (ნახ. 13.15) გამოყენებული იქნას სამი ძაბვის რელე. ორივე სქემაში ძაბვით ბლოკირების დანიშნულება არის დაცვამ არ იმოქმედოს გადატვირთვის დროს.

ნახ. 13.15-ზე ნაჩვენებ სქემაში, მოკლედ შერთვის დენის გაზრდის და ძაბვის შემცირების გამო, მუშაობენ როგორც დენის რელე (დ.რ.-1), ისე ძაბვის რელე (ძ.რ.) და დაცვა მუშაობს დროის დაყოვნებით გენერატორის და ველის ქრობის ავტომატის გამორთვაზე. გადატვირთვის შემთხვევაში არ მოქმედებს (ძ.რ.) ძაბვის რელე, რითაც გამორიცხული არის დაცვის მოქმედება.

ნახ. 13.16-ზე ნაჩვენებ სქემაში მინიმალური ძაბვის რელე (ძ.რ.<) იკვებება ხაზური ძაბვით უკუმდმდეგრობის ძაბვის რელეს (ძ.რ.>) ნორმალურად შეკრული კონტაქტების გავლით. რელე ძ.რ.2 მიერთებული არის უკუმდმდეგრობის ძაბვის U_2 ფილტრზე. არასიმეტრიული მოკლედ შერთვის დროს წარმოიქმნება U_2 და რელე ძ.რ.2 იმოქმედებს, რომელიც თავისი კონტაქტებით უხსნის ძაბვას რელეს (ძ.რ.<); ეს

სიმეტრიული მოკლედ შერთვის დროს რელე მ.რ.2 ხანმოკლე დროით გახსნის თავის კონტაქტს. მ.რ.<. რელე ასწრებს მოქმედებას აღნიშნულ ხანმოკლე დროში, ხოლო ასიმეტრიის გაქრობის და მ.რ.2-ს დაბრუნების შემდეგ (მ.რ.<) რელეს მოქმედება დამოკიდებული იქნება მის მომჭერებზე მოკლედ შერთვის ნარჩი ძაბვის სიდიდეზე.

არასიმეტრიული მოკლედ შერთვების დროს აღნიშნული სქემა გაცილებით მგრძოზიარეა, წინა სქემასთან შედარებით უკუმიმდევროზის ძაზვის რელეს (ძ.რ.2) მალალი მგრძნოზიარეოზიდან გამომდინარე.

დენის რელეს ამუშავების დენის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით:

მარაგის კოეფიციენტი $K_{\text{მარ}}=1,1 \div 1,2$.

მინიმალური ძაბვის რელეს ამუშავების ძაბვის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით:

$$U_{დ.ა.} = (0,6 \div 0,5) \cdot U_{მუშა ნორმ.} \quad (13.12)$$

უკიმიდევრობის ძაბვის რელეს (ძ.რ.2) ამუშავების ძაბვის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით:

$$U_{დ.ა.2} = 0,06 \cdot U_{მუშა ნორმ.} \quad (13.13)$$

დაცვის მგრძნობიარობა დენით და ძაბვით უნდა შემოწმდეს სალტეზე მოკლედ შერთვის და მომდევნო უბნის ბოლოში მოკლედ შერთვის დროს შემდეგი გამოსახულებების შესაბამისად:

ა) დენით

$$K_{გრძ.} = \frac{I_{მ.შ.მინ.}}{I_{დ.ა.}} \quad (13.14)$$

ბ) ძაბვით (სქემა ნახ. 13.15)

$$K_{გრძ.} = \frac{U_{დ.ა.}}{U_{მ.შ.მაქს.}} \quad (13.15)$$

გ) ძაბვით (სქემა ნახ. 13.16) ძაბვის რელესათვის (ძ.რ.<)

$$K_{გრძ.} = \frac{U_{დაბრ.}}{U_{მ.შ.მაქს.}} \quad (13.15 ა)$$

ხოლო ძ.რ.2 – რელესათვის

$$K_{გრძ.} = \frac{U_{2 მ.შ.მინ.}}{U_{დ.ა.2}} \quad (13.15 ბ)$$

დაცვის დროის დაყოვნება გამოითვლება ფორმულით

$$T = t_{მინაერთი} + \Delta t \quad (13.16)$$

სადაც $t_{მინაერთი}$ – არის მინაერთის ყველაზე დიდი დროის დაყოვნება, რომელიც გადის გენერატორის მიერ მკვებავი სალტეებიდან.

გ) სიმეტრიული გადატვირთვებისაგან დენური დაცვა

ელ.სადგურებში, სადაც არის მუდმივი ოპერატიული პერსონალი, გადატვირთვისაგან დაცვა უნდა მოქმედებდეს სიგნალზე და შესრულებული უნდა იყოს ნახ. 13.15-ზე და 13.16-ზე ნაჩვენები სქემების შესაბამისად. გადატვირთვა, როგორც წესი, წარმოადგენს სიმეტრიულ რეჟიმს ამიტომ გადატვირთვისაგან დაცვა შესრულებული არის ერთი დენის რელეს (დ.რ.2) გამოყენებით, რომელიც ჩართული არის გენერატორის ერთ-ერთ ფაზაში. გადატვირთვის შემთხვევაში იმოქმედებს აღნიშნული დენის რელე, მიაწვდის ოპერატიულ “+”-ს (დ.რ.2) დროის რელეს, რომელიც მოქმედებს სიგნალზე. რადგანაც გადატვირთვა შეიძლება გაგრძელდეს

ხანგრძლივად, ამიტომ დროის რელე უნდა იყოს თერმიულად მდგრადი დენის (დ.რ.2) რელეს ამუშავების დენის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით

$$I_{დ.ა.} = K_{მარ} \cdot I_{ნომ.გენ.} \quad (13.17)$$

სადაც $K_{მარ}$ – არის მარაგის კოეფიციენტი და ტოლი არის 1.05-ს

დროის (დ.რ.2) რელეს დანაყენი აიღება უფრო მეტი ვიდრე გარე მოკლედ შერთვებისაგან დაცვის დროის დანაყენი, იმ პირობით რომ დაცვამ არ გასცეს სიგნალები გარე ქსელში მოკლედ შერთვის დროს.

ელსადგურებში, სადაც არ არის მუდმივი ოპერატიული პერსონალი, გადატვირთვისაგან მაქსიმალური დენური დაცვა უნდა შესრულდეს ორი დროის დაყოვნებით და იმოქმედოს: მცირე დროის დაყოვნებით – სიგნალზე და აღზნების დენის შემცირებაზე; ხოლო დიდი დროის დაყოვნებით – ამომრთველის და ველის ქრობის ავტომატის გამორთვაზე.

დ) უკუმიმდევრობის დენისაგან დაცვა.

როგორც ცნობილია სტატორის გრაგნილში დენების არასიმეტრია წარმოადგენს გენერატორისათვის საშიშ რეჟიმს, განსაკუთრებით გენერატორებისათვის ფორსირებული გაციებით. მსგავსი ასიმეტრიები გენერატორში წარმოიქმნება გარე ქსელში ერთფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვების დროს, აგრეთვე დატვირთვის რეჟიმში ერთი ან ორი ფაზის გაწყვეტის შემთხვევაში. გარე მოკლედ შერთვის შედეგად წარმოქმნილი გაზრდილი დენები იწვევენ გენერატორის სტატორის გადახურებას, ხოლო გარე არასიმეტრიული მოკლედ შერთვის და დატვირთვის რეჟიმში წარმოქმნილი უკუმიმდევრობის დენები როტორში აინდუქტირებენ გრიგალურ დენებს, რომლებიც იწვევენ მისი გრაგნილების და მეტალური ნაწილის საშიშ გადახურებას.

აღნიშნული არასასურველი პროცესების თავიდან აცილების მიზნით დამუშავებული არის და პრაქტიკულად გამოიყენება უკუმიმდევრობის დენებისაგან დაცვა, რომელიც რეაგირებს უკუმიმდევრობის დენის I_2 წარმოქმნაზე. აღნიშნული დაცვა ასრულებს ორი დაცვის ფუნქციას: 1) არასიმეტრიული მოკლედ შერთვების და რეჟიმების დროს როტორის დაუშვებელ სიდიდემდე გადახურებისაგან დაცვა და 2) სტატორის სარეზერვო დაცვა გარე ქსელში არასიმეტრიული მოკლედ შერთვების და აგრეთვე გენერატორში მოკლედ შერთვების დროს.

პირველ შემთხვევაში დაცვამ უნდა დააკმაყოფილოს ორი პირობა ჯერ-ერთი დაცვამ უნდა იმოქმედოს, როცა დენი $I_2 > I_{2დ.ა.ს.მაქს.}$. ანუ აღემატება მაქსიმალურ ხანგრძლივად დასაშვებ მნიშვნელობას $I_{2დ.ა.ს.მაქს.}$, რისთვისაც საჭირო არის გვექონდეს

$$I_{დ.ა.} \approx I_{2 ხანგრ.დას.მაქს.} \quad (13.18)$$

და უნდა ჰქონდეს დროის დაყოვნება

$$t_{დაცვა} \leq t_{დასაშ.} \text{ ან } t_{დაცვა} = K_{იმ.} \cdot t_{დას.} \quad (13.18 \text{ ა})$$

სადაც $t_{დას.შ.}$ – არის დრო, რომლის განმავლობაშიც, I_2 -ს მოცემული მნიშვნელობის დროს, როტორი გახურდება ტემპერატურის ზღვრულ მნიშვნელობამდე; $K_{იმ.}$ – არის იმედიანობის კოეფიციენტი და ტოლია (0,9-1).

მეორე შემთხვევაში (სტატორის სარეზერვო დაცვის ფუნქცია) უნდა ჰქონდეს უკუმიმდევერობის დენურ დაცვას მგრძნობიარობა, რომელიც საკმარისია გამორთოს არასიმეტრიული მოკლედ შერთვა რეზერვირების ზონის ბოლოში და იმოქმედოს სელექციურობის უზრუნველყოფით შესაძლო მინიმალური დროის დაყოვნებით.

აღნიშნული მოთხოვნები შეიძლება გამოისახოს შემდეგი თანაფარდობებით:

$$I_{დ.ა.} < I_2 \text{ მ.შ.მინიმ.} \quad (13.18 \text{ ბ})$$

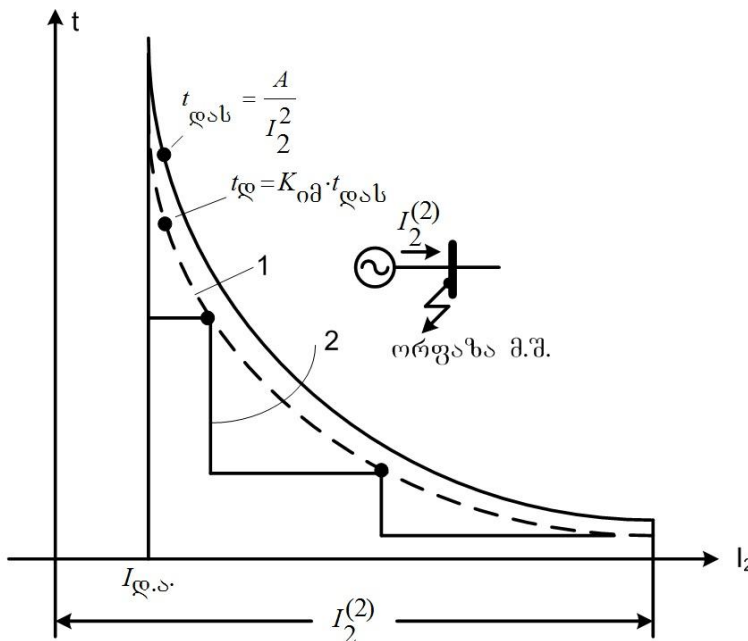
$$t_{დაცვა} = t_{ხაზი} + \Delta t \quad (13.18 \text{ გ})$$

სადაც $I_{2\text{მ.შ.მინ.}}$ – არის გენერატორში მინიმალური უკუმიმდევერობის დენი, როცა მოკლედ შერთვა არის ელსადგურის სალტეებიდან გამავალი ყველაზე გრძელი გადაცემის ხაზის ბოლოში; $t_{ხაზი}$ – არის ელსადგურის სალტეებიდან გამავალი ხაზის დაცვის დროის დაყოვნება.

უკუმიმდევერობის დენების მიერ გამოწვეული როტორის გადახურებისაგან დაცვის ყველაზე კარგ ხერხს წარმოადგენს უკუმიმდევერობის I_2 დენზე დამოკიდებულ მახასიათებლიანი დაცვა $t_{დ}=f(I_2)$, რომელიც შეესაბამება როტორის თბურ მახასიათებელს. ამ პირობას პასუხობს დაცვის მახასიათებელი

$$t_{დაც.} = K_{იმ.} \cdot t_{დას.} = K_{იმ.} \cdot \frac{A}{I_2^2} \quad (13.19)$$

რომელიც ნაჩვენებია არის ნახ. 13.17-ზე



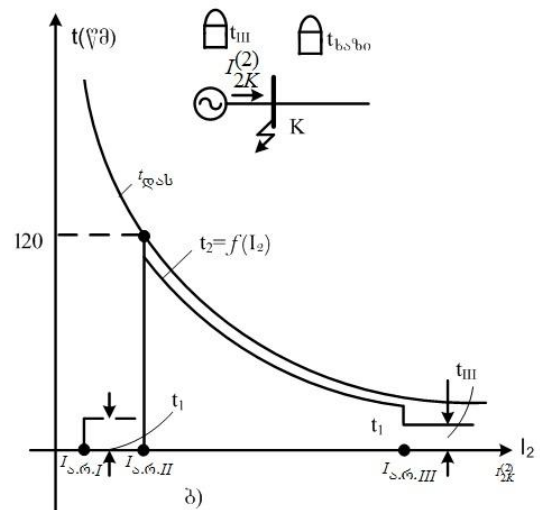
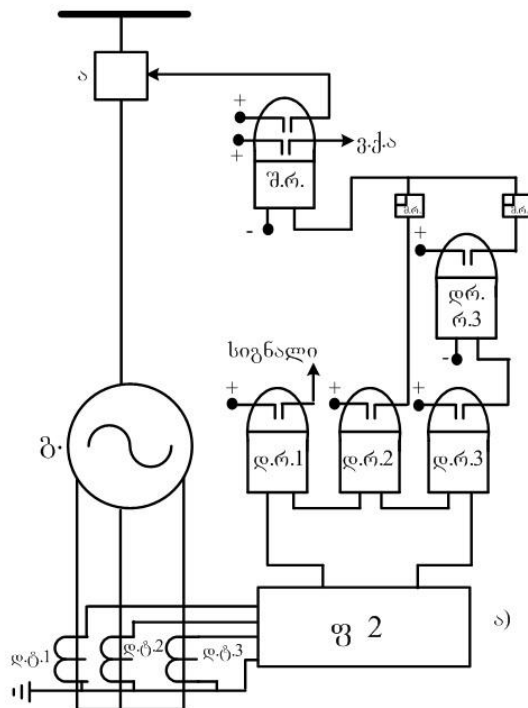
ნახ. 13.17 გენერატორის უკუმიმდევერობის დენური დაცვის დროის დაყოვნების დამოკიდებული და საფეხურებიანი მახასიათებელი

დამოკიდებულ მახასიათებლიანი (1) დაცვა საშუალებას იძლევა სრულად იქნას გამოყენებული გენერატორის გადატვირთვის შესაძლებლობები, რაც წარმოადგენს მის ძირითად ღირსებას. მაგრამ ჯერჯერობით მისი მარტივი კონსტრუქციები დამუშავებული არ არის, ამიტომ პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება უკუმიმდევერობის დენური დაცვა საფეხურებიანი (2) მახასიათებლით (ნახ. 13.17); როგორც ნახ. 13.17-დან ჩანს დამოკიდებულ მახასიათებლიანი დაცვა არ იძლევა საშუალებას სრულად იქნას გამოყენებული გენერატორის გადატვირთვის შესაძლებლობები და გამორთავს მას უფრო ადრე, ვიდრე ეს იყო დასაშვები გადახურების პირობით. ეს კი წარმოადგენს მის მნიშვნელოვან ნაკლოვანებას. ქვემოთ განხილული არის ორივე დაცვის ზოგადი პრინციპები.

1. დამოკიდებულმახასიათებლიანი უკუმიმდევერობის დენური დაცვა. დაცვის ყველა სახეობა (ნახ. 13.18) შედგება სამი დენის (დრ1, დრ2, დრ3) რელესაგან, რომლებიც იკვებებიან I_2 დენით უკუმიმდევერობის დენების ფ.2 ფილტრიდან.

რელე დრ1 მოქმედებს სიგნალზე, რითაც აფრთხილებს მორიგე პერსონალს საშიში სიდიდის დენების $I_2 > I_{2\text{ხანგ.დას.მაქ.}}$ გაჩენის შესახებ, რომელიც შეიძლება დაშვებული იქნას როტორის გადახურების პირობიდან გამომდინარე 2 წთ. და მეტი დროის განმავლობაში. აღნიშნული რელეს ამუშავების დენის სიდიდე განრიდებული არის $I_{2\text{ხან.დას.მაქ.}}$ დენისაგან რელეს $K_{\text{დაზრ.}}$ გათვალისწინებით. ე.ი.

$$I_{\text{დ.ა.1}} = \frac{1.05 I_2 \text{ ხანგ.დას.მაქ.}}{K_{\text{დაზრ}}} \quad (13.20)$$



ნახ. 13.18 უკუმიმდევერობის დენური დაცვა I_2 დენზე დამოკიდებული მახასიათებლით:
(ა) სქემა; (ბ) მახასიათებელი $t_{\text{დ}} = f(I_2)$

დროის დაყოვნება t_1 შეირჩევა ისე, რომ სიგნალიზაციამ არ იმოქმედოს ქსელში მოკლედ შერთვის დროს, მაგრამ არ უნდა აღემატებოდეს $5 \div 6$ წმ-ს, რომ მორიგე პერსონალს ჰქონდეს რაც შეიძლება მეტი დრო ასიმეტრიის ლიკვიდაციისათვის ოპერაციების ჩასატარებლად.

რელე დრ.2 წარმოადგენს როტორის დაცვას არასიმეტრიული რეჟიმებისაგან I_2 დენის ისეთი მნიშვნელობებისათვის, რომლის დროსაც არასიმეტრიის ხელით ლიკვიდაცია შეუძლებელია, რადგანაც საჭიროა გენერატორის სწრაფი გამორთვა $t < 2$ წთ-ზე.

ამ რელეს უნდა ჰქონდეს დამოკიდებული მახასიათებელი (13.19) გამოსახულების შესაბამისად და უნდა იმოქმედოს I_2 დენის ისეთი მნიშვნელობების შემთხვევაში, რომლებიც შეესაბამებიან როტორის თბურ მახასიათებელს $t_{დას} \leq 2$ წთ. თუ დავუშვებთ რომ $t_{დას} \leq 2$ წთ-ს, მაშინ ამუშავების დენის მნიშვნელობა გამოითვლებს ფორმულით.

$$I_{დ.ა. II} = \sqrt{\frac{A}{t_{დას}}} = \sqrt{\frac{A}{120}} \quad (13.20 \text{ ა})$$

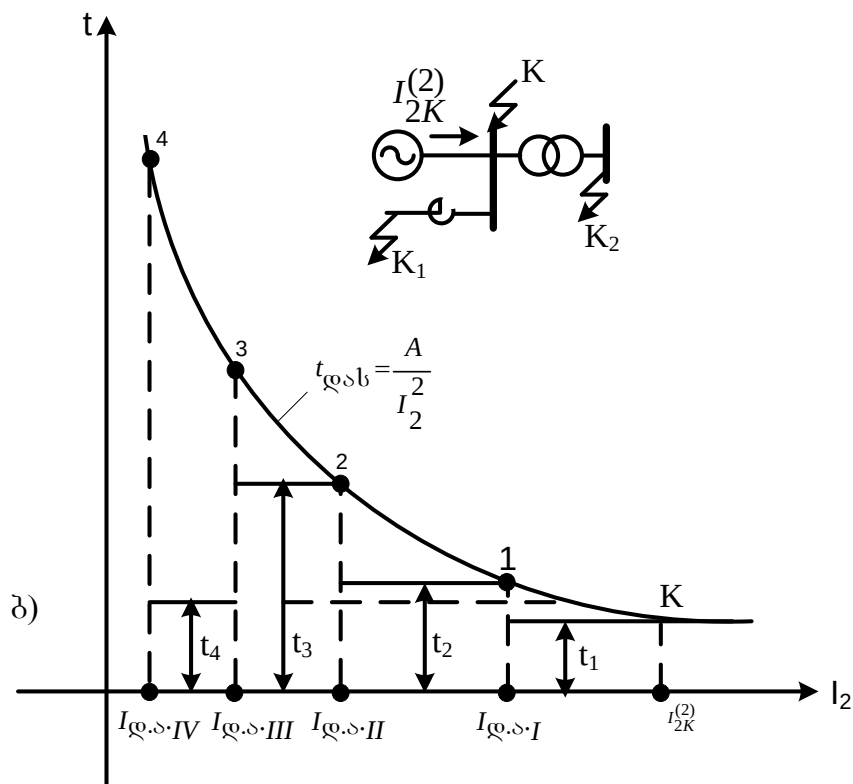
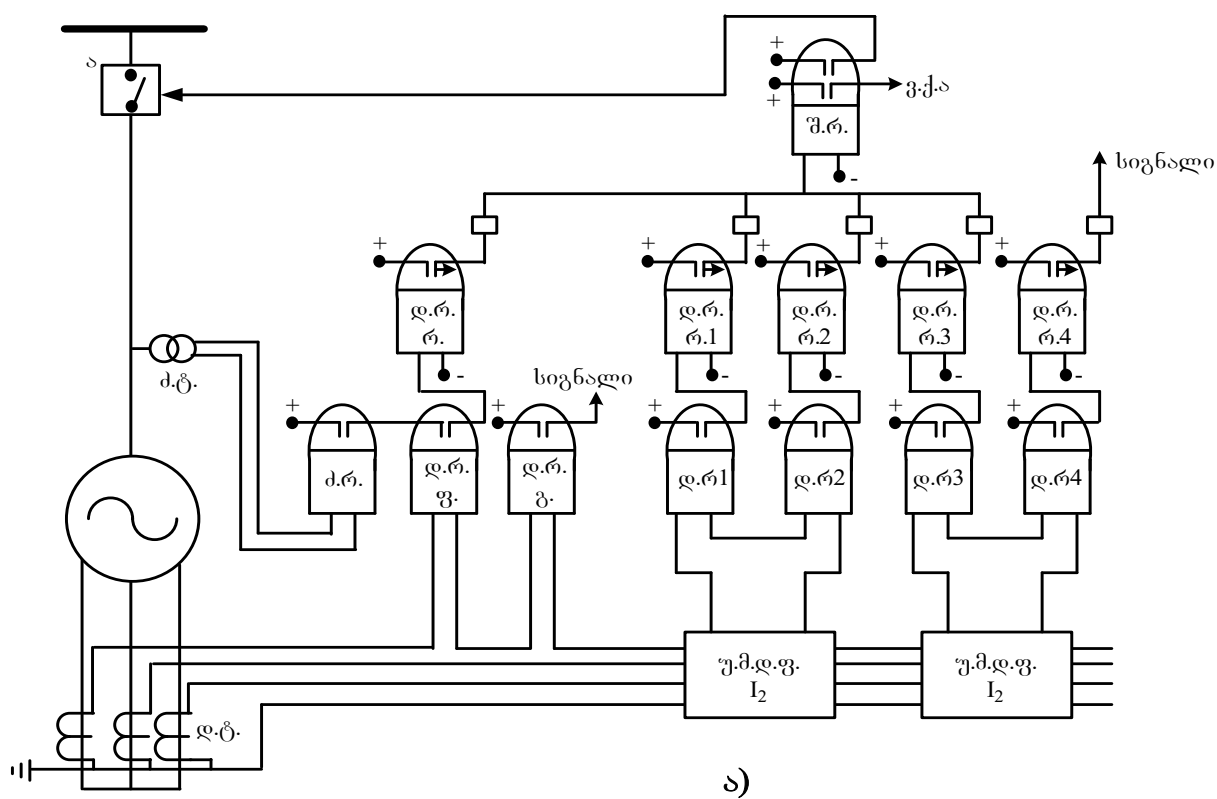
რელე დრ.3 წარმოადგენს არასიმეტრიული მოკლედ შერთვებისაგან სარეზერვო დაცვას (არასიმეტრიული მოკლედ შერთვა გენერატორში ან გარე ქსელში). ასეთ შემთხვევაში გენერატორი უნდა გამოირთოს ისე, რომ დაცვა არ დაელოდოს დასაშვებ დროს ($t_{დასაშ.}$) სტატორის და როტორის გადახურების პირობის შესაბამისად. რელე დრ.3 მოქმედებს გენერატორის და ველის ქრობის ავტომატის გამორთვაზე t_{III} დროის დაყოვნებით (დრ.რ.3), რომელიც არ არის დამოკიდებული I_2 დენის მნიშვნელობებზე. დენის (დრ.3) რელეს ამუშავების დენის სიდიდე შეირჩევა იმ პირობით, რომ მან საიმედოდ იმოქმედოს რეზერვირების ზონის ბოლოში არასიმეტრიული მოკლედ შერთვების დროს ანუ $I_{დ.ა. III} < I_{2Kმინ.}$; დროის დაყოვნება t_{III} შეირჩევა შემდეგი ორი პირობით:

1) ელ. სადგურის სალტებიდან გამავალი მინაერთების დაცვებთან სელექციურობა, $t_{III} = t_{მინაერთი} + \Delta t$.

2) როტორის თბური მახასიათებლების $t_{დასაშ.}$ -თან შეთანხმება გენერატორის გამომყვანებზე ორფაზა მოკლედ შერთვის დროს, მოკლედ შერთვის დენის შესაძლო მაქსიმალური მნიშვნელობის ($I_{2Kმაქს.}$) შემთხვევაში (K წერტილი ნახ. 13.18 ბ) $t_{III} \leq t_{დასაშ.}$ $I_{2Kმაქს.}$ -ის დროს. მეორე პირობა არის აუცილებელი.

განსახილველი დაცვის მოქმედების დროის მახასიათებელი მოცემული არის ნახ. 13.18 ბ-ზე.

2. დამოუკიდებელ მახასიათებლიანი საფეხურებიანი უკუმიმდევრობის დენური დაცვა. აღნიშნული დაცვა გამოიყენება გენერატორებზე გრაგნილების უშუალო გაციებით. ოთხსაფეხურიანი დაცვის სქემა და მახასიათებელი ნაჩვენებია არის ნახ. 13.19-ზე.



ნახ. 13.19 უკუმიმდევრობის დენური დაცვა საფეხურებიანი მახასიათებლით და სიმეტრიული მოკლედ შერთვისაგან დენური დაცვა: (ა) სქემა; (ბ) მახასიათებელი $t=f(I_2)$

დაცვის სამი საფეხური მოქმედებს გამორთვაზე, ხოლო მე-4 საფეხური სიგნალზე. თითოეულ საფეხურს გააჩნია გამშვი რელე (დ.რ.1, დ.რ.2, დ.რ.3, დ.რ.4) და თავისი დროის რელე (დ.რ.1, დ.რ.2, დ.რ.3, დ.რ.4). გამშვი რელეები იკვებებიან უკუმინდევრობის დენების ფილტრებიდან და რეაგირებენ უკუმინდევრობის I_2 დენზე. პირველი საფეხურის (დ.რ.1, დ.რ.1) დანიშნულებაა გამორთოს მოკლედ შერთვა გენერატორის სალტეებზე. მეორე საფეხური (დ.რ.2, დ.რ.2) ემსახურება ქსელში არასიმეტრიული მოკლედ შერთვების გამორთვის რეზერვირებას. მესამე საფეხური (დ.რ.3, დ.რ.3) წარმოადგენს როტორის არასიმეტრიული რეჟიმებისაგან დაცვას დენით I_2 , როცა ასიმეტრიის ხელით ლიკვიდაცია შეუძლებელია, რადგან დასაშვები დრო შედარებით მცირეა ($t_{დას.} < 2 \div 3$ წთ.); მეოთხე საფეხური (დ.რ.4, დ.რ.4) მუშაობს სიგნალზე, აფრთხილებს მორიგეს ასიმეტრიის $I_2 > I_{2ზანგ.დას.მაქს.}$ წარმოქმნის შესახებ. დაცვის მახასიათებელი მოცემული არის ნახ. 13.19 ბ-ზე.

უკუმინდევრობის დენური დაცვა არ მოქმედებს სამფაზა მოკლედ შერთვის და სიმეტრიული გადატვირთვების დროს, რადგანაც ასეთ შემთხვევებში დენი $I_2=0$. ამიტომ სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს გამორთვისათვის საჭირო არის დამატებით გავითვალისწინოთ დაცვის კომპლექტი. იგი წარმოადგენს ერთფაზა შესრულების მაქსიმალურ დენურ დაცვას მინიმალური ძაბვით ბლოკირებით (ნახ. 13.19). დამატებითი კომპლექტი შეიცავს დენის (დ.რ.ფ.) რელეს, რომელიც ჩართული არის ერთ ფაზაში, და მინიმალური ძაბვის რელეს, რომელიც ჩართული არის ერთ-ერთ ხაზურ ძაბვაზე. ორივე რელე საიმედოდ რეაგირებენ სამფაზა მოკლედ შერთვაზე, ვინაიდან ასეთ დროს სამივე ფაზაში დენის და ძაბვის ცვლილებას აქვს ერთნაირი ხასიათი. დაცვა მოქმედებს დროის დაყოვნებით (დ.რ.).

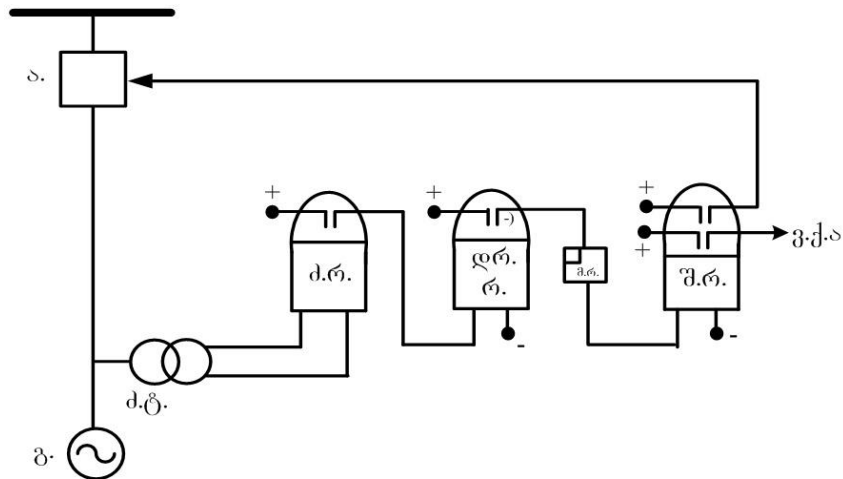
სიმეტრიული გადატვირთვებისაგან დაცვისათვის ერთ ფაზაში ჩართული არის დენის (დ.რ.გ.) გადატვირთვის რელე.

დამატებითი კომპლექტის დენის რელეების დანაყენები შეირჩევა ისევე როგორც მაქსიმალურ დენურ დაცვებში, მინიმალური ძაბვით ბლოკირებით.

13.6 ჰიდროგენერატორების ძაბვის აწევისაგან დაცვა

როგორც ცნობილია ჰიდროგენერატორებზე დატვირთვის მყისურად მოხსნის შემთხვევაში მის მომჭერებზე ძაბვა მნიშვნელოვნად იზრდება და აღწევს 150%-ს ნომინალური სიდიდისაგან. ძაბვის ასეთი მნიშვნელობა საშიშია სტატორის იზოლაციისათვის და საჭირო არის აღმოფხვრილი იქნას რამოდენიმე წამის განმავლობაში. თუ გენერატორები აღჭურვილი არიან აღზნების სწრაფად მოხსნის სპეციალური მოწყობილობებით და აღზნების რეგულირების პარამეტრები სწორად არის შერჩეული, მაშინ ძაბვის მკვეთრად აწევის დროს შესაძლებელია იგი ავტომატურად დაწეული იქნას ნომინალურ სიდიდემდე დასაშვები დროის ფარგლებში. მაგრამ თუ აღნიშნული მოწყობილობები არ იმყოფებიან გამართულ მდგომარეობაში, მაშინ გაზრდილი ძაბვის მნიშვნელობა რჩება როგორც გენერატორის

საღებებზე ისე გარე ქსელში, რაც საშიშროებას წარმოადგენს გენერატორის დაზიანებისათვის. ამიტომ ჰიდროგენერატორებზე განხორციელებული არის ძაბვის აწევისაგან დაცვა (ნახ. 13.20), რომელიც მოქმედებს გენერატორის ამომრთველის და ველის ქრობის ავტომატის გამორთვაზე. დაცვა შედგება ერთი ძაბვის (ძ.რ.) რელესაგან და ერთი დროის (დრ.რ.) რელესაგან.



ნახ. 13.20 ჰიდროგენერატორის ძაბვის აწევისაგან დაცვა

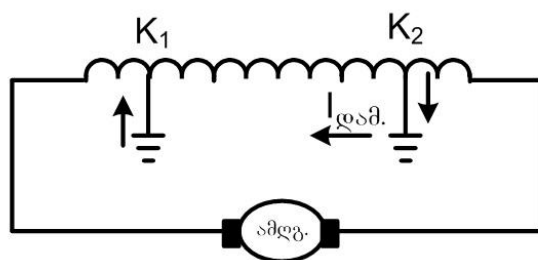
დაცვის ამუშავების ძაბვა შეირჩევა ტოლი $U_{და.} = (1,5 \div 1,7) U_{ნომ.}$ ვინაიდან ასეთი სიდიდის ძაბვა ხანმოკლე დროის განმავლობაშიც კი მიჩნეული არის საშიშად გენერატორისათვის. დროის (დრ.რ.) რელეზე განხორციელებული არის დანაყენი $t=0,5 \div 1$ წმ.

როგორც ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, აღნიშნულ დროში აღზნების რეგულირება ასწრებს დასწიოს გაზრდილი ძაბვის სიდიდე, ძაბვის (ძ.რ.) რელეს დაბრუნების $U_{დაბ.}$ ძაბვის მნიშვნელობაზე ქვემოთ, რაც გამორიცხავს დაცვის მოქმედებას.

13.7 როტორის დაცვა

ა) როტორის გრაგნილის კორპუსთან (მიწა) ორ წერტილში დამოკლებისაგან დაცვა.

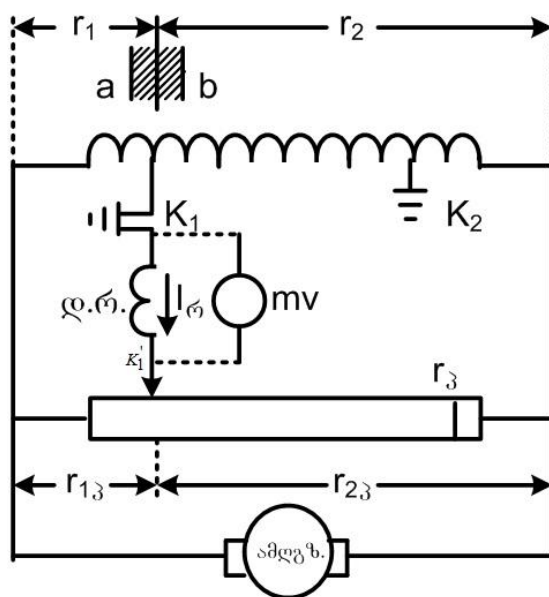
ტურბოგენერატორის როტორის გრაგნილის კორპუსთან ერთ წერტილში დამოკლების წარმოქმნის შემთხვევაში მას ხშირად ტოვებენ მუშაობაში, ვინაიდან დაზიანების წერტილში დენი არ გადის და ძაბვა როტორის მომჭერებზე რჩება ნორმალური. კორპუსთან ორ წერტილში დამოკლება (ნახ. 13.21) საშიში არის გენერატორისათვის და ამიტომ, ელექტროდანადგარების მოწყობის წესების თანახმად, ერთ წერტილში დამოკლების გაჩენის შემთხვევაში მუშაობაში დარჩენილ გენერატორზე უნდა ჩაირთოს ორ წერტილში დამოკლებისაგან დაცვა.



ნახ. 13.21 როტორის გრაგნილის ორ წერტილში დამოკლება.

ჩვეულებრივად ელექტროსადგურში არის ერთი კომპლექტი დაცვის მოწყობილობა, რომელიც მარტივად და სწრაფად შეიძლება მიუერთდეს სადგურის ნებისმიერ გენერატორს.

ორ წერტილში დამოკლებისაგან დაცვის მოქმედების პრინციპი ნაჩვენებია არის ნახ. 13.22-ზე. როტორის გრაგნილის პარალელურად ჩართული არის r_3 პოტენციომეტრი. პოტენციომეტრზე არის წერტილი K'_1 , რომლის პოტენციალი ტოლი არის როტორის გრაგნილის პირველ წერტილში დამოკლების პოტენციალის (წერტილი K_1). K'_1 წერტილსა და მიწას შორის ჩართული არის დენის (დრ.) რელეს გრაგნილი.

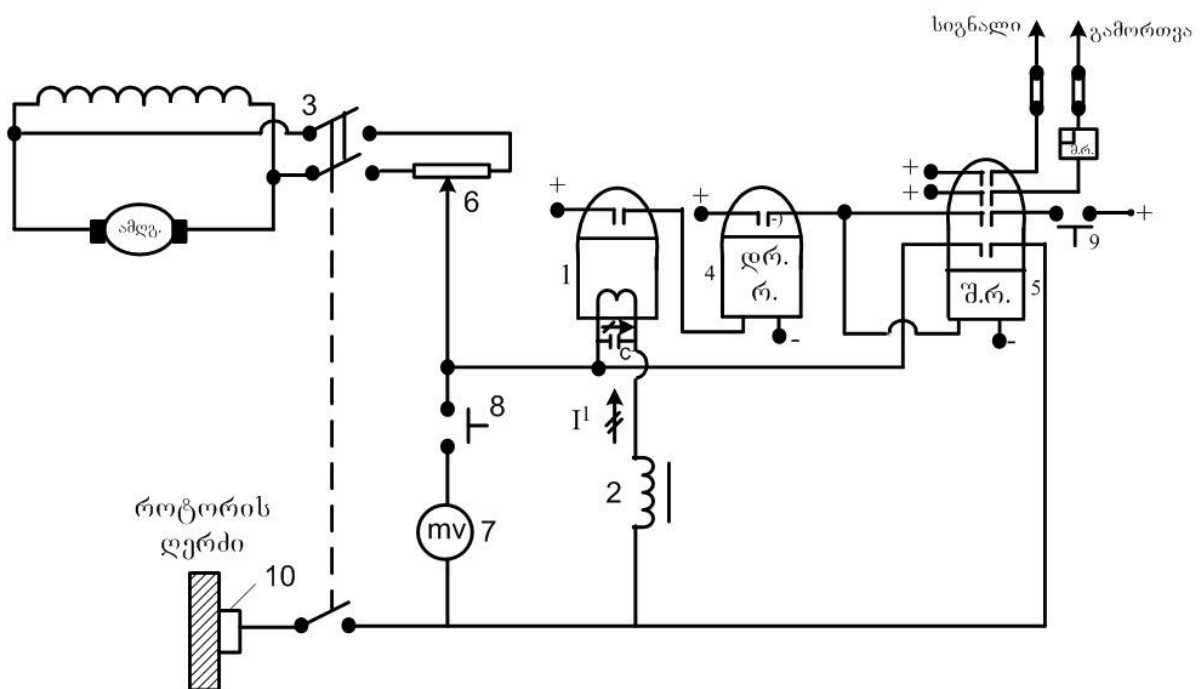


ნახ. 13.22 როტორის გრაგნილის ორ წერტილში დამოკლებისგან დაცვის მოქმედების პრინციპი

სქემა წარმოადენს ოთხმხრიან ბოგირს, რომლის დიაგონალშიც ჩართული არის რელე. დაზიანების K_1 წერტილსა და პოტენციომეტრის K'_1 წერტილს შორის პოტენციალების ტოლობის შემთხვევაში ბოგირის მხრების წინააღობები აკმაყოფილებენ პირობას $r_1/r_2 = r_{13}/r_{23}$, ამ დროს (დრ.) რელეში დენი ტოლი არის ნულის და დაცვა არ მოქმედებს. მეორე წერტილში კორპუსთან დამოკლების წარმოქმნის შემთხვევაში, მაგალითად K_2 წერტილში, ბოგირის წინააღობების შერჩეული

თანაფარდობა ირღვევა, რის გამოც K_1 და K'_1 წერტილების პოტენციალები იქნებიან სხვადასხვა და ბოგირის დიაგნოზში (რელეში) გაჩნდება დენი, რომლის სიდიდეც დამოკიდებული არის მხრების უბალანსობის ხარისხზე. თუ დენი რელეში $I_6 > I_{6.ა.}$, მაშინ დაცვა მოდის მოქმედებაში.

K_1 წერტილიდან რაც უფრო შორს აღიმკვრება მეორე დაზიანების K_2 წერტილი, მით უფრო მეტი სიდიდის დენი გაივლის რელეში. დაცვას აქვს მკვდარი ზონა, რომელიც განლაგებულია K_1 წერტილის მახლობლად (a და b წერტილებს შორის). თუ დაზიანების მეორე წერტილი (K_2) აღმოჩნდება ამ ზონის ფარგლებში, მაშინ დენი I_6 ნაკლები იქნება ვიდრე $I_{6.ა.}$ და დაცვა არ იმოქმედებს. დაცვის პოტენციომეტრზე K'_1 წერტილის პოვნა წარმოებს პრაქტიკული გზით მუდმივი დენის მილივოლტმეტრის საშუალებით, რომლითაც გაიზომება ძაბვა (დ.რ.) რელეს გრაგნილზე. პოტენციომეტრის მცოცი გადაადგილდება მანამ სანამ ვოლტმეტრის ჩვენება არ გახდება ნულის ტოლი, რაც მიუთითებს მხრების დაბალანსებაზე და რელეში დენის არ არსებობაზე. დაცვის პრინციპიალური სქემა ნაჩვენებია არის ნახ. 13.23-ზე.



ნახ. 13.23 როტორის გრაგნილის ორ წერტილში კორპუსთან დამოკლების დაცვის სქემა, რომელიც არ რეაგირებს როტორის დენის ცვლად მდგენელზე.

კორპუსთან ერთ წერტილში დამოკლების შემთხვევაში, მხრებს შორის ბალანსის არსებობის დროსაც კი, რელეში უწყვეტად გადის ცვლადი დენი I^1 , რომელიც განპირობებულია როტორსა და სტატორს შორის არსებული საჰაერო ღრეჩოს არათანაბრობით. აღნიშნული არათანაბრობის გამო მაგნიტური ნაკადის სიდიდე, რომელიც გადაკვეთს როტორს, განიცდის პულსაციას როტორის ბრუნვის შედეგად. ნაკადის პულსაციის შედეგად, როტორის გრაგნილში აღიმკვრება ე.მ.ძ.,

რომელიც განაპირობებს რელეს წრედში ცვლადში I' დენის გაჩენას. I' დენის გავლენით შეიძლება რელემ იმოქმედოს მეორე დამოკლების წერტილის არ არსებობის შემთხვევაში. დაცვის არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით რელეს გრაგნილის მიმდევრობით ჩართული არის დროსელი 2. დროსელის წინაღობა შერჩეული არის ისე, რომ ცვლადი I' დენის სიდიდე ნაკლები არის $I_{რ.ა.}$ დენზე. მუდმივი დენისათვის დროსელის წინაღობა მცირეა, ამიტომ იგი ვერ ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას ამ დენზე.

დაცვის ცვლადი დენისაგან განრიდების იმედიანობის ამაღლების მიზნით 1 რელეს გრაგნილის პარალელურად ჩართული არის C კონდენსატორი, რომლის გავლითაც იკვრება ცვლადი I' დენის მნიშვნელოვანი ნაწილი. მეორე წერტილში დამიწების გაჩენის შემთხვევაში დაზიანების სრული დენი არის მუდმივი და გადის რელეს გრაგნილში, რადგანაც კონდენსატორი მუდმივ დენს არ ატარებს.

რელეს (1) გრაგნილი მიერთებული არის არა უშუალოდ მიწასთან, არამედ როტორის ღერძთან, რადგანაც გრაგნილის დამოკლება ხდება არა უშუალოდ მიწასთან, არამედ როტორის კორპუსთან. ღერძთან მისაერთებლად გამოყენებული არის სპეციალური მუსა 10. დაცვა შეიცავს დროის რელეს 4, რომელზეც განხორციელებული არის დანაყენი $0,5 \pm 1$ წმ. დროის დაყოვნება გამორიცხავს დაცვის არასწორ მოქმედებას გარე ქსელში მოკლედ შერთვის დროს, აგრეთვე არასასურველ მოქმედებას როტორში არამდგრადი დამოკლებების შემთხვევაში.

შუალედური 5 რელე მოქმედებს გამორთვაზე ან იძლევა სიგნალს დაცვის მოქმედების შესახებ და აშუნტებს 1 რელეს გრაგილს, რომელიც არ არის გათვლილი ხანგრძლივ დენზე.

დაცვის წრედების დაზიანებულ გენერატორთან მისაერთებლად გამოიყენება ჩამრთველი 3. ვოლტმეტრი 7 და ღილაკი 8 ემსახურება დაცვის გაწყობას, ხოლო ღილაკი 9 დაცვის მოქმედების შემდეგ სქემის დაბლოკირებას.

დაცვის მგრძნობიარობა დამოკიდებული არის არა მხოლოდ 1 რელეს ამუშავების დენზე, არამედ რელეს და 6 პოტენციომეტრის წინაღობებზე, რომლებიც გავლენას ახდენენ დაზიანების დენის სიდიდეზე. რაც უფრო მცირეა მათი წინაღობების სიდიდე, მით უფრო დიდია დენი რელეში და მაღალია დაცვის მგრძნობიარობა. მკვდარი ზონის შემცირებისათვის სასურველია დაცვას ჰქონდეს შესაძლო მაღალი მგრძნობიარობა. ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ თუ პოტენციომეტრის წინაღობა $r_3 = 50 \div 100$ ომი და დანაყენი რელეზე ტოლია $I_{რ.ა.} = 50 \div 100$ მა, მაშინ დაცვას გააჩნია საკმაოდ მაღალი მგრძნობიარობა.

ბ) როტორის დენით გადატვირთვისაგან დაცვა.

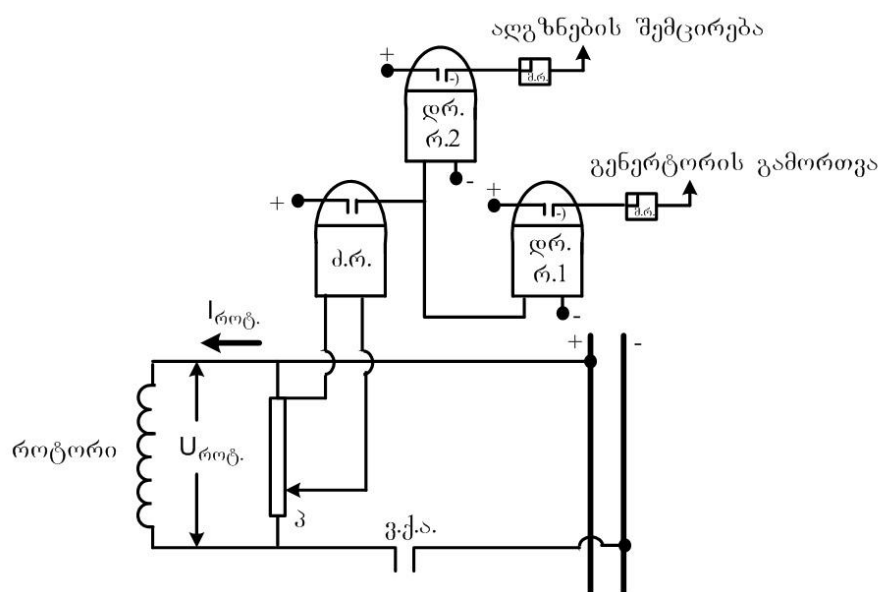
100 მვტ და მეტი სიმძლავრის ტურბოგენერატორებს სტატორის და როტორის გრაგნილების გამტარების უშუალო გაციებით მცირე სიმძლავრის გენერატორებისაგან განსხვავებით გააჩნიათ გადატვირთვის მცირე შესაძლებლობები. ამიტომ როტორის გადატვირთვის შემთხვევაში, როცა $I_{როტ.} > I_{როტ.მინ.}$, მძლავრი ტურბოგენერატორების

როტორის გრაგნილი ხურდება უფრო სწრაფად და მათი თბური მახასიათებელი $t_{\text{დას}}=f(I_{\text{როტ.}})$ მიდის უფრო ქვევით, ვიდრე მცირე სიმძლავრის მანქანებში. ასე მაგალითად მცირე და საშუალო სიმძლავრის ტურბოგენერატორებში როტორის ორმაგი დენის დროს დასაშვები დრო $t_{\text{დასაშ}} \geq 1$ წთ., მაშინ როცა ТБФ ტიპის მძლავრი მანქანებისათვის $t_{\text{დას}}=30$ წმ, ხოლო ТББ და ТТБ ტიპის მანქანებში – 20წმ-ს. დროის ასეთ შუალედში (20÷30 წმ.) მორიგე პერსონალი ვერ შეძლებს გაატაროს საჭირო ზომები გადატვირთვის ლიკვიდაციისათვის ან გენერატორის გამოსართავად.

ამიტომ საჭირო არის მძლავრი გენერატორები იყოს აღჭურვილი როტორის დენით გადატვირთვისაგან დაცვით, რომელიც იმოქმედებს ამომრთველის გამორთვაზე.

როტორის დენით გადატვირთვა აღიძვრება რეგულატორის მუშაობის პროცესში ან როცა იმოქმედებს აღზნების ფორსირების მოწყობილობა. გადატვირთვის მაქსიმალური მნიშვნელობა განისაზღვრება აღზნების ფორსირების დენის ჯერადობით. აღზნების ფორსირების დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა ტოლი არის $2I_{\text{როტ.ნომ.}}$; ხანგრძლივი ფორსირება, რომელიც საშიში არის როტორისათვის, შეიძლება აღიძვრას გენერატორის რეაქტიული სიმძლავრის არასაკმარისობის შემთხვევაში მის მომჭერებზე და სისტემაში ნომინალური ძაბვის აღდგენის პროცესში ან აღზნების რეგულატორის გაუმართაობის შემთხვევაში, რომელიც გამოიწვევს როტორის დენის გაზრდას.

მძლავრ გენერატორებში როტორის დენით გადატვირთვისაგან დაცვისათვის ჯერ-ჯერობით გამოიყენება გამარტივებული, ნაკლებად სრულყოფილი დაცვის სქემა დამოუკიდებელი მახასიათებლებით, რომელიც რეაგირებს როტორის მომჭერებზე $U_{\text{როტ.}}$ ძაბვაზე. ეს ძაბვა პროპორციულია როტორის დენის $I_{\text{როტ.}}$, რადგანაც $U_{\text{როტ.}}=I_{\text{როტ.}}R_{\text{როტ.}}$ სადაც $R_{\text{როტ.}}$ – არის როტორის გრაგნილის წინაღობა. სქემა ნაჩვენებია ნახ. 13.24-ზე.



ნახ. 13.24 როტორის დენით გადატვირთვისაგან დაცვა დენისაგან დამოუკიდებელი დროის დაყოვნებით

გამშვი ძაბვის (ძ.რ.) რელე კვებას იღებს პოტენციომეტრიდან, რომელიც ჩართული არის როტორის გრაგნილის პარალელურად. ამიტომ ძაბვა რელეს მომჭერებზე $U_{\text{რ. პროპორციულია } U_{\text{როტ.}}\text{-ის და } I_{\text{როტ.}}\text{-ის. დაცვა განხორციელებული არის ორი დროის რელეთი: დრ.რ.1 და დრ.რ.2.}$

პირველი დროის დაყოვნებით $t_{\text{დ.1}}=t_{\text{დასაშ.}}$ დაცვა აგზავნის იმპულსს გენერატორის გამორთვაზე, ხოლო მეორე მოქმედებს აღზნების ფორსირების შემცირებაზე ან მოხსნაზე დროის დაყოვნებით $t_{\text{დ.2.}} = t_{\text{დ.1}} - \Delta t.$

დაცვამ უნდა იმოქმედოს როტორის დენის ისეთი მნიშვნელობის დროს, როცა პერსონალის საშუალებით გადატვირთვის ლიკვიდაცია შეუძლებელია, $t_{\text{დასაშ.}}$ დროის სიმცირის გამო. თუ, როტორის თბური მახასიათებლიდან გამომდინარე, მივიღებთ, რომ $t_{\text{დასაშ.}}=1,5\div2$ წთ, მაშინ დაცვამ უნდა იმოქმედოს როტორის დენის $I_{\text{როტ.}}=(1,4\div1,5)I_{\text{როტ.ნომ.}}$ მნიშვნელობის დროს. აქედან გამომდინარე

$$U_{\text{დ.ა.}}=1,5\cdot I_{\text{როტ.ნომ.}}\cdot R_{\text{როტ.}} \quad (13.21)$$

დროის დაყოვნება დრ.რ.1 უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას $t_{\text{დ.1}}\leq t_{\text{დასაშ.}}$ მაქსიმალური შესაძლო გადატვირთვის დროს.

როგორც ცნობილია ფორსირების დენის მაქსიმალურმა მნიშვნელობამ შეიძლება მიაღწიოს $2I_{\text{როტ.ნომ.}}$; როტორის თბური მახასიათებლით განისაზღვრება რომ დენის ამ მნიშვნელობის დროს $t_{\text{დას}} = 20\div30$ წმ. აქედან გამომდინარეობს, რომ $t_{\text{დ.1}}=20\div30$ წმ.

გენერატორებში იონური და მაღალსიხშირული აღზნებით როტორი იკვებება გამართული დენით. ამ დენის მრუდი არის პულსირებული სახის და შეიცავს სხვადასხვა სიხშირის ცვლად მდგენელს. როტორის დენის მრუდის ფორმა არსტაბილურია და შეიძლება შეიცვალოს სხვადასხვა რეჟიმებში ან აღზნების სისტემის გაუმართაობის შემთხვევაში. აღნიშნული საჭიროა გათვალისწინებული იქნას დაცვის გამშვი ძაბვის რელეს შერჩევის დროს. დაცვის გამშვი ძაბვის რელეს მგრძნობიარობა არ უნდა შეიცვალოს გამართული დენის მრუდის ფორმის შეცვლით.

ხანმოკლე გადატვირთვების დროს, რომელიც არ არის საშიში როტორისათვის, დაცვის არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით, საჭირო არის დაცვის ყველა სქემაში განხორციელდეს გამშვი რელეს სწრაფი დაბრუნება $I_{\text{როტ.}}$ დენის შემცირებისას სიდიდემდე, რომელიც ახლოს არის $I_{\text{დ.ა.}}$ -თან ანუ $K_{\text{დაბ.}}=0.95\div0.98.$

14.1 დაცვის სახეები და მოთხოვნები

როგორც ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, ელ.სადგურების და ქვესადგურების გამანაწილებელ მოწყობილობებზე ზედამხედველობის და მომსახურების ხელსაყრელი პირობების მიუხედავად დაზიანებებს შემკრებ სალტეებზე მაინც აქვს ადგილი. ამ სახასიათო მიზეზებს, რომლებიც იწვევენ დაზიანებებს სალტეებზე შეიძლება მივაკუთვნოთ: ამომრთველების შემყვანებზე და სალტის იზოლატორებზე გადაფარვა; სალტესა და ამომრთველებს შორის დადგმული დენის ტრანსფორმატორების და სალტის ძაბვის ტრანსფორმატორების დაზიანება; ამომრთველების და გამთიშველების იზოლატორების დამტვრევა მათზე ოპერაციების ჩატარების პროცესში; გამანაწილებელ მოწყობილობებზე გადართვებისას მომსახურე პერსონალის მიერ დაშვებული შეცდომა.

ელსადგურის და ქვესადგურის სალტეებზე აღძრული მოკლედ შერთვების გამორთვისათვის, სალტეების მკვებაჲ გენერატორებზე, ტრანსფორმატორებზე და ხაზებზე ჩვეულებრივად გათვალისწინებული არის შესაბამისი დაცვები.

გენერატორებზე და ტრანსფორმატორებზე ასეთი დაცვის ფუნქციას ასრულებს გარე ქსელში სიმეტრიული და არასიმეტრიული მოკლედ შერთვებისგან დაცვა, ხოლო ხაზებზე მაქსიმალური და დისტანციური დაცვა. მაგრამ სალტეზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში ეს დაცვები მოქმედებენ დროის დაყოვნებით, რომელიც ზოგჯერ საკმაოდ დიდი სიდიდისაა.

ამავე დროს მდგრადობის პირობებიდან გამომდინარე განსაკუთრებით $110\div 500$ კვ. ძაბვის ქსელში, აუცილებლობას წარმოადგენს სალტეებზე აღძრული ფაზათაშორის მოკლედ შერთვების მყისური გამორთვა. ამიტომ დღის წესრიგში დგება გამოყენებული იქნას სალტეების სპეციალური დაცვები, რომლებიც განახორციელებენ სალტეებზე აღძრული მოკლედ შერთვების მყისურ გამორთვას.

გარდა მოქმედების არასაკმარის სისწრაფისა, ხაზების, ტრანსფორმატორების და გენერატორების დაცვები ზოგიერთ შემთხვევაში ვერ უზრუნველყოფენ დაზიანებული სალტეთა სისტემის სელექციურ გამორთვას.

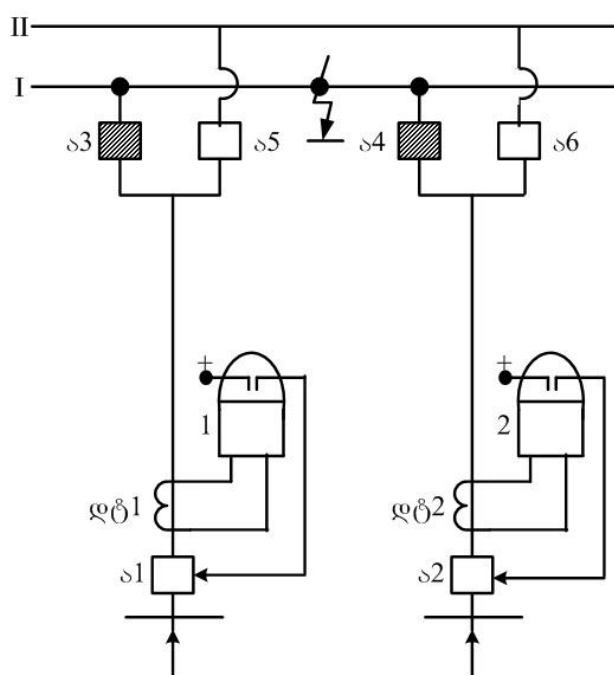
აღნიშნულის სახასიათო მაგალითს წარმოადგენს ქვესადგური ორი ამომრთველით ყოველ მინაერთზე (ნახ. 14.1). სალტეების პირველ სისტემაზე მოკლედ შერთვის დროს 1 და 2 დაცვები გამორთავენ ა1 და ა2 ამომრთველებს, რითაც კვებას შეუწყვეტენ სალტეების ორივე სისტემას, თუმცა აღნიშნული სქემის შემთხვევაში არის

შესაძლებლობა ა3 და ა4 ამომრთველების გამორთვით კვება შეუნარჩუნდეს სალტეების მე-2 სისტემას. დაზიანების ასეთი ლიკვიდაცია შესაძლებელი არის მხოლოდ სალტეების სპეციალური დაცვის გამოყენებით.

ამრიგად სალტეების სპეციალური დაცვები გამოიყენება ისეთ შემთხვევაში, როცა მინაერთების დაცვები ვერ უზრუნველყოფენ საჭირო სწრაფმოქმედებას ან სელექციურობას.

სალტეზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში დაცვამ უნდა გამორთოს ყველა მინაერთი, საიდანაც იკვებება მოკლედ შერთვის წერტილი. ამასთან დაკავშირებით სალტეების სპეციალურ დაცვებს ენიჭებათ განსაკუთრებული პასუხისმგებლობა, რადაგანაც მათი არასწორი მოქმედება იწვევს სადგურის ან ქვესადგურის მთლიან ან ნაწილობრივ ჩაქრობას, ამიტომ სალტეების დაცვის მოქმედების პრინციპი და მისი პრაქტიკული (მონტაჟი) განხორციელება უნდა გამოირჩეოდეს მაღალი იმედიანობით, რომელიც გამორიცხავს არასწორი მოქმედების ნებისმიერ შესაძლებლობას.

დღეისათვის სალტეების სწრაფმოქმედ და სელექციურ დაცვად გამოიყენება დაცვა, რომელიც დაფუძნებული არის დიფერენციალურ პრინციპზე. ტრანსფორმატორებზე და სასექციო ამომრთველებზე, რომლებიც კვებავენ სალტეებს, საიდანაც გამავალი ხაზები შეიცავენ რეაქტორებს, სალტეების სპეციალურ დაცვად გამოიყენება დენური მოკვეთა და დისტანციური დაცვა.



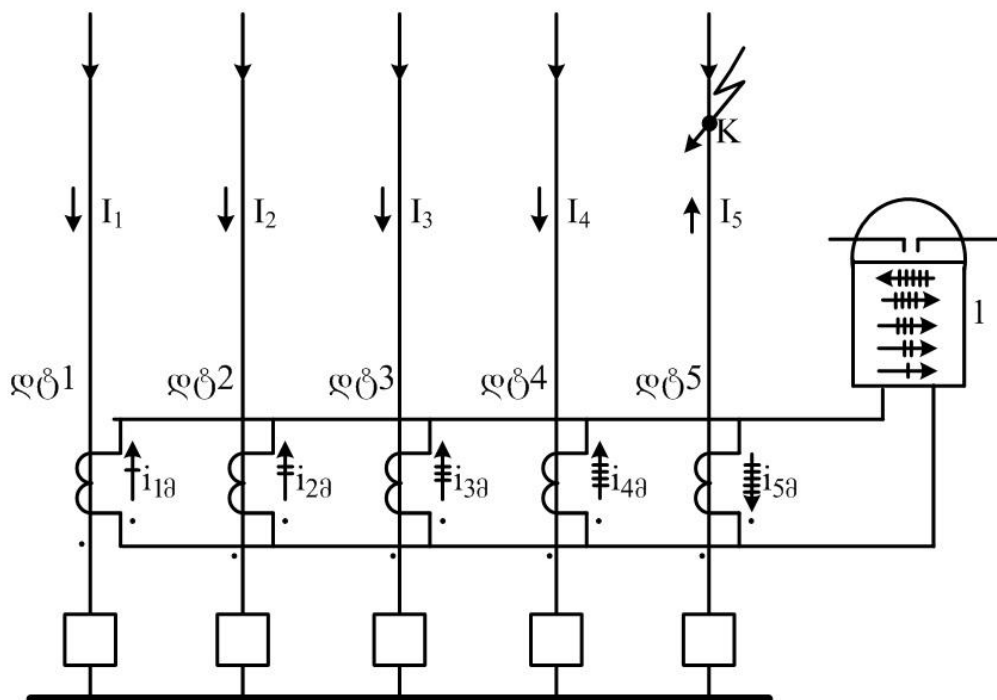
ნახ. 14.1 ქვესადგურის სქემა ყოველ მინაერთზე ორი ამომრთველით. დაშტრიხულით ამომრთველები გამორთულია დაცვით I სისტემაზე მოკლედ შერთვის დროს.

14.2 სალტეების დიფერენციალური დაცვა

სალტეების დიფერენციალური დაცვა დაფუძნებულია იგივე პრინციპზე, როგორც ადრე განხილული გენერატორების, ტრანსფორმატორების და ხაზების დიფერენციალური დაცვები. სხვანაირად რომ ვთქვათ სალტეზე შემოსული და სალტიდან გასული დენების სიდიდეების და ფაზების შედარების პრინციპზე (ნახ. 14.2) დაცვის წრედების კვებისათვის ყველა მინაერთი აღჭურვილი არის დენის ტრანსფორმატორებით, რომლებსაც აქვთ ერთნაირი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი n .

დიფერენციალური 1 რელე მიერთებული არის ყველა მინაერთის დენის ტრანსფორმატორებთან ისე, რომ როცა პირველადი დენები ყველა მინაერთში მიმართული არიან სალტეებისაკენ, მასში გავიდეს ყველა მინაერთის მეორადი დენების ჯამი, ანუ $I_n = \sum I_{\text{მინაერთი}}$. მაშინ გარე მოკლედ შერთვის დროს $\sum I_{\text{მინაერთი}} = 0$ და რელე არ მოქმედებს, ხოლო სალტეზე მოკლედ შერთვის დროს $\sum I_{\text{მინაერთი}}$ ტოლი არის მოკლედ შერთვის წერტილში დენების ჯამის და დაცვა მოქმედებს.

ჩვეულებრივად ყველა დენის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილები მიერთებული არიან სალტეებთან ერთსახელა მომჭერებით (ნახ. 14.2). დიფერენციალური 1 რელეს ზემოთ აღნიშნული ჩართვის სქემის განხორციელებისათვის ყველა დენის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილი შეერთებული არის პარალელურად ერთნაირი პოლარობით (დასაწყისი-დასაწყისთან, ბოლო-ბოლოსთან) და მასთან პარალელურად შეერთებული არის 1 რელეს გრაგნილი.



ნახ. 14.2 სალტეზე მოკლედ შერთვის დროს სალტეების დიფერენციალური დაცვის მეორად წრედში დენების განაწილება.

გარე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 14.2; წერტილი K) მოკლედ შერთვის დენი I_5 , რომელიც მიმართული არის სალტიდან მოკლედ შერთვის წერტილისაკენ, ტოლი არის დენების ჯამის, რომლებიც მიმართული არიან კვების წყაროდან სალტეებისაკენ;

$$I_5 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad (14.1)$$

ნახ. 14.2-ზე ნაჩვენები დენების განაწილებიდან ჩანს, რომ მეორადი დენები I_{1a} , I_{2a} , I_{3a} და I_{4a} , რომლებიც შეესაბამებიან პირველად დენებს და მიედინებიან სალტეებისაკენ, რელეს გრაგნილში მიმართული არიან I_{5a} დენის საწინააღმდეგოდ. დენი რელეში

$$I_6 = (I_{1a} + I_{2a} + I_{3a} + I_{4a}) - I_{5a} \quad (14.2)$$

თუ მეორად დენებს გამოვსახავთ პირველად სიდიდეებში და გავითვალისწინებთ (14.1) ტოლობას, მივიღებთ რომ დენი

$$I_6 = \frac{I_1}{n_{\delta}} + \frac{I_2}{n_{\delta}} + \frac{I_3}{n_{\delta}} + \frac{I_4}{n_{\delta}} - \frac{I_5}{n_{\delta}} = 0$$

შესაბამისად, გარე მოკლედ შერთვის დროს რელეში დენი არ არსებობს.

დამაგნიტების დენების გათვალისწინებით დენის ტრანსფორმატორების მეორადი დენები ტოლი არის

$$I_{1a} = \frac{I_1}{n_{\delta}} - I_{\text{დამაგ.1}}; \quad I_{2a} = \frac{I_2}{n_{\delta}} - I_{\text{დამაგ.2}}; \quad I_{3a} = \frac{I_3}{n_{\delta}} - I_{\text{დამაგ.3}};$$

$$I_{4a} = \frac{I_4}{n_{\delta}} - I_{\text{დამაგ.4}}; \quad I_{5a} = \frac{I_5}{n_{\delta}} - I_{\text{დამაგ.5}};$$

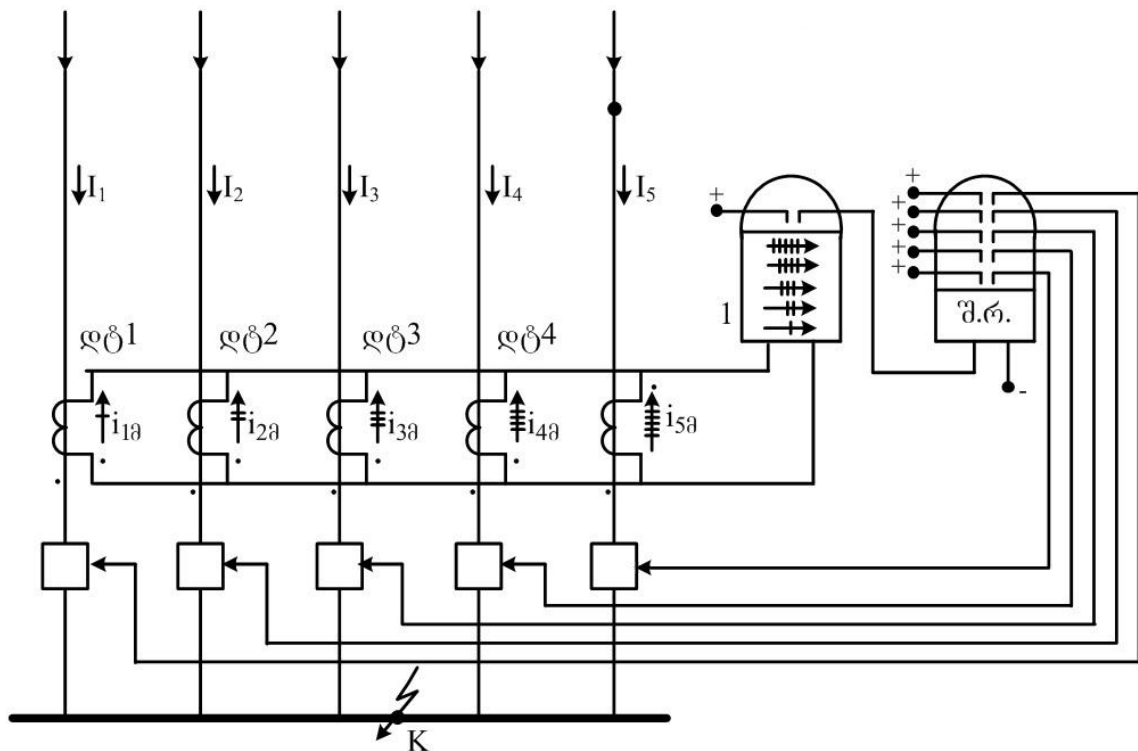
თუ მეორადი დენების ამ მნიშვნელობებს ჩავსვამთ (14.2) გამოსახულებაში მივიღებთ

$$I_6 = I_{\text{დამაგ.5}} - (I_{\text{დამ1}} + I_{\text{დამ2}} + I_{\text{დამ3}} + I_{\text{დამ4}}) = I_{\text{უბალ}} \quad (14.3)$$

მიღებული გამოსახულება უფლებას გვაძლევს გავაკეთოთ დასკვნა, რომ დენის ტრანსფორმატორების ცდომილების გამო რელეში ჩნდება უბალანსობის დენი $I_{\text{უბ}}$, რომელიც ტოლია დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების დენების გეომეტრიული სხვაობის. იმისათვის, რომ დაცვამ არ იმოქმედოს საჭირო არის დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე მეტი იყოს უბალანსობის დენის მაქსიმალურ მნიშვნელობაზე:

$$I_{\text{და.ა}} > I_{\text{უბ.მაქს.}}$$

სალტეზე მოკლედ შერთვის დროს (ნახ. 14.3) ყველა მინაერთში გადის მოკლედ შერთვის დენი, რომელიც მიმართული არის დაზიანების ადგილისაკენ ანუ ქვესადგურის სალტეებისაკენ. რელეს გრაგნილში მეორად დენებს აქვთ ერთნაირი მიმართულება, ამიტომ დენი რელეში ტოლი არის მათი ჯამის $I_6 = I_{1a} + I_{2a} + I_{3a} + I_{4a} + I_{5a}$.



ნახ. 14.3 სალტეზე მოკლედ შერთვის დროს სალტეების დიფერენციალური დაცვის მეორად წრედებში დენების განაწილება.

თუ მეორად დენებს გამოვსახავთ პირველად სიდიდეებში, მივიღებთ

$$I_6 = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{n_6}$$

რადგანაც

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = I_{ა.შ.} \quad (14.4)$$

მაშინ

$$I_6 = \frac{I_{ა.შ.}}{n_6} \quad (14.5)$$

გამოსახულება (14.5) გვიჩვენებს, რომ სალტეზე მოკლედ შერთვის დროს სალტეების დიფერენციალური დაცვა რეაგირებს დაზიანების წერტილში $I_{ა.შ.}$ სრულ დენზე და ამიტომ მას აქვს მაღალი მგრძნობიარობა. დაცვა იმოქმედებს, თუ $I_{ა.შ.} > I_{ა.ს.}$;

ნორმალურ რეჟიმში რელეში გადის სალტეზე შემოსული და სალტიდან გასული დენების სხვაობა. ეს დენები ერთმანეთს აწონასწორებენ და დაცვა არ მოქმედებს. მაგრამ დენის ტრანსფორმატორების ცდომილების გამო რელეში ჩნდება უბალანსობის დენი, მაგრამ იგი არის შედარებით მცირე, ვიდრე გარე მოკლედ შერთვის დროს.

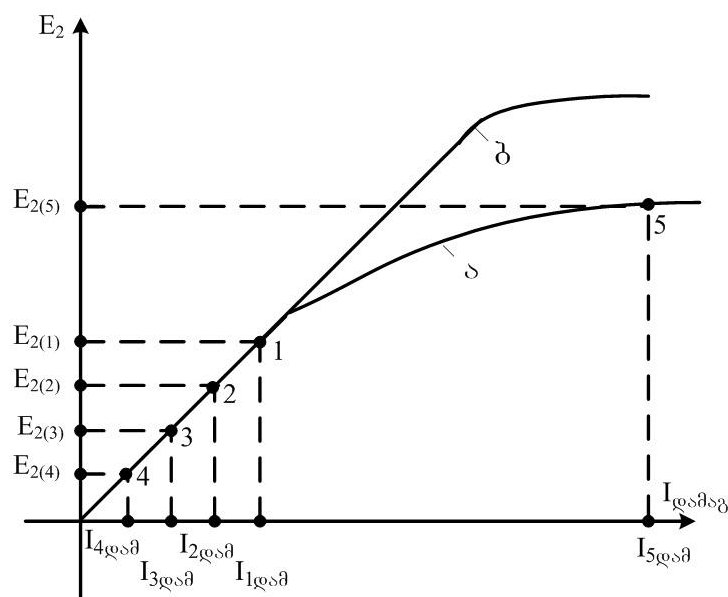
14.3 სალტეების დიფერენციალური დაცვის იმედიანობის ამაღლების ღონისძიებები

ა) უბალანსობის დენის შემცირება

უბალანსობის დენმა შეიძლება გამოიწვიოს დაცვის არასწორი მოქმედება, ამიტომ საჭირო არის გატარდეს ზომები მისი სიდიდის შემცირებისათვის.

გამოსახულება (14.3) გვიჩვენებს, რომ როგორც სხვა დიფერენციალურ დაცვებში, სალტეების დაცვაში უბალანსობის დენის შემცირება მიიღწევა სხვაობის შემცირებით დაზიანებული ელემენტის დენის ტრანსფორმატორის დამაგნიტების დენსა ($I_{დამ.5}$) და დანარჩენი ელემენტების დენისა ტრანსფორმატორების ჯამურ დამაგნიტების დენებს შორის ($I_{დამ1} + I_{დამ2} + I_{დამ3} + I_{დამ4}$); ორივე მდგენელის ტოლობის შემთხვევაში უბალანსობის დენი არ არსებობს.

როგორც ცნობილია დენის ტრანსფორმატორების დამაგნიტების დენზე დამოკიდებული არის მისი მეორადი ე.მ.დ.-ს E_2 სიდიდე. მათი ურთიერთ კავშირი $E_2=f(I_{დამ})$ ხასიათდება დამაგნიტების მრუდით (ნახ. 14.4).



ნახ. 14.4 დიფერენციალური დაცვის დ.ტ.-ის დამაგნიტების მახასიათებელი.

რაც უფრო დიდი არის დენის ტრანსფორმატორში გამავალი მოკლედ შერთვის დენი, მით უფრო დიდი არის E_2 და შეაბამისად $I_{დამაგ.}$ დენი; გარე მოკლედ შერთვის დროს ყველაზე დიდი მოკლედ შერთვის დენი გადის დაზიანებული ელემენტის დენის ტრანსფორმატორში, ამიტომ მისი დამაგნიტების დენი იქნება მაქსიმალური. დანარჩენი მინაერთების დენის ტრანსფორმატორებში გადის ამ დენის მხოლოდ ნაწილი, რის გამოც მათი დამაგნიტების დენები გაცილებით მცირეა. განსაკუთრებით არასასურველი არის მეორადი ე.მ.დ.-ის ისეთი თანაფარდობა, რომლის დროსაც დაზიანებული მინაერთის დენის ტრანსფორმატორი მუშაობს გაჟღენთილ ნაწილში

(წერტილი 5 ნახ. 14.4), ხოლო ყველა დანარჩენი – დამაგნიტების მახასიათებლების სწორხაზოვან ნაწილში (წერტილები 1, 2, 3 და 4). ასეთ პირობებში (14.3) გამოსახულებაში დამაგნიტების დენებს შორის სხვაობა ლეზულობს მაქსიმალურ მნიშვნელობას. ამიტომ უბალანსობის დენის შემცირებისათვის საჭირო არის უზრუნველყოფილი იყოს პირობა, რომლის შესაბამისად გარე მოკლედ შერთვების დროს ყველა დენის ტრანსფორმატორი უნდა მუშაობდეს დამაგნიტების მახასიათებლის გაუქმდნათავ ნაწილში. ამისათვის საჭიროა:

ა) გამოყენებული იქნას ერთნაირი ტიპის დენის ტრანსფორმატორები, რომლებიც იჟდინთებიან მოკლედ შერთვის დენის შესაძლო მაქსიმალური მნიშვნელობების დროს. ყველაზე უფრო მისაღები ამ მიზნით არის P(D) კლასის დენის ტრანსფორმატორები, რომლებიც რეკომენდირებულია გამოყენებული იქნას სალტეების დიფერენციალურ დაცვაში.

ბ) დენის ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის n_{α} გაზრდით შემცირებული იქნას $I_{a.a.}$ -ს დენის ჯერადობა დ.ტ.-ს ნომინალურ დენთან.

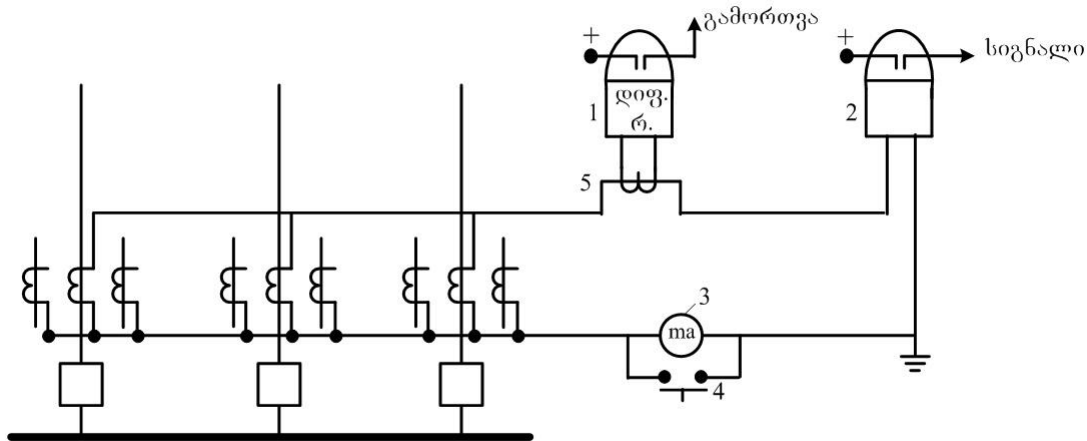
გ) $Z_{დატ.}$ -ის და $I_{მეორ}$ დენის შემცირებით შემცირებული იქნას დენის ტრანსფორმატორის დატვირთვა. პირველის მიღწევა შესაძლებელი არის საკონტროლო კაბელის კვეთის გაზრდით და სიგრძის შემცირებით; ხოლო მეორეს – ერთამპერიანი დენის ტრანსფორმატორების ან დამხმარე დენის ტრანსფორმატორების გამოყენებით.

დენის ტრანსფორმატორების შერჩევა და მათი დატვირთვის განსაზღვრა ხორციელდება ცდომილების 10%-იანი მრუდეებით.

ბ) დიფერენციალური რელეს განრიდება უბალანსობის დენისაგან.

თუმცა უბალანსობის დენის შემცირებისათვის ზემოთ ჩამოთვლილ ღონისძიებებს გააჩნიათ არსებითი მნიშვნელობა, მაგრამ არადაწყარებულ რეჟიმებში უბალანსობის დენებმა შეიძლება მიაღწიონ დიდ მნიშვნელობებს მოკლედ შერთვის დენის აპერიოდული მდგენელის ზეგავლენით დენის ტრანსფორმატორის გულანის ძლიერი დამაგნიტების გამო.

არამდგრად რეჟიმებში გაზრდილი უბალანსობის დენებისაგან განრიდების გაუმჯობესების მიზნით სალტეების დიფერენციალურ დაცვაში, ისევე როგორც სხვა დიფერენციალურ დაცვებში, გამოიყენება რელე სწრაფგამჟღენთი 5 დენის ტრანსფორმატორით (ნახ. 14.5). ეს უკანასკნელი არ ატარებს რელეში უბალანსობის დენის აპერიოდულ მდგენელს, რის გამოც დიფერენციალური დაცვა განრიდებული არის არა უბალანსობის სრული დენისაგან, არამედ მისი პერიოდული მდგენელისაგან. დაცვა განხორციელებული არის დიფერენციალური დაცვის რელეებით, რომლებშიც ჩაშენებული არის, სწრაფგამჟღენთი დენის ტრანსფორმატორები. აღნიშნული რელეები არის ორი მოდიფიკაციის 5ა და 1ა მეორად ნომინალურ დენზე.



ნახ. 14.5 დიფერენციალური დაცვა რელე 1-ით, რომელიც ჩართულია შუალედური სწრაფგამქდენთი 5 ტრანსფორმატორით და დენური წრედების სიმთელის კონტროლით, სასიგნალო 2 რელეს და 3 მილიამპერმეტრის გამოყენებით.

გ) დენური წრედების სიმთელის კონტროლი.

რომელიმე მინაერთის დენის ტრანსფორმატორის მეორადი წრედის ფაზის გაწყვეტის ან დამოკლების შემთხვევაში შესაბამის დიფერენციალურ რელეში გაწყვეტილი და დამოკლებული ფაზის დენი არ გადის. შედეგად რელეში ირღვევა დენების ბალანსი, მასში გადის დენი, რომელიც სიდიდით ტოლი და მიმართულებით საწინააღმდეგო არის გაწყვეტილი ან დამოკლებული ფაზის დენის.

ამრიგად დენური წრედის გაწყვეტის შემთხვევაში სალტეების დაცვამ შეიძლება არასწორად იმუშაოს და გამორთოს მთელი ქვესადგური ან ელექტროსადგური ანუ გამოიწვიოს მძიმე ავარია.

ფაზის გაწყვეტის შემთხვევაში დატვირთვის დენის გავლენით სალტეების დაცვის არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით დიფერენციალური რელე განრიდებული არის ყველაზე უფრო დატვირთული მინაერთის დატვირთვის დენისაგან. გარდა ამისა დიფერენციალური რელეების ნულოვან სადენში ჩართული არის მგრძნობიარე დენის რელე (ნახ. 14.5).

მეორადი წრედის ფაზის გაწყვეტის ან დამოკლების შემთხვევაში იმოქმედებს 2 დენის რელე, რომელსაც დროის დაყოვნებით გამოყავს დაცვა მოქმედებიდან და იძლევა გამაფრთხილებელ სიგნალს.

გარდა ამისა ნულოვან სადენში ჩართული არის მილიამპერმეტრი, რომლის საშუალებითაც შეიძლება აღმოჩენილ იქნას არა მარტო მეორადი წრედის ფაზის გაწყვეტა ან დამოკლება, არამედ ნებისმიერი სხვა უწყესრიგობა, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს ნულოვან სადენში უბალანსობის დენის გაზრდა. 4 ღილაკზე ხელის დაჭერით მორიგე პერსონალი პერიოდულად ზომავს უბალანსობის დენს, რითაც ფაქტიურად აკონტროლებს დენური წრედის სიმთელეს.

14.4 სალტეების დიფერენციალური დაცვის ამუშავების დენის შერჩევა

სალტეების დიფერენციალური დაცვის ამუშავების დენის სიდიდე შეირჩევა შემდეგი ორი პირობიდან გამომდინარე:

1. ნორმალურ რეჟიმში დაცვის მეორადი დენური წრედის გაწყვეტის შემთხვევაში მან არ უნდა იმოქმედოს. ამისათვის

$$I_{დ.ა.} = K_{მარ} \cdot I_{ნორ.მაქს.} \quad (14.6)$$

სადაც - $K_{მარ}$ – არის მარაგის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლი არის $1.2 \div 1.25$; $I_{ნორ.მაქს.}$ – არის ყველაზე უფრო დატვირთული მინაერთის მაქსიმალური დატვირთვის დენი.

2. დაცვამ არ უნდა იმოქმედოს გარე მოკლედ შერთვის დროს წარმოქმნილი უბალანსობის დენზე. ამისათვის

$$I_{დ.ა.} = K_{მარ} \cdot I_{უბ.მაქს} \quad (14.7)$$

რელეს მიერთების შემთხვევაში სწრაფგამჟღენთი ტრანსფორმატორის გამოსასვლელზე ამუშავების დენი განრიდებული არის მხოლოდ დამყარებული რეჟიმის უბალანსობის დენისაგან.

დამყარებული უბალანსობის $I_{უბ.მაქს}$ დენის შეფასება ხდება მიახლოებით. დაუშვებენ, რომ ცდომილებით მუშაობს ის დენის ტრანსფორმატორი, რომელშიც გადის მოკლედ შერთვის ჯამური დენი. ამ პირობით უბალანსობის დენი ტოლი იქნება მოცემული დენის ტრანსფორმატორის ΔI ცდომილების, რომელიც თავისთავად ტოლი არის დამაგნიტების $I_{დამ.}$ დენის

$$I_{უბალ} = \Delta I = I_{დამაგ.}$$

თუ ΔI მაქსიმალური მოკლედ შერთვის დენის დროს არ აღემატება 10%-ს, რაც შემოწმებული არის ცდომილების 10%-იანი მრუდეებით, მაშინ

$$I_{უბ.მაქს} = 0.1 \cdot I_{მ.შ.მაქს} \quad (14.8)$$

სადაც $I_{მ.შ.მაქს}$ – არის გარე ქსელში დაზიანების დროს მაქსიმალურად მოკლედ შერთვის დენი.

საბოლოოდ ამუშავების დენის სიდიდედ აიღება (14.6) და (14.7) გამოსახულებებით გამოთვლილი სიდიდეებიდან უდიდესი.

დაცვამ საიმედოდ უნდა იმოქმედოს, როცა დასაცავ სალტეზე მოკლედ შერთვის დროს დაზიანების დენის სიდიდე არის მინიმალური. მგრძნობიარობა, როგორც წესი, ხასიათდება მგრძნობიარობის კოეფიციენტით

$$K_{მგრძ.} = \frac{I_{მ.შ. მინ.}}{I_{დ.ა.}} \quad (14.9)$$

დაცვის საიმედოდ მოქმედებისათვის აუცილებელი არის, რომ იყოს $K_{მგრძ.} \geq 2$.

14.5 სალტეების დიფერენციალური დაცვის სქემები

ა) ქვესადგურის მუშა და სარეზერვო სალტეების დიფერენციალური დაცვის სქემა.

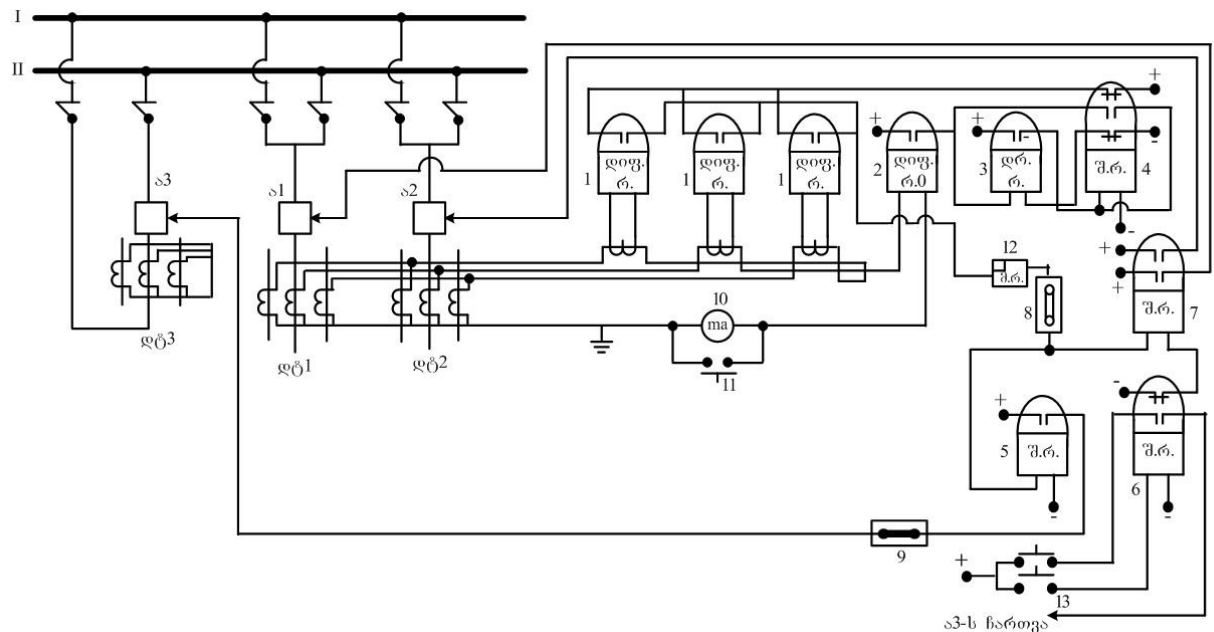
ქვესადგური, რომელიც გამოსახული არის ნახ. 14.6-ზე, ნორმალურად მუშაობს სალტეების ერთ სისტემაზე, სადაც მიერთებული არის ყველა ელემენტი. სალტეთაშორისი ამომრველი ა-3 გამორთულია. სალტეთა მეორე სისტემა იმყოფება რეზერვში ძაბვის გარეშე. ასეთი ტიპის ქვესადგურის სალტეების დაცვის სქემა მოცემული არის ნახ. 14.6-ზე.

სალტეების დაცვის სქემამ უნდა უზრუნველყოს დაზიანების გამორთვა არა მარტო ქვესადგურის ნორმალური რეჟიმის პირობებში, არამედ სალტეების მუშა სისტემიდან სარეზერვოზე მინაერთების გადასვლის დროსაც.

მინაერთების გადაყვანის დროს სალტეების ორივე სისტემა ხისტად არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან ავ სალტეთაშორისი ამომრთველით. ასეთ პირობებში დაცვის მოქმედების ზონაში უნდა შევიდეს სალტეების ორივე სისტემა. აღნიშნულის შესრულების მიზნით სალტეთაშორისი ამომრთველის დენის ტრანსფორმატორები არ აირან მიერთებული დაცვასთან. ნორმალურ რეჟიმში სალტეთაშორისი ამომრთველი არის გამორთული და ამიტომ დაცვის დენურ წრედებთან მიერთებული მისი დენის ტრანსფორმატორები დაცვის მუშაობაზე გავლენას არ ახდენენ. სალტეთაშორისი ამომრთველის ჩართვისას სალტეთა სარეზერვო სისტემა ექცევა დაცვის მოქმედების ზონაში, ამიტომ სარეზერვო სალტის მოსინჯვის მომენტში თუ მასზე აღმოჩნდება დაზიანება, მაშინ იმოქმედებს სალტეების დაცვა და გამორთავს ყველა მინაერთს. ამ დროს როგორც მოცემულ შემთხვევაში საკმარისი იყო გამორთულიყო სალტეთაშორისი ამომრთველი, შენარჩუნებული იქნებოდა მუშაობაში მუშა სალტე. აღნიშნული ნაკლოვანების აღმოფხვრისათვის გათვალისწინებული არის ბლოკირება, რომელიც სარეზერვო სალტის მოსინჯვის მომენტში დაცვას უწყვეტავს მინაერთების გამორთვის წრედს, გარდა სალტეთაშორისი ამომრთველისა. ამის წყალობით სალტის მოსინჯვისას დაცვას შეუძლია გამორთოს მხოლოდ ავ სალტეთაშორისი ამომრთველი.

ბლოკ დროის შემდეგ, რომელიც საკმარისი არის სალტეთაშორისი ამომრთველის ჩართვისათვის და მისი ხელმეორედ გამორთვისათვის, როცა სარეზერვო სალტეზე აღმოჩნდება დაზიანება, ბლოკირება აღადგენს სალტეების დაცვის ნორმალურ სქემას და დაცვა მოქმედებს ყველა მინაერთის გამორთვაზე.

ბლოკირება განხორციელებული არის 6 შუალედური რელეს საშუალებით, რომელსაც აქვს დროის დაყოვნება დაბრუნებაზე. ამ რელეს ზედა კონტაქტი ნორმალურად არის შეკრულ მდგომარეობაში და მისი გავლით ოპერატიული “-“ მიეწოდება 7 გამომავალ შუალედურ რელეს, რომელიც მოქმედებს ყველა მინაერთის ამომრთველების გამორთვაზე, გარდა სალტეთაშორისი ავ ამომრთველის. ავ ამომრთველის მართვის გასაღებიდან ჩართვისას 6 რელე მოდის მოქმედებაში და ოპერატიულ “-“ უხსნის 7 რელეს. 6 შუალედურ რელედ გამოყენებული უნდა იყოს ისეთი რელე, რომელსაც აქვს დროის დაყოვნება დაბრუნებაზე 1÷2 წმ-ს საზღვრებში.



ნახ. 14.6 მუშა და სარეზერვო სალტეებით ქვესადგურის სალტეების დიფერენციალური დაცვის პრინციპიული სქემა.

სალტეტაშორისი ამომრთველზე როცა გადაყვანილი არის რომელიმე მინაერთი, მაშინ საჭირო არის სალტეების დიფერენციალური დაცვის დენურ წრედებს მიუერთდეს სალტეტაშორისი ამომრთველის დენის ტრანსფორმატორების წრედები.

ბ) სალტეების დიფერენციალური დაცვის სქემა ქვესადგურისათვის სალტეების ორმაგ სისტემაზე მინაერთების ფიქსირებული მიერთებით

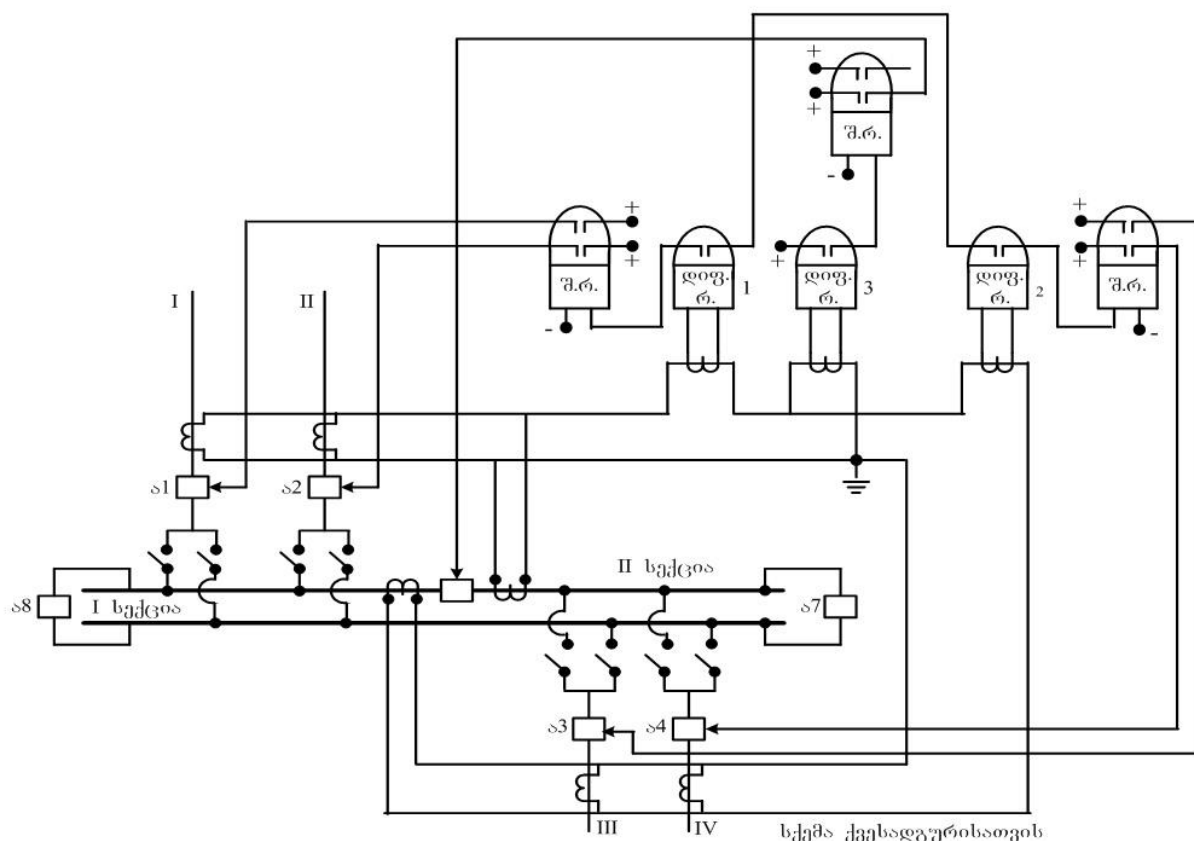
ასეთი ქვესადგურების განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის, რომ სალტეების ორივე სისტემა იმყოფება მუშაობაში და ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან სალტეტაშორისი ამომრთველით ან სასექციო ამომრთველით (ნახ. 14.7).

თითოეული მინაერთი მიერთებული არის სალტეების განსაზღვრულ სისტემაზე და ეს განაწილება რჩება უცვლელი ანუ ფიქსირებულია. დაზიანების სწორად ლიკვიდაციისათვის სალტეების დაცვამ უნდა უზრუნველყოს სალტეების ცალკეულ სისტემაზე მოკლედ შერთვის სელექციური გამორთვა დაზიანებულ სისტემაზე მიერთებული ყველ მინაერთის და სასექციო ამომრთველის გამორთვით. სელექციურობა შესაძლებელია მიღწეულ იქნას ორი დამოუკიდებელი დაცვის გამოყენებით, რომლებიც მთლიანად მოიცავენ სალტეტა თითოეულ სისტემას. მაგრამ ასეთ სქემას ექნება შემდეგი ნაკლოვანებები.

1. თუ ყველა მინაერთი მიერთებული იქნება სალტეების ერთ სისტემაზე, მაშინ სალტეების დაცვა არასელექციურად იმოქმედებს გარე მოკლედ შერთვის დროს.
2. ფიქსაციის დარღვევის შემთხვევაში გარე მოკლედ შერთვის დროს სალტეების დაცვა ვერ უზრუნველყოფს სელექციურობას.

აღნიშნულ რეჟიმებში გარე მოკლედ შერთვის დროს სელექციურობის უზრუნველყოფის მიზნით, გამოიყენება სქემა დაცვის სამი კომპლექტით (ნახ. 14.7).

რელეს 1 კომპლექტი ემსახურება I სექციის დაცვას. იგი ჩართული არის პირველ სექციაზე მიერთებული მინაერთების დენის ტრანსფორმატორებთან დიფერენციალური სქემით და მოქმედებს ამ მინაერთების გამორთვაზე. რელეს 2 კომპლექტი ემსახურება II სექციის დაცვას. იგი ჩართული არის მეორე სექციაზე მიერთებული მინაერთების დენის ტრანსფორმატორებთან დიფერენციალური სქემით და მოქმედებს ამ მინაერთის გამორთვაზე.



ნახ. 14.7 სალტების დიფერენციალური დაცვის გამართივებული სალტების სქემა ქვესადგურისათვის ორმაგ სისტემაზე მინაერთების ფიქსირებული მიერთებით.

კომპლექტი 3 წარმოადგენს ორივე სექციის დიფერენციალურ დაცვას. იგი ჩართული არის 1 ად 2 კომპლექტებში გამავალი დენების ჯამზე და ამრიგად მიერთებული არის ყველა მინაერთის დენის ტრანსფორმატორებთან დიფერენციალური სქემით. კომპლექტი 3 მუშაობს როგორც პირველი სექციის სალტებზე ისე მეორე სექციის სალტებზე მოკლედ შერთვის დროს. გარე მოკლედ შერთვის დროს იგი არ მოქმედებს, მიუხედავად იმისა, თუ როგორ არის სალტებზე განაწილებული მინაერთები. კომპლექტი 3-ს რელე აწვდის ოპერატიულ “+” 1 და 2 კომპლექტის რელეებს და მოქმედებს სასექციო ამომრთველის გამორთვაზე.

პირველ სექციაზე მოკლედ შერთვის დროს მოქმედებს 1 და 3 კომპლექტები. ხოლო 2 კომპლექტისათვის ეს არის გარე მოკლედ შერთვა და იგი არ მოქმედებს. მეორე სექციაზე მოკლედ შერთვის დროს 1 კომპლექტი არ მოქმედებს. მოქმედებენ 2 და 3 კომპლექტები და გამორთავენ მეორე სექციის ყველა მინაერთს.

15.1 აუცილებლობა და რეზერვირების ხერხები

როგორც სტატიკა გვიჩვენებს დაზიანებების ავტომატური ლიკვიდაციის დროს აღნიშნება ცალკეული შემთხვევები როცა ადგილი აქვს რელეური დაცვის მოქმედების ან ამომრთველის მოქმედების უარს.

მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი შემთხვევები წარმოადგენენ იშვიათობას, მაინც არ შეიძლება მათი უგულებელყოფა, რადგანაც დაცვის ან ამომრთველის უარი ნიშნავს გამოურთველ მოკლედ შერთვას აქედან გამომდინარე ყველა შედეგით (მოკლედ შერთვის დენის გავლის ხანგძლიობა და ძაბვის დაცემა ქსელში).

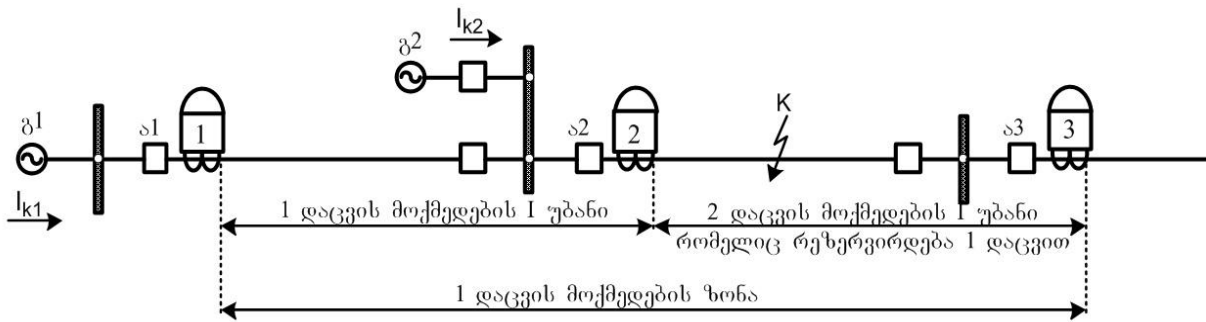
აღნიშნულმა დაცვის ან ამომრთველის უარმა შეიძლება გამოიწვიოს მძიმე ავარია, რომელიც ხასიათდება მოწყობილობების მასობრივი დაზიანებით და მომხმარებლების ელექტრომომარაგების დარღვევით. აქედან გამომდინარე განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება დაზიანების გამორთვის რეზერვირებას, იმ შემთხვევაში როცა ადგილი აქვს ამომრთველის ან დაცვის მოქმედების უარს.

დღეისათვის ენერგოსისტემაში გამოიყენება რეზერვირების ორი ხერხი:

1. რეზერვირება, რომელიც ხორციელდება ჯანსაღი უბნების დაცვებით (შორეული რეზერვირება);
2. რეზერვირება, რომელიც ხორციელდება იმ ქვესადგურის დაცვებით, სადაც მოხდა უარის შემთხვევა (ახლო რეზერვირება).

ამ შემთხვევაში რელეური დაცვის რეზერვირებისთვის ყოველ მინაერთზე დადგმული არის ორი დაცვა (ძირითადი და სარეზერვო), რომლებიც ახორციელებენ ერთმანეთის რეზერვირებას. ამომრთველის რეზერვირებისათვის გამოყენებული არის სპეციალური ამომრთველის უარის რეზერვირების მოწყობილობა (აურმ). მოწყობილობის გაშვება განხორციელებული არის იმ მინაერთის დაცვით რომლის ამომრთველმაც თქვა უარი და მოქმედებს ქვესადგურის ყველა მინაერთის გამორთვაზე, რომლებიც კვებავს გამოურთველ მოკლედ შერთვას. რეზერვირების აღნიშნულ ხერხს ეწოდება ადგილობრივი ანუ ახლო რეზერვირება.

რეზერვირების პირველი ხერხი, ითვალისწინებს იმას, რომ ჯანსაღი უბნის დაცვის რეზერვირების ზონაში უნდა შედიოდეს არა მარტო თავისი უბანი, არამედ მისი მომდევნო უბანი მთლიანად ქვესადგურის სალტების ჩათვლით (ნახ. 15.1). მაშინ ა2 ამომრთველის ან 2 დაცვის უარის შემთხვევაში იმოქმედებს 1 დაცვა და გამორთავს ა1 ამომრთველს.



ნახ. 15.1 ამომრთველის ან დაცვის მოქმედების უარის დროს შორეული რეზერვირების პრინციპი განხორციელებული ჯანსაღი უბნის დაცვის საშუალებით

იმ შემთხვევაში როცა სწრაფმოქმედი პრინციპიდან გამომდინარე ხაზი აღჭურვილი არის დიფერენციალური ან მაღალსიხშირული დაცვი, რეზერვირების პრინციპიდან გამომდინარე გათვალისწინებული არის ე.წ. სარეზერვო დაცვა, რომელსაც შეუძლია იმოქმედოს მომდევნო უბანზე მოკლედ შერთვის დროს. ამავე დროს სარეზერვო დაცვას შეუძლია იმოქმედოს თავისი უბნის ძირითადი დაცვის უარის შემთხვევაში.

სარეზერვო დაცვად ჩვეულებრივად გამოყენებული არის ნულოვანი მიმდევრობის დენური დაცვა მიწასთან მოკლედ შერთვის გამორთვისათვის და მაქსიმალური დენური დაცვა ან დისტანციური დაცვა ფაზათაშორისი მოკლედ შერთვის გამორთვისათვის.

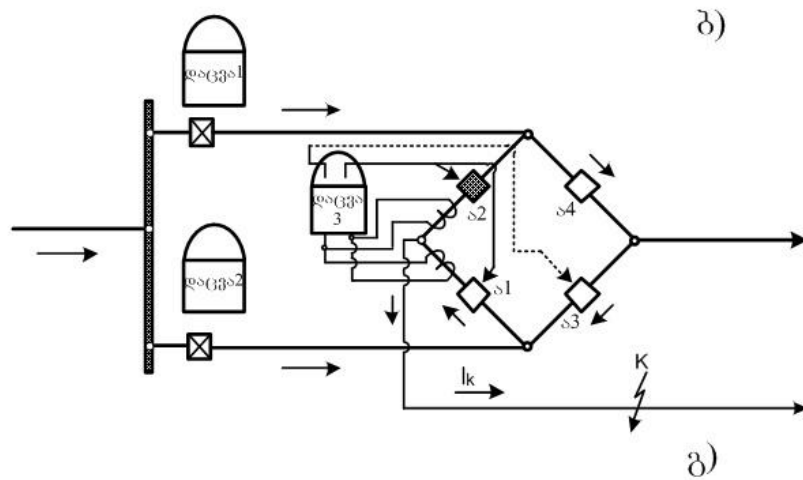
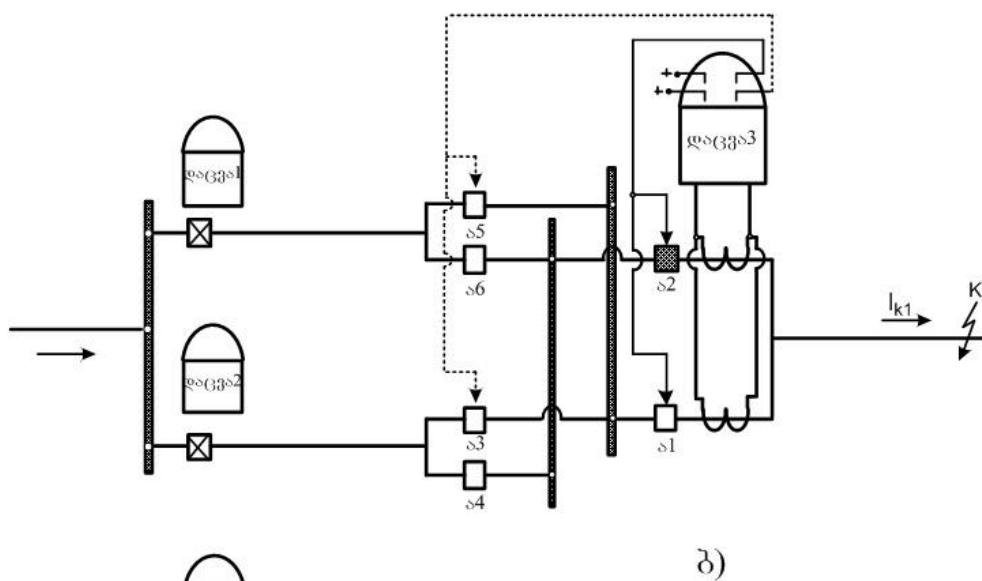
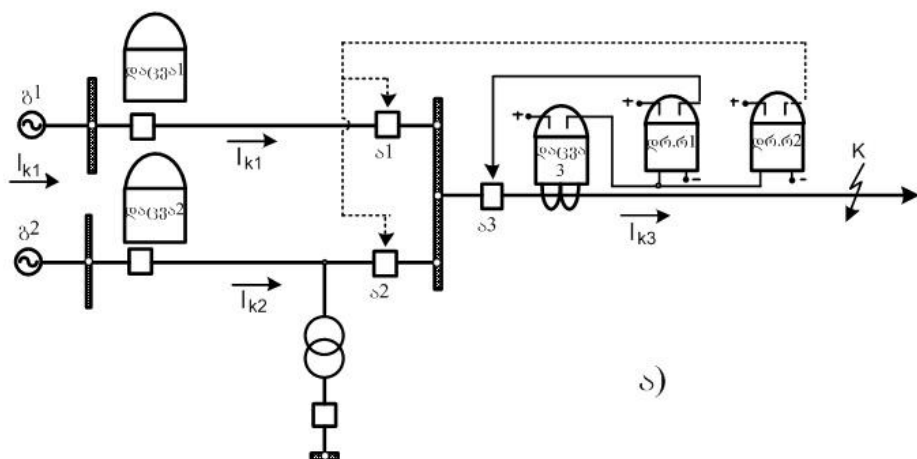
შორეული რეზერვირების პრინციპიალურ უპირატესობად ითვლება მისი მაღალი საიმედოობა. სარეზერვო და დასარეზერვირებული დაცვები და ამომრთველები იმყოფებიან სხვადასხვა ქვესადგურებში, და შესაბამისად, უწყსრიგობები და დაზიანებები, რომლებიც წარმოიქმნება დასარეზერვირებელ ქვესადგურში, გავლენას ვერ მოახდენს სარეზერვო მოწყობილობების მოქმედებაზე.

მაგრამ რთული კონფიგურაციის ქსელში, ძლიერ დატვირთული და გრძელ გადაცემის ხაზებით, პარალელური შტოების და რამდენიმე კვების წყაროს არსებობისას (ნახ. 15.1) სარეზერვო დაცვები (დაცვა1. ნახ. 15.1) შეიძლება იყოს არასაკმარისი მგრძნობიარობის, იმ შემთხვევაშიც კი როცა ისინი დაკომპლექტებული არიან ნულოვანი მიმდევრობის დენური და დისტანციური დაცვებით.

შორეული რეზერვირების აღნიშნული ნაკლოვანების გათვალისწინებით აუცილებელი არის აგრეთვე გამოყენებული იქნას რეზერვირების მეორე ხერხი.

რეზერვირების მეორე ხერხმა ფართო გამოყენება ჰპოვა ისეთ ქვესადგურებში სადაც შორეულ რეზერვირებას არ გააჩნია საკმარისი მგრძნობიარობა ან მოქმედებენ არასელექციურად (ნახ. 15.2).

ა3 ამომრთველის უარის შემთხვევაში, დაცვა 3 და დროის დრ.რ1 რელეს მოქმედების შემდეგ, დაცვა 3 და დროის დრ.რ2 რელე მოქმედებენ ა1 და ა2 ამომრთველების გამორთვაზე, რომლებიდანაც იკვებებოდა მოკლედ შერთვის წერტილი.



- მინაერთზე მ.შ-ს დროს დაცვით გამორთული ამომრთველი
- შორეული რეზერვირებით გამორთული ამომრთველი
- წყვეტილით ნაჩვენებია აურმ-ით გამორთული ამომრთველი

ნახ. 15.2 ამომრთველის უარის რეზერვირების მოწყობილობის (აურმ) გამოყენებით ახლო რეზერვირების პრინციპი. (ა) აურმ-ის მოქმედების პრინციპი; (ბ) მინაერთზე ორამომრთველიანი სქემისათვის; (გ) ახლო რეზერვირება ოთხამომრთველიანი სქემისათვის.

ცხადია აურმ-ს არ შეუძლია განახორციელოს რეზერვირება დაცვის უარის შემთხვევაში. ამიტომ აურმის არსებობა გულისხმობს დაცვის დამატებითი (მადუბლირებელი) კომპლექტის აუცილებლობას, რომელიც განახორციელებს დაცვის ძირითადი კომპლექტის უარის რეზერვირებას. ორივე დაცვა უნდა შესრულდეს ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად. ისინი უნდა მიუერთდნენ ცალკეული დენის ტრანსფორმატორებს. მათი ოპერატიული დენით კვება უნდა განხორციელდეს სხვადასხვა ავტომატებიდან და უნდა ჰქონდეს სხვადასხვა გამომავალი რელეები.

ამომრთველის უარის რეზერვირების მოწყობილობას გააჩნია მაღალი მგრძნობიარობა, რადგანაც მისი გამშვი ორგანოს წარმოადგენს მინაერთის ძირითადი დაცვა, რომელსაც გააჩნია მაღალი მგრძნობიარობა დაცვის ელემენტის საზღვრებში. გარდა ამისა აურმ-ს გააჩნია განსაზღვრული უპირატესობა რეზერვირების პირველ ხერხთან შედარებით სელექციურობის ნაწილში.

ამრიგად ქვესადგურებში მინაერთზე ორ ამომრთველიანი სქემით და ქვესადგურებში მრავალკუთხედიანი სქემით (ნახ 15.2 ბ და გ) ხაზზე მოკლედ შერთვის და ა1 ამომრთველის უარის შემთხვევაში აურმ საშუალებას იძლევა შენარჩუნებული იქნას მუშაობაში ქვესადგური და ყველა გადაცემის ხაზი გარდა დაზიანებული ხაზისა, მაშინ როცა შორეული რეზერვირება, რომელიც განხორციელებული არის დაცვა 1-ს და დაცვა 2-ს საშუალებით, იწვევს მთელი ქვესადგურის ჩაქრობას (ნახ. 15.2 ბ, გ).

15.2 ამომრთველის უარის რეზერვირების მოწყობილობის (აურმ) განხორციელების პრინციპი.

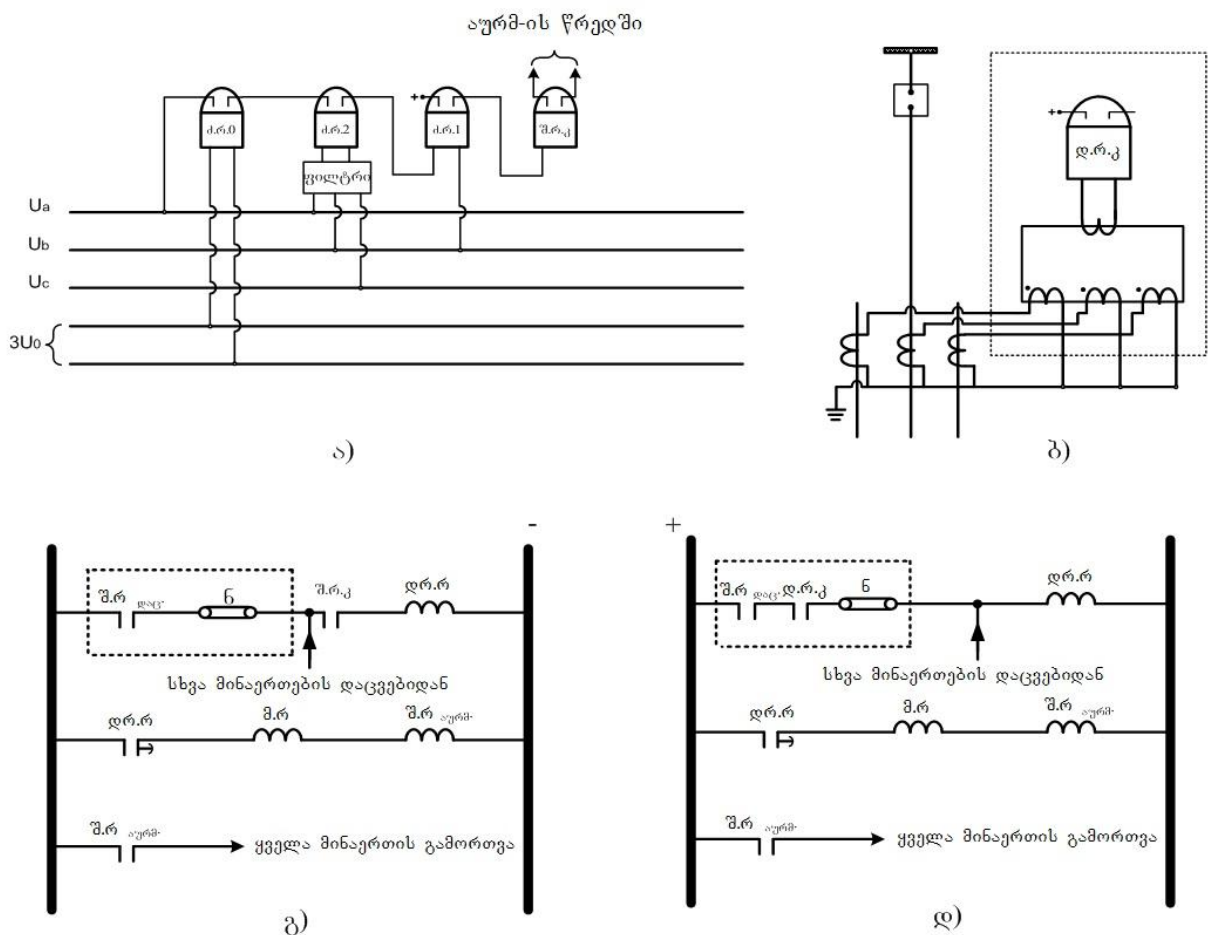
ამომრთველის უარის რეზერვირების მოქმედების პრინციპიდან გამომდინარეობს, რომ მისი მუშაობის შემთხვევაში მან უნდა გამოერთოს ერთი სექცია ან სისტემის ყველა მინაერთი ქვესადგურში ან ელექტროსადგურში. ამიტომ აურმ-ს არასწორმა მოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს ქვესადგურის ან ელექტროსადგურის ნაწილობრივი ან მთლიანი ჩაქრობა, აქედან გამომდინარე მძიმე შედეგებით როგორც მომხმარებლებისთვის ისე მთლიანად ენერგოსისტემისთვის ამავე დროს აურმ-ის არასწორი მოქმედების ალბათობა უფრო დიდია, ვიდრე სხვა დაცვების. ეს აიხსნება იმით, რომ აურმ-ს გაშვება განხორციელებული არის ყველა მინაერთის დაცვებით. აქედან გამომდინარე რომელიმე მინაერთის დაცვის წრედების უწესრიგობამ ან მომსახურე პერსონალის მიერ დაშვებულმა შეცდომამ დაცვის შემოწმების დროს შეიძლება გამოიწვიოს აურმ-ს არასწორი მოქმედება.

არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით აურმ-ის სქემა განხორციელებული არის ორი, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი, გამშვი ორგანოთი: ერთს წარმოადგენს მინაერთის დაცვა, როგორც ეს ნაჩვენებია არის ნახ.15.2ა-ზე; ხოლო, მეორეს დამატებითი გამშვი ორგანო, რომელიც აკონტროლებს აურმ-ის მოქმედების ზონაში მოკლედ შერთვის არსებობას. მეორე გამშვი ორგანო მოკლედ

შერთვის არარსებობის შემთხვევაში, არ აძლევს აურმ-ს მუშაობის საშუალებას, რითაც პრაქტიკულად გამოირიცხება აურმ-ს არასწორი მოქმედება.

მეორე გამშვი ორგანო შესრულებული არის ძაბვის ან დენის რელეთი, რომელიც რეაგირებს ქსელში მოკლედ შერთვის გაჩენაზე (ნახ. 15.3 ა და ბ) მაკონტროლებელი გამშვი რელეები საიმედოდ უნდა მოქმედებდნენ დასაცავი მინაერთის ზღვრებში მოკლედ შერთვის შემთხვევაში.

ძაბვის რელეს გამოყენებით კონტროლის სქემა მოცემული არის ნახ. 15.3 ა-ზე. იგი შედგება: მინიმალური ძაბვის ძრ-1 რელესაგან, რომელიც ჩართული არის ხაზურ ძაბვაზე და რეაგირებს სამფაზზე მოკლედ შერთვაზე; და ორი რელესაგან, რომლებიც რეაგირებენ არასიმეტრიულ მოკლედ შერთვაზე. ერთი რელე ძრ2, ჩართული არის უკუმიმდევრობის ძაბვაზე; მეორე რელე ძრ0 იკვებება $3U_0$ ძაბვით. ძაბვის რელეების (ძრ1, ძრ2, ან ძრ0) მუშაობის შემთხვევაში იმოქმედებს შუალედური შრ რელე, რომელიც შეკრავს თავის კონტაქტს და ნებართვას მისცემს დაცვის გამომავალ შ.რ.დაც. რელეს გაუშვას აურმ-ს სქემა (ნახ. 15.3 გ).



ნახ. 15.3 (ა) და (ბ) გამოურთველი მოკლედ შერთვის კონტროლის აურმ-ის წრედები; (გ) და (დ) აურმ-ის ოპერატიული წრედები.

ნახ. 15.3 ბ-ზე ნაჩვენები არის მოკლედ შერთვის არსებობის კონტროლის სქემა დენის დ.რ.კ რელეს გამოყენებით. დენის რელედ შეიძლება გამოყენებული იყოს სამფაზა დენის რელე ან სამი ერთფაზა დენის რელე; სამფაზა დენის დ.რ.კ რელე, მოქმედებს ყველა სახის მოკლედ შერთვის დროს, რომელიც შეკრავს თავის კონტაქტს და ნებართვას აძლევს აურმ-ის სქემას მოქმედებაზე.

აურმ-ის პრინციპული სქემა მოცემული არის ნახ. 15.3 გ და დ-ზე. მინაერთზე მოკლედ შერთვის შემთხვევაში იმოქმედებს დაცვის გამომავალი შრ.დაც. რელე და შეკრავს ამომრთველის გამორთვის და აურმ-ს გაშვების წრედებს.

თუ ამომრთველი არ გამოირთო და მოკლედ შერთვა გრძელდება, მაშინ კონტროლის შ.რ.კ. რელე (ნახ. 15.3 გ) და დენის დ.რ.კ. რელე (ნახ. 15.3 დ) ამუშავებენ დროის დრ.რ რელეს და აურმ-ს შუალედურ შ.რ.აურმ რელეს. ეს უკანასკნელი აგზავნის იმპულსს ყველა მინაერთის გამორთვაზე. მინაერთის დაცვის შეცდომით გაშვების შემთხვევაში იმოქმედებს შ.რ.დაც. რელე, მაგრამ აურმ არ იმოქმედებს, რადგან მოკლედ შერთვის არსებობის კონტროლის რელეს (შ.რ.კ და დ.რ.კ) კონტაქტები რჩება გახსნილი.

ყველა მინაერთის დაცვებში აურმ-ს გაშვების წრედში გათვალისწინებული არის ნაფენი, რომელიც საშუალებას იძლევა დაცვის შემოწმების დროს გავხსნათ აურმ-ს გაშვების წრედი.

ქვესადგურებში, რომლებიც აღჭურვილი არიან სალტეების დაცვის მოწყობილობებით, აურმ-ის გამომავალ რელედ შეიძლება გამოყენებული იქნას სალტეების დაცვის გამომავალი რელე. მოკლედ შერთვის არსებობის კონტროლი დენის რელეების საშუალებით გამოყენებული არის ქვესადგურებში, რომლებიც შესრულებული არიან ერთნახევრიანი სქემით, მრავალკუთხედის სქემით ან სალტეების ორმაგის სქემით და მინაერთზე ორი ამომრთველით.

ნაწილი II

ენერგოსისტემის
ავტომატიზაცია

შესავალი:

ენერგეტიკული სისტემის რეჟიმის ავტომატური რეგულირება

ელექტროენერგეტიკული სისტემის მუშა რეჟიმი ხასიათდება ორი ძირითადი პარამეტრით - სიხშირე f და კვანძებში ძაბვა U ; ამ პარამეტრებიდან გადახრა წარმოადგენს ელექტროენერგიის ხარისხის ძირითად მაჩვენებელს.

ენერგოსისტემაში სიხშირე წარმოადგენს ტურბინის პირველადი რეგულატორების ჯამურ სიმძლავრესა და დატვირთვის ჯამურ აქტიურ სიმძლავრეს შორის შესაბამისობის მაჩვენებელს, ენერგოსისტემის ელემენტებში სიმძლავრის დანაკარგების გათვალისწინებით. აღნიშნული ბალანსის დარღვევა შეიძლება მოხდეს ენერგოსისტემის დატვირთვის შეცვლით, ან ტურბინის ჯამური სიმძლავრის ცვლილებით, რომელიც გრძელდება მანამ, სანამ არ დამყარდება სიმძლავრეების ბალანსი სიხშირის ახალი მნიშვნელობის შესაბამისად. ბალანსის აღდგენის მიზეზს წარმოადგენს (თვითდარეგულირება) დატვირთვის მარეგულირებელი ეფექტი, ანუ დატვირთვის აქტიური სიმძლავრის დამოკიდებულება სიხშირესთან.

სიხშირის საჭირო (ნომინალური) მნიშვნელობის აღსადგენად, აუცილებელია ხელით, ან ავტომატურად მოვახდინოთ ზემოქმედება პირველადი ძრავების ჯამური სიმძლავრის ცვლილებაზე, ან დატვირთვის ჯამურ აქტიურ სიმძლავრეზე. ჩვეულებრივად ზემოქმედებას ახდენენ ტურბინის სიმძლავრეზე, პირველადი ფაქტორების (ორთქლი, წყალი) შეცვლით.

ძაბვა U , სისტემის კვანძებში ძირითადად განისაზღვრება სინქრონული მანქანების ე.მ.ძ.-ების მნიშვნელობებით, დატვირთვების რეაქტიული სიმძლავრეებით და შესაბამისად, ქსელის მოცემული კონფიგურაციის შემთხვევაში რეაქტიული სიმძლავრეების გადადინებით. ქსელის ყოველ წერტილში უზრუნველყოფილია ბალანსი გამომუშავებულ და მოხმარებულ რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის. აღნიშნული ბალანსის უეცარი დარღვევა გამომუშავებული რეაქტიული სიმძლავრის გაზრდის შედეგად, იწვევს ქსელის მოცემულ წერტილში ძაბვის მყისურად აწევას; ხოლო მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრის გაზრდის შემთხვევაში - ძაბვის დაწევას და ახალი მნიშვნელობის ბალანსის დამყარებას. როცა ძაბვა დაიწვეს განსაზღვრულ მნიშვნელობაზე დაბლა (ნორმალურის $\approx 60\div 70\%$) ირღვევა მოხმარებლის მდგრადი მუშაობა (ძირითადად ასინქრონული ძრავები). ქსელის ძირითად კვანძებში, ძაბვის საჭირო მნიშვნელობების აღდგენისათვის, ნორმალურ რეჟიმებში ახდენენ ხელით ან ავტომატურად ზემოქმედებას სინქრონული მანქანების ალგზნების დენის ცვლილებაზე (გენერატორები, კომპენსატორები და ძრავები); სპეციალური რეაქტიული დატვირთვის მოწყობილობების სიმძლავრის ცვლილებაზე (კონდენსატორების ბატარეა, მართვადი რეაქტორები და სხვა); ძალოვანი ტრ-ების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების ცვლილებაზე.

ენერგოსისტემაში მოცემული სიხშირის დროს, აქტიური სიმძლავრეების ბალანსის დამყარება შეიძლება სხვადასხვა ვარიანტებში, გენერატორებს შორის დატვირთვების განაწილებით, მაგრამ მათ შორის ეკონომიურად ხელსაყრელი შეიძლება იყოს მხოლოდ ერთი ვარიანტი. ჯამური აქტიური დატვირთვის შეცვლის შემთხვევაში, იცვლება აგრეთვე გენერატორებს შორის დატვირთვების ყველაზე ხელსაყრელი განაწილების რეჟიმი.

ელექტროენერგიის გამომუშავებაზე ჯამური დანახარჯები დამოკიდებული არის არა მხოლოდ აქტიური სიმძლავრეების განაწილებაზე, არამედ აგრეთვე ძაბვების სიდიდეებზე და რეაქტიული სიმძლავრეების გადადინებაზე, ვინაიდან აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები ქსელის ცალკეულ მიმდევრობით ჩართულ ელემენტებში სრული დენის კვადრატის პროპორციულია, ხოლო პარალელურად ჩართულ ელემენტებში იზრდება ძაბვის მომატების შესაბამისად.

ავარიულ რეჟიმებში მ.შ.-ების აღძვრის შემთხვევაში, ქსელის ელემენტების ავარიულად გამორთვის დროს, მყისურად ირღვევა ენერგოსისტემაში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების ბალანსი, რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს ელსადგურების მდგრადი პარალელური მუშაობის დარღვევამდე და ენერგოსისტემის კვანძებში ძაბვის ზეგავამდე.

ავარიის განვითარების ლიკვიდაცია მით უფრო ადვილია, რაც უფრო მალე გატარდება ზომები ნორმალური რეჟიმის დარღვევის ლიკვიდაციისათვის და აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების ბალანსის აღდგენისათვის.

ენერგოსისტემის რეჟიმის ავტომატური რეგულირების მოწყობილობების ძირითად ფუნქციებს წარმოადგენს შემდეგი:

- როგორც ნორმალურ, ისე ავარიის შემდგომ რეჟიმებში ენერგოსისტემაში სიხშირის და სისტემის კვანძებში ძაბვების შენარჩუნება დასაშვები ნორმების ფარგლებში, რაც ხელს შეუწყობს ელ.ენერგიის ხარისხის ამაღლებას.
- მუშაობაში მყოფ აგრეგატებს შორის აქტიური და რეაქტიული დატვირთვების ეკონომიურად ყველაზე ხელსაყრელი განაწილება და მომუშავე აგრეგატების ოპტიმალური რაოდენობის შენარჩუნება.
- ენერგოსისტემის მუშაობის იმედიანობის ამაღლება და მომხმარებლების ელ.მომარაგების აღდგენა ნორმალური რეჟიმის დარღვევის ლიკვიდაციის გზით, აგრეთვე აღძრული ავარიული სიტუაციების ლიკვიდაციის დაჩქარებით.

16.1 ზოგადი ცნობები სინქრონული გენერატორების აღგზნების ავტომატური რეგულირების შესახებ

ა) აღგზნების ავტომატური რეგულირების ძირითადი ფუნქციები (ა.ა.რ.)

აღგზნების ავტომატური რეგულატორები განეკუთვნება ენერგოსისტემის რეჟიმის ავტომატური რეგულირების მოწყობილობებს ძაბვისა და რეაქტიული სიმძლავრის მიხედვით. გენერატორის აღგზნების ცვლილებით იცვლება მისი ე.მ.ძ., რაც იწვევს იზოლირებულ დატვირთვაზე მომუშავე გენერატორის ძაბვის შეცვლას. თუ გენერატორები მიერთებული არიან სალტეებზე, მაშინ ერთი მათგანის აღგზნების შეცვლა იწვევს მომუშავე გენერატორებს შორის რეაქტიული დატვირთვების გადანაწილებას. ელ.სადგურში ცალკეული გენერატორების, რომლებიც მუშაობენ ენერგოსისტემაში, აღგზნების ავტომატური რეგულატორების ერთდროული მოქმედება განსაზღვრავს სალტეებზე ძაბვის და გაცემული რეაქტიული სიმძლავრის მნიშვნელობებს. ამიტომ აღგზნების ავტომატური რეგულირების საკითხი დაკავშირებულია ძაბვისა და რეაქტიული სიმძლავრის რეგულირების საკითხებთან.

აღგზნების ავტომატური რეგულატორების ძირითად ფუნქციებს წარმოადგენს:

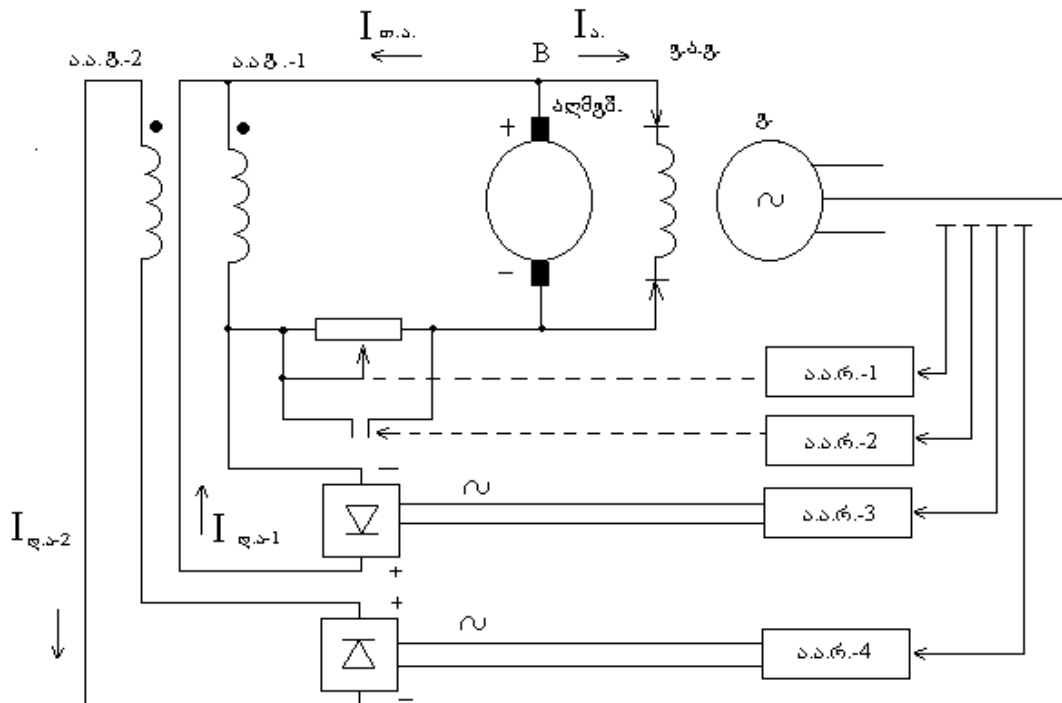
- გენერატორის მომჭერებზე, ან მაღალი ძაბვის სალტეებზე მოცემული ძაბვის მნიშვნელობის შენარჩუნება. მხოლოდ ამ მიზნისათვის გამოყენებულ აღგზნების ავტომატურ რეგულატორებს ზოგჯერ უწოდებენ ძაბვის ავტომატურ რეგულატორებს;
- ელ.ენერგიისა და სიმძლავრის დანაკარგების მინიმუმამდე შემცირების მიზნით პარალელურად მომუშავე გენერატორებსა და ელ.სადგურებს შორის რეაქტიული დატვირთვების ყველაზე ხელსაყრელი განაწილება. ამ დროს მხედველობაში არის მიღებული ენერგოსისტემის საკვანძო წერტილებში ძაბვების მოთხოვნილი სიდიდეების უზრუნველყოფა;
- ძაბვის მნიშვნელოვნად შემცირების დროს, სინქრონული მანქანის აღგზნების დენის გაზრდა მაქსიმალურ დასაშვებ მნიშვნელობამდე (ჭერული აღგზნება) ხანმოკლე დროით;
- აღგზნების ფორსირება პარალელური მუშაობის მდგრადობის ამაღლებისათვის და მოკლედ შერთვის გამორთვის შემდეგ ქსელში ძაბვის აღდგენის დაჩქარებისათვის.

ბ) აღზნების სისტემის ძირითადი ტიპები და აღზნების რეგულირების ხერხები

“აღზნების სისტემის” ტერმინის ქვეშ იგულისხმება მოწყობილობების კომპლექსი, რომლის დანიშნულებაცაა ნორმალურ და ავარიულ რეჟიმებში სინქრონული მანქანის აღზნების უზრუნველყოფა. აღზნების სისტემის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს აღმგზნები - სინქრონული მანქანის აღზნების გრაგნილის მუდმივი დენის კვების წყარო. ამიტომ აღზნების სისტემა კლასიფიცირებულია გამოყენებული აღმგზნების სახეობის მიხედვით. დღეისათვის ყველაზე უფრო გავრცელებული სინქრონული მანქანების აღზნების სისტემას წარმოადგენს: ელექტრომანქანური, ნახევარგამტარული მაღალსიხშირული, იონური, ტირისტორული და მუსების გარეშე.

ელექტრომანქანური სისტემა, მუდმივი დენის მბრუნავი აღმგზნებით, რომელიც მიერთებულია უშუალოდ გენერატორის ღერძზე, ან ცალკე მდგომ ძრავზე, გამოიყენება 100 მვტ-მდე სიმძლავრის ტურბოგენერატორების, 75 მვა-მდე ჰიდროგენერატორებისა და სინქრონული კომპენსატორების აღზნებისათვის. გენერატორის ღერძთან რედუქტორით შეერთებული აღმგზნები გამოიყენება 300 მვტ-მდე სიმძლავრის ტურბოგენერატორის აღზნებისათვის; ხოლო აღმგზნები გენერატორის ღერძზე ქვეაღმგზნებით - 180 მვა-მდე სიმძლავრის ჰიდროგენერატორებისათვის.

ელექტრომანქანურ სისტემებში აღზნების რეგულირება ხორციელდება შემდეგი ხერხებით (ნახ. 16.1).



ნახ. 16.1 რეგულირების ხერხები ელმანქანური აგზნების სისტემებში. I_a - აღზნების დენი; $I_{თ.ა.}$ - თვითაღზნების დენი; $I_{ა.ა.}$ - დამატებითი აღზნების დენი; $I_{ა.ა.-1}$ - აღმგზნების აღზნების დენი.

▪ აღმგზნების აღგზნების ძირითადი გრაგნილის წრედში წინაღობის უწყვეტად (ა.ა.რ.-1) ან დისკრეტულად (ა.ა.რ.-2) შეცვლით; ამ ხერხით უწყვეტი რეგულირება ხორციელდება ნახშირული და რეოსტატული რეგულატორებით მცირე სიმძლავრის მანქანებში. რეოსტატის საშუალებით ხელით რეგულირება გამოიყენება აღგზნების სქემების გაწყობითი სამუშაოების და შემოწმების დროს. დისკრეტული რეგულირება ფართოდ გამოიყენება ავარიულ რეჟიმებში გენერატორების აღგზნების სწრაფი ფორსირების უზრუნველსაყოფად და ჰიდროგენერატორების განღგზნებისათვის (აღგზნების მოხსნა).

▪ აღმგზნების დამატებითი აღგზნებით ძირითადი (ა.ა.რ.-3), დამატებითი (ა.ა.რ.-4) ან ერთდროულად რამოდენიმე გრაგნილით. დამატებითი კვება მუდმივი (გამართული) დენით $I_{დ.ა.}$ იცვლება ავტომატური რეგულატორით, რომელსაც არ გააჩნია მექანიკური მოძრავი ელემენტები. მარეგულირებელ ელემენტებად რეგულატორებში გამოიყენება დროსელური და ტრანსფორმატორული მაგნიტური გამაძლიერებლები. უკანასკნელ დროს დაიწყო ნახევარგამტარული მართვადი ვენტილების (ტირისტორები) გამოყენება.

რეგულატორის ჩართვა (მიერთება) აღგზნების ძირითად გრაგნილზე (ა.ა.გ.-1) შეიძლება იყოს მხოლოდ თანხვედნილი, ანუ ისეთი, რომ თვითაღგზნების $I_{თ.ა.}$ და დამატებითი $I_{დ.ა.}$ დენების მიმართულებები იყოს თანხვედნილი. მიერთება აღგზნების დამატებით გრაგნილზე (ა.ა.გ.-2) შეიძლება იყოს როგორც თანხვედნილი, ისე შემხვედრი (საწინააღმდეგოდ ჩართვა). (ა.ა.გ.-1) და (ა.ა.გ.-2) გრაგნილების თანაბარი ხვიათა რიცხვის დროს (ნახ. 16.1) აღმგზნების აღგზნების ჯამური დენი:

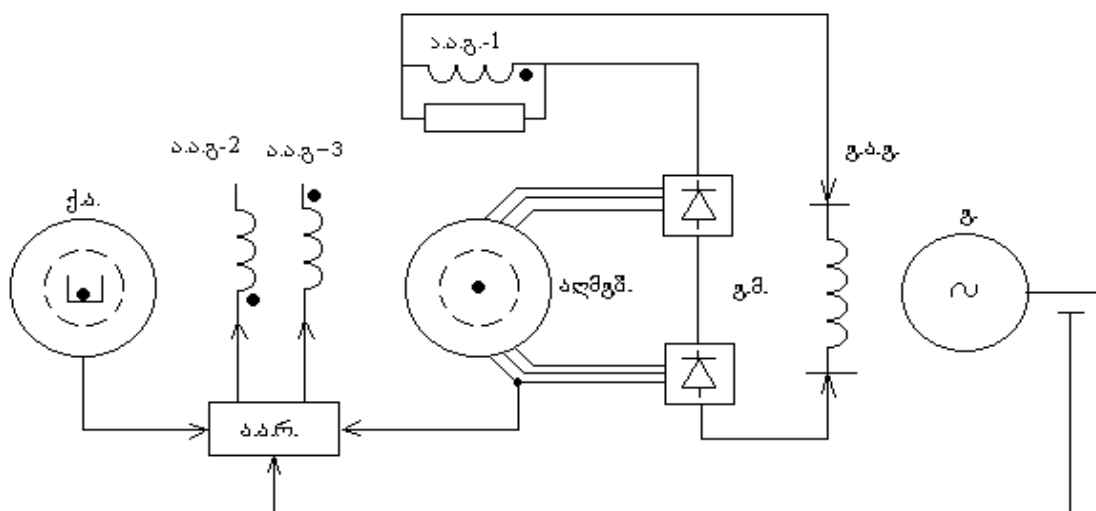
$$I_{ა.ა.} = I_{თ.ა.} + I_{დ.ა.1} - I_{დ.ა.2}$$

როგორც $I_{დ.ა.1}$, ისე $I_{დ.ა.2}$ რეგულირება იწვევს აღმგზნების აღგზნების დენის $I_{ა.ა.}$ ცვლილებას და შესაბამისად გენერატორის აღგზნების დენის I_a რეგულირებას. აღგზნების ავტომატური რეგულატორის მიერთება პირველად წრედთან (ნახ. 16.1) ნაჩვენებია პირობითად.

TBB ტიპის 150-500 მვტ სიმძლავრის ტურბოგენერატორებისათვის ნახევარგამტარული მაღალსიხშირული აღგზნების სისტემა წარმოადგენს ძირითად სისტემას (ნახ. 16.2).

ტურბოგენერატორის აღგზნება განხორციელებულია ძალოვანი ნახევარგამტარული (გ.მ.) გამმართველი მოწყობილობით მაღალსიხშირული ინდუქტორული ტიპის აღმგზნები გენერატორის (500 ჰც) საშუალებით. მისი ცვლადი დენის მუშა გრაგნილები და აღგზნების გრაგნილები ა.ა.გ.-1, ა.ა.გ.-2, ა.ა.გ.-3 (მუდმივი დენის) განლაგებული არიან სტატორის ღრმულებში. აღმგზნები გენერატორის როტორი უშუალოდ დაკავშირებული არის ტურბოგენერატორის ღერძთან და შესრულებული არის ათკბილანიანი გულანის სახით და გრაგნილები არა აქვს. აღგზნების არსებობის შემთხვევაში როტორი, რომელსაც გააჩნია ბრუნვის სიხშირე 3000 ბრ/წთ-ში, ქმნის პულსირებულ მაგნიტურ ნაკადს 500 ჰც სიხშირით, მაღალსიხშირული ქვეაღმგზნები

(ქ.ა.) (400 ჰც), რომელიც აღიგზნება მუდმივი მაგნიტებით, წარმოადგენს აღგზნების ავტომატური რეგულატორის ა.ა.რ. კვების წყაროს. ქ.ა.-ს ღერძი შეერთებულია აღმგზნების ღერძთან. შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მაღალსიხშირული სისტემის ვარიანტი ქვეაღმგზნების გარეშე.



ნახ. 16.2 ნახევარგამტარული მაღალსიხშირული აღგზნების სისტემის პრინციპული სქემა.

გ.-გენერატორი; ა.ა.რ.-აღგზნების ავტომატური რეგულირება; გ.ა.გ.-გენერატორის აღგზნების გრაგნილი; გ.მ.-გამმართველი მოწყობილობა; ა.ა.გ.-აღმგზნების აღგზნების გრაგნილი; ქ.ა.-ქვეაღმგზნები.

ა.ა.გ.-1 აღგზნების გრაგნილი ჩართული არის მიმდევრობითი თვითაღგზნების სქემით. აღგზნების გრაგნილის ასეთი სქემით ჩართვის შედეგად გენერატორის როტორის დენის თავისუფალი მდგენელი, რომელიც აღიძვრება მ.მ.-ს დროს, ზრდის აღგზნების დენის სიდიდეს, რაც იწვევს პარალელური მუშაობის მდგრადობის ამაღლებას და მ.მ.-ს გამორთვის შემდეგ ძაბვის აღდგენის დაჩქარებას.

(გ.) გენერატორის აღგზნების რეგულირება ხორციელდება ავტომატურად არამართვად გამმართველზე მიყვანილი ცვლადი ძაბვის (ინდუქტორული გენერატორის) შეცვლით. აღნიშნული ხორციელდება დამოუკიდებელი აღგზნების გრაგნილებში ა.ა.გ.-2 და ა.ა.გ.-3 დენის უშუალოდ შეცვლით, ანუ ისეთივე ხერხით, როგორც წინა შემთხვევაში ა.ა.გ.-3 და ა.ა.გ.-4.

იონური და ტირისტორული აღგზნების სისტემები გამოყენებული არის ТГВ ტიპის ტურბოგენერატორებში სიმძლავრით 200-300 მვტ, დიდი სიმძლავრის ჰიდროგენერატორებში და სინქრონულ კომპენსატორებში.

იონური აღგზნების ერთ-ერთი ვარიანტი, რომელიც გამოყენებული არის მძლავრ ჰიდრო და ტურბოგენერატორებში ნაჩვენებია ნახ. 16.3-ზე.

აღზნების რეგულირება ხორციელდება როტორის გრაგნილზე ძაბვის მუდმივი მდგენელის ცვლილებით მართვადი ვენტილების გახსნაზე მომენტის ავტომატურად შეცვლის გზით (ეს უკანასკნელი შედის მართვადი გამმართველის სქემაში).

კაჟბადის მართვადი ვენტილი - ტირისტორი ფართოდ გამოიყენება გენერატორის აღზნებისათვის, აგრეთვე სინქრონული კომპენსატორებისა და ძრავებისათვის. ტირისტორული აღზნების სქემები ანალოგიური არის იონური აღზნების სქემების, მაგრამ გაცილებით ეკონომიური, მარტივი და საიმედოა ექსპლუატაციაში.

გ) აღზნების სისტემის მახასიათებლები

ძლიერი შემფოთებების დროს (რომლებიც იწვევენ აღზნების ავტომატური რეგულატორის შესასვლელზე პირდაპირი მიმდევრობის ძაბვის შემცირებას მისი დანაყენების 5-7,5%-ზე მეტად), აღზნების სისტემები ხასიათდება ქვემოთ ჩამოთვლილი მაჩვენებლებით:

1. აღმზნების ზღვრული ძაბვა, რომელიც ჩართულია გენერატორის როტორის გრაგნილთან (ძაბვის მიხედვით ჭერული აღზნება) - არის აღზნების ფორსირების დროს გარდამავალ პროცესში აღმზნების ზედა ზღვრული (ჭერული) ძაბვის ფარდობითი მნიშვნელობა:

$$U_{აღზ}^* = U_{აღზ} / U_{ა.ნომ.}$$

სადაც $U_{ა.ნომ.}$ აღზნების ნომინალური ძაბვაა (გენერატორის ნომინალური დატვირთვის დროს).

აღმზნების ზღვრულ დამყარებულ ძაბვას უწოდებენ ფორსირების ჯერადობას $U_{აღზ.დ.}^*$.

აღზნების ზღვრული დენი - აღზნების დენის უდიდესი ფარდობითი მნიშვნელობა, რომელიც იქმნება აღზნების სისტემის მიერ დენის ზრდის შეწყვეტის შემდგომ დამყარებულ რეჟიმში

$$I_{აღზ}^* = I_{აღზ} / I_{ა.ნომ.}$$

სადაც $I_{ა.ნომ.}$ აღზნების ნომინალური დენია (გენერატორის ნომინალური დატვირთვის დროს).

მოქმედი ნორმების შესაბამისად $U_{აღზ.დ.}^*$ -ს და $I_{აღზ.}^*$ -ს მნიშვნელობები უნდა იყოს, როგორც წესი, არა ნაკლებ 2-ს, იმისდა მიუხედავად რა ტიპის აღზნების სისტემა აქვს ჰიდროგენერატორს, ტურბოგენერატორს და სინქრონულ კომპენსატორს.

აღზნების ელმანქანურ სისტემაში ჩვეულებრივად $U_{აღზ.}^* = U_{აღზ.დ.}^* = I_{აღზ.}^*$; სწრაფმოქმედ აღზნების სისტემებში (იონური, ტირისტორული და სხვა) აღწევს $U_{აღზ.დ.}^* \geq 4$, რაც საშუალებას იძლევა დაჩქარდეს როტორის დენის ზრდა 2-ჯერად მნიშვნელობამდე, რომლის შემდეგაც მოქმედებაში შედის ფორსირების შეზღუდვის მოწყობილობა.

როცა $\Delta S \leq 20\% S_{abc}$ თვლიან რომ $\Delta t = 0$, ჰიდროგენერატორების, ტურბოგენერატორების და სინქრონული კომპესატორების ყველა ძირითადი აღზნების სისტემებისათვის სწრაფმოქმედება არ არის მოცემული.

3. ფორსირების დროს, აღზნების სისტემის დაგვიანება $L_{ა.ს.დაგვ.}$, წარმოადგენს დროის მონაკვეთს, აღზნების ავტომატური რეგულატორის შესასვლელზე სიგნალის მიწოდების მომენტიდან, რომელიც იწვევს აღზნების სრული ფორსირების დაწყების აუცილებლობას, იმ მომენტამდე, როცა აღზნების ფორსირების პროცესში აღმზნების მომჭერებზე ძაბვა გადაიხრება საწყისი მნიშვნელობიდან სიდიდემდე, რომელიც ტოლია ძაბვის ბოლო და საწყისი მნიშვნელობების სხვაობის 3%-ის. ფორსირების დროს აღზნების ძირითადი სისტემების დაგვიანება არ უნდა აღემატებოდეს 0,03 წმ-ს.

მცირე შემფოთებების დროს, აღზნების სისტემები ხასიათდებიან სწორხაზოვანი რგოლების გადაცემის ფუნქციის კოეფიციენტის მნიშვნელობებით.

დამყარებულ რეჟიმში, აღზნების რეგულირების სისტემები ხასიათდებიან სტატიზმის კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობით, ნიშნით და სწორხაზოვანი გარე მახასიათებლით, რომელიც წარმოადგენს წრფივ (მუდმივი $\cos \alpha$ დროს) დამოკიდებულებას გენერატორის U_0 ძაბვასა და სტატორის I_0 დენს შორის.

დ) რეჟიმის ძირითადი პარამეტრები, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება რეგულირება.

1. სარეგულირებელი სიდიდის (მაგ. ძაბვის) მყისური გადახრა მოცემული მნიშვნელობიდან.

რეგულატორი აღიქვამს ამ მნიშვნელოვან გადახრას და ცვლის სინქრონული მანქანის აღზნების დენის სიდიდეს, მიისწრაფვის აღადგინოს სარეგულირებელი სიდიდის მოცემული მნიშვნელობა. უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა აღზნების ავტომატური რეგულატორი, რომელიც გამოყენებულია ექსპლოატაციაში, არ შეიცავენ ინტეგრირების რგოლებს და გააჩნიათ ბუნებრივი სტატიზმი, რის გამოც მათ არ შეუძლიათ აბსოლუტურად ზუსტად დაიჭირონ სარეგულირებელი სიდიდის მოცემული მნიშვნელობა. შედეგად თავს იჩენს რეგულირებაში სტატიკური შეცდომა, რომლის მნიშვნელობაც მით უფრო მცირეა, რაც უფრო დიდია რეგულატორის გაძლიერების კოეფიციენტი. გენერატორის მომჭერებზე ძაბვის რეგულირების სტაბილიზაციის პირობის მიხედვით:

$$\Delta U_0 = \Delta U_{საწყ.} / (1+K) ; \quad K_{სტ.} = -\Delta U_0 / \Delta I_{0,რ.} = X_d / (1+K) > 0$$

სადაც Δu_0 – არის მუშაობაში მყოფი რეგულატორის სტატიკური შეცდომა; $\Delta U_{საწყ.} \approx -\Delta I_{0,რ.} X_d$ – არის გამორთული რეგულატორისა და ძაბვის ცვლილების საწყისი შეუთანხმებლობა სტატორის დენის შეცვლის გამო; $K = K_0 \cdot K_s \cdot K_{რეგ.}$ – რეგულირების ღია სისტემის გაძლიერების კოეფიციენტი, რომელიც შედგება გენერატორის, აღმზნების

და რეგულატორისაგან; $K_{სტ}$ – რეაქტიული დენის მიხედვით რეგულირების სისტემის სტატიზმის კოეფიციენტი.

გამლიერების კოეფიციენტის (K) გადიდება შეზღუდულია რეგულირების სისტემის მდგომარეობის პირობით.

2. მთავარი შემფოთებითი ზემოქმედებები (რეჟიმის პარამეტრები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ზემოქმედებენ სარეგულირებელ სიდიდეებზე) – სტატორის დენი და ძვრის კუთხე სინქრონული მანქანის ძაბვასა და სტატორის დენს შორის.

დატვირთვის დენის, ან ძვრის კუთხის გაზრდის შემთხვევაში იზრდება გენერატორის წინაღობაში ძაბვის დანაკარგი და მცირდება ძაბვა მანქანის მომჭერებზე. აღნიშნული ცვლილებების აღკვეთის მიზნით, ა.ა.რ., რომელიც რეაგირებს შემფოთებაზე, ვალდებულია გაზარდოს აგლზნების დენის სიდიდე, ე.მ.ძ. და შესაბამისად გააკომპენსიროს შემფოთებით გამოწვეული ცვლილებების გავლენა.

ა.ა.რ-ის (აღზნების ავტომატური რეგულატორი) მოქმედების სიჩქარე შემფოთებაზე საკმაოდ მაღალია, ვინაიდან რეგულატორი მოქმედებას იწყებს სარეგულირებელი სიდიდის (მოცემულიდან) მნიშვნელოვანი გადახრის წარმოქმნამდე. მაგრამ რეგულირების სიზუსტე, როგორც წესი, არადამაკმაყოფილებელია ყველა შემფოთებითი ზემოქმედების გაკომპენსირების სირთულის გამო.

3. სარეგულირებელი სიდიდის და მთავარი შემფოთებითი ზემოქმედებების წარმოებულები დროის მიხედვით (პირველი და მეორე რიგის).

რეგულირების კანონში წარმოებულების შემოტანა მნიშვნელოვნად აჩქარებს რეგულირების პროცესს, სტატიკურ მახასიათებლებზე ზეგავლენის გარეშე. წარმოებულების გამოყენება განსაკუთრებით ეფექტურია სწრაფმოქმედ აღზნების სისტემებში.

4. მყისიური გადახრა და სიხშირის პირველი რიგის წარმოებული.

ამ პარამეტრის შემოტანა აღზნების რეგულირების კანონში ხელს უწყობს პარალერული მუშაობის მდგრადობის ამაღლებას. დღეისთვის ექსპლოატაციაში არის და ქვემოთ განიხილება ა.ა.რ-ს შემდეგი მოწყობილობები:

- აღზნების რელეური ფორსირებისა და აღზნების მოხსნის მოწყობილობები;
- ელექტრომაგნიტური კორექტორი დენური კომპაუნდირების მოწყობილობით;
- მართვადი ფაზური კომპაუნდირება;
- მაღალსიხშირული ნახევარგამტარული აღზნების ავტომატური რეგულირების მოწყობილობა;
- ძლიერი მოქმედების აღზნების რეგულატორი.

16.2 აღზნების ავტომატური ფორსირება და ელ.მანქანური აღმგზნებიანი გენერატორის აღზნების მოხსნა

აღზნების ავტომატური ფორსირება განხორციელებულია სწრაფმოქმედი აღზნების რელეური მოწყობილობით (ს.ა.მ.), რომელიც სქემატურად ნაჩვენებია

ა.ა.რ.-2-ს სახით ნახ. 16.1-ზე; ს.ა.მ.-ს ძირითადი ამოცანაა გენერატორის ძაბვის ავარიულად შემცირების შემთხვევაში, მოახდინოს მისი აღზნების ფორსირება მაქსიმალურ დასაშვებ (ჭერულ) სიდიდემდე, გენერატორის პარალერული მუშაობის მდგრადობის ამაღლების, ელ.ძრავების თვითგაშვების დაჩქარებისა და სარელეო დაცვის დროის დაყოვნებით მოქმედების იმედიანობის ამაღლების მიზნით.

სწრაფმოქმედი აღზნების რელეური მოწყობილობის მოქმედება მდგომარეობს მის მომჭერებზე ძაბვის მნიშვნელოვნად შემცირებისას სინქრონული მანქანის აღმგზნების აღზნების გრაგნილის წრედში წინაღობის მთლიანად ან ნაწილობრივ დაშუქებაში. ელ.დანადგარების მოწყობის წესების (ე.დ.მ.წ.) შესაბამისად, სწრაფმოქმედი აღზნების მოწყობილობებით აღჭურვილია ყველა სინქრონული გენერატორი და კომპენსატორი, მიუხედავად აღზნების ავტომატური რეგულირების სხვა მოწყობილობების არსებობისა. აღზნების სწრაფმოქმედ სისტემებში გამოყენებული არის უკონტაქტო აღზნების სწრაფმოქმედი მოწყობილობა.

ავტომატური აღზნების მოხსნა ხორციელდება სწრაფმოქმედი აღზნების მოხსნის რელეური მოწყობილობებით. ამ მოწყობილობების, რომლითაც აღჭურვილნი არიან მხოლოდ ჰიდროგენერატორები, ამოცანაა შეზღუდოს გენერატორის მომჭერებზე ძაბვის მომატება, მასზე მიერთებული მომხმარებლების კვების შენარჩუნების მიზნით ძირითადი დატვირთვის მოხსნისას მისი “გაქცევის” დროს.

სწრაფმოქმედი აღზნების მოხსნის რელეური მოწყობილობის მოქმედება მდგომარეობს აღზნების სწრაფად შემცირების აუცილებლობის შემთხვევაში, აღმგზნების აღზნების წრედში რეზისტორის ავტომატურად ჩართვაში.

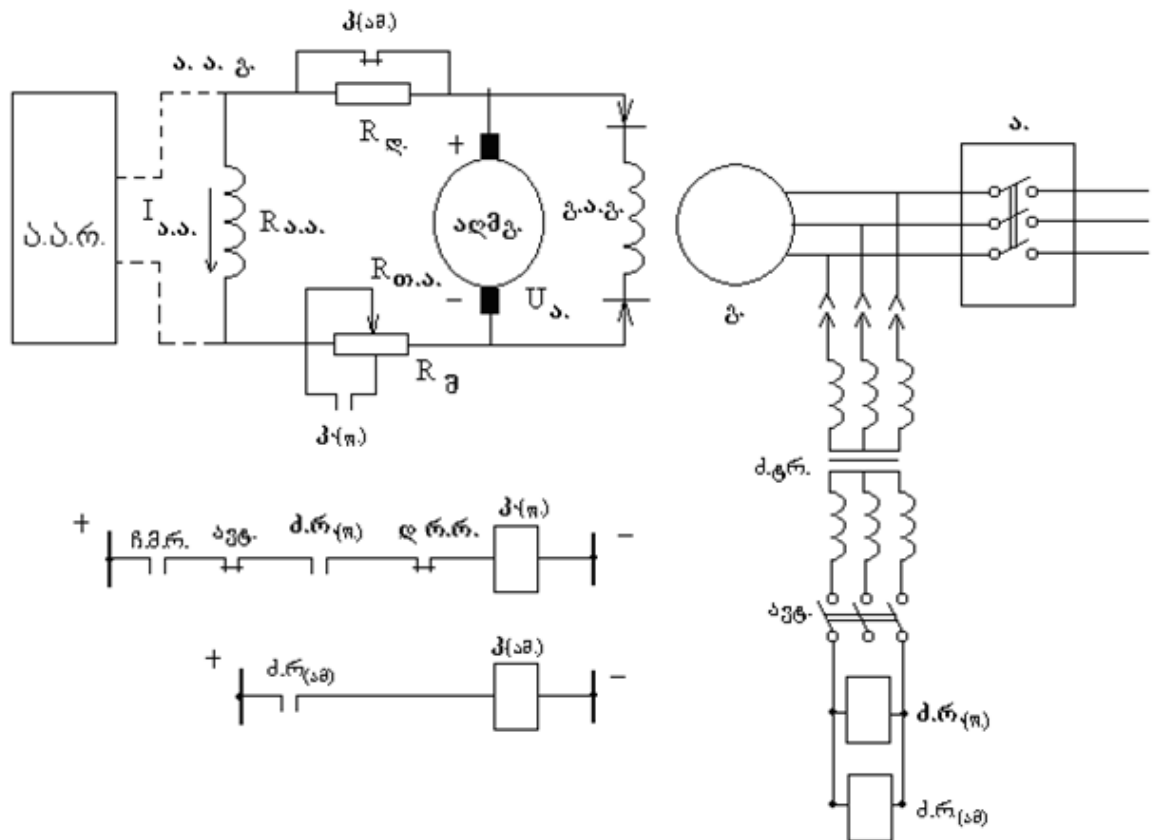
სწრაფმოქმედი აღმგზნების რელეური მოწყობილობის და სწრაფმოქმედი აღზნების მოხსნის რელეური მოწყობილობის პრინციპიალური სქემები ნაჩვენებია ნახ. 16.5 ა-ზე.

მინიმალური ძაბვის რელე ძ.რ.^(გ) ჩართული არის ძ.ტ. ძაბვის ტრ-ის ხაზურ ძაბვაზე, ძაბვის წრედების ავტომატის (ავტ.) გავლით. ჩართული (ავტ.) ავტომატის და გენერატორის ნომინალური ძაბვის შემთხვევაში ძაბვის რელე მიზიდულია და მისი კონტაქტები გახსნილია.

ძაბვის მნიშვნელობა გენერატორის მომჭერებზე, რომლის დროსაც ძაბვის რელე მუშაობს (ჩამოვარდება) და შეკრავს კონტაქტებს, შერჩეული არის რელეს საიმედოდ დაბრუნების პირობით, (მიზიდვა) ნომინალური ძაბვის დროს $U_{ნომ}$, იმედიანობის კოეფიციენტით $K_{იბ} = 1,05$; თუ მინიმალური ძაბვის რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი $K_{დ} = 1,1$ მაშინ

$$U_{ძ.რ.(გ)} = U_{ნომ} / K_{იბ} \cdot K_{დ} = U_{ნომ} / 1,1 \cdot 1,05 = 0,85 U_{ნომ} \quad (16.1)$$

სწრაფმოქმედი აღზნების მოწყობილობის მოცემული სქემა უზრუნველყოფს საიმედო მუშაობას სამფაზა მ.შ.-ს დროს და იმ ფაზებს შორის მ.შ.-ების დროს, რომელზეც მიერთებული არის რელე. სხვა სახის მ.შ.-ების დროს მოწყობილობის მგრძნობიარობა არის შემცირებული.



ნახ. 16.5 ალგზნების რელეური ფორსირებისა და ალგზნების მოხსნის პრინციპიალური სქემა. ჩ.მ.რ.-ჩართული მდგომარეობის რელე; ძ.რ(გ)-ფორსირების ძაბვის რელე; ძ.რ(აგ)-ალგზნების მოხსნის ძაბვის რელე; კ(გ)-ფორსირების კონტაქტორი; კ(აგ)- ალგზნების მოხსნის კონტაქტორი.

სწრაფმოქმედი ალმგზნები მოწყობილობის მგძნობიარობის გაზრდის მიზნით სხვადასხვა სახის მ.შ.-ბის დროს, გამოყენებული არის ძაბვის რელეს ჩართვის სქემა პირდაპირი მიმდევრობის ძაბვის ფილტრზე.

სწრაფმოქმედი ალმგზნების მოწყობილობის გამორთვა, ან ფორსირების შემცირება როტორის გადახურების თავიდან აცილების მიზნით, ხორციელდება პერსონალის, ან ავტომატურად როტორის სპეციალური დაცვის მიერ (რელე დრ.რ.).

სწრაფმოქმედი ალმგზნები მოწყობილობის მოქმედების შეწყვეტა, იმ შემთხვევაში როდესაც გენერატორი მუშაობს უქმ სვლაზე, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს გენერატორის სტატორის მომჭერებზე ძაბვის მნიშვნელოვნად გადიდება, განხორციელებულია “ჩართული” მდგომარეობის მაჩვენებელი რელეს კონტაქტით (ჩ.მ.რ.) (იგი აფიქსირებს ამომრთველის ჩართულ მდგომარეობას) კ(გ) კონტაქტორის გრაგნილის წრედში.

მაქსიმალური ძაბვის რელე ძრ(აგ) წარმოადგენს ალგზნების მოხსნის მოწყობილობის გამშვებ ორგანოს. იგი ახდენს ზემოქმედებას ალგზნების მოხსნის კონტაქტორზე კ(აგ), რომელიც ალმგზნების გრაგნილის წრედში რთავს დამატებით რეზისტორს $R_{დ}$. ძაბვის სიდიდე გენერატორის მომჭერებზე, რომლის დროსაც მუშაობს რელე ძრ(აგ), შერჩეულია რელეს საიმედოდ დაბრუნების პირობით ($K_{იგ}=1,05$)

ნომინალური ძაბვის დროს. თუ მაქსიმალური ძაბვის რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი $K_{დ}=0,9$, მაშინ

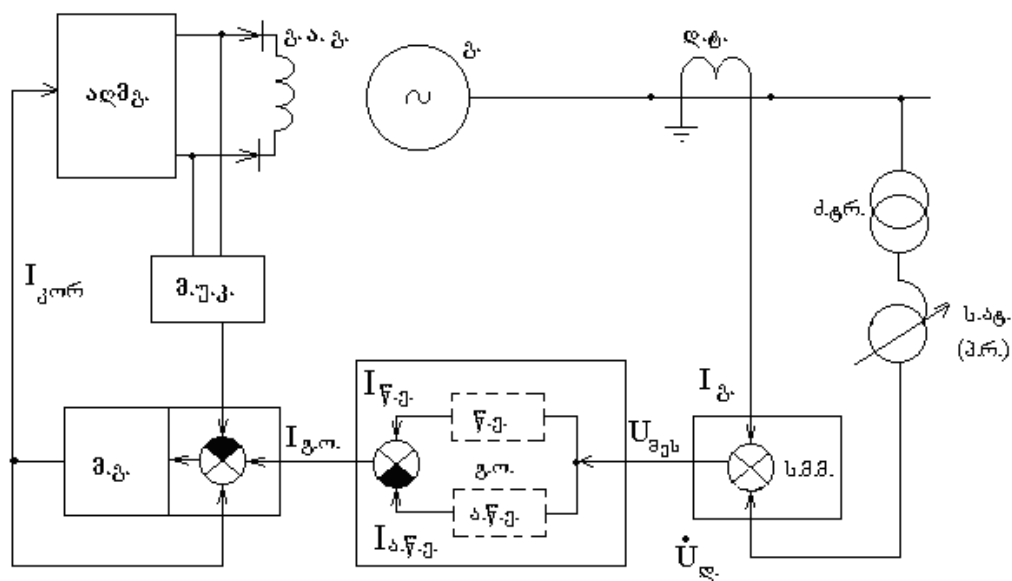
$$U_{პრ(ამ)} = K_{იმ} / K_{დ} \cdot U_{ნომ} = 1,05/0,9 \cdot U_{ნომ} = 1,2 U_{ნომ} \quad (16.2)$$

16.3 ძაბვის ელექტრომაგნიტური კორექტორი

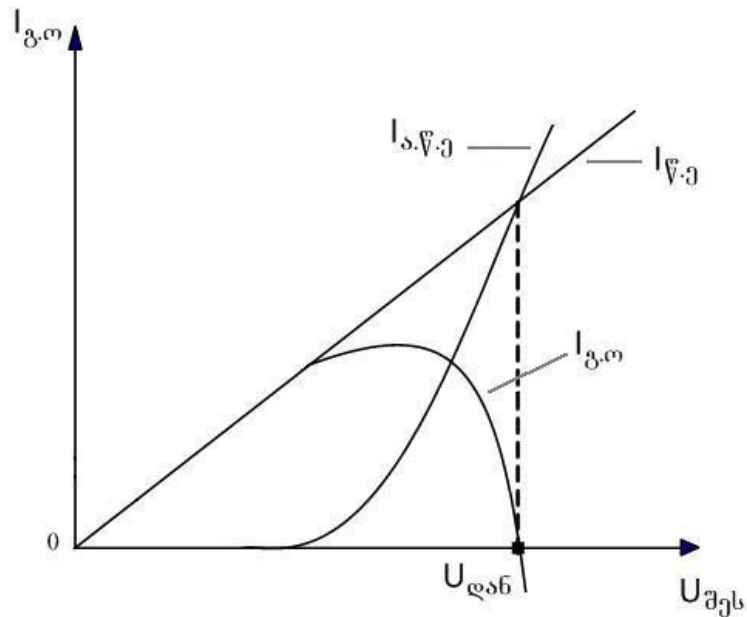
ძაბვის კორექტორი – ეს არის ალგზნების ავტომატური რეგულატორი, რომელიც რეაგირებს ძაბვის გადახრაზე. სახელწოდება “ძაბვის კორექცია” დაკავშირებული არის იმასთან, რომ ეს მოწყობილობა გამოიყენება ა.ა.რ-ის სხვა მოწყობილობებთან ერთად- (კომპაუნდირების მოწყობილობა განიხილება ქვემოთ): ამავე დროს უზრუნველყოფილია სინქრონული მანქანის ძაბვის კორექტირება ნორმალურ რეჟიმში. ყველაზე უფრო გამოიყენება ძაბვის ელექტრომაგნიტური კორექტორები.

ძაბვის ელექტრომაგნიტური კორექტორი (ე.მ.კ.) შეიცავს (ნახ. 16.6):

- გამზომ ორგანოს (გ.ო.) - ძაბვის მოცემული მნიშვნელობიდან გადახრის გადამწოდს;
- მაგნიტურ გამაძლიერებელს (მ.გ.) - გამზომი ორგანოს სიგნალის გამაძლიერებელი;
- მოქნილ უკუკავშირს (მუკ.) - ამაღლებს რეგულირების სისტემის მდგრადობას;
- სტატიზმის მოწყობის მოწყობილობა (ს.მ.მ.) - რეგულირების სისტემის სტატიზმის კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობისა და ნიშნის შესაცვლელად;
- „მიმწოდებელი“ მოწყობილობა - საყენებელი ავტოტრანსფორმატორი (ს.ატ.) ანუ პოტენციალ-რეგულატორი.



ნახ. 16.6 ძაბვის კორექტორის ფუნქციონალური სქემა. გ.ო. - გამზომი ორგანო; წ.ე. - წრფივი ელემენტი; ა.წ.ე. - არაწრფივი ელემენტი; პ.რ. - პოტენციალ-რეგულატორი; ს.ატ. - საყენებელი ავტოტრანსფორმატორი.



ნახ. 16.7 გამზომი ორგანოს წრფივი და არაწრფივი ელემენტების გამოსასვლელის დენები

სხვადასხვა კონსტრუქციის **გამზომი ორგანო**, რომელიც გამოყენებულია ძაბვის ელექტრომაგნიტურ კორექტორში, დაფუძნებულია ორი ელემენტის დენების შედარების პრინციპზე, წრფივი და არაწრფივი მახასიათებლებით. ყველაზე მარტივ სქემაში გამომავალი სიგნალი $I_{გ.ო}$ მიიღება როგორც წრფივი და არაწრფივი დენების სხვაობა, რომლებზეც მოდებული არის ერთი და იგივე ძაბვა $U_{შეს}$ (ნახ. 16.7)

$$I_{გ.ო} = I_{წ.ე} - I_{ა.წ.ე}$$

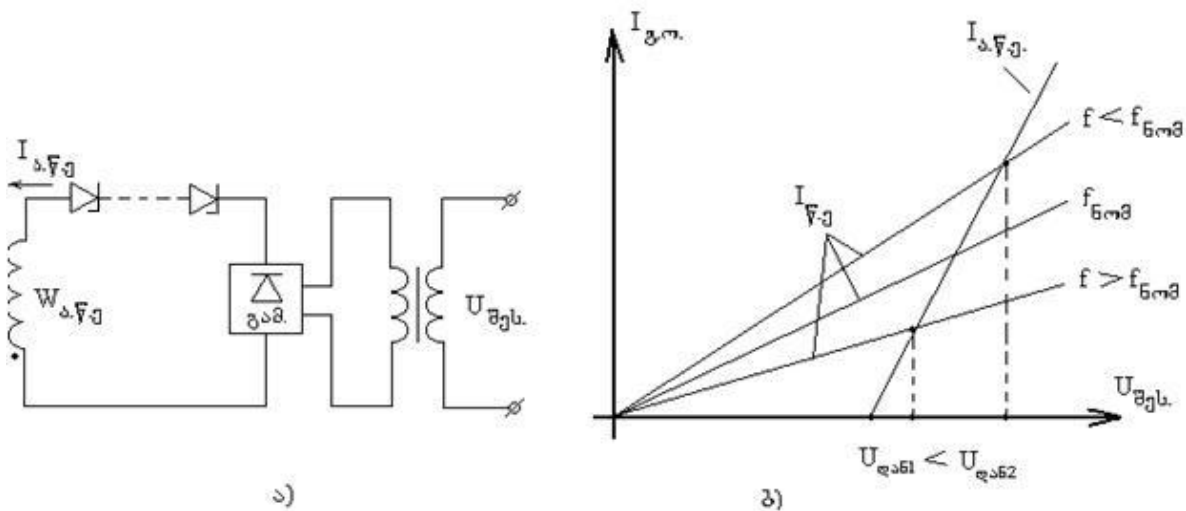
ძაბვის გადახრის ზრდასთან ერთად, ძაბვის დანაყენის მნიშვნელობიდან $U_{დან}$, იზრდება გამზომი ორგანოს გამოსასვლელი დენი, მისი ნიშანი განისაზღვრება ძაბვის გადახრის ნიშნით.

ა.ა.რ.-ს მგრძნობიარობის ამაღლების მიზნით არასიმეტრიული რეჟიმში, გამზომი ორგანო განხორციელებული არის სამფაზა შესრულებით.

გამზომი ორგანოს ნაკლს წარმოადგენს გამოსასვლელი დენის დამოკიდებულება სიხშირეზე, რომელიც ენერგოსისტემაში სიხშირის ავარიულად შემცირების დროს, ზოგ შემთხვევაში იწვევს კორექტორის უარყოფით მარეგულირებელ მოქმედებას. გამზომი ორგანოს სიხშირული დამოკიდებულების გაუმჯობესების მიზნით შემოთავაზებულია ა.წ.ე. შესრულდეს კაჟბადის სტაბილიტრონებზე ნახ. 16.8 ა ნაჩვენები სქემის მიხედვით, ხოლო წ.ე-ს ადგილზე გამოვიყვანოთ წრფივი დროსელი, მოცემულ სქემაში ა.წ.ე-ს დენი არ არის დამოკიდებული სიხშირეზე.

წ.ე-ს დენის დამოკიდებულება სიხშირეზე ახდენს რეგულირების დადებით ეფექტს:

$$I_{წ.ე} = K_{წ.ე} \cdot U_{შეს} / x_{დრ} = K'_{წ.ე} \cdot U_{შეს} / f$$



ნახ. 16.8 ე.მ.კ. გამზომი ორგანოს მახასიათებლის დამოკიდებულება სიხშირეზე.

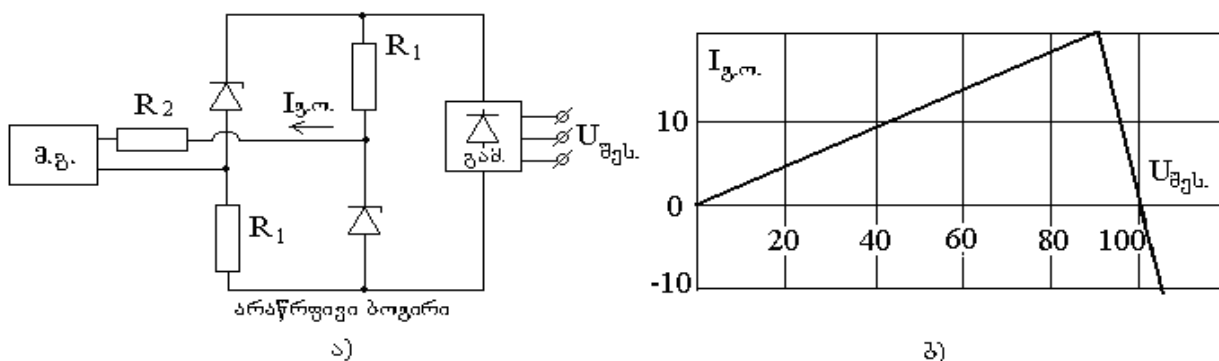
(ა) არაწრფივი ელემენტების სქემა სტაბილიტრონებზე; (ბ) გამზომი ორგანოს მახასიათებლები სიხშირის სხვადასხვა მნიშვნელობების დროს.

სიხშირის ავარიულად შემცირების დროს (გ.ო.)-ს დანაყენი იზრდება, ხოლო გაზრდისას-მცირდება, რაც განსაზღვრული ხარისხით აკომპენსირებს ქსელის ძაბვის დამოკიდებულებას სიხშირეზე (ნახ. 16.8 ბ).

უკანასკნელ პერიოდში გამზომ ორგანოდ, რომელიც არ რეაგირებს სიხშირის გადახრაზე, გამოიყენება არაწრფივი ბოგირი კაჟბადის სტაბილიტრონებზე და რეზისტორებზე, მკვებავი სამფაზა ბოგირული გამმართველიდან (ნახ.16.9 ა).

ნახ. 16.9 ბ-ზე ნაჩვენებია ასეთი გამზომი ორგანოს მახასიათებელი-არაწრფივი ელემენტის გამოსასვლელი დენის დამოკიდებულება, რომელიც ჩართულია მაგნიტური გამაძლიერებლის მართვის გრაგნილზე, კორექტორის კვების ძაბვაზე. შესასვლელი ძაბვის გაზრდით, ჯერ-ჯერობით სტაბილიტრონები ჩაკეტილია, გამოსასვლელი დენი იზრდება შესასვლელი ძაბვის პროპორციულად.

$$I_{გ.ო.} = (\beta U \cdot U_{შეს}) / (2R_1 + R_2 + R_0) \quad (16.3)$$



ნახ. 16.9 ე.მ.კ.-ს გამზომი ორგანო არაწრფივი ბოგირის გამოყენებით

სადაც R_a - (მ.გ.)-ს მართვის გრაგნილის წინაღობაა; β_U - არის გამმართველის ძაბვის მიხედვით გამართვის კოეფიციენტი.

მას შემდეგ რაც ძაბვა სტაბილიტრონებზე გაიზრდება $U_{სტაბ.}$ -ს მნიშვნელობამდე, გამოსასვლელი დენი მცირდება შესასვლელი ძაბვის ზრდასთან ერთად.

$$I_{გ.ო.} = (2U_{სტაბ.} \cdot \beta_U \cdot U_{შეს}) / (R_2 + R_a) \quad (16.4)$$

სადაც $U_{სტაბ.}$ - სტაბილიზაციის ძაბვაა.

როცა $U_{შეს} = U_{დან}$ გამოსასვლელი დენი ტოლია ნულის, შესასვლელი ძაბვის გადახრა დანაყენის სიდიდიდან, იწვევს გამოსასვლელი დენის პროპორციულად გაზრდას, რომლის ნიშანიც განისაზღვრება ძაბვის გადახრის ნიშნის მიხედვით.

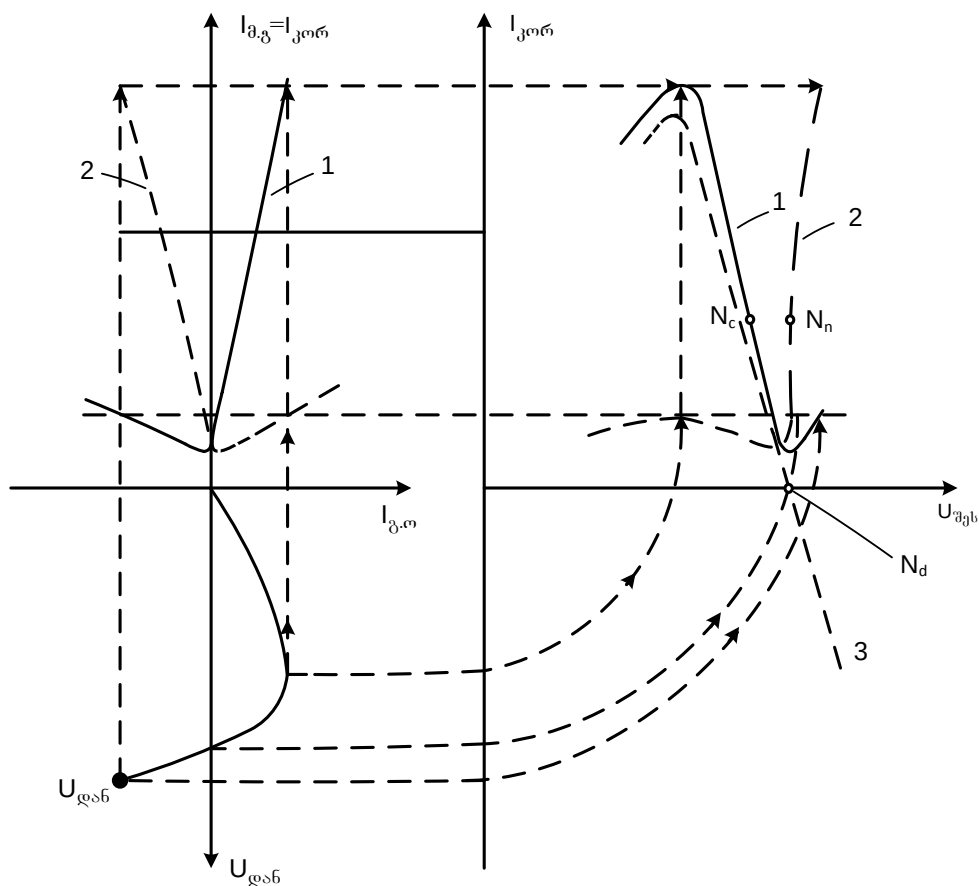
მუშა უბანზე გამზომი ორგანოს გაძლიერების კოეფიციენტი:

$$\Delta I_{გ.ო.} / \Delta U_{შეს} = \beta_U / (R_2 + R_a)$$

განისაზღვრება არაწრფივი ბოგირის დიაგონალში წინაღობის სიდიდით, რომელიც შეირჩევა მაგნიტური გამაძლიერებლისათვის საჭირო დროის მუდმივის მნიშვნელობის შესაბამისად. გაძლიერების კოეფიციენტის ცვლილება განსაზღვრულ ფარგლებში ხორციელდება R_2 რეზისტორით.

მაგნიტური გამაძლიერებელი (მ.გ.), რომელიც აძლიერებს გამზომი ორგანოს სიგნალს, შესრულებულია გამოსასვლელი დენის მიხედვით შიგა ან გარე უკუკავშირებით. თუ უკუკავშირის დენის მიმართულება ემთხვევა წრფივი ელემენტის დენის მიმართულებას, მაშინ უკუკავშირი დადებითია როცა $I_{წ.ე.} > I_{ა.წ.ე.}$ (ანუ $U_{შეს} > U_{დან}$) და უარყოფითია როცა $I_{წ.ე.} < I_{ა.წ.ე.}$ ($U_{შეს} < U_{დან}$). ამ შემთხვევის შესაბამისი მახასიათებლები კორექტორის $I_{კორ}(U_{შეს})$, გამზომი ორგანოს $I_{გ.ო.}(U_{შეს})$ და მაგნიტური გამაძლიერებლის $I_{მ.გ.}(U_{შეს})$ მახასიათებლების მიხედვით ნაჩვენებია ნახ.16.10-ზე.

კორექტორის გამოსასვლელი 1 მახასიათებლით აღმგზნების აღგზნების გრაგნილთან მიერთებულია ისე, რომ $I_{კორ} = I_{დ.ა.-1}$ დენმა იმოქმედოს $I_{თა}$ დენთან შეთანხმებულად (ნახ. 16.1. ა.ა.რ.-3); ამიტომ კორექტორის ჩართვის ასეთ სქემას ეწოდება შეთანხმებული. კორექტორის მახასიათებელზე წერტილი N_c , რომელიც შეესაბამება გენერატორის ნორმალურ ძაბვას, იმყოფება მახასიათებლის დადმავალ შტოზე. ამ წერტილის აბსცისის $U_{შეს.ნომ.} < U_{დან}$. გენერატორის ძაბვის ნებისმიერი გადახრა, იწვევს კორექტორის დენის მნიშვნელოვნად შეცვლას. ძაბვის შემცირებისას კორექტორის დენი $I_{კორ}$ იზრდება, იზრდება აღმგზნების აღგზნება და გენერატორის ე.მ.ძ. შესაბამისად დამყარებულ რეჟიმში ძაბვა მცირდება უფრო მცირედ, ვიდრე კორექტორის არარსებობის დროს. გენერატორის ძაბვის აწევისას, კორექტორის გამოსასვლელი დენი მცირდება, რაც ამცირებს ძაბვის მატებას. ამრიგად შეთანხმებული კორექტორი მახასიათებლის მუშა უბანზე მოქმედებს გენერატორის ძაბვის გადახრის საპირისპიროდ (მოცემული მნიშვნელობიდან). რომ გამოვრიცხოთ $I_{კორ}$ დენის ზრდა ზონაში $I_{შეს.} > U_{დან}$ გარდა უარყოფითი უკუკავშირისა გამოიყენება დამატებითი ზომები, კერძოდ წრფივი და არაწრფივი ელემენტების გრაგნილებს შორის გამმართველის ჩართვა.



ნახ. 16.10 კორექტორის მახასიათებლის აგება (შეთანხმებული, მოპირდაპირედ ჩართული და ორსისტემიანი)

თუ (მ.გ.) უკუკავშირი უარყოფითია, როცა $I_{ფ.ე.} < I_{ა.ფ.ე.}$, მაშინ კორექტორის მახასიათებელი $I_{კორ}(U_{შეს.})$ არის შემდეგი სახის: ნახ. 16.10 (მრუდი 2). ასეთი კორექტორი უნდა ჩაირთოს აღმგზნების ცალკე გრაგნილზე ისე, რომ $I_{კორ}$ შეასუსტოს აღმგზნების აღგზნების გრაგნილის მაგნიტომამოძრავებელი ძალა (ნახ. 16.1. ა.ა.რ.-4) ამიტომ მას უწოდებენ შემხვედრად ჩართვას.

შეთანხმებულად და შემხვედრად ჩართული კორექტორების კომბინაციას უწოდებენ ორსისტემიან კორექტორს $I_{კორ.ორ} = I_{კორ.შეთ.} - I_{კორ.შემ.}$ (მრუდი 3 ნახ. 16.10)

გენერატორის $U_{ფ.}$ ძაბვის დამოკიდებულებას დატვირთვის დენზე, მუდმივი $\cos \varphi$ -ს დროს, რომელიც ხორციელდება კორექტორის საშუალებით (ს.მ.მ.)-ს გარეშე (ნახ. 16.6), ეწოდება რეგულირების ბუნებრივი მახასიათებელი. რეგულირების ბუნებრივი მახასიათებელი ახლოს არის ასტატიკურთან და აქვს დადებითი სტატიზმი, რომელიც არ აღემატება 1-2%; რეგულირების მდგრადობა აუცილებლობის შემთხვევაში მიიღწევა აღმგზნების მომჭერებიდან მართვის დამატებით გრაგნილზე (მ.გ.) უარყოფითი მოქნილი უკუკავშირის გამოყენებით. დიფერენციალური რგოლი (მ.უკ.) ჩვეულებრივად განხორციელებულია ტრანსფორმატორული კავშირით.

სტატიზმის მომწყობი მოწყობილობა (ს.მ.მ.) ემსახურება რეგულირების მახასიათებლისათვის საჭირო დახრის მინიჭებას, ანუ სისტემისათვის საჭირო სტატიზმი. კონსტრუქციულად (ს.მ.მ.) უფრო ხშირად განხორციელებულია

რეზისტორების გამოყენებით, რომლებზეც ძაბვების ვარდნები პროპორციულია გენერატორის ფაზური დენებისა (ნახ. 16.11).

საყენებელი ტრანსფორმატორის ძაბვა U_s ტოლია გამზომი ორგანოს შესასვლელზე ძაბვის და ΔU გეომეტრიული ჯამის, ამიტომ:

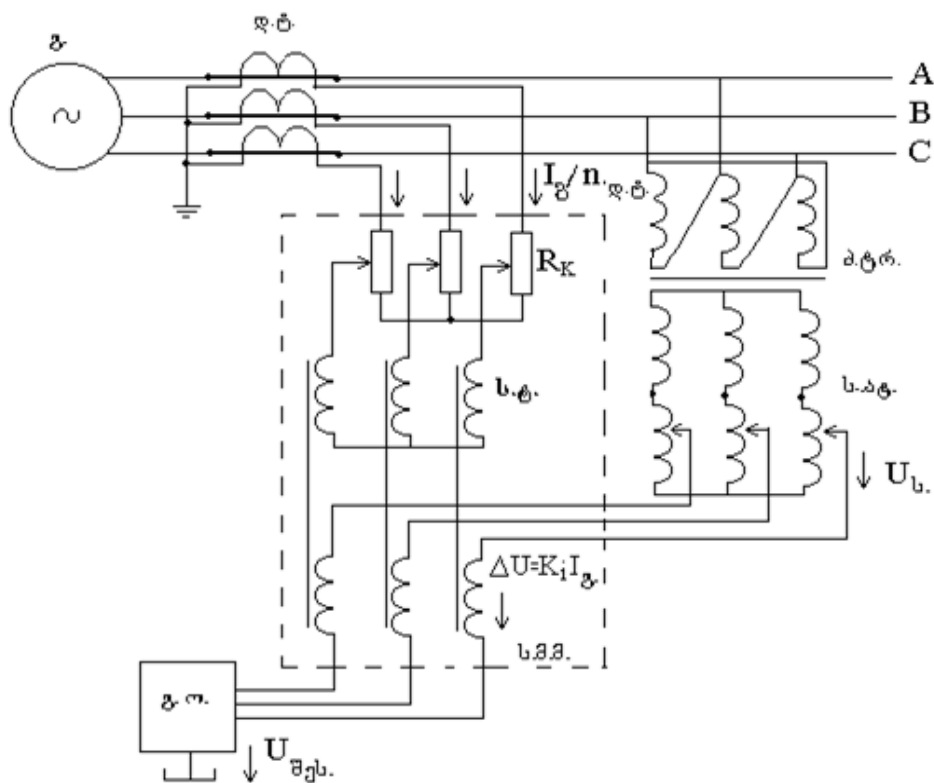
$$U_{შეს} = U_s + \Delta U$$

სადაც

$$\Delta U = R_K \cdot I_{ფ.ტ.} / n_{ფ.ტ.} \cdot n_{ს.ტ.} = K_i \cdot I_{ფ.ტ.}; \quad U_s = K_U \cdot U_{ფ.ტ.} \quad (16.5)$$

U_s და ΔU ვექტორებს შორის კუთხე α შეიძლება შევცვალოდ საფეხურებით, 30° -იანი ცვლილება. ეს ხორციელდება (ს.ტ.) სტატიზმის ტრანსფორმატორის გრაგნილების გადაერთებით.

ბუნებრივ მახასიათებლებიანი რეგულატორებისთვის (რომელიც ახლოა ასტატიკურთან) დამყარებულ რეჟიმში გამზომი ორგანოს მომჭერებზე ძაბვა $U_{შეს} = \text{const.}$ ამიტომ თუ კუთხე α ძაბვის U_s და ΔU ვექტორებს შორის, როცა $\cos \varphi = \cos \varphi_{ნომ.}$ არის ბლაგვი ($\alpha > 90^\circ$ ნახ. 16.12), მაშინ $\Delta U = K_i \cdot I_{ფ.ტ.}$ -ს გაზრდით ძაბვა $U_{ფ.ტ.} = K_U \cdot U_{ფ.ტ.}$ რეგულატორის გავლენით დაიწყებს შემცირებას, ანუ რეგულირების მახასიათებელს აქვს დადებითი სტატიზმი. თუ კუთხე $U_{ფ.ტ.}$ და ΔU ვექტორებს შორის, როცა $\cos \varphi = \cos \varphi_{ნომ.}$, იქნება მახვილი ($\alpha < 90^\circ$ ნახ. 16.12), მაშინ $\Delta U(I_{ფ.ტ.})$ -ს გაზრდით $U_s(I_{ფ.ტ.})$ ძაბვა იწყებს ზრდას ანუ რეგულირების მახასიათებლის სტატიზმი ხდება უარყოფითი. ნახ.16.12-ზე ყველა ძაბვა მიყვანილია გენერატორის სტატორის წრედზე.



ნახ. 16.11 სტატიზმის მოწყობის მოწყობილობის ჩართვის სქემა.

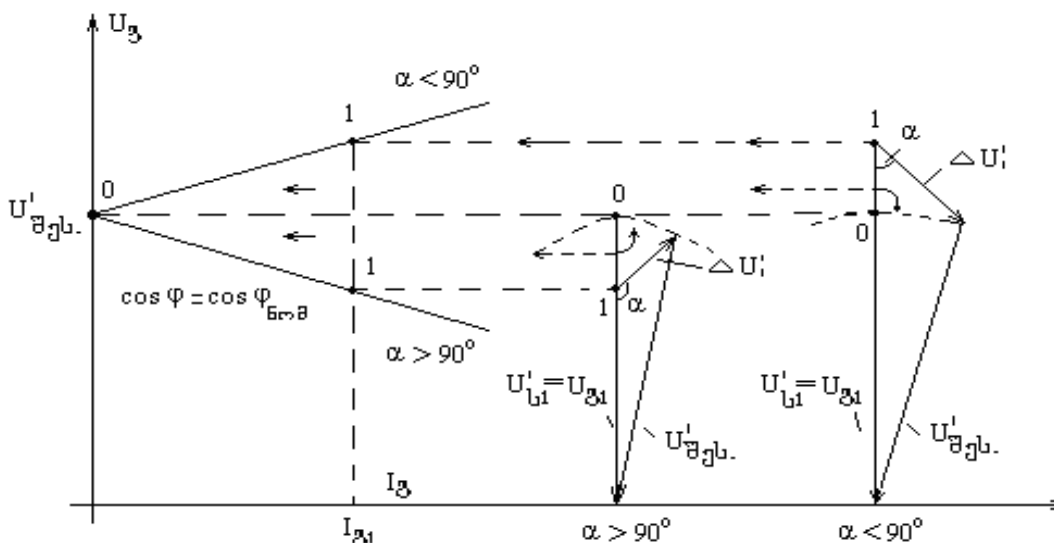
დატვირთვის სიმძლავრის კოეფიციენტის შეცვლასთან ერთად, იცვლება რეგულირების მახასიათებლის დახრა, იმის გამო რომ იცვლება კუთხე U_s და ΔU ვექტორებს შორის.

იმისათვის რომ გენერატორის მომჭერებზე ძაბვა დამოკიდებული იყოს მხოლოდ რეაქტიულ დენზე (და არ იყოს დამოკიდებული აქტიურ დენზე) საჭიროა, რომ როცა $\cos \varphi = 1$ კუთხე U_s და ΔU ვექტორებს შორის ტოლი იყოს 90° -ს. ასეთი ფაზირება შეიძლება განვახორციელოთ როგორც (ს.ტ.) ტრანსფორმატორით (ნახ. 16.11), ისე მის გარეშე, თუ გამოვიყენებთ შესასვლელზე მივიყვანთ ძაბვებს:

$$\begin{aligned} U_1 &= U_{AB}/n_{\text{დ.ტ.}} \pm R_K/n_{\text{დ.ტ.}} \cdot I_C \\ U_2 &= U_{BC}/n_{\text{დ.ტ.}} \pm R_K/n_{\text{დ.ტ.}} \cdot I_A \\ U_3 &= U_{CA}/n_{\text{დ.ტ.}} \pm R_K/n_{\text{დ.ტ.}} \cdot I_B \end{aligned} \quad (16.6)$$

რეგულირების მახასიათებელს კოორდინატებში “ძაბვა - გენერატორის რეაქტიული დენი” აქვს დადებითი სტატიზმი, როცა განტოლების მეორე წევრის წინ არის ნიშანი “+” და უარყოფითი სტატიზმი - როცა განტოლების მეორე წევრის წინ არის ნიშანი “-”; სტატიზმის კოეფიციენტი რეგულირდება R_K წინაღობით.

საყენებელი ავტოტრანსფორმატორი, ანუ პოტენციალ რეგულატორი (ს.ატ.), რომელიც ცვლის “თანაფარდობას U_s/U_{Σ} , წარმოადგენს კორექტორის მიმწოდებელ ელემენტს”. იგი ემსახურება ექსპლუატაციის პროცესში გენერატორის ძაბვის მოცემული მნიშვნელობების შეცვლას; (ს.ატ.)-ს საშუალებით U_{Σ} -ს შემცირებას რეგულატორი აღიქვამს, როგორც გენერატორის ძაბვის დაცემას და გაზრდის აღზნების დენს, რაც თავისთავად იწვევს გენერატორის ძაბვის აწევას. გენერატორის ძაბვის შემცირებისთვის საჭიროა (ს.ატ.)-ს საშუალებით ავწიოთ U_{Σ} ; ამრიგად შესაძლებელია, (ს.ატ.)-ზე ზემოქმედებით, პარალელურად გადავაადგილოთ რეგულირების მახასიათებელი U_s ღერძის გასწვრივ.



ნახ. 16.12 რეგულირების მახასიათებლები სტატიზმის მოწყობილობის მუშაობის პირობებში.

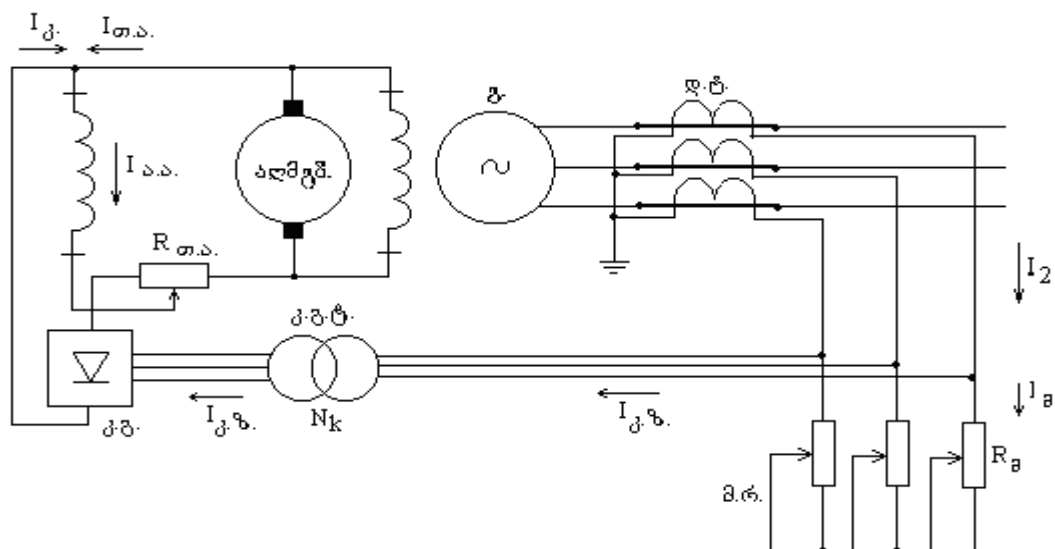
ა.ა.რ.-ს განხილულ სქემას გააჩნია შემდეგი ნაკლოვანებები:

- ძაბვის ღრმად შემცირების დროს იგი უარს ამბობს მოქმედებაზე;
- რეგულირების ბუნებრივ მახასიათებელს უმნიშვნელო სტატიზმის კოეფიციენტის დროს, გააჩნია მდგრადობის მცირე მარაგი.

კორექტორის სიმძლავრის შემცირებისათვის და შესაბამისად, მდგრადობის მარაგისა და სწრაფმოქმედების გაზრდისათვის, რეგულირების სისტემაში დამატებით შემოჰყავთ კომპაუნდირების მოწყობილობა.

16.4 დენური კომპაუნდირების მოწყობილობა

დენური კომპაუნდირება წარმოადგენს ალგზების რეგულირებაზე ზემოქმედებას მთავარი ფაქტორით - სტატორის დენის მოდულით. ამ დროს ხორციელდება უწყვეტი ფუნქციონალური დამოკიდებულება გენერატორის ალგზების დენსა და სტატორის დენს შორის $I_s(I_a)$. დენური კომპაუნდირების მოწყობილობის პრინციპიალური სქემა, რომელიც შედის გახსნილ ავტომატური რეგულირების სისტემაში, (ა.რ.ს.) ნაჩვენებია ნახ. 16.13-ზე.



ნახ. 16.13 დენური კომპაუნდირების მოწყობილობის სქემა. არს. - ავტომატური რეგულირების სისტემა; კ-კომპაუნდირება; კგტ-კომპაუნდირების გამმართველი ტრანსფორმატორი; კგ-კომპაუნდირების გამმართველი; მრ-მომწყობი რეოსტატი; $I_{აზ}$ -კომპაუნდირების დენის ზღვარი; $I_{ა.ა.}$ -ალგზების ალგზების დენი.

დამატებითი დენი I_s კომპაუნდირების (კ.მ.) მოწყობილობიდან, რომლის მიმართულებაც ემთხვევა $I_{ა.ა.}$ დენის მიმართულებას, ალგზების ძირითად და დამატებით გრაგნილში უზრუნველყოფს ალგზების გადიდებას, რითაც აკომპენსირებს გენერატორში სტატორის დენით გამოწვეული ძაბვის ვარდნის მნიშვნელოვან ნაწილს. (კ.მ.)-ს ძირითად გრაგნილზე ჩართვის დროს კომპაუნდირების პროცესი იწყება გენერატორის დენის იმ მნიშვნელობის დროს, რომელიც მეტია რაღაც

სიდიდეზე $I_{ზღვ}$, (კომპაუნდირების დენის ზღვარზე). როცა $I_a < I_{ზღვ}$ (კ.გ.) გამმართველი ჩაკეტილია უკუძაბვით $U_{ა.ა.უ.ს.} = I_{თ.ა.} \cdot R_{ა.ა.}$.

საჭირო ხარისხით გენერატორის კომპაუნდირება მიიღწევა გამმართველი (კ.გ.ტ.) ტრანსფორმატორის N_k ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის და მომწყობი (მ.რ.) რეოსტატის R_a წინაღობის სათანადოდ შერჩევით. შუალედური ტრანსფორმატორი, გარდა ამისა, ემსახურება მუდმივი და ცვლადი დენების წრედების განცალკევებას; ხოლო მომწყობი რეოსტატი-გენერატორის დენის (დ.ტ.) ტრანსფორმატორებისათვის ნორმალური პირობების შექმნას.

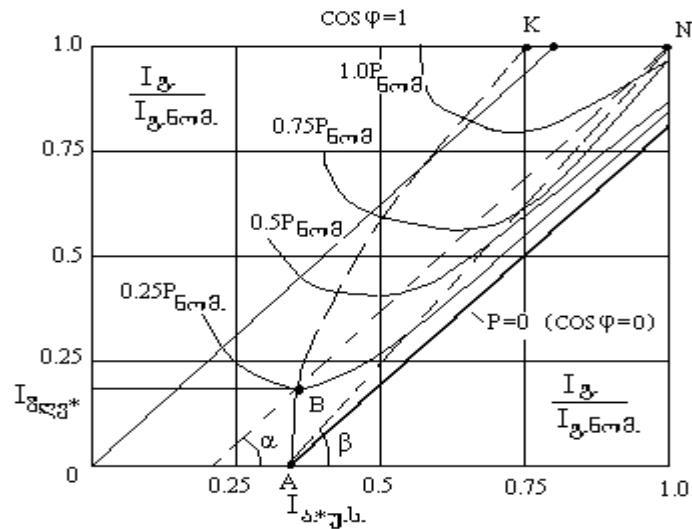
კომპაუნდირებას უწოდებენ ნორმალურს, თუ (ა.ა.რ.)-ს სხვა მოწყობილობების არარსებობის დროს, უზრუნველყოფილია გენერატორის ნომინალური ძაბვა ნომინალური დატვირთვის დროს. გენერატორის უქმი სვლის დროს, როცა $I_a=0$, ნომინალური ძაბვა მის მომჭერებზე უზრუნველყოფილია თვით აღზნების $I_{თ.ა}$ დენით. ამის გამო $R_{თ.ა}$ წინაღობა შერჩეულია ისე, რომ როტორის დენი $I_a = I_{ა.უ.ს.}$.

“ნორმალური” კომპაუნდირება შეიძლება უზრუნველვყოთ N_k და R_a -ს მნიშვნელობების სხვადასხვა კომბინაციების დროს. მათი მნიშვნელობების ცალსახად განსაზღვრისათვის გამოიყენება მეორე პირობა-კომპაუნდირება უნდა იყოს მდგრადი, ანუ კომპაუნდირებიანი გენერატორის სტატიზმის კოეფიციენტი $\Delta U_a / \Delta I_a > 0$, გენერატორის ნებისმიერი დატვირთვის დროს. ამ პირობის შესრულებისათვის საჭიროა, რომ კომპაუნდირების მახასიათებელი $I_a(I_a)$ გადაიკვეთოს გენერატორის ცალკეული U მსგავსი მახასიათებლებით $I_a(I_a)$, როცა $P_a = \text{var}$; $U_a = \text{const}$ (ნახ. 16.14) მხოლოდ ერთ წერტილში. ძირითად გრაგნილზე ჩართული (კ.მ.) კომპაუნდირების მოწყობილობის დროს, საჭირო კომპაუნდირების მახასიათებლის აგება შეიძლება თუ N წერტილიდან, რომელიც შეესაბამება სტატორის და როტორის ნომინალურ დენებს, α კუთხით გავავლებთ NB წრფეს აზცისთა ღერძის მიმართ ისე რომ $\alpha \geq \beta$, სადაც β -არის მახასიათებლის დახრის კუთხე $P = 0$ ($\cos \varphi = 0$) მნიშვნელობისათვის, $I_a = I_a^*_{ა.ს.}$ წრფის გადაკვეთამდე. გადაკვეთის წერტილის ორდინატა $I_{ზღვ}$ განსაზღვრავს კომპაუნდირების ზღვრულ მნიშვნელობას, რომელიც უნდა უზრუნველვყოთ N_k და R_a -ს შერჩევით. (კ.მ.)-ს დამატებით გრაგნილზე ჩართვის დროს მდგრადობის პირობა ყოველთვის სრულდება (წრფე NA).

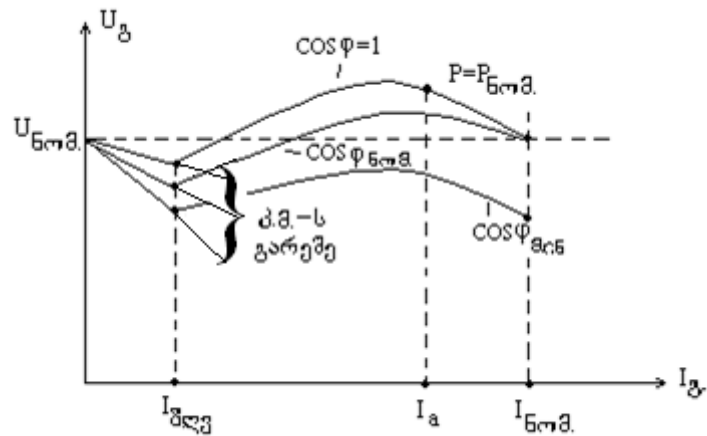
ნორმალურ კომპაუნდირებიანი გენერატორის გარე მახასიათებლები დატვირთვის სხვადასხვა $\cos \varphi$ -ს დროს მოცემულია ნახ. 16.15-ზე. თუ იცვლება მხოლოდ დენის რეაქტიული მდგენელი, მახასიათებელს აქვს სტატიზმის დადებითი კოეფიციენტი (ნახეთ $P = P_{ნომ}$), რომელიც უზრუნველყოფს პარალელურად მომუშავე გენერატორებს შორის რეაქტიული დატვირთვების განაწილების მდგრადობას.

რეგულირების მოცემული სისტემის დადებით მხარეს წარმოადგენს შემდეგი:

- გარე მ.შ.-ების დროს ძაბვის მნიშვნელოვნად შემცირებისას – სწრაფმოქმედება;
- რეგულატორის მცირე დროის მუდმივის გამო მდგრადობის მაღალი ხარისხი.



ნახ. 16.14 კომპაუნდირების მახასიათებლის შერჩევა.



ნახ. 16.15 ნორმალურ კომპაუნდირებიანი გენერატორის გარე მახასიათებლები.

მის ნაკლს წარმოადგენს ძაბვის რეგულირების დაბალი სიზუსტე, ვინაიდან იგი დამოკიდებულია არა მარტო სტატორის სრულ დენზე, არამედ რიგ სხვა ფაქტორებზე, რომლებზეც (კ.მ.) არ რეაგირებს: სტატორის დენის ფაზები (ნახ. 16.15), გენერატორისა და აღმგზნების მახასიათებლები, აგრეგატის ბრუნთა რიცხვი, როტორის წინაღობა და სხვა. რომლებიც განეკუთვნებიან დამატებით არაკონტროლირებად შემფოთებებს.

გენერატორის ძაბვის შენარჩუნების სიზუსტის გაზრდისათვის, კომპაუნდირების მოწყობილობას ემატება ძაბვის კორექტორი, რომელიც ირთვება აღმგზნების აღმგზნების ერთ-ერთ გრაგნილზე. კომპაუნდირების მოწყობილობა და ელ.მაგნიტური კორექტორი ქმნის კომბინირებული ავტომატური რეგულირების სისტემას (ა.რ.ს.).

16.5 ადგენების ავტომატური რეგულატორები კომპაუნდირების მოწყობილობით და ძაბვის ელ.მაგნიტური კორექტორით

კომპაუნდირების მოწყობილობა ძაბვის ელ.მაგნიტური კორექტორით წარმოადგენს (ა.რ.ს.)-ის გავრცელებულ სახეობას. ასეთი სახის რეგულატორები გამოიყენება 100 მგვტ-მდე სიმძლავრის ტურბოგენერატორებში ელ.მანქანური ამღზნებით და 75 მვა სიმძლავრის ჰიდროგენერატორებში და სინქრონულ კომპენსატორებში. ჰიდროგენერატორებსა და სინქრონული კომპენსატორებისათვის, როგორც წესი გამოიყენება დენური კომპაუნდირება ძაბვის ორსისტემიანი ელ.მაგნიტური კორექტორით.

მაგალითისთვის განვიხილოთ (კ.მ.)-ს პანელი (ე.მ.კ.)-თ რომელიც გამოიყენება (ა.ა.რ.)-ს სახით ტურბოგენერატორზე. პანელზე დამონტაჟებულია: რელეური ფორსირების მოწყობილობა, კომპაუნდირების მოწყობილობა და ძაბვის ერთსისტემიანი კორექტორი. ნახ. 16.16-ზე მოყვანილია პანელის სქემა რელეური ფორსირების მოწყობილობის გარეშე. (იგი განხილულია ქვეთავ 16.2-ში) კომპაუნდირების მოწყობილობა შეიცავს: მომწყობ რეზისტორებს მ.რ.-1 და მ.რ.-2, კომპაუნდირების შუალედურ ტრანსფორმატორს (კ.შ.ტ.) და გამმართველს გამ.-1; (კ.მ.)-ს მოქმედების პრინციპი განხილულია ქვეთავ 16.4-ში, სადაც შესაბამისი ელემენტები აღნიშნულია: (მ.რ.), (კ.გ.ტ.) და (კ.გ.);

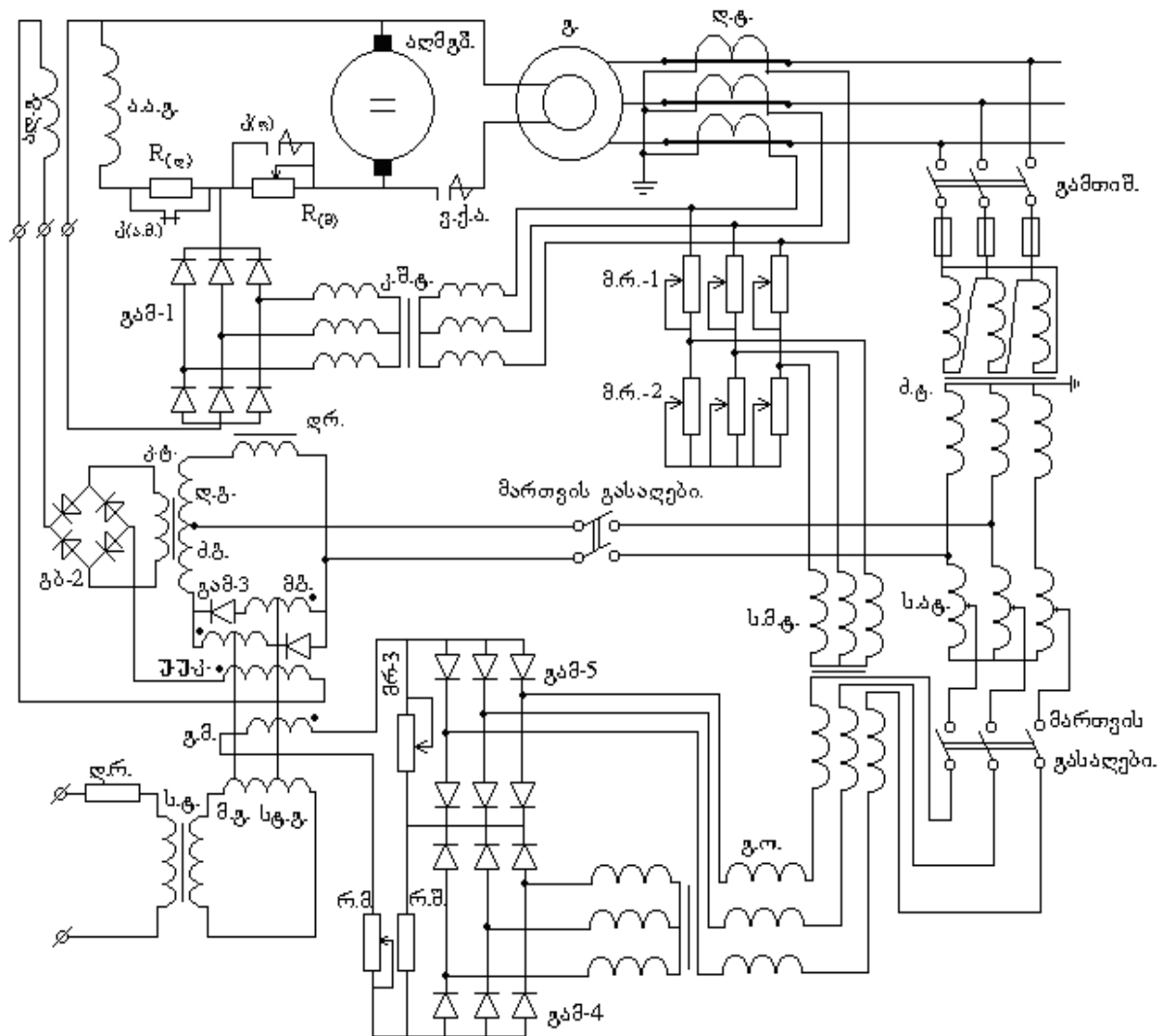
ძაბვის ელექტრომაგნიტური კორექტორი შედგება ელემენტებისაგან, რომლებიც განხილულია ქვეთავ 16.3-ში. (ე.მ.კ.)-ს კვება ხორციელდება ერთფაზა ძაბვის ტრანსფორმატორების ჯგუფისაგან (მ.ტ.), რომლის პირველადი გრაგნილები შეერთებული არიან სამკუთხედად, ხოლო მეორადი გრაგნილები ვარსკვლავად. სიმძლავრის გაზრდის მიზნით კორექტორის გამზომი ორგანო (გ.ო.) შესრულებულია სამფაზა გამჟღენთი ტრ-ს საფუძველზე. რეზისტორ (მ.რ.-3)-ზე ძაბვის ვარდნა პროპორციულია (გ.ო.) ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის დენის და არაწრფივად არის დამოკიდებული სტატორის ძაბვაზე. ძაბვის ვარდნა (რ.შ.) (წრფივი ელემენტის გამოსასვლელი) რეზისტორზე პროპორციულია სტატორის ძაბვის. მაგნიტური (მ.გ.) გამაძლიერებლის მართვის (გ.მ.) გრაგნილის დენი განისაზღვრება ამ ძაბვების სხვაობით.

(მ.გ.) მაგნიტური გამაძლიერებელი არის ერთფაზა, შიგა უკუკავშირით, მოქმედებს წრფივი ელემენტის დენის თანხვდენილად. ამიტომ მაგნიტური გამაძლიერებლის გამოსასვლელი დენის დამოკიდებულება სტატორის ძაბვაზე იძენს სახეს, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 16.10-ზე მრუდი 1.

(მ.გ.)-ს გამოსასვლელი დენი ტრანსფორმირდება (კ.ტ.) კორექტორის შუალედური ტრანსფორმატორით, გაიმართება გ.ბ.-2 ბოგირის სქემით და (უ.უ.კ.) (მ.გ.)-ს უარყოფითი უკუკავშირის გრაგნილის გავლით მიეწოდება აღმგზნების დამატებით გრაგნილზე (ა.დ.გ.); იმისათვის, რომ მაღალი ძაბვის არეში თავიდან ავიცილოთ კორექტორის მახასიათებლის აღმავალი შტო, (კ.ტ.) ტრანსფორმატორის (დ.გ.) პირველადი გრაგნილის ნაწილი (კ.ტ.დ.გ) ჩართულია (კ.ტ.ზ.გ.) ძირითად

გრაგნილთან შემხვედრად და მიმდევრობით (დრ.) დროსელთან; ძაბვის აწევის შემთხვევაში დროსელი იჟღინთება, შემხვედრად ჩართული (დგ.) გრაგნილის წრედში დენი იზრდება და (კ.ტ.) ტრანსფორმატორის მეორადი დენი და შესაბამისად გამართული მეორადი დენები არ იზრდებიან.

მოქნილი უკუკავშირი განხორციელებულია სტაბილიზაციის (ს.ტ.) ტრანსფორმატორით, რომლის პირველი გრაგნილიც დამატებითი (დ.რ.) რეზისტორის გავლით ჩართულია აღმგზნების აღგზნების გრაგნილთან, ხოლო მეორადი გრაგნილი -სტაბილიზაციის გრაგნილთან (მ.გ. სტ.გ.).



ნახ. 16.16 (კ.მ.) პანელის სქემა (ე.მ.კ.)-თან ერთად. მ.რ-1, მ.რ-2, მ.რ-3 - მომწყობი რეზისტორი; მ.გ. - მაგნიტური გამამდიერებელი; გ.ო.-გამზომი ორგანო; კ.შ.ტ.-კომპაუნდირების შუალედური ტრ-რი; კ.ტ.-კორექტორის ტრ-რი; გ.ბ.-გამმართველი ბოგირი; უ.უ.კ. - უარყოფითი უკუკავშირი; ა.დ.გ.-აღმგზნების დამატებითი გრაგნილი; კ.ტ.დ.გ.-კორექტორის ტრ-რის დამატებითი გრაგნილი; დრ.-დროსელი; კ.ტ.მ.გ.-კორექტორის ტრ-რის ძირითადი გრაგნილი; დ.რ.-დამატებითი რეზისტორი; მ.გ. სტ.გ.-მაგნიტური გამამდიერებლის სტაბილიზაციის გრაგნილი; ს.მ.ტ.-სტატიზმის მოწყობის ტრ-რი; რ.მ.-რეზისტორი მარეგულირებელი გ.მ.-მართვის გრაგნილი; რ.შ.-შუნტური რეზისტორი; კ.გ.ტ.-კომპაუნდირების გამმართველი ტრ-რი.

სტატიზმის მოწყობის მოწყობილობა შესრულებულია სამი ცალფაზა ტრ-ით (ს.მ.ტ.), რომლებიც ქმნიან სამფაზა ჯგუფს. პირველადი გრაგნილები ჩართული არიან პარალელურად (მ.რ.-2) წინაღობებთან, ხოლო მეორადი გრაგნილები – (გ.ო.) ტრანსფორმატორის გრაგნილებთან მიმდევრობით.

ჰიდროგენერატორებისა და სინქრონული კომპენსატორების აღზნების რეგულირებისათვის გამოიყენება ძაბვის ორსისტემიანი კორექტორი დენური კომპაუნდირების მოწყობილობებთან ერთად. პანელები გარდა ორსისტემიანი კორექტორისა და დენური კომპაუნდირების მოწყობილობისა შეიცავენ, აღზნების რელეური ფორსირების მოწყობილობას, აგრეთვე აღზნების ფორსირების მოხსნის რელეურ მოწყობილობას.

16.6 მართვადი ფაზური კომპაუნდირება

(ა.ა.რ.)-ს მოქმედების სიზუსტე შეშფოთებების დროს, შეიძლება შესამჩნევად გავზარდოთ, თუ აღზნების რეგულირებას განვახორციელებთ არა მარტო სტატორის დენის მიხედვით, არამედ გენერატორის ძაბვასა და დენს შორის ძვრის კუთხის მიხედვითაც. ასეთმა რეგულირებამ მიიღო სახელწოდება ფაზური კომპაუნდირება.

ფაზური კომპაუნდირების მოწყობილობა უზრუნველყოფს აღზნების დენის უწყვეტ ფუნქციონალურ დამოკიდებულებას სტატორის ძაბვასა და დენთან, მათ შორის ძვრის კუთხის გათვალისწინებით.

გენერატორის ემპ სინქრონული რეაქტიული წინაღობის იქით:

$$E_{\delta} = |U_{\delta} + jX_{\delta} \cdot I_{\delta}|$$

ვინაიდან $R_{\delta} \ll X_{\delta}$

თუ გენერატორის და აღმგზნების მაგნიტური წრედები გაუქმებული არ არის (წრფივ მახასიათებლიანი მანქანა) და არ არსებობს აღმგზნების თვითაღზნების დენი, მაშინ

$$E_{\delta} = KI_{\text{დ.ა.}}$$

სადაც $I_{\text{დ.ა.}}$ არის (ა.ა.რ.)-სგან აღმგზნების აღზნების დენი.

შესაბამისად, გაუქმენტავი მანქანის მოცემული ძაბვის შენარჩუნებისათვის, გენერატორის დენის I_{δ} და ძვრის φ კუთხის ცვლილებისას, ფაზური კომპაუნდირების მოწყობილობამ უნდა შეცვალოს გაუქმენტავი აღმგზნების აღზნების გრაგნილში დენი კანონის შესაბამისად

$$I_{\text{დ.ა.}} = 1/K \cdot |U_{\delta} + jX_{\delta} \cdot I_{\delta}| \quad (16.8)$$

გენერატორისა და აღმგზნების მაგნიტური სისტემების გაუქმენტვის გამო, დამოკიდებულება E_{δ} და $I_{\text{დ.ა.}}$ -ს შორის არის არაწრფივი. ამიტომ მოცემული კანონის მიხედვით $I_{\text{დ.ა.}}$ -ს რეგულირების დროს, გენერატორის ძაბვა არ დარჩება მუდმივი.

მოცემულ დონეზე ძაბვის შენარჩუნებისათვის (რეგულირება მოცემული სტატიზმით) ფაზური კომპაუნდირების მოწყობილობას უნდა დაემატოს ძაბვის კორექტორი (ე.მ.კ.) (ძ.ა.რ. გადახრის მიხედვით)

ფაზური კომპაუნდირების პრინციპიალური სქემა, რომელიც ახორციელებს (16.8) ფორმულით მოცემული კანონის რეალიზაციას, ნაჩვენებია ნახ. 16.17.

ფაზური კომპაუნდირების ტრანსფორმატორი (ფ.კ.ტ.) მუშაობს დენის ტრანსფორმატორის რეჟიმში; დენი I_1 პროპორციულია გენერატორის დენის, ხოლო I_2 - გენერატორის ძაბვის, ისე რომ ბალასტური რეზისტორის R_b წინაღობა გაცილებით მეტია სქემის ექვივალენტურ წინააღობაზე, რომელიც იზომება (ფ.კ.ტ.)-ს W_2 მომჭერების მხრიდან. (ფ.კ.ტ.)-ს მაგნიტომამოძრავებელი ძალის განტოლებაა:

$$I_1 W_1 + I_2 W_2 = I_3 W_3 + I_0 W_3$$

სადაც I_0 არის W_3 -ის გრაგნილზე მიყვანილი დამაგნიტების დენი.

(ე.მ.კ.)-ს გამორთვის დროს (ფ.კ.ტ.)-ს გულანა არ არის გაჟღენთილი, ამიტომ $I_0 \ll I_3$ და შესაბამისად, გამოსავალი დენი:

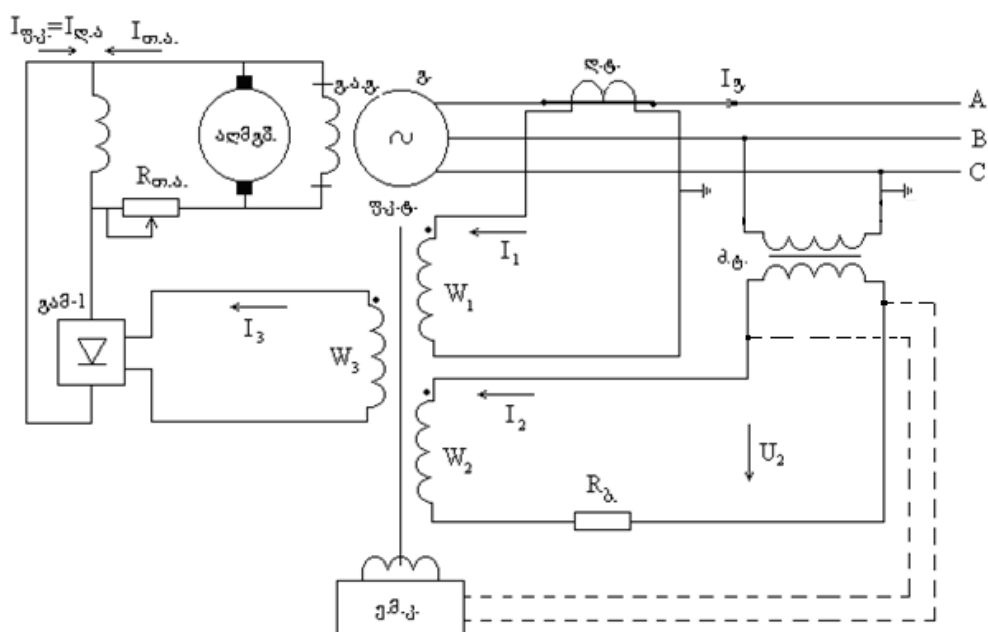
$$I_{ფ.კ.} = \beta_i \cdot I_3 = \beta_i / W_3 |I_1 W_1 + I_2 W_2| \quad (16.9)$$

სადაც β_i -არის გამართვის კოეფიციენტი გამმართველის დენის მიხედვით.

გამოვსახოთ I_1 და I_2 დენები გენერატორის ფაზური დენითა და ძაბვით და ჩავსვათ ბოლო ფორმულაში

$$I_1 = I_A / n_{ფ.ტ.}; \quad I_2 = U_{BC} / n_{ფ.ტ.} \cdot R_b = -j \sqrt{3} \cdot U_A / n_{ფ.ტ.} \cdot R_b$$

$$\begin{aligned} I_{ფ.კ.} &= (\beta_i / W_3) | I_A \cdot W_1 / n_{ფ.ტ.} - j \sqrt{3} \cdot U_A \cdot W_2 / n_{ფ.ტ.} \cdot R_b | = \\ &= \sqrt{3} \cdot \beta_i \cdot W_2 / n_{ფ.ტ.} \cdot R_b \cdot W_3 | U_A + j \cdot (W_1 \cdot n_{ფ.ტ.} \cdot R_b / n_{ფ.ტ.} \cdot \sqrt{3} \cdot W_2) \cdot I_A | \end{aligned}$$



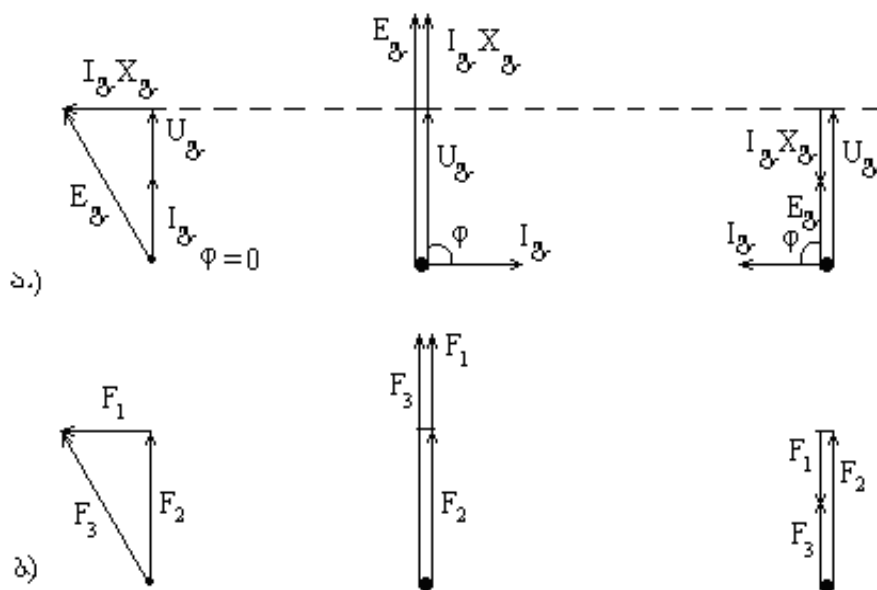
ნახ. 16.17 ფაზური კომპაუნდირების პრინციპული სქემა.

თუ ისე შევირჩევთ სქემის პარამეტრებს, რომ:

$$\frac{\sqrt{3} \cdot \beta_i \cdot W_2}{n_{d\phi} \cdot R_\phi \cdot W_3} = \frac{1}{K}; \quad \frac{W_1 \cdot n_{d\phi} \cdot R_\phi}{n_{d\phi} \cdot \sqrt{3} \cdot W_2} = X_\phi,$$

$$\text{მაშინ } I_{\phi,3} = 1/K | U_\phi + jX_\phi \cdot I_\phi |$$

რაც არის საჭირო იმისთვის რომ შევინარჩუნოთ გაუქდენტავი მანქანის გამომყვან-ებზე უცვლელი ძაბვა. საჭირო დამოკიდებულება მიღწეულია I_1 და I_2 დენების სწორი ფაზირებით; როცა $\cos\phi=1$ I_1 წინ უსწრებს I_2 -ს 90° -ით.



ნახ. 16.18 გამარტივებული ვექტორული დიაგრამები სხვადასხვა ხასიათის დატვირთვების დროს. (ა) სინქრონული გენერატორის როცა $U_\phi=\text{const}$, $I_\phi=\text{const}$; (ბ) ფ.კ.ტ.-ს მუშა გრაგნილების მ.მ.ძ-ები.

ნახ. 16.18-ზე წარმოდგენილია გამარტივებული ვექტორული დიაგრამები, რომელიც ხსნის ფაზური კომპაუნდირების პრინციპს.

კომპაუნდირების დენი $I_{\phi,3} = \beta_i \cdot F_3 / W_3$ გენერატორის სიმძლავრის კოეფიციენტის შეცვლისას უზრუნველყოფს გენერატორის აღზნებას (E_ϕ), რომელიც ახლოს არის იმ მნიშვნელობასთან, რომელიც საჭიროა მის გამომყვანებზე ძაბვის მუდმივობის შესანარჩუნებლად.

გარდა განხილული სქემისა, არის ფაზური კომპაუნდირების სხვა შესაძლებელი ვარიანტებიც, რომლებიც განსხვავდებიან გენერატორის დენის და ძაბვის წრედებით გამოწვეული აღზნების დენის მდგენელების ვექტორულად შეკრების ხერხებით: დენების ან ძაბვების ელექტრული შეკრება, ნაკადების მაგნიტური შეკრება.

შეკრების ყველა ხერხის დროს უნდა შესრულდეს ფაზირების წესი: შემკრებ მოწყობილობებში სიგნალი, რომელიც პროპორციულია გენერატორის დენის, აქტიური დატვირთვის დროს 90° -ით უნდა უსწრებდეს სიგნალს, რომელიც

პროპორციულია გენერატორის ძაბვის. შეიძლება შეიკრიბოს ცვლადი დენები, ძაბვები, მაგნიტური ნაკადები.

ძაბვის კორექცია ფაზური კომპაუნდირების მოწყობილობებში, ხორციელდება უფრო მარტივად, ვიდრე დენით კომპაუნდირების მოწყობილობებში, ვინაიდან ძაბვის კორექციისათვის საჭირო არის ძაბვის ნაკლები გადახრები და ნაკლები სიმძლავრე.

ფაზური კომპაუნდირების მართვა ელ.მაგნიტური კორექტორით (ე.მ.კ), შეიძლება განხორციელდეს (ფ.კ.ტ.) შემკრები ტრანსფორმატორის დამატებითი დამაგნიტებით (ნახ. 16.18), აგრეთვე ზოგიერთი სხვა მეთოდებით.

ტრანსფორმატორის დამატებითი დამაგნიტება ზრდის დამაგნიტების დენს („გაწოვის“ დენი). ამ დროს მცირდება დენის სიდიდე ფაზური კომპაუნდირების სქემის გამოსასვლელზე, მოწყობილობის სწორად მუშაობისათვის (ე.მ.კ) მახასიათებელი უნდა შეესაბამებოდეს სქემაში საპირისპირო ჩართვას.

უკრაინის მეცნიერებათა აკადემიის ელექტროდინამიკის ინსტიტუტის მიერ შემოთავაზებულია უნივერსალური ნახევარგამტარული რეგულატორი მართვადი ფაზური კომპაუნდირების პრინციპზე. მასში პირველადი რეგულატორი (ფაზური კომპაუნდირება), რომელიც უზრუნველყოფს გარდამავალი პროცესებისთვის საჭირო ხარისხს, შევსებულია მეორადი რეგულატორით (მრავალფუნქციონალური), რომელიც ახდენს სინქრონულ მანქანაზე მიცემული ტიპური მახასიათებლის ფორმირებას და რეალიზაციას.

16.7 აღგზნების ავტომატური რეგულატორები მართვადი ფაზური კომპაუნდირებით.

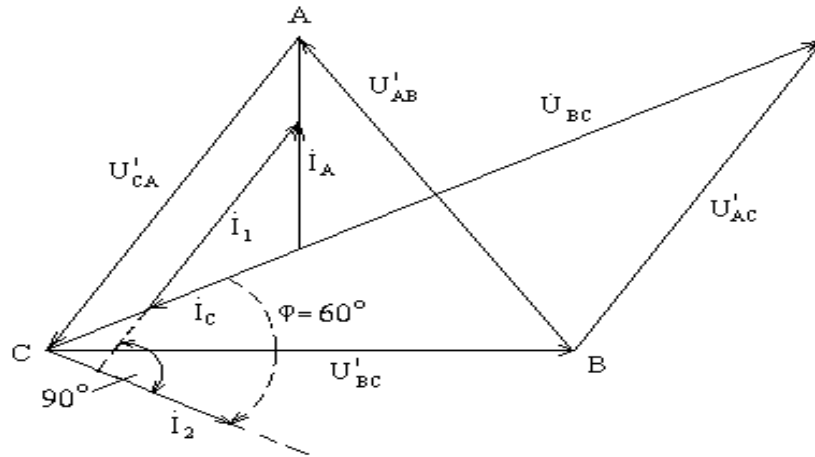
ა) მუდმივი დენის ელექტრომანქანური აღგზნებიანი გენერატორებისთვის, რეგულატორი დაამუშავა უკრაინის მეცნიერებათა აკადემიის ელექტროდინამიკის ინსტიტუტმა. რეგულატორები გამოდის უნივერსალური შესრულების ორი მოდიფიკაციით, გამოიყენება გენერატორებისთვის სიმძლავრით 100 მგვტ და კომპენსატორებისთვის 75 მვა- მდე.

რეგულატორი შედგება ორი ძირითადი კვანძისაგან:

- ფაზური კომპაუნდირების მოწყობილობა
- ძაბვის ელ.მაგნიტური კორექტორი, ფაზური კომპაუნდირების მოწყობილობისაგან მართვით.

ეს კვანძები დამონტაჟებული არიან ერთ გარსაცმში და წარმოადგენენ ერთ მთლიან ბლოკს. რეგულატორის პრინციპიალური სქემა მოყვანილა ნახ. 16.19-ზე.

1) ფაზური კომპაუნდირების მოწყობილობა შედგება მრავალგრადიანი ტრანსფორმატორისაგან დამატებითი დამაგნიტებით (ტ.მ.გ) (ტრანსფორმატორული მაგნიტური გამძლიერებელი), ფაზური ძვრის დროსელისაგან (ფ.დ) და ავტოტრანსფორმატორისაგან (ატ.).



ნახ. 16.20 დენებისა და ძაბვების ვექტორული დიაგრამები, რომლებიც კვებავენ (ტ.მ.გ.)-ს წრედებს, როცა $\cos\varphi=1$.

მკვებავი წრედების ფაზირების სისწორის შესამოწმებლად, ავაგოთ I_1 და I_2 დენების ვექტორული დიაგრამა როცა $\cos\varphi = 1$ (ნახ. 16.20).

დიაგრამაზე: U_{AB} , U_{BC} და U_{CA} არის გენერატორის ხაზური ძაბვები, მიყვანილი ძაბვის ტრ-ის მეორად გრაგნილზე.

U_{BC} -არის ძაბვა (ატ) ავტოტრანსფორმატორზე:

$$U_{BC} = U'_{BC} + U'_{CA}$$

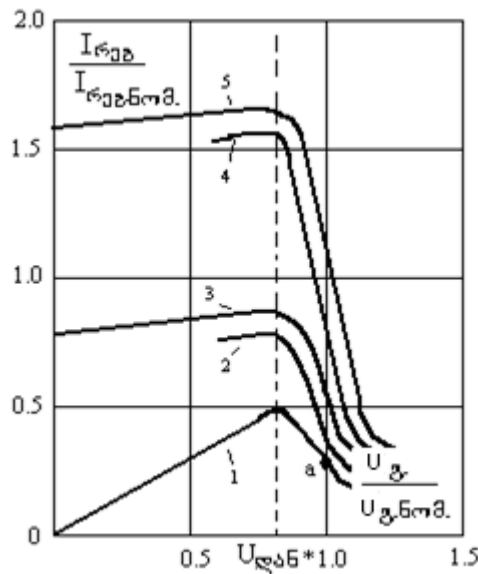
დენი I_2 ჩამორჩება U_{BC} -ს 60° -ით; $I_1 = I_A - I_C$ დიაგრამიდან ჩანს, რომ წინ უსწრებს I_1 -ს 90° -ით.

2) ძაბვის ელ.მაგნიტური კორექტორი შედგება გამზომი ორგანოსა (გ.ო. გამმართველებით წ.გამ. და ა.წ.გამ.) და შუალედური მაგნიტური გამაძლიერებლისაგან (მ.გ.) რომლის გამოსასვლელი ჩართულია (ტ.მ.გ.)-ს დამატებითი დამაგნიტების გრაგნილზე. გამზომი ორგანოს მოქმედების პრინციპი მოცემული არის ქვეთავ 16.3-ში. მარეგულირებელი რეზისტორის მ.რ.-ს დანიშნულებაა $I_{წ.ე}$ და $I_{ა.წ.ე}$ დენების ერთდროულად შეცვლა რეგულატორის გაწყობის დროს.

შუალედური მაგნიტური გამაძლიერებელი (მ.გ.) შესრულებულა შიდა და გარე უკუკავშირებით. შიდა უკუკავშირი გამართულია $I_{ა.წ.ე}$ დენის თანხვდენილად, ამიტომ კორექტორის გამომავალი მახასიათებელი შეესაბამება საპირისპიროდ ჩართულ სქემას და აქვს ნახ. 16.10-ზე ნაჩვენები მრუდი 2-ს სახე.

3) რეგულატორის მახასიათებელი - (მრუდები). რეგულატორის გამოსავალი დენის გენერატორის ძაბვაზე დამოკიდებულების მრუდები განსაზღვრული დატვირთვებისა და სიმძლავრის კოეფიციენტის დროს ნაჩვენებია ნახ. 16.21-ზე.

როცა $U_g > U_{დან}$ კორექტორის დენით (ტ.მ.გ.)-ს დამატებითი დამაგნიტება მნიშვნელოვნად იზრდება, შესაბამისად მცირდება რეგულატორის გამომავალი დენი. მუშა წერტილი (U_g , $I_{რეგ}$) უნდა იყოს დახრილ ციცაბო შტოზე, ძაბვის გადახრების დროს რეგულატორის მახასიათებელზე აღზნების რეგულირების უზრუნველყოფისათვის.



ნახ. 16.21 რეგულატორის მახასიათებლები დამატებითი უკუკავშირების გარეშე.

ნახ. 16.21 მოყვანილი მახასიათებლებიდან ჩანს, რომ $\cos\varphi$ -ს შემცირებისას, ერთიდაიგივე $U_{\text{გ}}$ -ს და $I_{\text{კორ}}$ -ს დროს რეგულატორის გამომავალი დენი $I_{\text{რეგ}}$ იზრდება, რაც ამსუბუქებს კორექტორის მუშაობის პირობებს.

$I_{\text{რეგ}}$ -ს სიმძლავრის კოეფიციენტზე დამოკიდებულების გამო, მ.გ.-ს უკუკავშირი რეგულატორის გამომავალი დენით სხვადასხვანაირად წაანაცვლებს რეგულატორის მახასიათებლებს $U_{\text{გ}}$ ღერძის გასწვრივ $\cos\varphi$ -სგან დამოკიდებულების შესაბამისად, ამრიგად ცვლის რეგულატორის ფაზურ მგრძნობიარობას.

კორექტორის გამომავალი დენით უკუკავშირი საშუალებას იძლევა შევცვალოთ მახასიათებლის დახრილობა, რეგულირების მდგრადობის პირობების შესაბამისად.

სტატორის დენის უკუკავშირი, რომელიც ხორციელდება გამმართველით, საშუალებას იძლევა შევცვალოთ რეგულატორის სტატორის დენისაგან დამოკიდებულების მახასიათებელი და გამოიყენება სტატორის დენის მიხედვით რეგულირების სისტემისათვის საჭირო სტატიზმის მოსაწყობად.

ვცვლით რა რეგულატორის მახასიათებლების ურთიერთ განლაგებას უკუკავშირების საშუალებით, რეგულირების სისტემა შეიძლება მოვაწყოთ როგორც დადებითი ისე უარყოფითი სტატიზმით; 2÷5 მრუდების წანაცვლებით მარჯვნივ მივიღებთ უარყოფით სტატიზმს, მარცხნივ-დადებითს.

რეგულირების მდგრადობა უქმ სვლაზე და დატვირთვის დროს მიიღწევა სტაბილიზაციის დამატებითი ელემენტების გამოყენების გარეშე, კორექტორის სწრაფმოქმედების და გაძლიერების მცირე კოეფიციენტის ხარჯზე.

17.1 სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის რეგულირების მოთხოვნები

სიხშირის გადახრა, მაზვის გადახრისაგან განსხვავებით, წარმოადგენს ელ.ენერგიის ხარისხის საერთო სასისტემო მაჩვენებელს, რადგანაც სისტემის ნებისმიერ წერტილში სიხშირე ერთი და იგივეა. სიხშირე იცვლება მაშინ, როცა ირღვევა ბალანსი პირველადი მრავლების (ტურბინის) ჯამურ სიმძლავრესა და გენერატორების დატვირთვებს შორის. სინამდვილეში, ენერგიის შენახვის კანონის თანახმად, ტურბინის ჯამური სიმძლავრე იხარჯება სისტემის აქტიური ელექტრული დატვირთვის დაფარვაზე $P_{\text{დატ}}$ და აქტიური სიმძლავრის დანაკარგების დაფარვაზე ელ.სადგურებში და ქსელში, აგრეთვე ენერგოსისტემაში მბრუნავი აგრეგატების კინეტიკური ენერგიის შეცვლაზე:

$$P_{\text{ტ}} = P_{\text{დატ}} + P_{\text{დანაკ}} + j\omega \cdot d\omega/dt \quad (17.1)$$

სადაც j - ენერგოსისტემის მბრუნავი მანქანების ჯამური ინერციის მომენტი; $\omega = 2\pi f$ - არის კუთხური სიჩქარე ($\omega = 314 \text{ წმ}^{-1}$ როცა $f = 50 \text{ ჰც}$).

დამყარებულ რეჟიმში $\omega = \text{const}$, ასე რომ ადგილი აქვს სიმძლავრეების ბალანსს.

$$P_{\text{ტ0}} - (P_{\text{დატ0}} + P_{\text{დანაკ,0}}) = 0$$

დატვირთვის უეცარი მომატების, ან მოხსნის დროს, აგრეთვე ცალკეული აგრეგატების ავარიულად გამორთვის დროს, წარმოიქმნება სიმძლავრეების დისბალანსი, რაც იწვევს ენერგოსისტემაში სიხშირის შეცვლას.

მბრუნავი მანქანების, რომლებიც გამოიმუშავენ და მოიხმარენ ელ.ენერგიას, კონსტრუქციული პარამეტრები გამოითვლება იმგვარად, რომ ნომინალური სიხშირის დროს, მას ჰქონდეს მაქსიმალური მ.ქ.კ; ნომინალური მნიშვნელობიდან სიხშირის გადახრა აუარესებს როგორც ცალკეული ელემენტების, ისე მთლიანობაში ენერგოსისტემის ეკონომიურ მაჩვენებლებს. ყველაზე უფრო სიხშირის გადახრა ზეგავლენას ახდენს ელ.სადგურების მუშაობაზე. საკუთარი მოხმარების მექანიზმების წარმადობის შეცვლა იწვევს ტურბინის და თბოგენერატორების მუშაობის რეჟიმის დარღვევას, ტურბინის ბრუნთა რიცხვის შეცვლა იწვევს დანაკარგების ზრდას და მუშა ფრთების ცვეთას. ყველაფერი ეს იწვევს ელ.სადგურების მუშაობის ეკონომიური მაჩვენებლების გაუარესებას.

ამრიგად, ენერგოსისტემის ცალკეული ელემენტების იმედიანი და ეკონომიური მუშაობისთვის, დაუშვებელია სიხშირის მნიშვნელოვანი გადახრები ($1\pm 2\%$ -ზე მეტი), მაგრამ სიხშირის შენარჩუნება $1\pm 2\%$ -ს სიზუსტით სრულიად არ არის საკმარისი მთლიანობაში ენერგოსისტემის ეკონომიური მუშაობის შენარჩუნებისათვის. ეს აიხსნება იმით, რომ სიხშირის შეცვლის დროს, მნიშვნელოვნად და სხვადასხვანაირად იცვლება გენერატორების დატვირთვები, ტურბინების პირველადი რეგულატორების მახასიათებლების სხვადასხვა სტატიზმის კოეფიციენტების გამო. ჩვეულებრივად ტურბინების პირველადი რეგულატორების ფარდობითი სტატიზმი:

$$S^* = -\Delta f^* / \Delta P^* = 0,02 \div 0,06$$

სადაც $\Delta f^* = \Delta f / f_{\text{ნომ}}$; $\Delta P^* = \Delta P / P_{\text{ნომ}}$ - არის ენერგოსისტემაში სიხშირის და აგრეგატის სიმძლავრის ფარდობითი ნაზრდები. როცა $\Delta f^* = 0,01$ (1%, 0,5 ჰც).

$$\Delta P^* = -\Delta f^* / S^* = 0,01 / 0,02 \div 0,06 = 0,5 \div 0,167$$

ასეთი ხანმოკლე დატვირთვების გადანაწილება იწვევს ენერგოსისტემის რეჟიმის ნაწილობრივად გადახრას ეკონომიურად ყველაზე ხელსაყრელი რეჟიმიდან და შესაბამისად მთლიანად ენერგოსისტემაში სათბობის ზედმეტ ხარჯს.

ამიტომ თანამედროვე ენერგოსისტემებში, ელ.დანადგარების მოწყობის წესებისა და ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების თანახმად, სიხშირის გადახრა დასაშვებია $50 \pm (0,1 \div 0,2)$ ჰც ანუ $\Delta f\% = 0,2 \div 0,4\%$; ამრიგად, ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში სიხშირის რეგულირება უნდა ხდებოდეს მაღიან მაღალი სიზუსტით, პრაქტიკულად ასტატიკური მახასიათებლით.

სიხშირის რეგულირება ხორციელდება ტურბინის ჯამური სიმძლავრის ცვლილებით, ეს უკანასკნელი კი იცვლება ტურბინაზე მიწოდებული წყლის ან ორთქლის (ენერგომატარებელი) შეცვლით. ამრიგად, სისტემაში სიხშირის რეგულირება პირდაპირ არის დაკავშირებული აქტიური სიმძლავრის რეგულირებასთან და აქტიური დატვირთვის განაწილებასთან ცალკეულ აგრეგატებსა და ელ.სადგურებს შორის.

გაერთიანებულ ენერგოსისტემებში სიხშირის რეგულირების სიზუსტის მოთხოვნა გაცილებით მაღალია, ვიდრე იზორილებულად მომუშავე ენერგოსისტემებში, ვინაიდან სიხშირის გადახრა გავლენას ახდენს სიმძლავრეების განაწილებაზე, როგორც ცალკეულ ელ.სადგურებს, ისე ენერგოსისტემებს შორის. ეს უკანასკნელი კი იწვევს სისტემათაშორისო ხაზებზე სიმძლავრეების გადადინების მნიშვნელოვან ცვლილებებს. უნდა აღინიშნოს, რომ გაერთიანებულ ენერგოსისტემაში სიხშირის რეგულირების სიზუსტის მოთხოვნის დაკმაყოფილება უფრო მარტივია, რადგან გაერთიანებულ ენერგოსისტემაში სიხშირის რეგულირებაში მონაწილეობს უფრო მეტი ელ.სადგური, რითაც მცირდება თითოეული მათგანისათვის სიმძლავრის გადახრა ერთი და იგივე შემოთავის დროს.

ენერგოსისტემის ზრდასთან ერთად, იზრდება სუსტი კავშირების წარმოქმნის ალბათობა, რომლებსაც გააჩნიათ არასაკმარისი გამტარუნარიანობა. ამიტომ უმეტეს

შემთხვევაში, წინა პლანზე სიხშირის რეგულირების ნაცვლად გამოდის სიმძლავრის გადადინების ამოცანა. აქტიური სიმძლავრის გადადინების დასაშვები მნიშვნელობა სისტემათაშორისო ელ.გადამცემ ხაზებზე განისაზღვრება პარალელური მუშაობის მდგრადობის პირობებით და მოცემულ ზღვრებში დაცულია ხელით რეგულირებით, ან სპეციალური ავტომატური მოწყობილობებით - გადადინებების შეზღუდვის მოწყობილობა.

ცალკეულ შემთხვევებში, გადადინების ავტომატურად შეზღუდვასთან ერთად ხორციელდება სისტემათაშორისო ელ.გადამცემ ხაზებზე აქტიური სიმძლავრეების გადადინების ავტომატური რეგულირება, რაც ასე მნიშვნელოვანია ენერგოსისტემის ეკონომიური მუშაობის უზრუნველსაყოფად.

17.2 აქტიური დატვირთვების ხელსაყრელი განაწილების პირობები

აქტიური დატვირთვა ერთი ელ.სადგურის პარალელურად მომუშავე აგრეგატებს შორის (სრესის ბლოკები, თეცის თბოაგრეგატები, ჰესის ჰიდროაგრეგატები) უნდა განაწილდეს ისე, რომ სრულდებოდეს პირობა.

$$b_1 = \dots = b_i = \dots = b_n; \quad P_1 + \dots + P_i + \dots + P_n = P_{\text{დატ}} \quad (17.2)$$

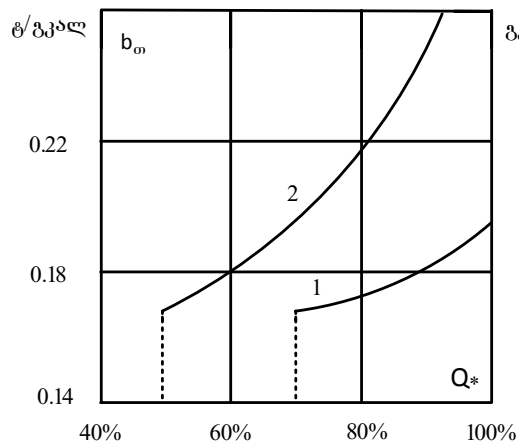
სადაც b_i -არის i -ური აგრეგატის ენერგომატარებლის B_i ხარჯის კუთრი (ფარდობითი) ნაზრდი; სიდიდე $b_i = dB_i/dP_i$ განსაზღვრავს ენერგომატარებლის ხარჯის ცვლილებას დროის ერთეულში (ტ/სთ; გ.კალ/სთ; მ³/წმ), აგრეგატის P_i დატვირთვის შეცვლისას ერთი ერთეულით; ყველა აგრეგატისათვის $b_i > 0$; P_i არის i -ური აგრეგატის დატვირთვა; $P_{\text{დატ}}$ არის ყველა n აგრეგატის ჯამური დატვირთვა.

მოცემული პირობების სამართლიანობა მტკიცდება შემდეგი მარტივი მოსაზრებებით: დავუშვათ, პარალელურად მუშაობს ორი აგრეგატი, დატვირთვებით P_1 და P_2 , $b_1 < b_2$; $P_1 + P_2 = P_{\text{დატ}}$. რომ არ შევცვალოთ მოცემული დატვირთვა $P_{\text{დატ}}$, გავზარდოთ პირველი აგრეგატის დატვირთვა (მცირე კუთრი ნაზრდით) უმნიშვნელო სიდიდით ΔP და შევამციროთ იგივე სიდიდით მეორე აგრეგატის დატვირთვა, ამ დროს შეიცვლება პირველი აგრეგატის ენერგომატარებლის ხარჯი სიდიდით $\Delta B_1 = b_1 \Delta P$, მეორე აგრეგატის - $\Delta B_2 = -b_2 \Delta P$, ხოლო ორივე აგრეგატის - $\Delta B_1 + \Delta B_2 = \Delta P(b_1 - b_2) < 0$, ანუ მივიღეთ ეკონომია. ნებისმიერი რაოდენობის აგრეგატებისათვის ასეთი გადანაწილება ხელსაყრელია ვაწარმოოთ მანამ, სანამ არ გათანაბრდება კუთრი ნაზრდები.

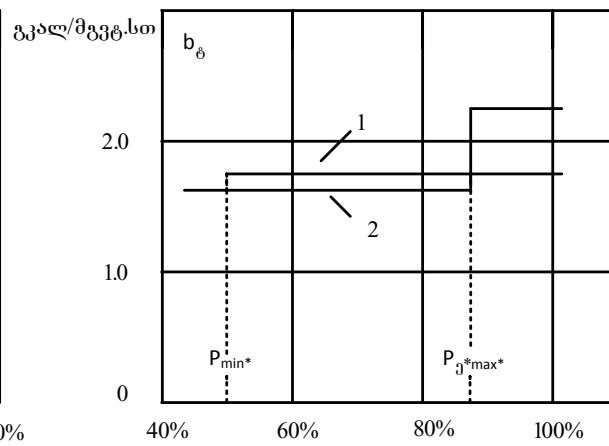
დამოკიდებულება $b_i(P_i)$, რომელსაც ეწოდება კუთრი ნაზრდის მახასიათებელი, აგებულია $B_i(P_i)$ აგრეგატის ხარჯის მახასიათებლის მიხედვით, გრაფიკული დიფერენცირების გზით. ნახ. 17.1-ზე მოყვანილია კუთრი ნაზრდების ტიპური მახასიათებლები სხვადასხვა აგრეგატებისათვის.

ცალკეული დატვირთვების დროს, ბლოკის კუთრი ნაზრდის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით, ტ/მგვტ.სთ:

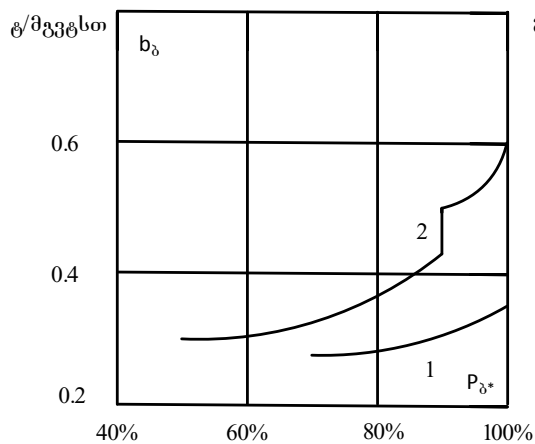
$$b_{\text{ბ.}} = b_{\text{თ.}} \cdot b_{\text{ტ}}$$



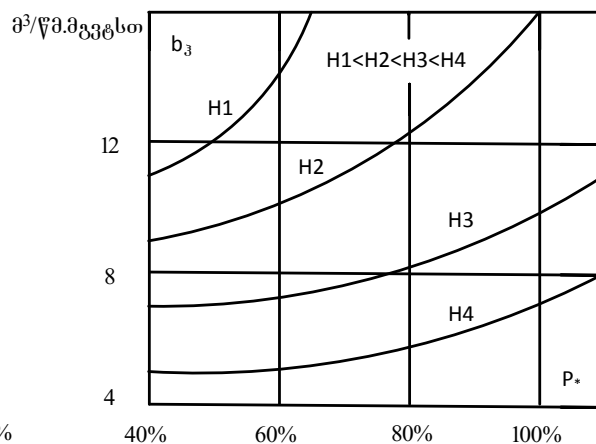
ა)



ბ)



გ)



დ)

ნახ. 17.1 კუთრი ნაზრდების მახასიათებლები. (ა) - თბოგენერატორები; (ბ) - ტურბინები, დროსელური რეგულირებით (1) და გადამტვირთავი სარქველით (2); (გ) - ენერგობლოკები; (დ) - ჰიდროაგრეგატები.

სადაც b_0 არის თბოგენერატორის კუთრი ნაზრდი ტ/გკალ; b_3 - ტურბინის კუთრი ნაზრდი გკალ/მგვტ.სთ.

როცა $P = P_{\text{მაქს}}$ და $P = P_{\text{მინ}}$, პირობითად ამბობენ, რომ კუთრი ნაზრდის მახასიათებლები ორდინატა ღერძის პარალელური არიან. ეს უზრუნველყოფს აგრეგატის მუშაობას რეგულირების დიაპაზონში ($P_{\text{მაქს}}$ -დან $P = P_{\text{მინ}}$ -მდე), კუთრი ნაზრდების გათანაბრების წესის შესაბამისად, დატვირთვების განაწილების დროს.

ჰიდროაგრეგატის კუთრი ნაზრდის მახასიათებელი დამოკიდებულია ჰესში რეალურ დაწნევაზე, ამიტომ ისინი აგებულია რამოდენიმე რეალური დაწნევისათვის $H_1 < H_2 < H_3 < H_4$.

ნახ. 17.1-დან ჩანს, რომ აგრეგატის დატვირთვის ზრდასთან ერთად, კუთრი ნაზრდი არ მცირდება. კუთრი ნაზრდის მახასიათებლის ეს თვისება გამოყენებულია აქტიური სიმძლავრის რეგულირების სისტემის აგების დროს. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, კუთრი ნაზრდის მნიშვნელობა დატვირთვის ზრდასთან ერთად იზრდება როგორც თბოელექტროსადგურების, ისე ჰიდროელექტრო-სადგურებისათვის.

17.3 სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის რეგულირების მეთოდები

1. რეგულირება დადებითი სტატიზმით.

ენერგოსისტემაში სიხშირის რეგულირების და გენერატორებს შორის აქტიური დატვირთვების განაწილების ყველაზე მარტივ მეთოდს წარმოადგენს რეგულირება ყველა აგრეგატის საშუალებით, რომელთა ბრუნვის სიხშირის რეგულატორებს აქვთ დადებითი სტატიზმიანი მახასიათებლები.

ვინაიდან სიხშირის გადახრა - Δf ენერგოსისტემის ყველა გენერატორისათვის ერთნაირია, ამიტომ ყოველი i -ური გენერატორისათვის რეგულირების მახასიათებლის განტოლება შეიძლება დავწეროთ შემდეგი სახით:

$$\Delta f + S_i \Delta P_i = 0; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (17.3)$$

n უცნობიან განტოლებათა სისტემის, იმის გათვალისწინებით რომ $\sum \Delta P_i = \Delta P_s$ (სისტემის სიმძლავრის ჯამური ცვლილება), ამოხსნით ვღებულობთ:

$$\Delta f + S_n \Delta P_s = 0; \quad S_n = 1 / \sum 1 / S_i; \quad \Delta P_i / \Delta P_s = S_n / S_i$$

სადაც S_i , S_n , S_n არის სტატიზმის კოეფიციენტები i -ური, K -ური აგრეგატებისათვის და მთლიანად ენერგოსისტემისათვის, ანუ სიხშირე ენერგოსისტემაში რეგულირდება ჯამური აქტიური სიმძლავრის სტატიზმით (არა ასტატიკური), ხოლო დატვირთვები აგრეგატებს შორის ნაწილდება ბრუნვის სიხშირის რეგულატორის სტატიზმის კოეფიციენტის უკუპროპორციულად.

ჩვეულებრივად, ენერგოსისტემის სტატიზმის კოეფიციენტი ფარდობით ერთეულებში:

$$S_n^* = S_n \cdot \sum P_{n\text{ომ } i} / f_{n\text{ომ}} = \sum P_{n\text{ომ } i} / (\sum P_{n\text{ომ } i} / S_i^*) = 0,05 \div 0,1$$

გამოვითვალთ სისტემის დატვირთვის როგორი ფარდობითი შეცვლა იწვევს სიხშირის გადახრას $\Delta f = 0,4\%$ -ით

$$\Delta P_s \% = \Delta f \% / S_n^* = 0,4 / 0,05 - 0,1 = 8 \div 4\%$$

პრაქტიკულად დატვირთვის ცვლილება შეიძლება იყოს უფრო მეტი, შესაბამისად სიხშირის გადახრაც იქნება $0,4\%$ -ზე მეტი.

ავტომატური რეგულირების ამ მეთოდის დროს, აუცილებელია დამატებით, დისპეტჩერის განკარგულებით ხელით ვიმოქმედოთ ტურბინის რეგულირების სისტემაზე ენერგოსისტემაში სიხშირის შესანარჩუნებლად და აქტიური დატვირთვების გადასანაწილებლად.

2. ერთი აგრეგატით ასტატიკური რეგულირება.

ეს მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნას სიხშირის ასტატიკურად რეგულირებისათვის მცირე სიმძლავრის იზოლირებულ ენერგოსისტემაში. სიხშირის

რეგულირებისათვის გამოყოფილია ერთი აგრეგატი, რომლის ბრუნვის სიხშირის რეგულატორს აქვს ასტატიკურად გაწყობილი მახასიათებელი. ეს აგრეგატი თავისი რეგულირების დიაპაზონში საკუთარ თავზე იღებს სისტემაში დატვირთვის ყოველგვარ ცვლილებას. სხვა აგრეგატების დატვირთვები რეგულირების პროცესის დამთავრების ბოლოს უცვლელი რჩება. სინამდვილეში, თუ $S_1 = 0$, ხოლო $S_i \neq 0$ ($i = 2, \dots, n$) მაშინ ფორმულიდან (17.3) ვღებულობთ:

$$S_b = 1/(1/S_1 + \sum_{i=2}^n 1/S_i) = 0; \quad \Delta f = -S_s \cdot \Delta P_s = 0$$

$$\Delta P_1 = \Delta P_b \cdot (S_b/S_1) = \Delta P_b / (1 + S_1(1/S_2 + \dots + 1/S_n)) = \Delta P_b$$

$$\Delta P_i = \Delta P_1 (S_1/S_i) = 0$$

აქტიური დატვირთვების ყველაზე ხელსაყრელი განაწილება აღნიშნული მეთოდის დროს მიიღწევა ხელით რეგულირებით.

რამოდენიმე აგრეგატის პარალელურ მუშაობაში ჩართვის შემთხვევაში, რომელთა სიჩქარის რეგულატორებს აქვთ ასტატიკური გაწყობა, ხდება მათ შორის აქტიური დატვირთვების განუსაზღვრელი გადანაწილება, თუ არ გავატარებთ სპეციალურ ღონისძიებებს, რაც ყოველად მიუღებელია. სინამდვილეში, თუ $S_1=0$, $S_2=0$, ხოლო $S_i \neq 0$ ($i = 3, \dots, n$)

$$\Delta P_1 = \Delta P_b / 1 + 0 \cdot \infty; \quad \Delta P_2 = \Delta P_b / 1 + 0 \cdot \infty; \quad \Delta P_i = 0$$

3. წამყვანი გენერატორის მეთოდი.

ეს მეთოდი იმით განსხვავდება წინასაგან, რომ გარდა წამყვანი აგრეგატისა, ასტატიკური გაწყობით, სიხშირის რეგულირებაში მონაწილეობენ მარეგულირებელი ელ.სადგურის ის აგრეგატები, რომელთა ბრუნვის სიხშირის რეგულატორებს აქვთ მახასიათებლები დადებითი სტატიზმით. ამ აგრეგატების აქტიური დატვირთვა იცვლება იძულებით, ამა თუ იმ ხერხით, წამყვანი აგრეგატის სიმძლავრისაგან დამოუკიდებლად:

$$\Delta P_i = K_i \cdot \Delta P_{\Sigma}; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (17.4)$$

სადაც: ΔP_{Σ} - დატვირთვის ცვლილებაა წამყვან აგრეგატებზე; ΔP_i - i -ური აგრეგატების დატვირთვის ცვლილებაა, რომლებსაც აქვთ დადებითი სტატიზმი; K_i - პროპორციულობის კოეფიციენტი.

წამყვანი აგრეგატი, რომელიც უზრუნველყოფს სიხშირის ასტატიკურად რეგულირებას, თავის თავზე იღებს სისტემაში დატვირთვის ცვლილების მხოლოდ ნაწილს, რაც აფართოებს რეგულირების დიაპაზონს.

$$\Delta P_{\Sigma} + \Delta P_{\Sigma} \sum K_i = \Delta P_b$$

$$\text{აქედან } \Delta P_{\Sigma} = \Delta P_b / 1 + \sum K_i \quad (17.5)$$

4. წილობრივი სტატიზმის მეთოდი.

გამოიყენება ერთი ელ.სადგურით სიხშირის ასტატიკურად რეგულირებისათვის, რომელთა აგრეგატებს შორის დატვირთვა პროპორციულად არის განაწილებული. ამ მეთოდის მიხედვით, თითოეული აგრეგატისთვის რეგულირების კანონი განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\Delta f + S_i(P_i - \alpha_i \sum_{i=1}^n P_i) = 0; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (17.6)$$

სადაც α_i - i -ური აგრეგატების ჯამური აქტიური დატვირთვის $\sum P_i$ დაფარვაში მონაწილეობის წილია, $\sum \alpha_i = 1$; S_i - წილობრივი სტატიზმის კოეფიციენტი.

თუ თითოეულ განტოლებას გავყოფთ წილობრივი სტატიზმის შესაბამის კოეფიციენტზე და შევკრიბავთ ყველა განტოლებას, მივიღებთ პირობებს, რომლის დროსაც მთავრდება რეგულირების პროცესი.

$$\Delta f = 0; \quad P_i = \alpha_i \sum P_i \quad (17.7)$$

ანუ, ნებისმიერ დამყარებულ რეჟიმში, ცალკეული აგრეგატის დატვირთვა შეადგენს ყველა აგრეგატის ჯამური დატვირთვის წინასწარ მოცემულ გარკვეულ ნაწილს. რეგულირება ხორციელდება სტატიზმით რეგულირების პროცესის ბოლოს გადახრის გაქრობით აგრეგატის ფაქტიურ აქტიურ დატვირთვასა და ელ.სადგურის ჯამური აქტიური დატვირთვის წინასწარ მოცემულ ნაწილს შორის:

$$\Delta p_i = P_i - \alpha_i \sum_{i=1}^n P_i = 0$$

ამიტომ აღნიშნულ მეთოდს აგრეთვე უწოდებენ წარმოსახვითი სტატიზმის მეთოდს.

(17.6) განტოლების მარცხენა ნაწილი, რომელიც ასახავს ცალკეული აგრეგატის რეგულირების კანონს, შეიძლება განვიხილოთ როგორც სიგნალი, ბრუნვის სიხშირის რეგულატორის გამაძლიერებელი მოწყობილობის შესასვლელზე. პრინციპში რეგულირების პროცესი მიმდინარეობს შემდეგნაირად: აქტიური სიმძლავრეების ბალანსის დარღვევისას, ენერგოსისტემაში სიხშირე გადაიხრება მოცემული მნიშვნელობიდან და ყველა რეგულატორი მოდის მოქმედებაში Δf სიგნალით. ისინი ცვლიან აგრეგატების სიმძლავრეებს ისეთნაირად, რომ აღდგეს სიხშირე პირველად მნიშვნელობამდე.

აქტიური დატვირთვა გადანაწილდება აგრეგატებს შორის Δp_i სიგნალის ზემოქმედებით მანამ, სანამ აგრეგატების დატვირთვები არ გაუტოლდებიან წინასწარ მოცემულ მნიშვნელობებს (წილი სადგურის ჯამური დატვირთვიდან), რის შემდეგაც სიგნალი გაქრება. თუ $\Delta f \neq 0$, დამყარებული რეჟიმი ვერ დადგება, რადგანაც ამ დროს ჯამური სიგნალი შეიძლება იყოს ნულის ტოლი მხოლოდ ერთ გენერატორზე, მაგრამ სხვა აგრეგატებზე იგი განსხვავდება ნულისაგან და ეს აგრეგატები აგრძელებენ რეგულირების პროცესს.

ელ.სადგურებს შორის დატვირთვების ყველაზე ხელსაყრელი გადანაწილება ხორციელდება ხელით, დისპეტჩერის ბრძანების შესაბამისად, ან ავტომატურად სპეციალური დამატებითი ავტომატური მოწყობილობებით, რომლებიც მუშაობენ სიხშირის ინტეგრალური გადახრის მეთოდით.

17.4 ტურბინის ბრუნვის სიხშირის რეგულატორი

ბრუნვის სიხშირის რეგულატორი წარმოადგენს ტურბინის პირველად რეგულატორს. იგი მარეგულირებელი ორგანოს საშუალებით ენერგომატარებლებზე (ორთქლი, აირი, წყალი) ზემოქმედებით ავტომატურად ცვლის ტურბინის მამოძრავებელ მომენტს. მარეგულირებელ ორგანოდ თბოტურბინებში გამოიყენება მარეგულირებელი სარქველი, ხოლო ჰიდროტურბინებში - მიმმართი აპარატი. მბრუნავ ჩამქვებიან ჰიდროტურბინებს აქვთ ორი მარეგულირებელი ორგანო - მიმმართი აპარატი და მბრუნავი ბორბლის ჩამქები.

თავდაპირველად, როცა ელ.სადგურები მუშაობდნენ გენერატორების მცირე რიცხვით იზოლირებულ დატვირთვაზე, პირველად რეგულატორს ჰქონდა ერთადერთი დანიშნულება: ბრუნვის სიხშირის მოცემულ ზღვრებში შენარჩუნება (ტურბინის კუთხური სიჩქარე) და შესაბამისად ცვლადი დენის სიხშირის შენარჩუნება დატვირთვის რყევების დროს.

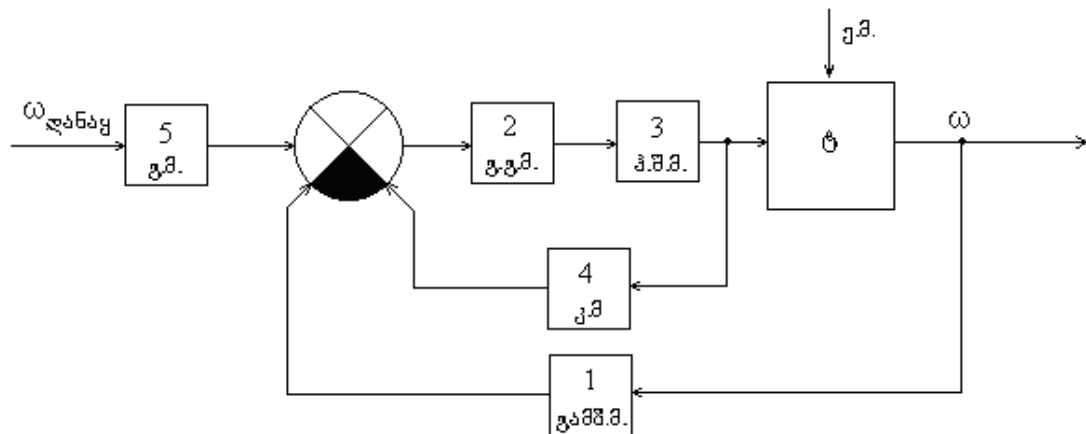
თანამედროვე ენერგოსისტემებში ტურბინის პირველადი რეგულატორები წარმოადგენენ რეჟიმის რეგულირების (სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის) საერთო სისტემის ერთ-ერთ ძირითად ელემენტს. მისი მიზნობრივი დანიშნულება გაფართოვდა - გარდა სიხშირის რეგულირებისა, იგი მონაწილეობს აგრეგატებს შორის აქტიური სიმძლავრეების გადანაწილებაში. ძველი სახელწოდება “სიჩქარის რეგულატორი” გამოიყენება დღესაც.

დღეისათვის არსებული ბრუნვის სიხშირის რეგულატორები შესრულებულია როგორც ირიბი მოქმედების რეგულატორები ჰიდრავლიკური გამამდიერებლებით და კონსტრუქციულად არსებითი განსხვავების მიუხედავად, აქვთ ერთნაირი ფუნქციონალური სქემა.

რეგულატორი შეიცავს შემდეგ ფუნქციონალურ ელემენტებს:

- გამზომი მოწყობილობა 1 - აგრეგატის ბრუნვის სიხშირის მოცემული მნიშვნელობიდან გადახრის გადამწოდი, ძაბვის სიხშირის გადახრის, აჩქარებისა და რეგულირების სხვა პარამეტრების გადამწოდი.
- გამამდიერებელ გარდამქმნელი მოწყობილობა 2 - მაგნიტური და ჰიდრავლიკური გამამდიერებლები.
- ჰიდრავლიკური შემსრულებელი მექანიზმი (ჰ.შ.მ.-3), რომელიც (ტ) ტურბინის მარეგულირებელ ორგანოზე ზემოქმედებით ცვლის ენერგომატარებლების (ორთქლი, აირი, წყალი) მიწოდებას.

- კორექციის მოწყობილობა 4 - მოქნილი და ხისტი უკუკავშირები, რომლებიც შეესაბამებთან ძირითადი და დამხმარე (ჰ.შ.მ.) -ის მდგომარეობას.
- გადამცემი მოწყობილობა 5 - ბრუნვის სიხშირის ცვლილების მექანიზმი (ბ.ს.ც.მ.) (სხვანაირად-ბრუნვის სიჩქარის ცვლილების მექანიზმი - (ბ.სიჩქ.ც.მ), ბრუნთა რიცხვის - (ბ.რ.ც.მ), ბრუნვის რეგულირების მექანიზმი (ბ.რ.მ.), ტურბინის მართვის მექანიზმი (ტ.მ.მ)).



ნახ. 17.2 ბრუნვის სიხშირის რეგულატორის ფუნქციონალური სქემა. ე.მ. – ენერგომატარებელი (ორთქლი, აირი, წყალი); გ.გ.მ. – გამაძლიერებელი გარდამქნელი მოწყობილობა; ჰ.შ.მ. – ჰიდრავლიკური შემსრულებელი მექანიზმი; კ.მ. – კორექციის მოწყობილობა; გ.მ. – გადამცემი მოწყობილობა; გამშ. მ. – გამზომი მოწყობილობა.

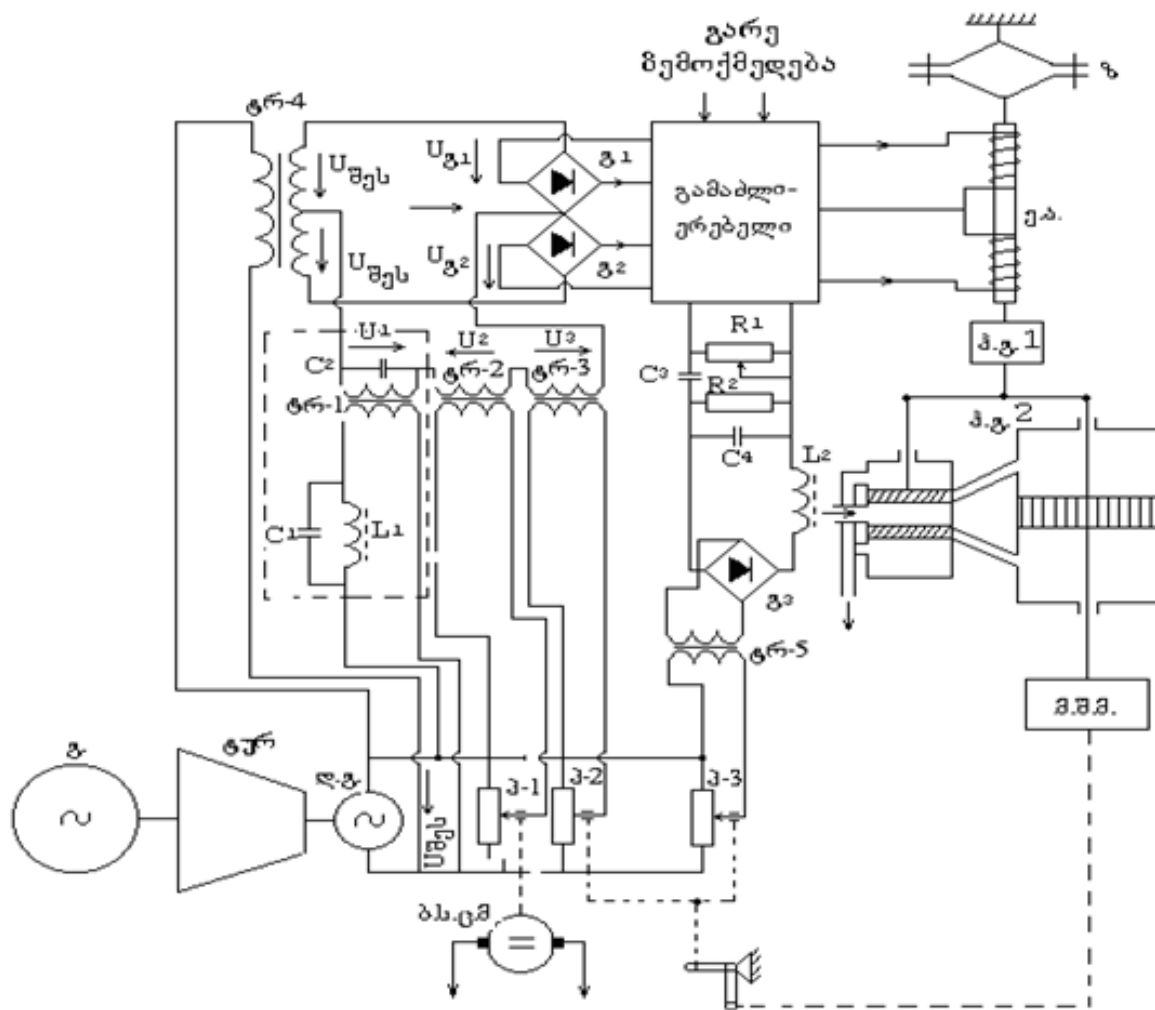
დამხმარე მექანიზმებს განეკუთვნება: მიმდართი აპარატის გახსნის შეზღუდვის მექანიზმი, მბრუნავ ჩამჩიანი ჰიდროტურბინის კომბინატორის მართვის მექანიზმი და სხვა.

ცენტრიდანული ბრუნვის სიხშირის გადამწოდად გამოყენებულია ცენტრიდანული ქანქარა.

ჰიდროდინამიკური ბრუნვის სიხშირის გადამწოდად გამოყენებულია ცენტრიდანული ტუმბო, რომელიც ქმნის ტურბინის ბრუნვის სიხშირეზე დამოკიდებულ ზეთის წნევას; ცენტრიდანულ და ჰიდროდინამიკურ რეგულატორებს უწოდებენ ჰიდრომექანიკურს.

ელექტროჰიდრავლიკური გამზომი მოწყობილობის, აგრეთვე წინასწარი გამაძლიერებლის, კორექციის მოწყობილობის და გადამცემი მოწყობილობის ასაგებად გამოყენებულია ელექტრული ელემენტები. განვიხილოთ ბრუნვის სიხშირის ელექტროჰიდრავლიკური რეგულატორის მუშაობის პრინციპი.

თანამედროვე პირობებში, ჰიდროტურბინის ბრუნვის სიხშირის რეგულირებისათვის ფართოდ გამოიყენება ელექტროჰიდრავლიკური რეგულატორი (ე.ჰ.რ.), რომლის გამზომი და გადამცემი მოწყობილობები, აგრეთვე უკუკავშირის ორგანოები და წინასწარი გამაძლიერებელი შესრულებულია ელექტრულ ელემენტებზე.



ნახ. 17.3 ბრუნვის სიხშირის ელექტროჰიდრავლიკური რეგულატორის გამარტივებული პრინციპიული სქემა. ბ.ს.ც.მ. – ბრუნვის სიხშირის ცვლილების მექანიზმი; მ.შ.მ. – მთავარი შემსრულებელი მექანიზმი; ჰ.გ. – ჰიდრავლიკური გამაძლიერებელი; ე.ა. – ელმაგნიტური ამძრავი; დ.გ. – დამხმარე გენერატორი.

ნახ. 17.3-ზე მოცემულია ელექტროჰიდრავლიკური რეგულატორის გამარტივებული სქემა. იგი კვებას იღებს დამხმარე გენერატორიდან (დ.გ.), რომელიც დამაგრებულია ტურბინის ღერძზე. ძაბვის სიხშირე $U_{\text{შეს}}$ პროპორციულია აგრეგატის ბრუნვის სიხშირის და ნომინალური სიხშირის დროს ტოლია 50 ჰც-ის.

(ე.პ.რ.)-ს გამზომ მოწყობილობად გამოყენებულია L , C პარალელური კონტური, რომელიც აწყობილია 50 ჰც-ს რეზონანსზე (ტრ-1) ტრანსფორმატორით და C_2 ტევადობით. ნომინალური ბრუნვის სიხშირის დროს (ტრ-1) ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილზე კონტურის დიდი წინააღობის გამო, ძაბვა პრაქტიკულად ნულის ტოლია. ბრუნვის სიხშირის ნომინალურიდან გადახრის შემთხვევაში L, C კონტურის წინააღობა მცირდება და (ტრ-1) ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილზე ჩნდება ძაბვა U_1 , რომლის ფაზა და მოქმედი მნიშვნელობა დამოკიდებულია სიხშირის გადახრის ნიშანზე და აბსოლუტურ მნიშვნელობაზე. თუ სიხშირე იზრდება ($\Delta f > 0$), კონტურის გავლით გაედინება ტევადური დენი, რომელიც C_2 ტევადობაზე წარმოქმნის $\dot{U}_1$ ძაბვას, ფაზურად თანხვედნილს $U_{\text{შეს}}$ -ს ძაბვასთან. თუ სიხშირე მცირდება ($\Delta f < 0$), მაშინ U_1

იმყოფება $U_{\text{შეს}}$ -ის საწინააღმდეგო ფაზაში. ამრიგად გამზომი მოწყობილობა წარმოადგენს სიხშირის გადახრის ინფორმაციის გადამწოდს, რადგანაც $U_1 \approx K_1 \cdot \Delta f$.

პოტენციომეტრული გადამწოდი (პ-1) ტრანსფორმატორ (ტრ-2)-თან ერთად ქმნის ბრუნვის სიხშირის ცვლილების მექანიზმს (ბ.ს.ც.მ.); $U_2 = U_{20} + K_2 \Delta f_{\text{დან}}$; გადამწოდი (პ-2), ტრანსფორმატორ (ტრ-3)-თან ერთად ითვლებიან ხისტი უკუკავშირის ელემენტებად მთავარი შემსრულებელი მექანიზმის (მ.შ.მ.)-ის მდგომარეობის შესაბამისად (ტურბინის მიმმართი აპარატის გახსნის α კუთხის მიხედვით);

$U_3 = U_{30} + K_3' \cdot \Delta \alpha \approx U_{30} + K_3 \cdot \Delta P$, სადაც ΔP არის ტურბინის სიმძლავრის ცვლილება.

ფაზაშემგრძნობი სქემის დიაგნოზის ჯამური ძაბვა, შექმნილი (ტრ-4) ტიპის ტრანსფორმატორითა და (გ-1) და (გ-2) გამმართველი ბოგირებით, წარმოადგენს ძაბვების ჯამს, კოლინეარულს $U_{\text{შეს}}$ -ის; ამიტომ

$$U_{\text{რეზ}} = \pm U_1 - U_2 + U_3; \quad U_{\text{გ1}} = U_{\text{შეს}} + U_{\text{რეზ}}; \quad U_{\text{გ2}} = U_{\text{შეს}} - U_{\text{რეზ}} \quad (17.8)$$

ფაზაშემგრძნობი სქემის გამოსავალი დენები, მიეწოდება მაგნიტურ, ან ელექტრონულ გამაძლიერებელ-შემკრებ მოწყობილობას, ერთმანეთის საპირისპირო მიმართულებით. გამაწონასწორებელი (ზ) ზამბარით გამაძლიერებელ-შემკრები ზემოქმედებას ახდენს ელექტრომაგნიტურ (ე.ა.) ამძრავზე, გარდაქმნის ელექტრულ სიგნალს მექანიკურად, რომელიც მიეწოდება ჰიდრავლიკურ გამაძლიერებელს (ჰგ-1). ჰიდრავლიკური გამაძლიერებელი (ჰგ-2) და (მ.შ.მ.) ერთად წარმოადგენენ ჩვეულებრივ ჰიდრომექანიკურ სისტემას, რომელიც მოქმედებს მიმმართი აპარატის გაღებაზე, ან ჩაკეტვაზე.

მოქნილი უკუკავშირი მოცემულ რეგულატორში განხორციელებულია (პ-3) გადამწოდით, რომელიც მექანიკურად არის დაკავშირებული ტურბინის მიმმართ აპარატთან. გადამწოდი ჩართულია ტრანსფორმატორ (ტრ-5)-თან, რომლის მეორადი გრაგნილის ძაბვა გაიმართება (გ-3) გამმართველით, მიღებული პულსირებული ძაბვა გასწორდება L_2, C_4, R_2 ფილტრის მეშვეობით და დიფერენციალური C_3, R_1 წრედის გავლით მიეწოდება გამაძლიერებელ-შემკრებს ერთ-ერთ შესასვლელზე.

მოქნილი ელექტრული უკუკავშირი რეგულირების სისტემაზე ახდენს ისეთივე ზეგავლენას, როგორც იზოდრომული უკუკავშირი – ჰიდრომექანიკურ რეგულატორზე.

უკუკავშირის მოქმედების დრო დამოკიდებულია დიფერენციალური წრედის დროის მუდმივაზე და შეიძლება დარეგულირდეს R_1 რეზისტორით.

გამაძლიერებელ-შემკრებზე გარე ზემოქმედების არარსებობისას, რეგულატორის წონასწორობის პირობა ძალაშია (17.8)-ის ძალით: $U_{\text{რეზ}} = 0$. ამიტომ, საწყის დამყარებულ რეჟიმში,

როცა $\Delta f = 0$ და $U_{20} = U_{30}$ რეგულირების კანონს აქვს სახე:

$$K_1 \Delta f - K_2 \Delta f_{\text{დან}} + K_3 \Delta P = 0 \quad (17.9)$$

რეგულატორის ასტატიკურად გაწყობის პირობებში, უნდა გამოვრთოთ კავშირი (32)-სა და (მ.შ.მ.)-ს შორის. მაშინ $K_3 \Delta P = 0$ და $\Delta f = 0$, თუ არ არის ზემოქმედება (ბ.ს.ც.მ)-ზე ($\Delta f_{\text{დან}} = 0$).

ტურბინის რეგულატორები, რომლებსაც აქვთ სტატიკური გაწყობა, უზრუნველყოფენ ენერგოსისტემაში სიხშირის რეგულირებას დადებითი სტატიზმით. რეგულატორი ასტატიკური გაწყობით შეიძლება გამოყენებულ იქნას ერთი აგრეგატით, ან აგრეგატების ჯგუფით სიხშირის ასტატიკურად რეგულირებისას.

17.5 სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის პირველადი ჯგუფური რეგულატორები

სიხშირისა და სიმძლავრის ჯგუფური რეგულატორის დანიშნულებაა ტურბინების ჯგუფის, როგორც ერთი აგრეგატის, სიმძლავრეების მართვა. ჯგუფური რეგულატორის შემადგენლობაში შედის ასტატიკურად გაწყობილი ტურბინების ინდივიდუალური რეგულატორები და სპეციალური მოწყობილობა, რომელსაც ეწოდება აქტიური სიმძლავრის კორექტორი. აქტიური სიმძლავრის კორექტორი ერთმანეთთან და ცენტრალურ გადამცემ მოწყობილობასთან აკავშირებს ჯგუფის ცალკეული ტურბინების რეგულატორებს, რითაც უზრუნველყოფს აგრეგატებს შორის დატვირთვების იძულებით განაწილებას და სიმძლავრის ჯგუფურ მართვას.

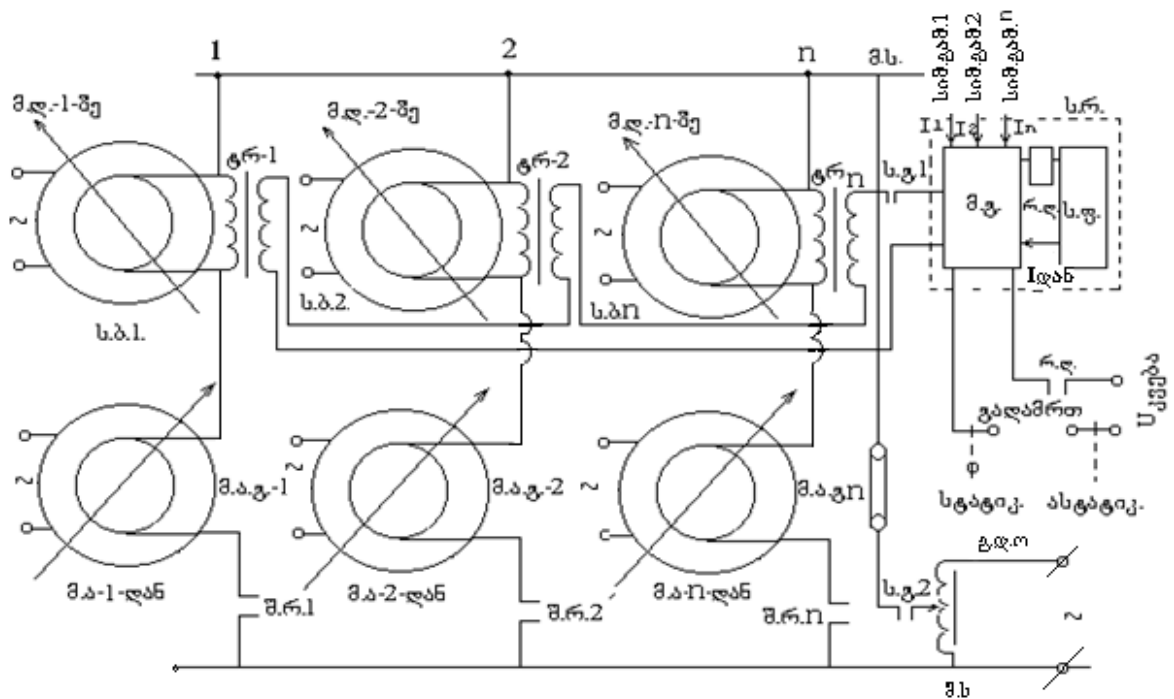
კორექტორის ტურბინის რეგულატორზე ზემოქმედების ხერხების მიხედვით უშუალოდ სარქველური გამაძლიერებლის დგუშზე ან (ბ.ს.ც.მ.)-ით - განსაზღვრავენ შესაბამისად პირველად და მეორად ჯგუფურ რეგულატორებს. ტურბინის რეგულატორის სარქველზე უშუალოდ ზემოქმედება, გამორიცხავს ზოგიერთ შუალედურ რგოლს, რაც ზრდის რეგულირების პროცესის სიჩქარეს და ამარტივებს სქემას.

სიხშირისა და აქტიური სიმძლავრის პირველადი ჯგუფური რეგულატორები დაფუძნებული არიან წილობრივი სტატიზმის მეთოდზე და გამოიყენება ერთნაირი ტიპის აგრეგატებიან ჰიდროელექტროსადგურებზე.

მაგალითისთვის განვიხილოთ სიხშირისა და სიმძლავრის ჯგუფური რეგულირების მოწყობილობა (ს.ჯ.რ.მ.), რომელიც დამუშავებულია ჰიდროენერგოპროექტის მიერ. (ს.ჯ.რ.მ.)-ის გამარტივებული პრინციპიალური სქემა მოცემულია ნახ. 17.4-ზე.

(ს.ჯ.რ.მ.) -ის ძირითად ელემენტებს წარმოადგენს:

ცენტრალური მავალეხელი მოწყობილობა, რომელშიც შედიან: ჯამური აქტიური სიმძლავრის დავალების ორგანო (სიმძლავრის რეგულატორი ს.რ.), იგი თავისთავად შედგება (ს.ფ.) სიმძლავრის ფიქსატორის (სიმძლავრის მავალეხელი) და დიფერენციალური მაგნიტური გამაძლიერებლისაგან (მ.გ.); ჰიდროტურბინების მიმმართ აპარატებზე გახსნილობის დავალების ორგანო (გ.დ.ო.), რისთვისაც გამოყენებულია მდორე რეგულირებიანი ავტოტრანსფორმატორი.



ნახ. 17.4 (ს.ჯ.რ.მ.) ის პრინციპიული სქემა: ს.რ. - სიმულატორის რეგულატორი; მ.დ. - მკვეთარიანი დგუში; მ.ს. - მართვის სალტე; ს.ფ. - სიმულატორის ფიქსატორი; ს.ჯ.რ.მ. - სიხშირის (სიმულატორის) ჯგუფური რეგულატორის მოწყობილობა; ს.გ. - სიმულატორის გამზომი; მ.ა. - მიმართი აპარატი; მ.ა.გ. - მიმართი აპარატის გადამწოდის; ს.გ.-1, ს.გ.-2 - სიხშირული გამგება 1(2); გ.დ.ო. - გახსნილობის დავალების ორგანო.

ჰიდროტურბინების მიმართი აპარატების გახსნილობის გამათანაბრებელი მოწყობილობა, რომელიც შედგება მიმართი აპარატების გახსნილობის გადამწოდებისაგან (მ.ა.გ.) და საშემსრულებლო ბლოკებისაგან, რომლებიც შეერთებული არიან მრავალსიხვიანი ვარსკვლავის სქემით.

მიმართი აპარატების გახსნილობის გადამწოდები არიან უკონტაქტო სელსინები, რომლებიც მუშაობენ ტრანსფორმატორულ რეჟიმში. თითოეული სელსინის როტორი დაკავშირებულია (მ.ა.) მიმართი აპარატის (მ.შ.მ.)-თან და (მ.ა.გ.)-ს ძაბვა (მ.ა.)-ს გახსნის კუთხის პროპორციულია.

(ს.ბ.) საშემსრულებლო ბლოკებად, რომლებიც ზემოქმედებენ ტურბინის რეგულატორების (მ.დ.) მკვეთარიანი დგუშებზე, გამოყენებულია უკონტაქტო სელსინები, მომუშავე მომენტის შემქმნელი ძრავის რეჟიმში. (ს.ბ.)-ს როტორის გრაგნილში დენის არარსებობის შემთხვევაში, მის ღერძზე მომენტი ნულის ტოლია. მომენტის მიმართულება დამოკიდებულია როტორში დენის ფაზაზე.

თუ (ს.რ.) და (გ.დ.ო.) არიან გამორთული (კონტაქტები ს.გ.-1 და ს.გ.-2 გახსნილია) მოწყობილობა მუშაობს სიხშირის ასტატიკურად რეგულირების რეჟიმში. ენერგოსისტემაში სიხშირის გადახრისას, ტურბინების რეგულატორები მოქმედებენ მიმართი (მ.ა.) აპარატების გახსნის მდგომარეობის შეცვლაზე. თუ ტურბინების (მ.ა.) - ს გახსნა იცვლება ერთნაირად, მაშინ (მ.ა.გ.)-ს გამოსასვლელზე ძაბვები თანაბარია და (ს.ბ.)-ს როტორების გრაგნილებში დენები არ გადიან. ტურბინების მიმართი აპარატების არათანაბრად გახსნისას, გათანაბრების სქემაში გაჩნდება დენი და

საშემსრულებლო ბლოკები იმოქმედებენ სარქველების მეშვეობით ტურბინების მიმართ აპარატებზე მანამ, სანამ თითოეული ტურბინის გახსნა არ გაუტოლდება გახსნის საშუალო მნიშვნელობას.

გათანაბრების სქემაში წრედების რიცხვი განისაზღვრება ჰიდროაგრეგატების იმ რაოდენობით, რომლებიც მონაწილეობენ სიხშირის რეგულირებაში.

ჰიდროაგრეგატის ჩართვა რეგულირების სისტემაში ხორციელდება (შ.რ.) რელეს კონტაქტებით, რომელიც მუშაობს გენერატორის ამომრთველის ჩართვისა და ტურბინის მიმართი აპარატის (მ.ა.) გარკვეული კუთხით გახსნის შემდეგ.

აქტიური სიმძლავრის რეგულირების რეჟიმში (გადამრთველი არის „სტატიკ“-ის მდგომარეობაში) სიმძლავრის (ს.რ.) რეგულატორი ზემოქმედებს (ს.ბ.)-ს როტორებზე შუალედური ტრ-1, ტრ-2, ..., ტრ-n ტრანსფორმატორების მეშვეობით. (მ.გ.)-ს გამოსასვლელზე ძაბვის ფაზა (0 ან 180°) და აბსოლუტური მნიშვნელობა დამოკიდებულია ფაქტიური სიმძლავრის მოცემული მნიშვნელობიდან გადახრის აბსოლუტურ მნიშვნელობაზე და ნიშანზე:

$$U_{ს.რ.} = K(\sum I_i - I_{დან.}) \quad (17.10)$$

სადაც I_i არის (მ.გ.)-ს მართვის დენი, პროპორციული i - ური აგრეგატის აქტიური სიმძლავრის, (სიმ.გამ.)- i სიმძლავრის გამზომის გამოსასვლელზე; $I_{დან.}$ – სიმძლავრის (ს.ფ.) ფიქსატორის მართვის დენი.

დამყარებულ რეჟიმში, როცა ფაქტიური სიმძლავრე გაუტოლდება წინასწარ მოცემულს, $U_{ს.რ.} = 0$.

წრედის გაწყვეტის, ან სხვა უწყესივრობის შემთხვევაში, იმისათვის, რომ სადგურმა ტვირთი არ მოიხსნას, სიმძლავრის დავალების წრედში გათვალისწინებულია (რ.დ.) რელე, რომელიც დენის გაქრობის შემთხვევაში თავისი კონტაქტებით ხსნის მაგნიტური გამაძლიერებლის კვების წრედს.

ჰესის ჯამური სიმძლავრის რეგულირება შეიძლება აგრეთვე (გ.დ.ო.)-ს საშუალებით, თუ მოვახდენთ ზემოქმედებას გათანაბრების წრედის მეშვეობით ტურბინის მიმართი (მ.ა.) აპარატის გახსნის ცვლილებაზე.

სიმძლავრის (ს.რ.) რეგულატორი უზრუნველყოფს აქტიური სიმძლავრის მოცემული მნიშვნელობის შესაბამისად უფრო ზუსტ რეგულირებას (გ.დ.ო.)-სთან შედარებით, რადგან კავშირი სიმძლავრესა და ტურბინის მიმართი აპარატის „გახსნას“ შორის ზოგადად არაერთმნიშვნელოვანია და დამოკიდებულია რეალურ დაწნევაზე.

ჰესის სარეზერვო სიმძლავრეების სწრაფად გაშვებისათვის, სიხშირული გაშვების (ს.გ.) მოწყობილობის მოქმედებისას (ს.ჯ.რ.მ.)-ის სქემა ავტომატურად გადადის სიხშირის ასტატიკურად რეგულირების რეჟიმში. ეს მიიღწევა (ს.რ.)-ის და (გ.დ.ო.)-ს გამომავალი წრედების გათანაბრების მოწყობილობიდან გამორთვით.

17.6 სიხშირისა და სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების სისტემა (ს.ს.ა.რ.ს.)

(ს.ს.ა.რ.ს.)-ის დანიშნულებაა ავტომატურად შეასრულოს შემდეგი ფუნქციები:

- ენერგოსისტემაში სიხშირის შენარჩუნება მოცემულ ზღვრებში;
- ელ.სადგურებს შორის დატვირთვების რეგულირება, დანახარჯების კუთრი ნაზრდების ტოლობის პირობებში, ქსელში დანაკარგების მიახლოებითი გათვალისწინებით;
- მეზობელ ენერგოსისტემებთან გაცვლითი სიმძლავრეების გადადინების რეგულირება გრაფიკის შესაბამისად.

სისტემა აგებულია ცენტრალიზებულ პრინციპზე, ანუ ცალკეულ ელ.სადგურებს ცენტრალური სადისპეჩერო პუნქტიდან, ტელემექანიკის არხების საშუალებით ეძლევათ დატვირთვები.

ცალკეული ელ.სადგურებისათვის, მარეგულირებელი სიგნალი $P_{დან}$ ფორმირდება სიხშირის ინტეგრალური გადახრის გამოყენებით, სადისპეჩერო პუნქტზე არსებული გაცვლითი სიმძლავრეების (დანახარჯის კუთრი ნაზრდის მახასიათებლების შესაბამისად) მიხედვით. გაცვლითი სიმძლავრეების და სიხშირის გადახრის ჯამის ინტეგრალი, რაღაც მაშტაბით ასახავს ენერგოსისტემის კუთრი ნაზრდის სიდიდის ცვლილებას $\mu_{დან}$, ვინაიდან მისი თვისებები პასუხობენ რეგულირების პროცესში ენერგოსისტემის მოცემული კუთრი ნაზრდის ცვლილებების მოთხოვნებს.

ნახ. 17.5-ზე მოცემულია გაერთიანების ერთ-ერთი ენერგოსისტემის (ს.ს.ა.რ.ს.) - ის ფუნქციონალური სქემა.

სიხშირის გადახრა Δf მიიღება სიხშირის (ს.ბ.) ბლოკის გამოსასვლელზე. (ს.ბ.) ბლოკი წარმოადგენს “РЧК” ტიპის სიხშირეზომს.

გაცვლითი სიმძლავრის გადახრა $\Delta P_{საერთო}$ არის სხვაობა გრაფიკის ავტომატური მავალეზლის (გამ) მიერ მოცემული ენერგოსისტემის გარე კავშირების ჯამურ გადადინებებსა და ამ ჯამის რეალურ მნიშვნელობებს შორის ($\Delta P_{ს.გ-1}, \dots, \Delta P_{ს.გ-n}$ ტელეგაზომვებით მიღებული ინფორმაცია).

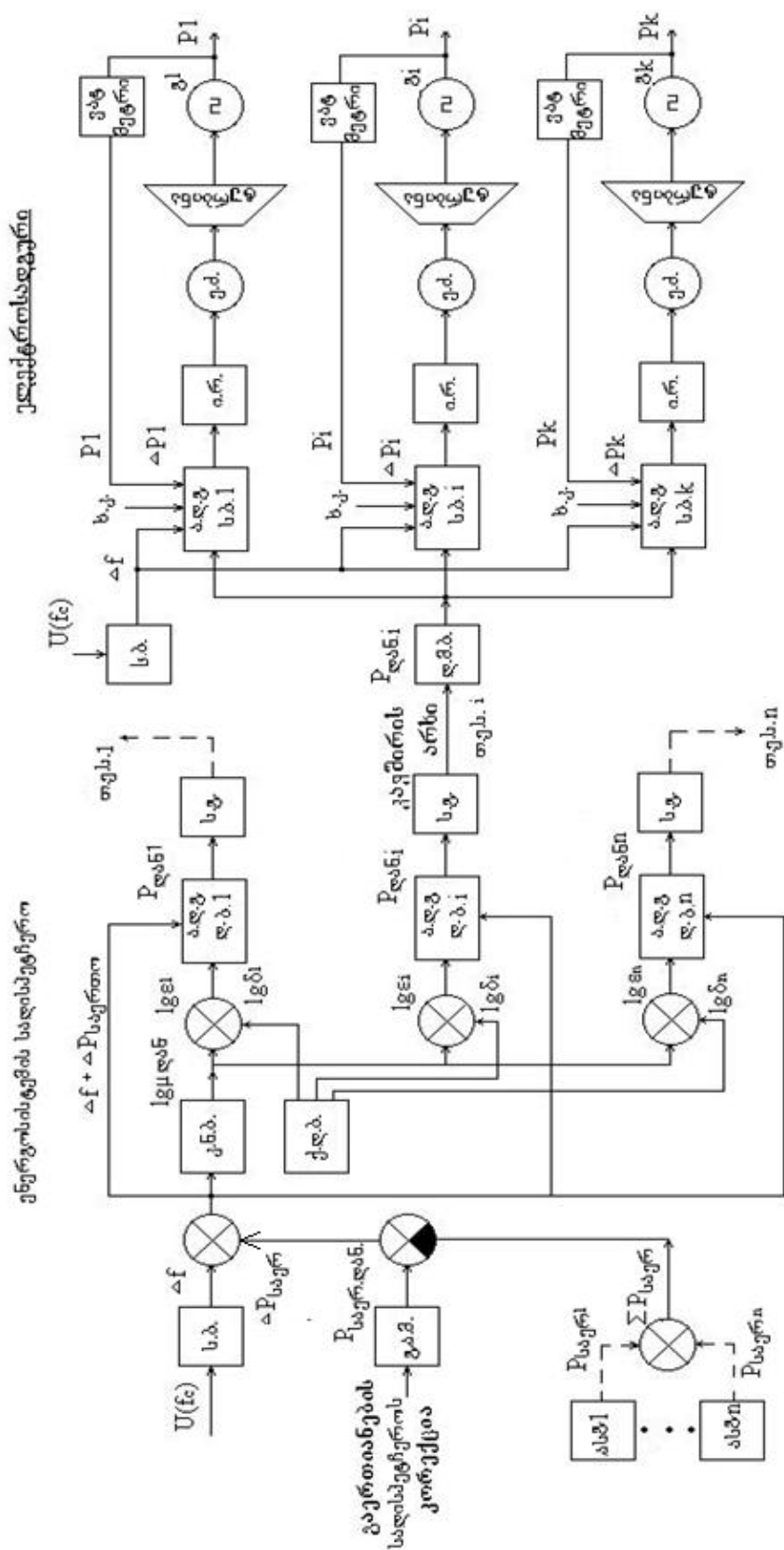
$$\Delta P_{საერთ. დან.} = P_{საერთ. დან.} - \sum P_{საერთ. i}$$

გრაფიკის ავტომატური მავალეზელი (გ.ა.მ.) წარმოადგენს მოთვალთვალე სისტემას, რომელიც დიაგრამის ქალაქზე ტუშით დატანილ გრაფიკის ორდინატებს გარდაქმნის ცვლად ძაბვაში. ლენტი გრაფიკით დამაგრებულია დოღზე, რომელიც 24 საათში ასრულებს ერთ ბრუნს. ასეთი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა გრაფიკი გამოვიყენოთ მრავალჯერ.

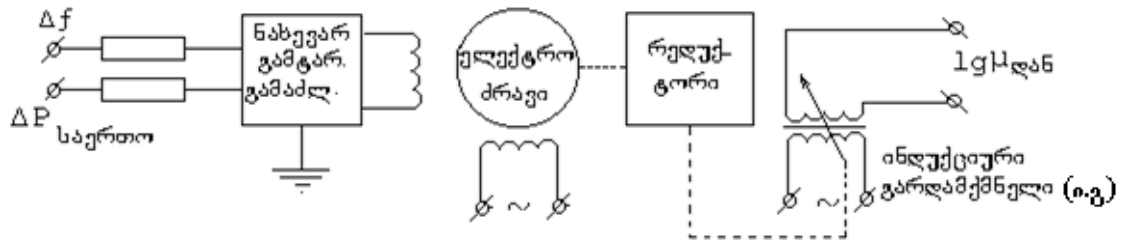
კუთრი ნაზრდის (კ.ნ.ბ.) ბლოკად გამოყენებულია სიხშირის ინტეგრალური გადახრისა და გაცვლითი სიმძლავრის გადამწოდი (ნახ. 17.6). იგი შედგება ნახევარგამტარული გამამლიერებლის, ორფაზა ასინქრონული ძრავის და მასთან რედუქტორით დაკავშირებული ინდუქციური გარდამქმნელისაგან. ელექტროძრავის

316

$$\int (\Delta f + \delta c \Delta P_{\text{b,sgn}}) dt.$$

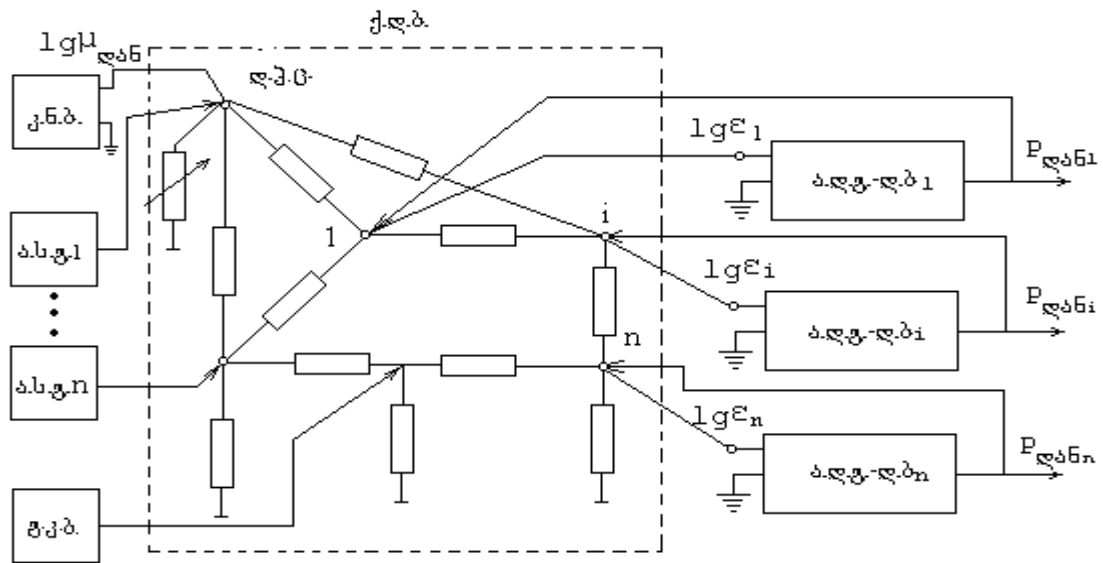


ნახ. 17.5 გაერთიანებაში შემაგავალი რაიონული ელექტროსისტემის სიხშირისა და სიმძლავრის რეგულირების სქემა (ს.ა.რ.ს.). კ.ნ.ბ. - კუთარი ნაზრდის ბლოკი; ა.ს.გ. - აქტიური სიმძლავრის გადაწოდი; გ.ა.მ. - გრაფიკის ავტომატური მავალიბელი; ს.ბ. - სიხშირის ბლოკი; ქ.დ.ბ. - ქსელში დანაკარგების ბლოკი; ა.დ.გ. - აქტიური დატვირთვების განაწილების დისკრეტული ბლოკი; ი.რ. - იმპულსური რეგულატორი; ს.გ. - სიხშირის გენერატორი; დ.მ.ბ. - დავალეების მიღების ბლოკი; ა.დ.გ.ბ. - აქტიური დატვირთვის განაწილების სადგურის ბლოკი; ე.ძ. - ელექტრული ძრავი; ხ.კ. - ხელით კორექტორი.



ნახ. 17.6 (კ.ნ.ბ.)-ს სქემა.

(კ.ნ.ბ.)-ის გამოსასვლელი ძაბვა პროპორციულია წინასწარ მოცემული მნიშვნელობის $l_{გაძ}$ -ში. ცალკეული ელ.სადგურებისათვის მოცემული სიდიდეები $l_{გაძ}$ მიიღება $l_{გაძ}$ -ში შესწორებების $l_{გაძ}$ შეტანის შემდეგ ($l_{გაძ}$ -არის დანაკარგებზე ქსელში შესწორება, რომელიც განისაზღვრება დანაკარგების აღრიცხვის (ქ.დ.ბ.) ბლოკის მიერ). ეს ბლოკი წარმოადგენს ენერგოსისტემის რეალური ქსელის გამარტივებულ მოდელს, რომელიც შედგენილია შემდეგი დაშვებებისა: რეაქტიული დატვირთვები არ არიან დამოკიდებული აქტიურზე და მოდელში შეტანილი არ არიან. ძაბვები კვანძებში მუდმივია, ქსელი ერთგვაროვანია (ნახ. 17.7).

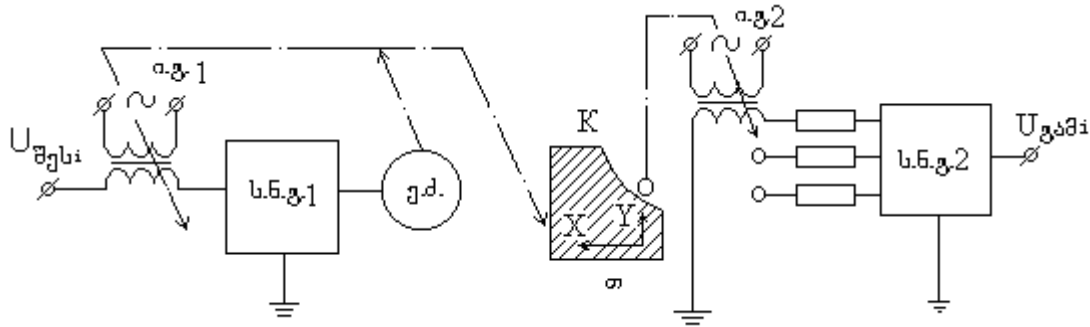


ნახ. 17.7 (ქ.დ.ბ.)-ს ჩართვის სქემა. გ.კ.ბ. – გრაფიკის კორექციის ბლოკი; დ.პ.ც. – დატვირთვის პირობითი ცენტრი.

ამიტომ ელ.გადამცემი ხაზები და მომხმარებლების აქტიური დატვირთვები მოდელში შეტანილი არიან აქტიური წინააღობების სახით, ხოლო შესაბამის კვანძებში შეყვანილი არის დენები, რომლებიც (ა.დ.გ.-დ.ბ.)-ის გამოსასვლელზე პროპორციული არიან ელ. სადგურებზე მოცემული აქტიური სიმძლავრეების მნიშვნელობებისა და სისტემეთაშორისო გადაძინებების ფაქტიური მნიშვნელობების. თუ ქსელის რომელიმე კვანძში დატვირთვის გრაფიკი არ შეესაბამება ენერგოსისტემის გრაფიკს, მაშინ ამ კვანძში შედის დამატებითი დენი დღეღამური გრაფიკის კორექციის ბლოკიდან (გ.კ.ბ.), რომელსაც აქვს ისეთივე კონსტრუქცია, როგორც (გ.ა.მ.)-ს.

დამატებითი დენის სიდიდე განისაზღვრება განსახილველ კვანძში დატვირთვის გრაფიკის სტატისტიკური მონაცემებით.

ასეთ მოდელში დენების განაწილება ასახავს ერთგვაროვან ქსელში აქტიური სიმძლავრეების ნაკადგანაწილებას, ხოლო ცალკეული ა.დ.გ.-დ.ბ.-ის შესასვლელზე ძაბვა $U_{\Sigma i}$ შეესაბამება $I_{\Sigma i}$ -ს.



ნახ. 17.8 აქტიური დატვირთვის განაწილების ბლოკის სქემა. ი.გ.-ინდუქციური გარდამქმნელი; თ-თარგი; ს.ნ.გ.-სამკასკადიანი ნახევარგამტარული გამაძლიერებელი; ე.ძ.-ელექტრული ძრავი.

აქტიური დატვირთვების განაწილების დისპეტჩერული ბლოკი (ა.დ.გ.-დ.ბ.) (ნახ.17.8) წარმოადგენს ელექტრომექანიკურ ფუნქციონალურ გარდამქმნელს მოთვალთვალე სისტემის (ი.გ.1, ს.ნ.გ.1, ე.ძ.) და საცვლელი თარგის სახით, რომელიც შესრულებულია მუყაოს თხელი ფურცლებისაგან. სადისპეტჩერო (ა.დ.გ.ბ.)-ის თარგის ფორმა ასახავს შესაბამისი სადგურის დატვირთვის დამოკიდებულებას მისი კუთრი ნაზრდის ლოგარითმთან $P_i = \eta_i(I_{\Sigma i})$.

სიხშირისა და გაცვლითი სიმძლავრის გადახრისას იცვლება მათი ინტეგრალური გადახრა და $U_{\Sigma i}$ ძაბვა ყოველი (ა.დ.გ.-დ.ბ.)-ს შესასვლელზე. ეს ცვლილება მიეწოდება (ს.ნ.გ.1) გაუთანხმოების ბლოკს. ს.ნ.გ. ბლოკი წარმოადგენს სამკასკადიან ნახევარგამტარულ გამაძლიერებელს. გაძლიერებულ სიგნალს ბრუნვაში მოჰყავს ორფაზა რევერსული ასინქრონული ძრავი (ე.ძ.), იგი ამოძრავდება ან ერთი, ან მეორე მიმართულებით იმის მიხედვით, თუ რა ნიშნის არის $U_{\Sigma i}$ -ს ცვლილების სიგნალი. ძრავი გადაადგილებს თარგის დასამაგრებელ ურიკას და ინდუქციური გარდამქმნელის (ი.გ.1) როტორს, რომელიც წარმოადგენს ურიკის მდგომარეობის უკუკავშირს მანამ, სანამ შეთანხმების დარღვევის სიგნალი არ გაქრება. ეს მოხდება დამყარებულ რეჟიმში, როცა $\Delta f + \delta c \Delta P_{\Sigma i}$ და შესაბამისად, Δf გახდება ნულის ტოლი. ურიკას კოპირი გადაადგილებისას, რომელიც დაკავშირებულია გამომავალ ინდუქციურ (ი.გ.-2) გარდამქმნელთან, ცოცავს თარგზე და ცვლის ძაბვას (ი.გ.-2)-ს გამოსასვლელზე $P_{\Sigma i}(t)$ ცვლილების პროპორციულად. დამყარებულ რეჟიმში, სადგურების მიერ გაცემული სიმძლავრეები შეესაბამებიან აქტიური დატვირთვების ყველაზე ხელსაყრელ განაწილებას, ვინაიდან ურიკას გადაადგილება განისაზღვრება ϵ_i -სიდიდით, ხოლო $P_{\Sigma i}(t)$ იმყოფება კუთრი ნაზრდის მახასიათებელზე.

(ა.დ.გ.-დ.ბ.)-ს გამომავალ ელემენტს წარმოადგენს ცვლადი ძაბვის (ს.ნ.გ.-2) ნახევარგამტარული შემკრები გამამრიელებელი, რომელიც გენერატორ-გადამცემით (ს.გ.) მართავს ტელეგაზომვის სიხშირულ სისტემას.

ყოველი (ს.გ.)-დან მართვის სიგნალი კავშირის არხების საშუალებით გადაეცემა (დ.მ.ბ.)-ს ბლოკს. იგი წარმოადგენს ბგერის დიაპაზონის სიხშირზომს; იგი გარდაქმნის სიხშირულ სიდიდეს სამრეწველო სიხშირის ძაბვად, რომელიც $P_{\text{დან } i}$ -ის პროპორციულია. ეს სიგნალი მიეწოდება აქტიური სიმძლავრის განაწილების სასადგურო ბლოკს (ა.დ.გ.-ს.ბ.), რომელსაც აქვს ისეთივე კონსტრუქცია, როგორიც დისპეტჩერულ ბლოკს. (ა.დ.გ.-ს.ბ.) ბლოკების რიცხვი განისაზღვრება ელ.სადგურებში გენერატორების რიცხვით, რომლებიც მონაწილეობენ რეგულირებაში.

(ა.დ.გ.-ს.ბ.) გამოსასვლელიდან გაუთანხმოების სიგნალი მიეწოდება (ი.რ.) პროპორციონალურ-იმპულსურ რეგულატორს, რომელიც ელექტროძრავის მაგნიტური გამშვებით მართავს ტურბინის დატვირთვის ცვლილების მექანიზმს (ბ.ს.ც.მ.).

ამრიგად, შენარჩუნებულია შესაბამისობა ელ.სადგურზე გაცემულ გეგმიურ დატვირთვასა და გენერატორების მიერ გამომუშავებულ ჯამურ დატვირთვებს შორის.

18.1 ა.გ.ჩ.-ის დანიშნულება

ელ.გადამცემ ხაზებზე, მოკლედ შერთვების მნიშვნელოვანი ნაწილი გამოწვეულია იზოლაციის გადაფარვით, სადენების ერთმანეთზე შეხებით და სხვა მიზეზებით, მისი ლიკვიდაცია საკმაოდ სწრაფად ხდება სარელეო დაცვის მიერ დაზიანებული ხაზის გამორთვით. ამასთანავე მ.შ-ის ადგილზე აღძრული ელექტრული რკალი ქრება არსებითი დაზიანების გარეშე და ხაზი ექვემდებარება ხელახლა ძაბვის ქვეშ ჩართვას. ასეთ თვითაღდგენად დაზიანებას ეწოდება არამდგრადი.

მრავალწლიანი გამოცდილების პერიოდში, საპაერო ელ.გადამცემი ხაზების დაზიანების შესახებ სტატისტიკური მონაცემები გვიჩვენებს, რომ არამდგრადი დაზიანებების წილი საკმაოდ მაღალია და შეადგენს 50-90%-ს.

რამდენადაც საპაერო ელ.გადამცემ ხაზებზე დაზიანების ადგილის ძებნა მათი შემოვლის გზით, მოითხოვს დიდ დროს და ამასთან მრავალი დაზიანება ატარებს არამდგრად ხასიათს, ჩვეულებრივ ოპერატიული პერსონალი ავარიის ლიკვიდაციისათვის აწარმოებს მოსინჯვას ხაზის ძაბვის ქვეშ კვლავ ჩართვის გზით. ხაზი, რომელზეც მოხდა არამდგრადი დაზიანება, განმეორებითი ჩართვის შემდეგ რჩება მუშაობაში, ამიტომ არამდგრადი დაზიანების დროს განმეორებით ჩართვებს, მიღებულია ვუწოდოთ წარმატებული.

იშვიათად, ელ.გადამცემ ხაზებზე აღიძვრება ისეთი დაზიანებები, როგორიცაა ხაზის გაწყვეტა, მავთულის, ან იზოლატორის გირლანდის ჩამოვარდნა, საყრდენის დაზიანება და ა.შ. ცხადია, ასეთ დაზიანებებს არ შეუძლიათ თვითაღდგენა, ამიტომ მათ უწოდებენ მდგრად დაზიანებებს.

იმ ხაზებზე, რომლებზეც მოხდა მდგრადი დაზიანება, განმეორებითი ჩართვის დროს ისევ აღიძვრება მ.შ. და ის ისევ გამოირთვება სარელეო დაცვით. ამიტომ, განმეორებით ჩართვებს მდგრადი დაზიანების დროს, უწოდებენ არაწარმატებულს.

ტელემართვად ობიექტებზე, ან ქვესადგურებში მუდმივი ოპერატიული პერსონალით, განმეორებითი ჩართვა საჭიროებს რამოდენიმე წუთს, ხოლო არატელემართვად და ოპერატიული პერსონალის გარეშე მომუშავე ქ/ს-ებში - 0,5-1 საათს და მეტს. ამიტომ, ხაზის განმეორებითი ჩართვის და მომხმარებლის ელ.ენერგიით მომარაგების დაჩქარებისათვის გამოიყენება სპეციალური მოწყობილობა: ავტომატური განმეორებითი ჩართვა (ა.გ.ჩ.). მისი მოქმედების დრო

ჩვეულებრივ არ აღემატება რამოდენიმე წამს, ამიტომ ა.გ.რ.-ს მოწყობილობით ხაზის წარმატებით ჩართვის შემთხვევაში ძაბვა სწრაფად ეწოდება მომხმარებლებს.

ელ.დანადგარების მოწყობის წესების თანახმად, ა.გ.რ.-ს გამოყენება აუცილებელია ყველა 1 კვ-ზე მეტი ძაბვის საჰაერო და შერეულ (საკაბელო-საჰაერო) ხაზზე. ა.გ.რ.-ს წარმატებული მოქმედება საკმაოდ მაღალია და სხვადასხვა ძაბვის ქსელებში შეადგენს 50-90%-ს. ა.გ.რ. აღადგენს ნორმალურ სქემას იმ შემთხვევებშიც, როცა ამომრთველის გამორთვა ხდება შეცდომით ან ოპერატიული პერსონალის მიერ, ან სარელეო დაცვის არასწორი მოქმედებით. ა.გ.რ.-ს გამოყენება უფრო ეფექტურია ხაზის ცალმხრივი კვების დროს, რამდენადაც ასეთ შემთხვევებში ყოველი წარმატებული ა.გ.რ. აღადგენს მომხმარებლის ელ.ენერგიით უზრუნველყოფას და გამორიცხავს ავარიას.

წრიულ ქსელებში ერთი ხაზის გამორთვა არ იწვევს მომხმარებლის კვების შეწყვეტას. ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია ა.გ.რ.-ის გამოყენება, რამდენადაც იგი აჩქარებს არანორმალური რეჟიმის ლიკვიდაციას და აღადგენს ქსელის ნორმალურ სქემას, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილია ნორმალური, საიმედო და ეკონომიური მუშაობა.

არამდგრადი მ.შ.-ები ხდება არა მარტო საჰაერო ხაზებზე, არამედ ქ/ს-ებში სალტეებზეც, ამიტომ იმ ქ/ს-ებში, სადაც დანერგილია სალტეების სწრაფმოქმედი დაცვები, ამავე დროს გამოიყენება ა.გ.რ, რომელიც აწარმოებს განმეორებით ძაბვის მიწოდებას სალტეებზე, მათი სარელეო დაცვებით გამორთვის შემდეგ. სალტეების ა.გ.რ. მაღალეფექტურია, რამდენადაც მათი ყოველი წარმატებული მოქმედება აღმოფხვრის მთლიანად ქ/ს-ის, ან მისი ნაწილის ავარიულ გამორთვას.

ა.გ.რ.-ის მოწყობილობებით აღჭურვილია აგრეთვე ცალკეული ტრ-ები 1000 კვა და მეტი სიმძლავრით და მცირე სიმძლავრის ტრ-ები, რომლებიც კვებავს საპასუხის-მგებლო მომხმარებლებს. ტრ-ებზე ა.გ.რ. განხორციელებულია ისე, რომ იგი მოქმედებს ტრ-ის მაქსიმალური დენური დაცვის მოქმედების შემდეგ. ტრ-ის განმეორებითი ჩართვა მაშინ, როცა იგი გამოირთვება ძირითადი დაცვების მოქმედებით, როგორც წესი არ ხდება. ა.გ.რ.-ის წარმატებული მოქმედება ტრ-ებზე და სალტეებზე ისევე მაღალაფექტურია, როგორც საჰაერო ხაზებზე და შეადგენს 70-90%-ს.

ა.გ.რ. რიგ შემთხვევებში გამოიყენება საკაბელო და შერეულ საკაბელო-საჰაერო, ჩიხურ ხაზებში ძაბვებით 6-10 კვ; ამასთან, მიუხედავად იმისა, რომ კაბელების დაზიანების უმეტესი ნაწილი, როგორც წესი, არის მდგრადი, ა.გ.რ.-ის მოქმედება წარმატებულია და აღწევს 40-60%-ს. ეს აიხსნება იმით, რომ ა.გ.რ. აღადგენს მომხმარებლების კვებას სალტეების არამდგრადი დაზიანებების დროს ხაზების გამორთვისას, გადატვირთვების შედეგად დაცვების არასელექტიური მუშაობის და არასწორი გამორთვების დროს.

ა.გ.რ.-ის გამოყენება ხშირ შემთხვევაში ამარტივებს სარელეო დაცვის სქემებს და აჩქარებს მ.შ.-ის ლოკალიზაციას ქსელებში, რაც აგრეთვე უნდა ჩაითვალოს ა.გ.რ.-ის დადებით თვისებად.

18.2 ა.გ.ჩ-ის კლასიფიკაცია

ძირითადი მოთხოვნები ა.გ.ჩ.-ის სქემებისადმი.

ექსპლუატაციაში გამოყენებულია შემდეგი სახის ა.გ.ჩ.:

- **სამფაზა**, განხორციელებული სარელო დაცვის მიერ სამივე ფაზის გამორთვის შემდეგ მათი ჩართვით;
- **ერთფაზა**, განხორციელებული ერთფაზა მ.შ.-ის დროს, სარელო დაცვის მიერ ერთი ფაზის გამორთვის შემდეგ მისი ჩართვით;
- **კომბინირებული**, განხორციელებული ფაზათაშორისი დაზიანების, ან ერთფაზა მ.შ.-ის დროს სამივე, ან ერთი ფაზის ჩართვით.

სამფაზა ა.გ.ჩ. თავის მხრივ იყოფა რამოდენიმე სახედ: უბრალო, სწრაფმოქმედი, ძაბვის არარსებობის შემოწმებით, სინქრონიზმის დალოდებით, სინქრონიზმის დაჭერით.

დანადგარების მიხედვით (რომლებზეც ა.გ.ჩ.-ის მეშვეობით განმეორებით მიეწოდება ძაბვა), არჩევენ: ხაზის ა.გ.ჩ., სალტის ა.გ.ჩ. და ტრ-ების ა.გ.ჩ.

ციკლის (მოქმედების ჯერადობის) მიხედვით არჩევენ ერთჯერად ა.გ.ჩ.-ს და მრავალჯერად ა.გ.ჩ.-ს.

ა.გ.ჩ.-ის მოწყობილობას, რომელიც განხორციელებულია სპეციალური სარელო სქემების მეშვეობით, ეწოდება ელექტრული, ხოლო ა.გ.ჩ.-ის მოწყობილობას, რომელიც განხორციელებულია ჩაშენებული სატვირთო და ზამბარული მიმყვანით, ეწოდება მექანიკური ა.გ.ჩ.

ა.გ.ჩ.-ის სქემები კონკრეტულ პირობებზე დამოკიდებულებით შეიძლება არსებითად განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან, ოღონდ ისინი უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ ძირითად მოთხოვნებს:

1) ა.გ.ჩ.-ის სქემები უნდა მოვიდნენ მზადყოფნაში ამომრთველის (ან ამომრთველების) ავარიული გამორთვის დროს. მოგიერთ შემთხვევებში ა.გ.ჩ.-მ უნდა უპასუხოს დამატებით მოთხოვნებს, რომელთა შესრულებითაც გაშვების ნება ეძლევა ა.გ.ჩ.-ს, მაგალითად: ძაბვის არსებობის ან პირიქით არარსებობის დროს, სინქრონიზმის არსებობის დროს, სიხშირის აღდგენის დროს და ა.შ.

2) ა.გ.ჩ.-ის სქემები არ უნდა მოვიდნენ მოქმედებაში მორიგე ოპერატიული პერსონალის მიერ ოპერატიული გამორთვის დროს; არც სარელო დაცვის მოქმედებისას, როცა პერსონალი ჩართავს გამორთულ ამომრთველს (ე.ი. მ.შ.-ის დროს ამომრთველის ჩართვისას), რამდენადაც ასეთ დროს დაზიანება ჩვეულებრივ მდგრადია. ა.გ.ჩ.-ის სქემებმა აგრეთვე უნდა გაითვალისწინონ ა.გ.ჩ.-ის მოქმედების შეწყვეტის შესაძლებლობა, ცალკეული დაცვების მოქმედების დროს. მაგალითად, როგორც წესი არ დაიშვება ა.გ.ჩ.-ის მოქმედება ტრ-ებში შიგა დაზიანების დროს, როცა იმუშავებს გაზური, ან დიფერენციალური დაცვა; ცალკეულ შემთხვევებშიც არ დაიშვება ა.გ.ჩ.-ის მოქმედება, მაგ. სალტეების დიფ.დაცვების მუშაობის დროს.

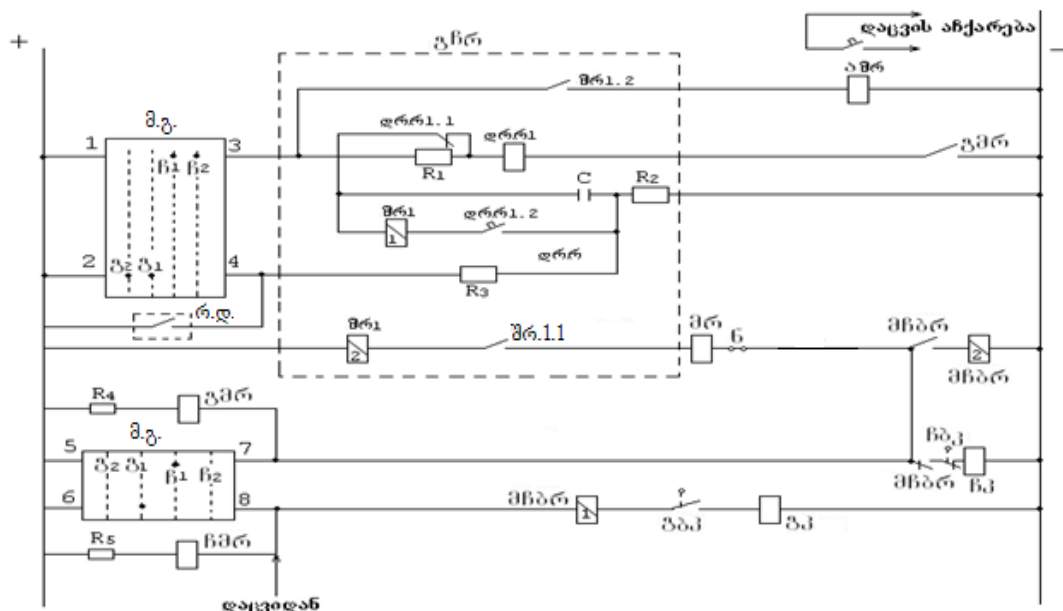
3) ა.გ.ჩ.-ის სქემებმა უნდა დააკმაყოფილონ განსაზღვრული განმეორებითი ჩართვების რაოდენობა, ე.ი. უნდა იმოქმედონ დადგენილი ჯერადობით. მიღებულია ერთჯერადი აგჩ., აგრეთვე ორჯერადი ა.გ.ჩ., ან ზოგჯერ სამჯერადი. მრავალჯერადი არ არის გამოყენებული საქართველოში.

4) ა.გ.ჩ.-ს მოქმედების დრო უნდა იყოს შესაძლო მინიმალური, რათა უზრუნველყოფილი იქნეს ძაბვის სწრაფი მიწოდება მომხმარებლებთან და მუშაობის ნორმალური რეჟიმის აღდგენა. უმცირესი დროის დაყოვნება, რომლითაც მოქმედებს ა.გ.ჩ. ცალმხრივი კვების ხაზებზე მიღებულია 0,3-0,5 წმ. ამასთან ზოგიერთ შემთხვევაში, როცა დაზიანება გამოწვეულია გადასაადგილებელი მექანიზმების შეხებით სადენებთან, ან სხვა ხელოვნური მიზეზებით, მიზანშეწონილია ა.გ.ჩ.-ს წარმატებისათვის მივიღოთ დროის დაყოვნება რამდენიმე წმ.

5) ა.გ.ჩ.-ს სქემებმა უნდა უზრუნველყონ ავტომატური დაბრუნება საწყის მდგომარეობაში, ახალი მოქმედების მზადყოფნისათვის იმ ამომრთველზე, რომელზეც უნდა იმოქმედოს ა.გ.ჩ.-მ.

18.3 ერთჯერადი მოქმედების ელექტრული ა.გ.ჩ.

ფართოდ არის გავრცელებული ერთჯერადი მოქმედების ელექტრული ა.გ.ჩ. ავტომატური თვითდაბრუნებით. უფრო ხშირად, ასეთი ა.გ.ჩ. სრულდება კომპლექსური მოწყობილობის განმეორებითი ჩართვის რელეს (გ.ჩ.რ.) მეშვეობით.



ნახ. 18.1 ელექტრული ერთჯერადი ა.გ.ჩ.-ის პრინციპიალური სქემა, ხაზებისათვის ზეთიანი ამომრთველით. გ.მ.რ.-გამორთული მდგომარეობის რელე; ჩ.მ.რ.-ჩართული მდგომარეობის რელე; მ.გ.-მართვის გასაღები; მ.ჩ.ბ.რ.-მრავალჯერადი ჩართვისაგან ბლოკირების რელე; გ.ბ.კ.-გამორთული მდგომარეობის ბლოკკონტაქტი; ჩ.ბ.კ.-ჩართული მდგომარეობის ბლოკკონტაქტი; ჩ.კ.-ჩართვის კონტაქტორი; გ.კ.-გამორთვის კონტაქტორი; ა.შ.რ.-აჩქარების შუალედური რელე.

ა.გ.ჩ.-ის პრინციპიალური სქემა ხაზებისათვის ზეთიანი ამომრთველით, მოყვანილია ნახ. 18.1-ზე. (გ.ჩ.რ.) კომპლექსურ რელეში შედის: დროის რელე (დრ.რ-1.) R1- დამატებითი რეზისტორით, რელეს თერმული უზრუნველყოფისათვის; (შ.რ-1.) შუალედური რელე ორი ხვით, მიმდევრობითი და პარალელური; C კონდესატორი (20 მკფ), რომელიც უზრუნველყოფს ა.გ.ჩ.-ის ერთჯერად მოქმედებას. D სამუხტავი რეზისტორი R2 (1,1 მეგაომი) და დამუხტავი რეზისტორი R3 (510 ომი).

აღნიშნულ სქემაში ამომრთველების დისტანციური მართვა ხდება მ.გ.-მართვის გასაღებით, რომელზეც გათვალისწინებულია ბოლო ოპერაციის მდგომარეობის ფიქსაცია და ასეთი სახით გასაღებით ჩართვისას რჩება მდგომარეობაში „ჩართულია“ (ჩ2) ხოლო გამორთვის ოპერაციის დროს მდგომარეობაში - „გამორთულია“ (გ2). როცა ამომრთველი ჩართულია და მართვის გასაღები იმყოფება მდგომარეობაში „ჩართულია“ C კონდესატორს მიეწოდება ოპერატიული დენის პლუსი გასაღების კონტაქტების მეშვეობით, ხოლო მინუსი-დამტენი R2 რეზისტორის მეშვეობით. ამით კონდესატორი დამუხტულია და აგჩ-ს სქემა მზადაა მოქმედებისათვის. ჩართულ ამომრთველზე „გამორთული“ მდგომარეობის რელე (გ.მ.რ.), რომელიც ახორციელებს ჩართვის წრედის გამართულობაზე კონტროლს, დენით არ გარსშემოედინება და მისი კონტაქტი ა.გ.ჩ.-ის გაშვების წრედში გათიშულია. ა.გ.ჩ.-ის გაშვება ხდება ამომრთველის გამორთვის დროს სარელეო დაცვით, გასაღების მდგომარეობის შეუსაბამობის წარმოქმნისას, რომელიც არ შეცვლილა, ამომრთველის მდგომარეობასთან, რომელიც ახლა გამორთულია. მართვის გასაღების მდგომარეობის შეუსაბამობა ამომრთველთან ხასიათდება იმით, რომ 1-3 კონტაქტებით აგჩ-ს სქემას ძველებურად ეწოდება ოპერატიული პლუსი, ხოლო ადრე გახსნილი ამომრთველის დამხმარე კონტაქტი (ბლოკ-კონტაქტი) ჩ.ბ.კ. გადაირთო და ჩაკეტა გ.მ.რ. რელეს ხვიის წრედი, რომელიც ამუშავებისას აწოდებს მინუსს დრ.რ-1 დროის რელეს ხვიას.

დროის რელეს ამუშავებისას გაიხსნება მისი მყისიერად განრთვადი დრ.რ-1,1 კონტაქტი, რომელიც რელეს ხვიის წრედში შეიყვანს დამატებით წინაღობას, (რეზისტორი R1) რაც გამოიწვევს რელეს ხვიაში დენის შემცირებას, რითაც უზრუნველყოფილია მისი თერმული მდგრადობა დენის ხანგრძლივი გავლის დროს.

დროის რელე დრ.რ-1 დროის დაყოვნების ამოწურვის შემდეგ შეკრავს ჩამკეტ დრ.რ-1-2 კონტაქტებს და ჩართავს შ.რ-1 რელეს პარალელურ ხვიას C კონდესატორთან. შ.რ-1 რელე ამ დროს იმუშავებს კონდესატორის განმუხტვის დენით და თვითშეკავებით თავისი მეორე ხვიის გავლით, რომელიც ჩართულია მიმდევრობით ჩ.კ. ჩართვის კონტაქტორის ხვიასთან, აძლევს იმპულსს ამომრთველის ჩართვაზე.

შ.რ-1 რელეს მიმდევრობითი ხვიის გამოყენების წყალობით უზრუნველყოფილია იმპულსის აუცილებელი ხანგრძლიობა ამომრთველის იმედიან ჩართვაზე, რამდენადაც პარალელური ხვია შ.რ-1 რელეში იკვებება დენით, მოკლე დროით, კონდესატორის განმუხტვის დროს. ამომრთველი ჩაირთვება, გაიხსნება მისი

დამხმარე (ჩ.ბ.კ.) კონტაქტი და დაბრუნდება (გ.მ.რ.), (შ.რ.-1) და (დრ.რ.-1) რელები საწყის მდგომარეობაში.

თუ ხაზზე იყო არამდგრადი დაზიანება, მაშინ ის რჩება მუშაობაში. დროის რელეს დრ.რ.1-2 კონტაქტების გახსნის შემდეგ C კონდენსატორი იწყებს დატენვას დამტენი R2 რეზისტორის მეშვეობით. ამ რეზისტორის წინაღობა შეირჩევა ისე, რომ დამუხტვის დრო შეადგენდეს 20-25 წმ-ს. ასეთი სახით, აღნიშნული დროის გავლის შემდეგ ა.გ.ჩ.-ის სქემა ავტომატურად იქნება მზად ახალი მოქმედებისათვის.

თუ დაზიანება იყო მდგრადი, ამომრთველი ჩართვის შემდეგ ისევ გამორთვება დაცვით და ხელახლა მუშაობენ (გ.მ.რ.) და (დრ.რ.-1) რელები, (შ.რ.-1) რელე ხელახლა მეორეჯერ არ იმუშავებს, რამდენადაც C კონდენსატორი იყო განმუხტული ა.გ.ჩ.-ის პირველი მოქმედებისას და ხელახლა დამუხტვა ვერ მოასწრო. განხილული სქემა უზრუნველყოფს ხაზზე მდგრადი მ.შ.-ის დროს ა.გ.ჩ.-ის ერთჯერად მოქმედებას.

მართვის (მ.გ.) გასაღებით ამომრთველის ოპერატიული გამორთვისას, შეუსაბამოა გასაღებსა და ამომრთველის მდგომარეობას შორის არ აღიმკვრება და ა.გ.ჩ. არ მოქმედებს, რადგანაც ერთდროულად გასაღების 6-8 კონტაქტებით, იმპულსის მიწოდებით ამომრთველის გამორთვაზე გაიხსნება 1-3 კონტაქტები, რითაც მოიხსნება ოპერატიული დენის პლუსი ა.გ.ჩ.-ის სქემიდან, ამიტომ იმუშავებს მხოლოდ რელე (გ.მ.რ.), ხოლო (დრ.რ.-1) და (შ.რ.-1) - არ იმუშავებენ. ერთდროულად 1-3 კონტაქტებით (მ.გ.) გასაღებზე ოპერატიული დენის მოხსნით იკვრება 2-4 კონტაქტები, C კონდენსატორი განიმუხტება R3 რეზისტორის გავლით. მართვის გასაღებით ამომრთველის ოპერატიული ჩართვისას, ა.გ.ჩ.-ის მზადყოფნა მოქმედებისათვის იწყება C კონდენსატორის დამუხტვის შემდეგ 20-25 წმ-ში, ამიტომ ამომრთველის ოპერატიული ჩართვისას ა.გ.ჩ.-ის გამორთვა არ მოითხოვება.

ხაზის დაცვით გამორთვისას, როცა ა.გ.ჩ.-ის მოქმედება არ არის საჭირო, R3 რეზისტორის მეშვეობით ხდება C კონდენსატორის განმუხტვა.

მდგრადი მ.შ.-ის დროს, ამომრთველის მრავალჯერ ჩართვისაგან დასაცავად, რაც შეიძლება მოხდეს (შ.რ.-1) რელეს კონტაქტების გაჩხირვისას შეკრულ მდგომარეობაში, მართვის სქემაში (ნახ. 16.1), დადგმულია სპეციალური შუალედური (მ.ჩ.ბ.რ.) რელე ორი ხვით: მუშა მიმდევრობითი და მაკავებელი პარალელური. (მ.ჩ.ბ.რ.) მუშაობს კოჭაში ამომრთველის გამორთვის დენის გავლისას და შეკავდება მუშა მდგომარეობაში ჩართვაზე ბრძანების მოხსნამდე, ამით (ჩ.კ.)-ს ხვიის წრედი გახსნილია (მ.ჩ.ბ.რ.)-ს გახსნილი კონტაქტებით, რითაც ამომრთველი დაცულია ჩართვისაგან.

16.4 საჰაერო ამომრთველების ავტომატური განმეორებითი ჩართვა (ა.გ.ჩ.)

საჰაერო ამომრთველების ნორმალური მუშაობა უზრუნველყოფილია იმით, რომ შეკუმშული ჰაერი რეზერვუარებში იმყოფება გარკვეული წნევის ქვეშ.

შეკუმშული ჰაერის წნევის დაწვევისას დასაშვებ მინიმუმზე ქვევით, ამომრთველი ვერ იმუშავებს. ეს განსაკუთრებულობა ითხოვს კონტროლის განხორციელებას მართვის წრედების ბლოკირებაზე წნევის დაცემისას.

ამომრთველის გამორთვის და ჩართვის დროს იხარჯება რეზერვუარებში შენახული ჰაერის ნაწილი, რასაც თან ახლავს წნევის დაცემა. ჰაერის განსაკუთრებით დიდი ხარჯი და შესაბამისად წნევის დაცემა შეინიშნება ამომრთველის გამორთვის დროს.

უფრო მძიმე მუშაობის პირობები იქმნება საჰაერო ამომრთველებში, რომლებიც აღჭურვილი არიან ა.გ.ჩ.-ს მოწყობილობებით. ამ შემთხვევაში, ჰაერის წნევამ და რეზერვმა უნდა უზრუნველყოს ამომრთველის ნორმალური მუშაობა არაწარმატებითი აგჩ-ს ციკლში. ე.ი. გამორთვა-ჩართვა-გამორთვის ციკლში (გ-ჩ-გ). ეს ციკლი ითხოვს ჰაერის ყველაზე დიდ ხარჯს და ახლავს შესაბამისად ყველაზე დიდი წნევის დაცემა.

საჰაერო ამომრთველების თითოეული ტიპისათვის, სხვა მონაცემებთან ერთად ქარხანა-დამამზადებლები მიუთითებენ რეზერვუარების დაწნეხილი ჰაერის ნომინალურ წნევას, ჰაერის უმცირეს წნევას, რომლის დროსაც ნება ეძლევა აგჩ-ს, ანუ ციკლი (გ-ჩ-გ) და ჰაერის უმცირეს წნევას, რომლითაც შენარჩუნებულია ამომრთველის გამორთვის ნომინალური სიმძლავრე.

110-500 კვ. ძაბვის თანამედროვე საჰაერო ამომრთველებისთვის, ჰაერის შემავსებელი გამამხოლოებელით, წნევა შეადგენს 2,2; 1,9 და 1,6 მპა (1 მპა=10 კგ/სმ²). დღეისათვის ექსპლუატაციაშია აგრეთვე უნიფიცირებული სერიის საჰაერო ამომრთველები მუშა წნევით 4 მპა.

დაწნეხილ ჰაერზე წნევის კონტროლი და მართვის წრედების ბლოკირება წარმოებს ელ.კონტაქტური მანომეტრებით, რომლებიც გაწყობილია შესაბამისი დანაყენებით.

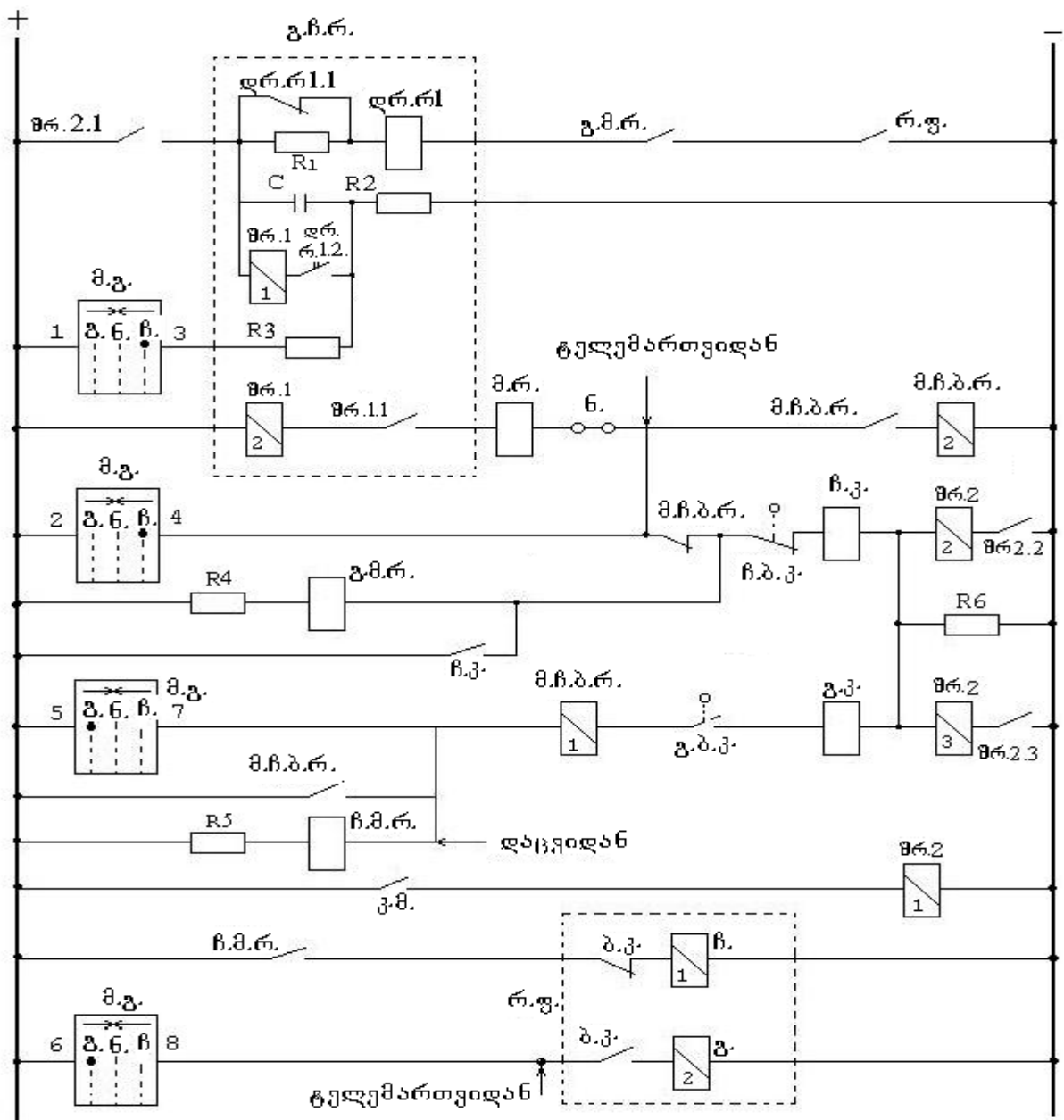
ნახ. 18.2-ზე მოყვანილია ელექტრული ერთჯერადი აგჩ-ს პრინციპიალური სქემა, რომლის გაშვება ხორციელდება, როგორც სქემაშია ნაჩვენები, დროის (დრ.რ.-1) რელეს წრედში არსებული (გ.მ.რ.) და (რ.ფ.) რელეების კონტაქტების შეკვრისას.

აგჩ-ს გაშვების წრედი კონტროლდება აგრეთვე (შრ-2) რელეს (შრ2.1) კონტაქტით-(კ.მ.) მანომეტრის კონტაქტის მდგომარეობის გამამეორებელით, რომელიც მუშაობს 1,6 მპა და უფრო მაღალი წნევის დროს და აგჩ-ს აძლევს მუშაობის უფლებას ჩართვის (ჩ.კ.) კოჭის და გამორთვის (გ.კ.) კოჭის წრედებში. რითაც იკრძალება ამომრთველის მოქმედება წნევის შემცირებისას 1,6 მპა-ზე ქვევით, რამდენადაც 35-500 კვ ამომრთველების რეზერვუარებში ჰაერის წნევა ამომრთველების ჩართვისას ეცემა უმნიშვნელოდ, 1,6მპა წნევაზე ამომრთველის ჩართვა ნებადართულია.

ამომრთველის ჩართვისას მდგრად მ.შ.-ზე, იგი კვლავ გამოირთვება სარელო დაცვის მოქმედებით, ვინაიდან გამორთვისათვის საჭირო ჰაერის მინიმალური დასაშვები წნევა შეადგენს 1,6 მპა-ს. მ.შ.-ზე ამომრთველის დისტანციურად ჩართვისას აგჩ-ს მოქმედების აკრძალვისათვის, ჩართვაზე იმპულსის მიწოდების პარალელურად

ხორციელდება აგზ-ს მოწყობილობის კონდენსატორის განმუხტვა R_3 რეზისტორის გავლით, მართვის გასაღების ჩამკეტი კონტაქტის დახმარებით.

შუალედურ (შრ-2) რელეს, პარალელური გრაგნილის გარდა აქვს ორი მიმდევრობითი გრაგნილი, რომლებიც შეერთებულია მიმდევრობით ჩართვის და გამორთვის კოჭებთან. ამ გრაგნილების არსებობა უზრუნველყოფს ამომრთველის ჩართვისა და გამორთვის პროცესის დასრულებას კ.მ. მანომეტრის კონტაქტების გახსნის დროსაც. (შრ-2)-ის მიმდევრობითი გრაგნილების პარალელურად ჩართულია რეზისტორი R_6 , რითაც შრ2.2 და შრ2.3 კონტაქტების გახსნილი მდგომარეობისას უზრუნველყოფილია (ჩ.კ.) და (გ.კ.) წრედების სიმთელის კონტროლი, რასაც შეიძლება ადგილი ჰქონდეს წნევის დაწევის დროს 1,6 მპა-ზე დაბლა.



ნახ. 18.2 ერთჯერადი აგზ-ს პრინციპიალური სქემა. რ.ფ.-ფიქსირების რელე; კ.მ.-მანომეტრის კონტაქტი; გ.კ.-გამორთვის კოჭი; ჩ.კ.-ჩართვის კოჭი.

აუცილებელია აღვნიშნოთ აგჩ-ს სქემის ერთი განსაკუთრებულობა, რომელიც მოყვანილია ნახ. 18.2-ზე. თუ დაზიანებული ხაზის გამორთვის შემდეგ რეზერვუარებში წნევა დაეცემა 1,6 მპა-ზე ქვევით, (შრ-2) რელე გახსნის თავის (შრ2.1) კონტაქტს, არ მისცემს მუშაობის უფლებას აგჩ-ს დროის რელეს. იმის შემდეგ რაც წნევა აღდგება, განხორციელდება აგჩ-ს გაშვება და დროის დაყოვნების შემდეგ, რომელიც (დრ.რ1) რელეზეა დაყენებული, მოხდება ამომრთველის ჩართვა. ამიტომ ნახ. 18.2-ზე მოყვანილ აგჩ-ს სქემას უწოდებენ წნევის აღდგენის დალოდების სქემას.

როგორც ექსპლოატაციის გამოცდილება აჩვენებს, საჭაერო ამომრთველის გამორთვის შემდეგ, დაახლოებით 1 წმ-ის განმავლობაში საჭაერო სისტემაში წარმოიშვება წნევის მკვეთრი რყევები, რის შედეგადაც მანომეტრის კონტაქტები განიცდიან ვიბრაციას, ხან შეკრავენ, ხან გახსნიან წრედს, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს აგჩ-ს უარი. ამიტომ აგჩ-ზე, რომელიც ნახ. 18.2-ზეა მოყვანილი, განხორციელებულია 1 წმ-ზე მეტი დროის დაყოვნება.

18.5 ცალმხრივი კვების ხაზების ერთჯერადი აგჩ-ს დანაყენების შერჩევა

აგჩ-ს გამართული მუშაობის უზრუნველყოფისათვის, ამომრთველის განმეორებითი ჩართვის დროის დაყოვნება და აგჩ-ს საწყის მდგომარეობაში სქემის ავტომატური დაბრუნების დროის დაყოვნება ამომრთველის განმეორებით ჩართვაზე განისაზღვრება ორი პირობით:

1) გამართული ამომრთველის განმეორებითი ჩართვა შესაძლებელია მას შემდეგ, რაც ამძრავი იმყოფება ჩართვისათვის მზადყოფნის მდგომარეობაში. ამისათვის აუცილებელია განსაზღვრული დრო, რომელიც სხვადასხვა ტიპის ამომრთველისთვის სხვადასხვაა. შესაბამისად აგჩ-ს დროის დაყოვნება განმეორებითი ჩართვისათვის უნდა იყოს უფრო მეტი, ვიდრე ამძრავის მზადყოფნის დროის დაყოვნება, ე.ი.

$$t_{აგჩ1} \geq t_{ამძრ.მზ.} + t_{მარავი} \quad (18.1)$$

სადაც $t_{ამძრ.მზ.}$ – არის სხვადასხვა ტიპის ამძრავისათვის მზადყოფნის დრო, რომელიც შეიძლება იცვლებოდეს 0,2-1 წმ-ის ფარგლებში; $t_{მარავი}$ – არის დროის დაყოვნება, რომელიც ითვალისწინებს აგჩ-ს დროის რელეს ცდომილების არამუდმივობას. იგი ტოლია დაახლოებით 0,3-0,5 წმ-ის.

2) იმისათვის, რომ განმეორებითი ჩართვა იყოს წარმატებული, აუცილებელია რომ დროის შუალედში, ხაზის გამორთვის მომენტიდან განმეორებითი ჩართვის მომენტამდე და ძაბვის მიწოდებამდე, არა მხოლოდ მ.შ.-ის წერტილში ჩაქრეს ელექტრული რკალი, არამედ აღდგეს ჰაერის საიზოლაციო თვისება. ამიტომ, აგჩ-ს დროის დაყოვნება განმეორებითი ჩართვის დროს უნდა იყოს დეიონიზაციის დროზე მეტი, ე.ი.

$$t_{აგ1} \geq t_{დ.} + t_{მარაგი} \quad (18.2)$$

სადაც $t_{დ.}$ – არის დეიონიზაციის დრო, რომელიც შეადგენს 0,1-0,3 წმ. აგ-ს დანაყენების შერჩევისას აიღება (18.1) და (18.2) ფორმულებიდან მიღებული $t_{აგ1}$ -ის უდიდესი მნიშვნელობა. უნდა აღინიშნოს რომ, როგორც წესი, მე-2 პირობა განპირობებულია იმით, რომ ამომრთველის ჩართვის დრო უფრო დიდია ვიდრე დეიონიზაციისათვის აუცილებელი დრო. ზოგიერთ შემთხვევაში დროის დაყოვნებად აიღება (18.1) და (18.2) ფორმულიდან მიღებული დროის დაყოვნებაზე მეტი დრო, დაახლოებით 2-3 წმ, რომელიც მიზანშეწონილია წარმატებული აგ-ს განხორციელებისათვის ისეთ ხაზებზე, სადაც დაზიანების ძირითადი ნაწილი გამოწვეულია ხაზებზე ხის ვარდნით, ან მოძრავი მექანიზმების სადენებთან შეხებით.

აგ-ის საწყის მდგომარეობაში ავტომატური დაბრუნების დრო შეირჩევა ერთჯერადი მოქმედების უზრუნველყოფის პირობით. ამისათვის, მდგრად მ.შ.-ზე განმეორებითი ჩართვისას აგ-ს დაბრუნება საწყის მდგომარეობაში უნდა მოხდეს მხოლოდ იმის შემდეგ როცა ამომრთველი აგ-ს განმეორებითი ჩართვის შემდეგ, კვლავ გამოირთვება სარელეო დაცვით, რომელსაც აქვს მაქსიმალური დროის დაყოვნება.

აგ-ს ზემოთ განხილულ სქემაში, რომელშიც გამოყენებულია (გ.ჩ.რ.) ტიპის კომპლექსური მოწყობილობა, სქემის საწყის მდგომარეობაში დაბრუნების დრო უნდა იყოს არა უმცირესი (18.3) ფორმულით განსაზღვრულ მნიშვნელობაზე.

$$t_{აგ2} \geq t_{დაცვ.} + t_{გამორთ.} + t_{მარაგი} \quad (18.3)$$

სადაც $t_{დაცვ.}$ – დაცვის დროის დაყოვნების უდიდესი დროა; $t_{გამორთ.}$ – ამომრთველის გამორთვის დროა.

ძირითადად, კონდესატორის დამუხტვის დრო (გ.ჩ.რ.) მოწყობილობისათვის შეადგენს 20-25 წმ და როგორც წესი აკმაყოფილებს (18.3) პირობას.

აგ-ს სქემებში, სადაც საწყის მდგომარეობაში დაბრუნება ხდება დროის რელეთი, რომლის გაშვებაც ხორციელდება ამომრთველის გამორთვის მომენტში, დროის დაყოვნება სქემის ავტომატურად დაბრუნებისათვის განისაზღვრება ფორმულით:

$$t_{აგ2} = t_{აგ1} + t_{ხაზ.ჩარ.} + t_{დაცვ.} + t_{გამორთ.} + t_{მარაგი} \quad (18.4)$$

სადაც $t_{აგ1}$ განისაზღვრება ფორმულით (18.1) (18.2); $t_{ხაზ.ჩარ.}$ – არის ამომრთველის ჩართვის უდიდესი დრო.

18.6 აგ-ს შემთხვევაში რელეური დაცვის სწრაფი მოქმედება

ა) დაცვის აჩქარება აგ-ს შემდეგ. ხაზის განმეორებითი ჩართვა მდგრად მ.შ.-ზე, რომელსაც არ აქვს სწრაფმოქმედი დაცვა, უარყოფითად აისახება მომხმარებლის მუშაობაზე, იწვევს მ.შ.-ის წერტილში დაზიანების მასშტაბების და ელ.სადგურების

პარალელური მუშაობის მდგრადობის დარღვევის ალბათობის გაზრდას. ამიტომ ხაზის ამომრთველის განმეორებითი ჩართვის წინ, წარმოებს მისი დაცვის მოქმედების აჩქარება, ე.ი. დროის დაყოვნების ავტომატური შემცირება, ან სქემიდან მთლიანად ამოღება. აგჩ-ს შემდეგ დაცვის აჩქარება განსაზღვრულია დირექტიული მასალებით, არა მხოლოდ იმ ხაზებისათვის, რომლებსაც არ აქვთ სწრაფმოქმედი დაცვები, არამედ აგრეთვე იმ ხაზებისათვის, რომლებიც აღჭურვილი არიან რთული სწრაფმოქმედი დაცვებით, როგორც მთლიანობაში ხაზის დაცვის იმედიანობის ამაღლების აუცილებელი ღონისძიება.

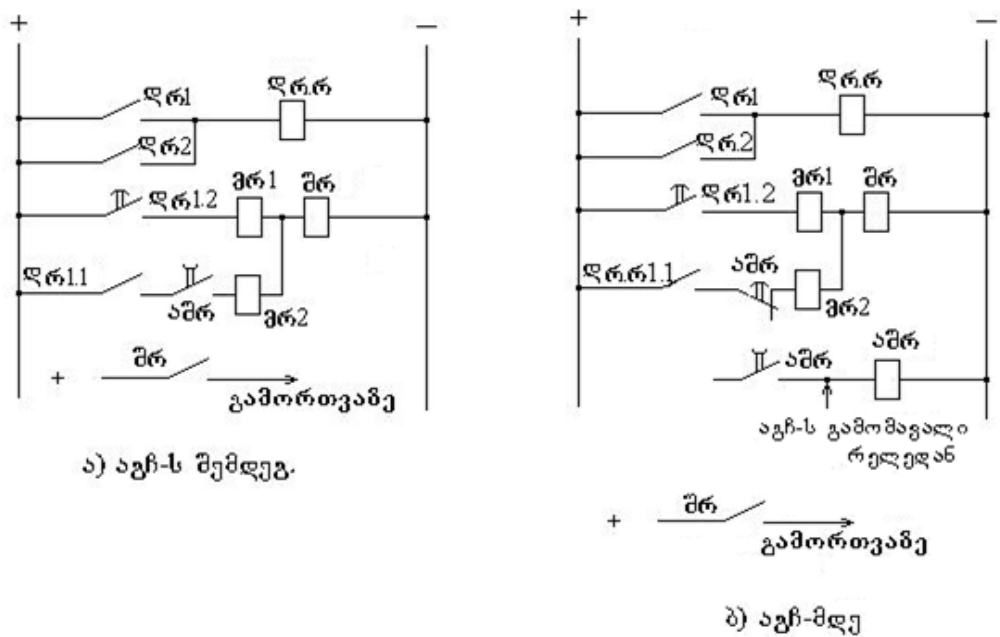
საკაბელო ხაზებზე აგჩ-ს შემდეგ დაცვის აჩქარება აუცილებელია იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ კაბელის დაზიანება გადახურების გამო მასში დენის ხანგრძლივად გავლის შედეგად.

ნახ. 18.3 ა-ზე ნაჩვენებია მაქსიმალური დენური დაცვის აჩქარების განხორციელების სქემა აგჩ-ს შემდეგ. დაცვის აჩქარებული მოქმედება ხორციელდება დროის (დრ.რ.) რელეს (დრ.რ1.1) მყისური კონტაქტით. აჩქარებული მოქმედების წრედი ნორმალურად გახსნილია (ა.შ.რ.) აჩქარების შუალედური რელეს კონტაქტით, რომელიც მოქმედებაში მოდის ამომრთველის განმეორებითი ჩართვის წინ და აქვს შენელება დაბრუნებაზე, იჭერს თავის თავს შეკრულ მდგომარეობაში 0,7-1 წმ-ის განმავლობაში. ამიტომ, თუ განმეორებითი ჩართვა მოხდება მდგრად მ.შ.-ზე, დაცვა ხელმეორედ იმოქმედებს დროის დაყოვნების გარეშე აჩქარების (ა.შ.რ.) წრედის გავლით. აჩქარების რელედ ძირითადად გამოიყენება “PII-252” ტიპის შუალედური რელე.

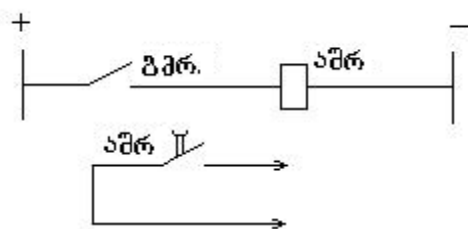
აჩქარების შუალედური რელეს გაშვებისათვის 18.1 სქემასთან ერთად, გამოიყენება აგრეთვე სქემა 18.4. ამომრთველის გამორთვისას ამუშავდება (გ.მ.რ.) რელე, რომელიც ჩაკეტავს თავის კონტაქტს (ა.შ.რ.) რელეს გრაგნილის წრედში, ხოლო ეს უკანასკნელი ამუშავებს აჩქარების წრედს. ამომრთველზე ჩართვის ბრძანების გაცემისას (გ.მ.რ.) რელე დაბრუნდება საწყის მდგომარეობაში, მოუხსნის პლუსს (ა.შ.რ.) რელეს გრაგნილს. ეს უკანასკნელი დაბრუნდება არა მყისურად, არამედ 0,7-1 წმ დროის დაყოვნებით, რაც საკმარისია ამომრთველის ჩართვისას მდგრად მ.შ.-ზე, დაცვის აჩქარების წრედის ამუშავებისათვის.

დაცვის აჩქარებისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას უშუალოდ (გ.მ.რ.) რელეს კონტაქტები. ამასთან სპეციალური რელე (ა.შ.რ.) სქემაში არ მონაწილეობს, ხოლო (გ.მ.რ.)-ს ნაცვლად გამოიყენება დაბრუნებისათვის შენელებული რელე “PII-252”, რომელსაც გააჩნია დროის დაყოვნება დაბრუნებაზე.

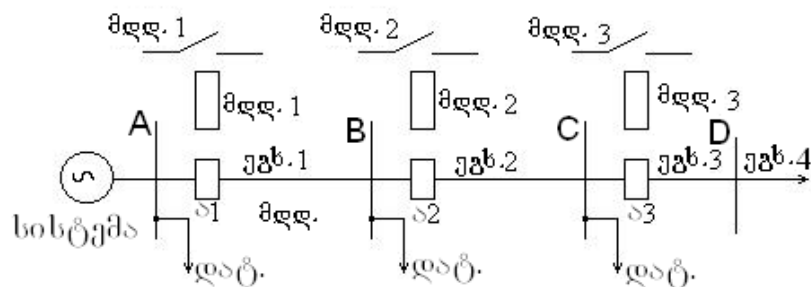
სქემა, რომელიც მოცემულია ნახ. 18.4-ზე, უზრუნველყოფს დაცვის აჩქარებას ამომრთველის ნებისმიერი გზით ჩართვის შემთხვევაში, როგორც აგჩ-ს წრედით, ისე (მ.გ.) მართვის გასაღებით, რაც წარმოადგენს მის დადებით მხარეს.



ნახ. 18.3 დაცვის აჩქარებული მუშაობის პრინციპული სქემა.



ნახ. 18.4 დაცვის აჩქარების რელეს გაშვება გ.მ.რ.-ს კონტაქტით.



ნახ. 18.5 სქემის ნაწილი ცალმხრივი კვებით.

ბ) დაცვის აჩქარება აგჩ-მდე საშუალებას გვაძლევს დავაჩქაროთ მ.შ.-ის გამორთვა და უზრუნველვყოთ დაზიანების სელექციური ლიკვიდაცია, რომელიც მოცემულია 18.5 ნახ-ზე. ეგბ1-ის მაქსიმალური დენური დაცვა (მ.დ.დ.1) დაყენებულია კვების მხარეს.

სელექციურობის გათვალისწინებით მდდ1-ს უნდა ქონდეს დროის დაყოვნება უფრო მეტი, ვიდრე მაქსიმალურ დენურ დაცვებს მდდ2 და მდდ3, ეგბ2 და ეგბ3 ხაზებზე.

ერთ-ერთ პირობას, რომელიც უზრუნველყოფს ეგხ.1-ზე დაზიანების სწრაფ გამორთვას, რთული დაცვების გამოყენების გარეშე, წარმოადგენს აღნიშნულ ე.გ.ხ.-ზე მაქსიმალური დენური დაცვის აჩქარება აგჩ-მდე. ამ მიზნით მდდ1 დაცვა სრულდება ისე, რომ მ.შ.-ის წარმოქმნისას ის პირველად მოქმედებს დროის დაყოვნების გარეშე, იმის მიხედვით, თუ სად მოხდა მ.შ., ხოლო აგჩ-ს შემდეგ იგი მოქმედებს ნორმალური დროის დაყოვნებით.

ე.გ.ხ.2-ზე მ.შ.-ის დროს ხდება მდდ1 დაცვით ე.გ.ხ.1 ხაზის არასელექციური გამორთვა აჩქარების წრედით, დროის დაყოვნების გარეშე. შემდეგ ხაზი აგჩ-ს მოქმედებით ჩაირთვება განმეორებით. თუ აღნიშნული დაზიანება ეგხ2 ხაზზე აღმოჩნდა მდგრადი, მაშინ ხაზი გამოირთვება მდდ2 დაცვით, ხოლო ეგხ 1 ხაზი რჩება მუშაობაში, ვინაიდან აგჩ-ს შემდეგ მდდ1 დაცვა მოქმედებს მდდ2 დაცვასთან ნორმალური სელექციურობით, დროის დაყოვნებით.

დაცვის აჩქარება აგჩ-მდე (ნახ 18.3 ბ) სრულდება ანალოგიურად როგორც დაცვის აჩქარება აგჩ-ს შემდეგ.

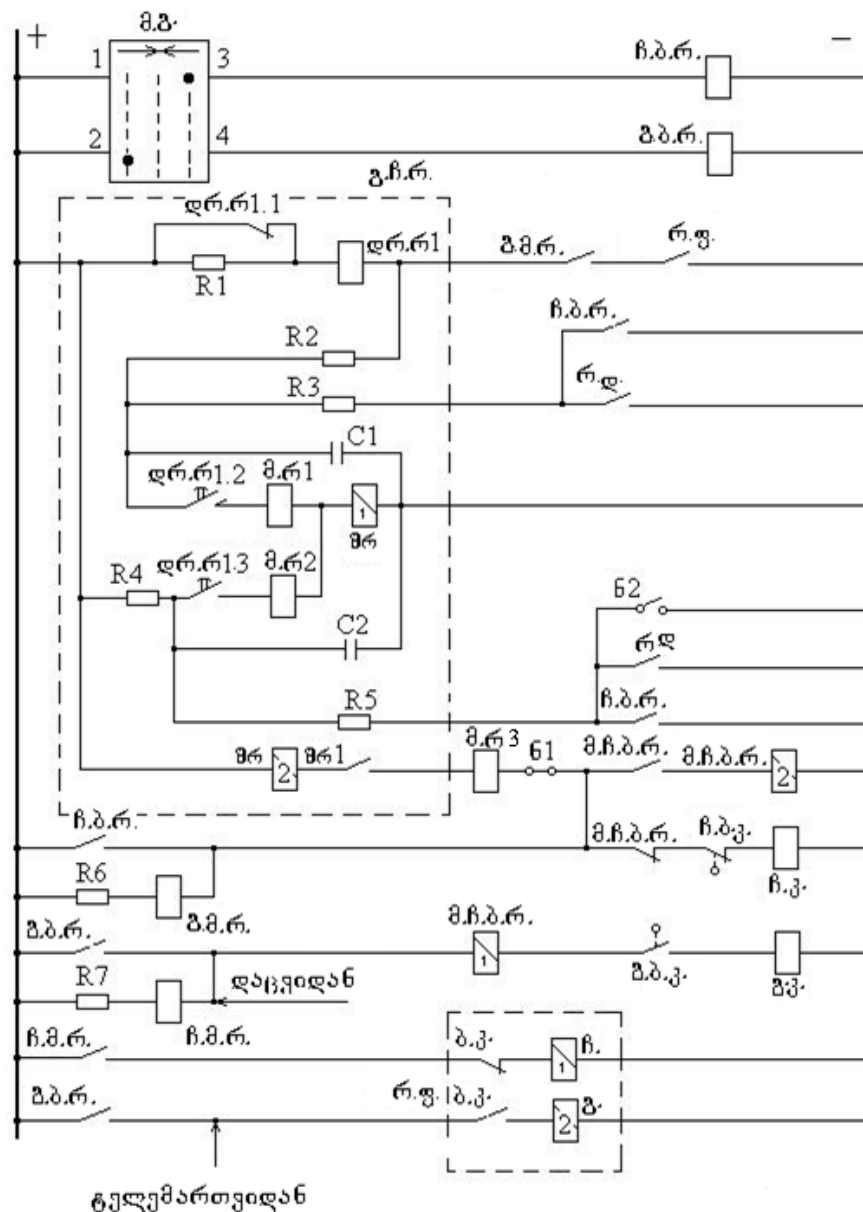
აგჩ-მდე დაცვის აჩქარებისათვის (ა.შ.რ.) რელეს გაშვება ხდება აგჩ-ს გამომავალი რელეს მოქმედებით. ამ დროს გამოიყენება (ა.შ.რ.) რელეს კონტაქტი გახსნაზე. ნახ 18.3 ბ-ზე აჩქარების წრედი იქნება შეკრული აგჩ-მდე და გაიხსნება აგჩ-ს მოქმედებისას ამომრთველის ჩართვის დროს. ამასთან (ა.შ.რ.) რელე იქნება შენარჩუნებული მუშა მდგომარეობაში მანამ, სანამ არ გამოირთვება მ.შ. და არ გაიხსნება დაცვის რელეს კონტაქტები.

18.7 ორჯერადი ავტომატური განმეორებითი ჩართვა

ა) ორჯერადი აგჩ-ს სქემა ზეთიანი ამომრთველებისათვის.

ორჯერადი აგჩ-ს გამოყენება მაღალეფექტურს ხდის ავტომატიკის ამ სახეს. როგორც ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, მეორედ ჩართვის წარმატებული მოქმედება შეადგენს 10-20%-ს, რაც ამალავს საერთოდ 75-95%-მდე აგჩ-ს წარმატებით მოქმედებას. ორჯერად აგჩ-ს როგორც წესი იყენებენ ცალმხრივი კვების ხაზებზე და წრიულ ქსელებში, ძირითად უბნებზე, სადაც შესაძლებელია მუშაობა ცალმხრივი კვების რეჟიმით.

ნახ. 18.6-ზე მოყვანილია ორჯერადი მოქმედების აგჩ-ს სქემა გ.ჩ.რ-ს კომპლექტური მოწყობილობით გადაცემის ხაზებისათვის, სადაც დაყენებულია ზეთიანი ამომრთველები. განსხვავებით ჩვეულებრივი გ.ჩ.რ-ს მოწყობილობისაგან, ზემოთ განხილული გ.ჩ.რ. შეიცავს 2 კონდესატორს C1 და C2 და დროის რელეს (დრ.რ.1) სამი კონტაქტით: (დრ.რ.1.1)-გამხსნელი დროის დაყოვნების გარეშე და 2 კონტაქტი ჩამკეტი დროის დაყოვნებით (დროებით ჩამკეტი-მოსრიალე (დრ.რ.1.2) და მყარი (დრ.რ.1.3).



ნახ. 18.6 ორჯერადი მოქმედების აგ-ს სქემა კომპლექტური მოწყობილობით “PIB-258”, ხაზებისათვის ზეთიანი ამომრთველით. ჩ.ბ.რ.-ჩართვის ბრძანების რელე; გ.ბ.რ.-გამორთვის ბრძანების რელე; რ.დ.-რელეური დაცვა.

ორჯერადი აგ-ს გაშვების სქემა განხორციელებულია ისე, როგორც ერთჯერადი აგ-ს სქემა (გ.მ.რ.) რელეს კონტაქტებით, რომელიც მუშაობს ამომრთველის გამორთვის დროს და აწვდის მინუსს აგ-ს დროის რელეს კოჭას. მოცემული დროის დაყოვნების გავლის შემდეგ ჩაიკეტება დროის რელეს მოსრიალე კონტაქტი (დრ.რ.1.2) და შექმნის C1 კონდესატორის განმუხტვის წრედს (შ.რ.) შუალედური რელეს კოჭაზე, რომელიც იმუშავებს და ჩართავს ამომრთველს.

აგ-ს წარმატებით მუშაობის დროს სქემა შეჩერდება. თუ აგ იყო არაწარმატებითი და ამომრთველი ამოირთო ხელახლა, ისევ იმუშავებს (გ.მ.რ.) და გაუშვებს (დრ.რ.1)-რელეს. (დრ.რ.1,2) კონტაქტების შეკვრისას (შ.რ.) შუალედური რელე არ იმუშავებს, რამდენადაც C1 კონდესატორი ამ დროში ვერ მოასწრებს დამუხტვას. დროის რელე, განაგრძობს რა მუშაობას, შეკრავს (დრ.რ.1,3) კონტაქტებს,

ამასთან C2 კონდესატორის განმუხტვის მოქმედებით ხელახლა იმუშავებს (შ.რ.) რელე და მოხდება აგჩ-ს მეორე ციკლი.

სქემაში, რომელიც ნაჩვენებია არის ნახ. 3.6-ზე, გამოყენებულია მართვის გასაღების (გ.ბ.რ.) და (ჩ.ბ.რ.) რელე გამამეორებლები. იმ შემთხვევაში როცა ამომრთველი გამოირთვება და ისევ ჩართავენ მართვის გასაღების საშუალებით მ.შ.-ზე აგჩ-ს მუშაობის აღსაკვეთად ნახ. 18.6-ზე სქემაში განხორციელებულია C1 და C2 კონდესატორების განმუხტვა (ჩ.ბ.რ.) ჩამკეტი კონტაქტის გავლით და R3 და R5 რეზისტორებით.

ანალოგიურად ხორციელდება აგჩ-ს აკრძალვა დაცვის რელეს კონტაქტებით. აგჩ-ს გაშვების წრედი კონტროლდება ფიქსაციის (რ.ფ.)-რელეს კონტაქტებით. აგჩ-ს მუშაობის სიგნალიზაცია განხორციელებულია მაჩვენებელი რელეებით: (მ.რ.1)-პირველი ციკლი; (მ.რ.2) მეორე ციკლი; (მ.რ.3)-აგჩ-ს მუშაობა.

სქემაში გათვალისწინებულია 2 გამომრთველი მოწყობილობა: (ნ1) - აგჩ-ს სქემის მთლიანად მუშაობიდან გამომყვანი. (ნ2) - აგჩ-ს მეორე ციკლის გამომრიცხავი.

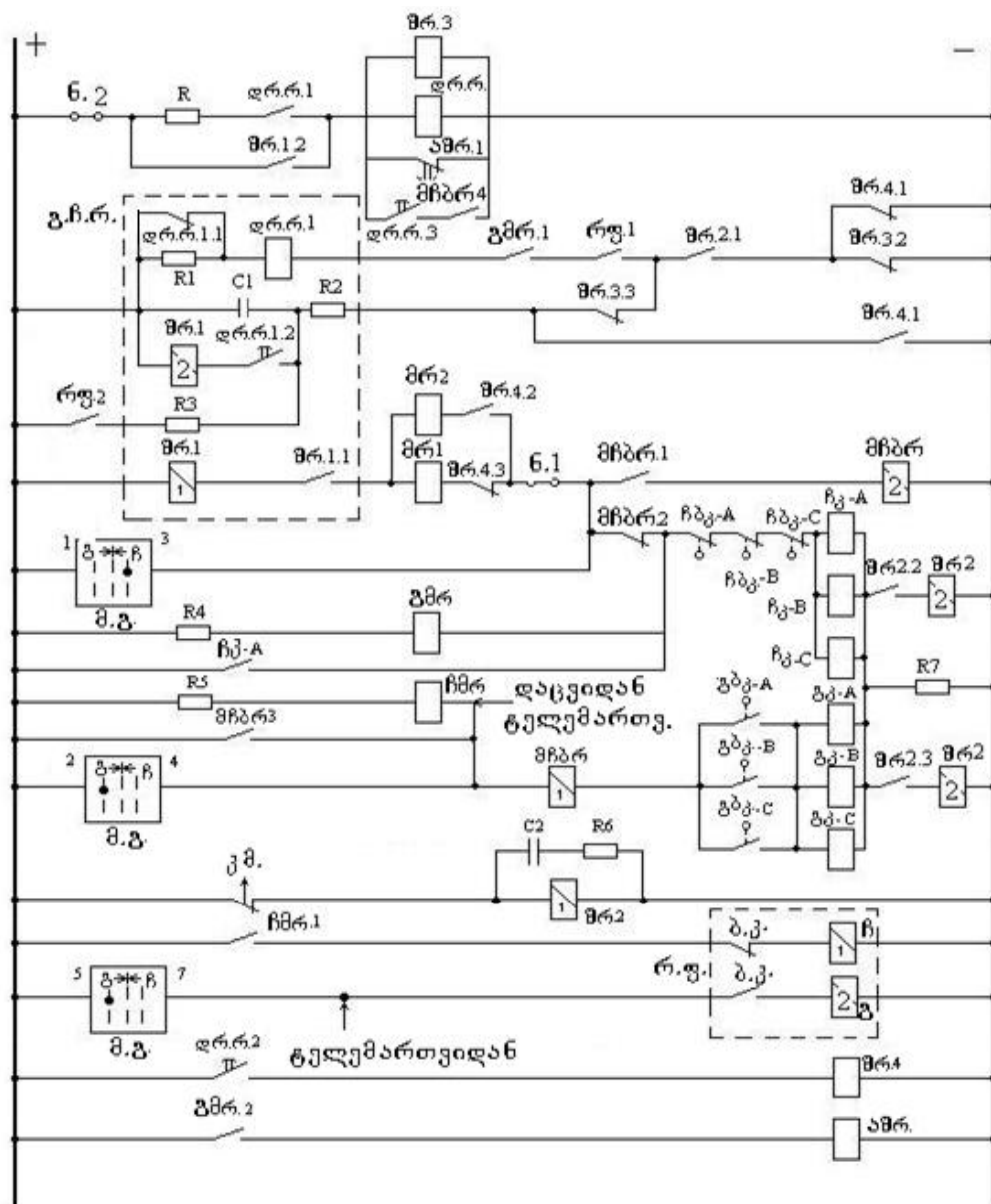
აგჩ-ის დროის დაყოვნება პირველი ციკლისათვის განისაზღვრება ისე, როგორც ერთჯერადი აგჩ-სთვის (18.1) და (18.2). მეორე ციკლი უნდა შედგეს ამომრთველის ხელმეორედ გამორთვიდან 10-20 წმ-ის შემდეგ. აგჩ-ის ასეთი დიდი დროის დაყოვნება მეორე ციკლში ნაკარნახებია ამომრთველის გამოსართავად მომზადების აუცილებლობით მესამე მყარი მ.შ.-ის დროს. ამ დროს რკალმქრობი კამერიდან, იდევნება დაშლილი და გამურული ნაწილაკები. კამერა ხელახლა შეივსება ზეთით და აღდგება ამომრთველის გამომრთველი თვისება. “ПИБ-258” კომპლექტში ამ პროცესის მომზადების დრო მეორე ციკლის შემდეგ შეადგენს 60-100 წმ-ს.

ბ) ორჯერადი აგჩ-ს შესრულების განსაკუთრებულობა საჰაერო ამომრთველებზე.

საჰაერო ამომრთველებზე შესრულებული ორჯერადი აგჩ-ს სქემას აქვს ზოგიერთი განსაკუთრებულობა, რაც განისაზღვრება რეზერვუარებში შეკუმშული ჰაერის რეზერვის შეზღუდვით. რამდენადაც ორჯერადი აგჩ-ს გამოყენებისას უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ამომრთველის სამჯერადი გამორთვა მ.შ.-ის დროს (ერთჯერ აგჩ-მდე და ორჯერ არწარმატებითი აგჩ-ს დროს, როგორც პირველ ისე მეორე ციკლში) ჰაერის მოცულობა, როგორც წესი, აღმოჩნდება არასაკმარისი. ამიტომ იმისათვის, რომ გამოვიყენოთ ორჯერადი აგჩ, საჰაერო ამომრთველებიან ხაზებზე აყენებენ დამატებით რეზერვუარებს შეკუმშული ჰაერისათვის. ამ შემთხვევაში გამოიყენება ნახ. 18.6-ის აგჩ-ს ანალოგიური სქემა. გაშვების წრედი ამ შემთხვევაშიც მიღებულია ისეთივე, როგორც ერთჯერადი აგჩ-ს შემთხვევაში, რომელიც მოყვანილია ნახ. 18.4-ზე. მიუხედავად დამატებითი რეზერვუარების არსებობისა, ორჯერადი აგჩ-ს განხორციელება საჰაერო ამომრთველებზე შეიძლება სქემით - წნევის აღდგენის დალოდებით, რომელიც გამოყენებულია ნახ. 18.7-ში. ამ სქემაში (გ.ჩ.რ.)-ს მოწყობილობის გარდა შედის (დრ.რ.) “ЭВ-142” ტიპის დროის რელე, შუალედური რელე (შ.რ.)-3 და 2 მაჩვენებლიანი რელე (მ.რ.1) და (მ.რ.2).

აგჩ-ს გაშვება ხდება (გ.მ.რ.) რელეს (გ.მ.რ.-1) ჩამკეტი კონტაქტით იმ პირობით, თუ იქნება (რ.ფ.1) და (შ.რ.2.1) რელეს კონტაქტები შეკრული. რელე (შ.რ.-2) წარმოადგენს (კ.მ.) მანომეტრის კონტაქტის გამამოკრებელს, რომელიც აკონტროლებს ჰაერის წნევას დანაყენით 1,6 მპა.

მოცემული დროის დაყოვნების გავლის შემდეგ, იმოქმედებს დროის რელე (დრ.რ.1) და ჩაკეტავს (დრ.რ.1.2) კონტაქტით C.1 კონდენსატორის განმუხტვის წრედს (შ.რ.1) რელეს კოჭაზე. უკანასკნელი, იმუშავებს რა (შ.რ.1.1) კონტაქტით მიაწვდის იმპულსს ამომრთველის ჩართვაზე, ხოლო (შ.რ.1.2) კონტაქტით გაუშვებს დროის (დრ.რ.) რელეს, რომელიც გაშვების შემდეგ თვითშეკავდება თავისი მყისიერი (დრ.რ.1) ჩამკეტი კონტაქტით. ერთდროულად იმუშავებს (შ.რ.3) რელე და შეკავდება აგჩ-ს მუშაობის დასრულებამდე და ამომრთველის ჩართვაზე ბრძანების გაცემამდე.



ნახ. 18.7 ორჯერადი მოქმედების ა.გ.ჩ.-ს სქემა საჰაერო ამომრთველებისათვის 110-500 კვ ხაზებზე, წნევის აღდგენის დალოდებით აგჩ-ს მეორე ციკლის წინ.

თუ აგზ-ს პირველი ციკლი იქნება წარმატებული, აჩქარების შუალედური (ა.შ.რ.) რელეს ღუზის დაბრუნების შემდეგ მისი კონტაქტი (ა.შ.რ.1) აშუქდება (დრ.რ) და (შ.რ.3) რელეს კოჭებს და დააბრუნებს საწყის მდგომარეობაში.

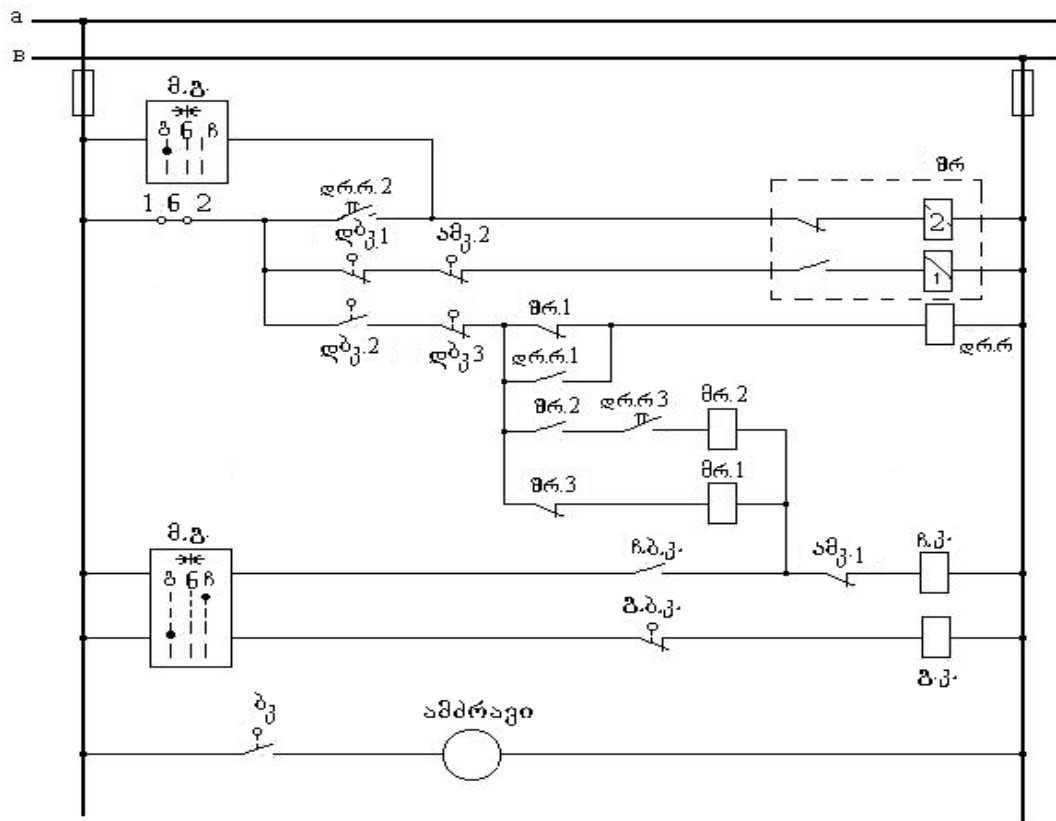
თუ აგზ-ს პირველი ციკლი იქნება არაწარმატებული, მაშინ (ა.შ.რ.) რელეს ღუზა დარჩება მიზიდული, რადგან ვერ მოასწრო დროზე ჩამოვარდნა, სანამ ამომრთველი იყო ჩართული და (გ.მ.რ.)2 კონტაქტი გამორთული, ამიტომ (დრ.რ) რელე გააგრძელებს მუშაობას, რომელიც თვითშეკავდება თავისი მყისური (დრ.რ.1) კონტაქტით, მყარი (დრ.რ.2) შეკრული კონტაქტით იმუშავებს (შ.რ.4) რელე. ეს რელე უზრუნველყოფს აგზ-ს მომზადებას მეორე განმეორებით ჩართვაზე. (შ.რ.4-1) კონტაქტით ის შეკრავს (გ.ჩ.რ.)-ს კონდენსატორის დამუხტვის წრედს, აწარმოებს თავისი კონტაქტების გადართვას გამოსასვლელ წრედში, უზრუნველყოფს იმპულსის გავლას მეორე განმეორებით ჩართვაზე (მ.რ.2) მაჩვენებლიანი რელეს გრაგნილის გავლით და გახსნის დროის რელეს გაშვების წრედს. ამიტომ გამოირიცხება შესაძლებლობა უკანასკნელის გაშვებისა იმ შემთხვევაშიც, თუ წნევის კონტროლის რელე (შ.რ.2) შეკრავს თავის (შ.რ.2.1) კონტაქტს მანამ, სანამ C1 კონდენსატორი მოასწრებს დამუხტვას. (დრ.რ.) რელე დროის დაყოვნების გავლის შემდეგ (20 წმ) შეკრავს თავის მყარ კონტაქტს (დრ.რ.3)-ს, რითაც უზრუნველყოფს (შ.რ.3) რელეს დაბრუნებას, რომელიც თავისი გამხსნელი (შ.რ.3-2) კონტაქტით უზრუნველყოფს (დრ.რ.1) რელეს გაშვების წრედს. თუ წნევა რეზერვუარებში იქნება საკმარისი ამომრთველის ერთჯერადი გამორთვისათვის მყარი მ.შ.-ის შემთხვევაში, (შ.რ.2) რელეს შეკრული (შ.რ.2.1) კონტაქტით, იმუშავებს (დრ.რ.1) რელე და დაიწყებს (გ.ჩ.რ.) -ს მუშაობის მეორე ციკლს. თუ წნევა იქნება არასაკმარისი, სქემა დაელოდება წნევის აღდგენას და (დრ.რ.1) რელე გაიშვება (შ.რ.2.1) კონტაქტების შეკვრის შემდეგ. (დრ.რ.1.2) კონტაქტის შეკვრის შემდეგ C1 კონდენსატორი, მოასწრებს რა დამუხტვას (დრ.რ) რელეს მუშაობის დროს, განიმუხტება შუალედური (შ.რ.1) რელეს კოჭაზე, რომელიც მიაწვდის იმპულსს ამომრთველის ჩართვაზე. თუ ამომრთველი აგზ-ს მეორე ციკლის დროს დარჩება ჩართული, მაშინ (ა.შ.რ.)-ს ღუზის ჩამოვარდნის შემდეგ დაბრუნდება (დრ.რ) და (შ.რ.3) რელე, და გარკვეული დროის შემდეგ, რომელიც აუცილებელია C1 კონდენსატორის დამუხტვისათვის, აგზ ხელახლა მომზადდება ახალი მოქმედებისათვის.

თუ მეორე განმეორებითი ჩართვის შემდეგ ისევ იმოქმედებს რელეური დაცვა, (მ.ჩ.ბ.რ.) რელეს (მ.ჩ.ბ.რ.4) კონტაქტის შეკვრის მომენტში მოხდება თვითშეკავებული (დრ.რ) და (შ.რ.3) რელეების დებლოკირება.

(შ.რ.3) რელეს უნდა ჰქონდეს მცირეოდენი შენელება უკან დაბრუნებაზე, (დრ.რ) რელეს დაბრუნების დროზე გადამეტებული.

გ) ორჯერადი აგზ ამომრთველებზე, რომელთაც აქვთ ზამზარიანი ამძრავი.

ამომრთველებზე ზამზარიანი ამძრავით, რომ განხორციელდეს ორჯერადი აგზ, შეიძლება გამოვიყენოთ (გ.ჩ.რ.) კომპლექსური მოწყობილობა.



ნახ. 18.7ა აგ-ს პრინციპიული სქემა ორჯერადი მოქმედებით, ამომრთველებზე ზამბარიანი ამძრავით. დბკ.-დამხმარე ბლოკ-კონტაქტი; ამკ-ამძრავის მზადყოფნის კონტაქტი.

ასეთი ორჯერადი აგ შეიძლება შესრულდეს გამარტივებული სქემით, რომელთაგანაც ერთ-ერთი მოყვანილია ნახ. 18.7 ა-ზე. ეს სქემა უზრუნველყოფს იმპულსის მიწოდებას ჩართვაზე პირველ ციკლში დროის დაყოვნების გარეშე, ხოლო მეორე ციკლში დროის დაყოვნებით, რომელიც განსაზღვრულია დროის ტიპის რელეს მყარი (დრ.რ.3) კონტაქტებით.

სქემა მუშაობს შემდეგი სახით: ჩართულ ამომრთველზე, როცა ამომრთველის (დბკ1) და ამძრავის მზადყოფნის (ამკ-2) დამხმარე კონტაქტები შეკრულია, (შ.რ.) ორპოზიციონი რელე იმუშავებს ქვედა კოჭის მოქმედებით და შეკრავს (შ.რ.1) კონტაქტს დროის (დრ.რ.) რელეს კოჭის წრედში და (შ.რ.3) კონტაქტს ჩართვის კოჭის წრედში.

ამომრთველის ავარიული გამორთვის დროს შეიკვრება მისი დამხმარე (დ.ბ.კ2) კონტაქტი, რომელიც აძლევს იმპულსს მაჩვენებლიანი (მ.რ.1) რელეს და დამხმარე (დ.ბ.კ.3) კონტაქტის, რომელიც რჩება შეკრული ამომრთველის დაცვით გამორთვისას, გავლით ჩართვის კოჭაზე.

თუ აგ-ს პირველი ციკლი იქნება წარმატებული, სქემის მუშაობა შეწყდება. არაწარმატებული აგ-ს შემთხვევაში და ამომრთველის მეორადი გამორთვის დროს კონტაქტი (დ.ბ.კ.2) ხელახლა გაუშვებს დროის რელეს, რომლის კოჭს ხანმოკლე დროით შეუწყდა კვება ამომრთველის ჩართვის დროს. დროის რელე მიცემული დროის დაყოვნების ამოწურვის შემდეგ შეკრავს მოსრიალე (დრ.რ-2) კონტაქტით

ორპოზიციანი (შ.რ.) რელეს 2 ხვიის წრედს. უკანასკნელი გადართავს თავის კონტაქტებს, გახსნის (შ.რ.1) კონტაქტს და აგჩ-ს პირველი ციკლის წრედს (შ.რ.3 კონტაქტი), და შეკრავს აგჩ-ს მეორე ციკლის წრედს (შ.რ.2 კონტაქტი). (შ.რ.1) კონტაქტის გახსნისას დროის რელე შეკავდება თავისი მაშუნიტირებელი (დრ.რ1) კონტაქტით.

მეორე განმეორებითი ჩართვა მოხდება დროის რელეს (დრ.რ3) კონტაქტის შეკვრის შემდეგ, თუ ამ დროისთვის დაიჭიმება ზამბარა და შეიკვრება (ამკ-1) კონტაქტი. თუ (დრ.რ3) კონტაქტის შეკვრის მომენტში ზამბარა ჯერ კიდევ არ იქნება დაჭიმული, იმპულსი ჩართვაზე იქნება მიწოდებული დამატებითი შენელებით, იმის შემდეგ როცა შეიკვრება (ამკ-1) კონტაქტი. იმ შემთხვევაში თუ აგჩ-ს მეორე ციკლი იქნება არაწარმატებითი, სქემის მუშაობა შეწყდება და ის დარჩება დაბლოკირებული (კონტაქტები შრ-1 და შრ-3 გახსნილია, დროის რელეს კოჭა კვების გარეშე) სქემა დაბრუნდება საწყის მდგომარეობაში ამომრთველის ოპერატიული ჩართვის შემდეგ, როცა შეიკვრება მისი (დბკ-1) კონტაქტი ორპოზიციანი რელეს (1) ხვიის წრედში, რომელიც გადართავს რა თავის კონტაქტებს მდგომარეობაში, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 18.7 ა-ზე, მოამზადებს დროის რელეს კოჭის და ამომრთველის ჩართვის კოჭის წრედს.

ამომრთველის წარმატებით ჩართვისას მეორე ციკლში, აგჩ მომზადდება ახალი მოქმედებისათვის ზამბარის დაჭიმვის და (ამკ-1) და (ამკ-2) კონტაქტების შეკვრისთანავე. აგჩ-ს მოქმედების აღსაკვეთად, იმ შემთხვევისათვის, როცა ამომრთველი გამორთულია, ოპერატიული მართვის გასაღებით, ამ გასაღების მეორე კონტაქტით ეწოდება პლუსი (შ.რ.) რელეს (2) ხვიაზე, რომელიც მუშაობისას გახსნის შრ-1 და შრ-3 კონტაქტებს. რამდენადაც, ამომრთველის ჩართვაზე იმპულსის მიწოდებისას (ამკ2) კონტაქტი (შ.რ) რელეს 1 ხვიის წრედში გაიხსნება და ხელახლა შეიკვრება მხოლოდ ზამბარის დაჭიმვის შემდეგ, აგჩ ვერ შეძლებს მოქმედებას ამომრთველის ოპერატიული ჩართვის დროს მ.შ-ზე.

აგჩ-ს მოქმედების დრო მეორე ციკლის დროს შეიძლება განხორციელდეს 20წმ დროის დაყოვნებით, მაგრამ არანაკლებ განმეორებით ჩართვაზე ამძრავის მომზადებისათვის საჭირო დროზე (6-15 წმ).

18.8 ერთფაზა ავტომატური განმეორებითი ჩართვა (ე.ა.გ.ჩ.)

ა) ზოგადი ცნობები

ექსპლუატაციის გამოცდილება აჩვენებს, რომ მაღალი ძაბვის ქსელებში დამიწებული ნეიტრალით, ერთფაზა მ.შ.-ების წილი ძალიან მაღალია. ნათლად ჩანს, რომ ერთფაზა მ.შ.-ისას საკმარისია გამოირთოს ერთი დაზიანებული ფაზა ორივე მხრიდან და შემდეგ ავტომატურად ჩაირთოს იგივე ფაზა განმეორებით. ასეთ შემთხვევაში დანარჩენი ორი ფაზა მთელი ამ დროის განმავლობაში რჩება ჩართული

სისტემაში. აღნიშნული პრინციპი დაედო საფუძვლად ერთფაზა აგჩ-ს განხორციელებას.

ერთფაზა განმეორებითი ჩართვის ძირითადი უპირატესობა სამფაზასთან შედარებით არის:

- ე.ა.გ.ჩ.-ს ციკლში შენარჩუნებულია კავშირი ორი ფაზით, რომლებიც დარჩენილია მუშაობაში, ენერგოსისტემის ორ ნაწილს შორის, (ამ დროს ჩართვა ხდება ბიძგების გარეშე);
 - ა.გ.ჩ.-ს განხორციელება შეიძლება ნებისმიერი ტიპის ერთფაზა ამომრთველებზე, როგორც სწრაფმოქმედი, ისე ნელამოქმედი;
- ე.ა.გ.ჩ.-ს ძირითად ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს:
- აგჩ-ს სქემის გართულება სპეციალური მოწყობილობებით, რომლებიც ირჩევენ ხაზის დაზიანებულ ფაზას, -- ამომრჩეველი და დამატებითი ბლოკირებები; მოცემულ ხაზზე რელეური დაცვების გაუხეშება, გართულება და შენელება, ასევე მიმდებარე ქსელში, იმისათვის რომ აღმოიფხვრას მისი მცდარი მუშაობა ნულოვანი და უკუმიმდევრობის დენებით და ძაბვებით, რომლებიც აღიძვრებიან ეაგჩ-ს ციკლში; ხაზის 2 ფაზით მუშაობის დროს ასიმეტრიის მაღნე გავლენა გენერატორებზე; ეაგჩ-ს ბლოკირება (მოქმედების პრინციპით) ფაზებს შორის მ.შ.-ის დროს; ზოგიერთ შემთხვევაში ამზადებენ ა.გ.ჩ.-ს კომბინირებულ მოწყობილობებს, რომლებიც ერთფაზა მ.შ.-ის დროს მოქმედებენ როგორც ეაგჩ, ხოლო ფაზათაშორისო მ.შ.-ის დროს როგორც სამფაზა აგჩ.

ბ) ერთფაზა ა.გ.ჩ. ორმხრივი კვების ხაზებისათვის

330-500 კვ. ძაბვის ხაზებზე გამოიყენება აგჩ-503 ტიპის მოწყობილობა, რომელიც სარელეო დაცვებთან ერთად უზრუნველყოფს:

- ერთფაზა მ.შ.-ის დროს, რომელიც სწრაფმოქმედი დაცვითაა გამორთული -- დაზიანებული ფაზის გამორთვას და მის ერთჯერად ავტომატურ განმეორებით ჩართვას;
- გამორთული ფაზის ჩართვისას მდგრადი ერთფაზა მ.შ.-ზე სამივე ფაზის გამორთვას აგჩ-ს გარეშე;
- ფაზებს შორის მ.შ.-ის დროს - სამივე ფაზის გამორთვას და მათ განმეორებით ჩართვას;
- დაუზიანებელი ხაზის სამივე ფაზის გამორთვისას რელეური დაცვის ან ავტომატიკის არასწორი მოქმედებით ხაზის ერთჯერად სამფაზა აგჩ-ს.

ამგვარად, განხილული მოწყობილობა წარმოადგენს კომბინირებულ აგჩ-ს, რომელიც უზრუნველყოფს ერთი, ან სამი ფაზის გამორთვას და შემდეგ ჩართვას.

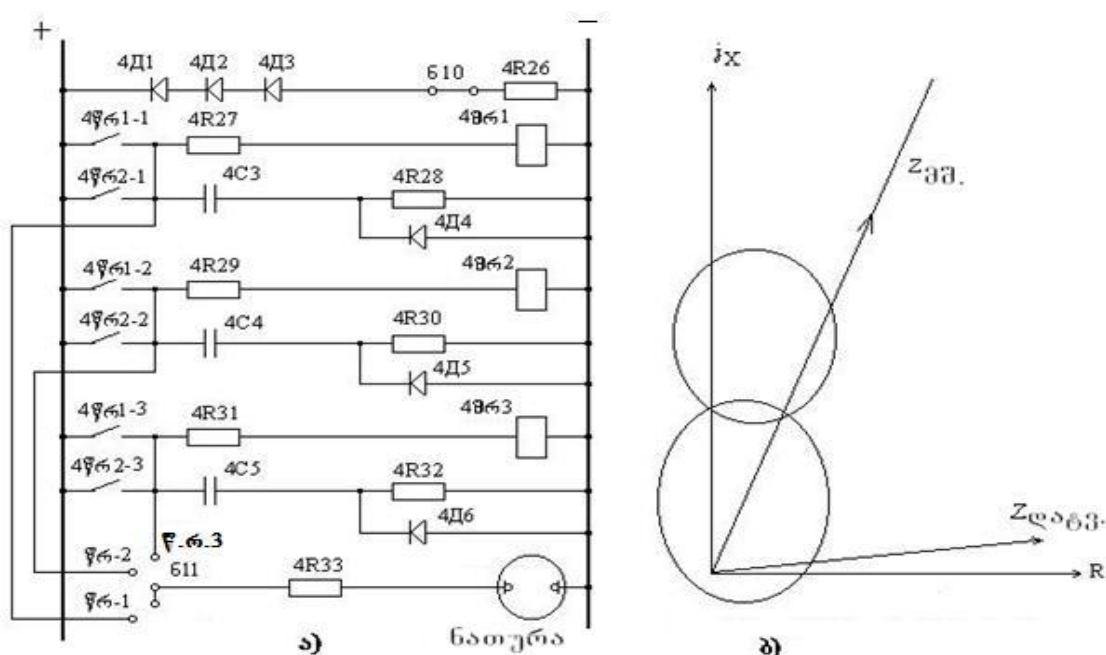
ამომრჩევი ბლოკები განსაზღვრავენ აღძრული მ.შ.-ის სახეს და დაზიანებულ ფაზებს. უფრო ადვილია მშ-ის აღძვრა განვსაზღვროთ ამა თუ იმ ფაზაზე დენური რელეს საშუალებით, რომელიც იმოქმედებს დაზიანებულ ფაზაში დენის გაზრდის დროს. მაგრამ გრძელ და ძლიერ დატვირთულ ხაზებზე დატვირთვის დენები

შეიძლება იყოს თანაზომადი, ან უფრო მეტი მ.შ. დენზე ხაზის ბოლოში მ.შ. დროს, რაც არ გვადლევს დენური რელეს გამოყენების საშუალებას ფაზების განსასაზღვრავად.

ამომრჩევ ბლოკად ა.გ.რ.-503 ტიპის მოწყობილობებში გამოიყენება წინაღობის რელე, რომელიც ჩართულია ფაზურ ძაბვებზე და ფაზური დენების და ნულოვანი მიმდევრობის დენების ჯამზე. წინაღობის რელეს დანაყენები აირჩევა ისეთი მეთოდით, რომ ისინი მუშაობდნენ მხოლოდ მოცემული ფაზის დაზიანებისას. ერთფაზა მშ-ისას მუშაობს მხოლოდ ერთი ამომრჩევი რელე, რომელიც აირჩევს დაზიანებულ ფაზას.

დატვირთვის დენისაგან კარგი განრიდებისათვის და დასაცავი ხაზის ბოლოში მ.შ.-ს დროს აუცილებელი მგრძნობიარობის უზრუნველსაყოფად ფაზის ამომრჩევი ორგანო სრულდება 2 წინაღობის რელეს სახით (კონტაქტები 4წ.რ.1 და 4წ.რ.2) რომელთა მახასიათებლებიც წარმოადგენს ერთმანეთის გადამკვეთ ორ წრეს (ნახ. 18.8 ბ). რამდენადაც რეაგირების ორგანოს წინაღობის რელეს-მაგნიტოელექტრული რელე-კონტაქტებს აქვთ არასაკმარისი კომუტაციის უნარი, სქემაში დაყენებულია მათი გამამეორებლები – პოლარიზებული რელეები (4შრ1-4 შრ3). მაგნიტოელექტრული რელეების კონტაქტების მუშაობის შესამსუბუქებლად და მათი გადაფარვის ასაცილებლად გადამაბვების დროს სქემაში გამოიყენება სტაბილიტრონები მუდმივ ოპერატიულ დენზე (4Д1-4Д-3), კონდენსატორები (4C3-4C5), რეზისტორები (4R27-4R32) და დიოდები (4Д4-4Д6).

სქემაში (ნახ. 18.8 ა) გათვალისწინებულია ნაფენი (511), ამომრჩევების შემოწმებისათვის ნათურის ჩასართავად 4R33 რეზისტორით წინაღობის რელეს კონტაქტებთან.



ნახ. 18.8 ე.ა.გ.რ.-ს მოწყობილობების დაზიანებული ფაზის ამომრჩევი ორგანო.
(ა) სქემა; (ბ) წინაღობის რელეს მახასიათებელი.

დაზიანებული ფაზის გამორთვისას მოქმედი წრედები. ერთფაზა მშ-ის აღმდრისას პლუსი დაცვებიდან, რომლებიც მოქმედებენ ე.ა.გ.რ.-ს წრედის გავლით ეწოდება (1შრ4) და (1შრ3) რელეს კოჭებს (ნახ. 18.9), პირველი აქედან, იმუშავებს რა (1შრ4.1) კონტაქტის მეშვეობით თვითშეკავდება ე.ა.გ.რ.-ს მოწყობილობის საწყის მდგომარეობაში დაბრუნებამდე, ხოლო მეორე უთვალთვალეს დაცვის კონტაქტების მდგომარეობას, რომლებიც მოქმედებენ მის გაშვებაზე და განრიდებულნი არიან ე.ა.გ.რ.-ს ციკლის არასრულფაზა რეჟიმისაგან. დაცვების მუშაობის დროს ერთდროულად ეწოდება პლუსი რელე-გამამეორებელ ამომრჩევის კონტაქტებს (4შრ1-4შრ3). რელე-გამამეორებელი, მაგალითად (4შრ1), A ფაზის დაზიანებისას ერთდროულად იმუშავებს დაცვასთან ერთად და მიაწვდის პლუსს შუალედურ რელეს (1შრ5)-ის კოჭას, რომელიც გამორთავს ხაზის დაზიანებულ ფაზას. ერთდროულად იმუშავებს მაჩვენებლიანი რელე (1მრ2), რომელიც აფიქსირებს მოქმედებას ე.ა.გ.რ.-ს წრედის გავლით A ფაზის გამორთვისას.

დროის რელე და ერთფაზა აგჩ-ის ჩართვის წრედები. იმუშავებს რა (1შრ5) რელე, (1შრ5.1) კონტაქტით მოჰყავს მოქმედებაში რელე (1შრ8), რომელიც თვითშეკავდება (1შრ4.3) კონტაქტით ე.ა.გ.რ.-ს საწყის მდგომარეობაში დაბრუნებამდე, რომელიც აფიქსირებს დაზიანებულ ფაზას. (1შრ8.6) (ნახ. 18.9 ბ) შეკრული კონტაქტით ხორციელდება (1შრ1.2) რელეს მუშაობა და აგჩ-ს დროს (1დრ.რ1) რელეს გაშვება. ერთდროულად მზადდება წრედი ჩართული (2შრ5), (3შრ7), (2შრ6), (5შრ7) რელეებისათვის (ხაზის 2 ამომრთველისათვის). დროის რელე (1დრ.რ.1) მაჩვენებელი (2მრ) რელეს გავლით სრიალა კონტაქტით (1დრ.რ.1.3) შეკრავს (2შრ5), (2შრ6), (3შრ7), და (5შრ7) რელეების კოჭების წრედს. ეს რელეები იმუშავებენ და გასცემენ ბრძანებას ამომრთველების ჩართვაზე. რელეს წრედში პარალელურად ჩართულია ამომრთველის ჩართული მდგომარეობის რელეს (ჩ.მ.რ.) კონტაქტები ამომრთველის ყველა ფაზაზე. ამომრთველის ჩართვაზე ე.ა.გ.რ.-ს მოქმედების გამოყვანა ხორციელდება (ნ3-1) და (ნ3-2) ნაფენებით.

რადგან იმპულსი ჩართულ რელეზე ეწოდება დროის რელეს (1დრ.რ.1) სრიალა კონტაქტით, უზრუნველყოფილია აგჩ-ს მოქმედების ერთჯერადობა მდგრადი ერთფაზა მშ-ის დროს. დაზიანებული ფაზის წარმატებული განმეორებითი ჩართვისას ე.ა.გ.რ.-ს სქემა რჩება ისეთ მდგომარეობაში (1დრ.რ.1.2) რელეს კონტაქტების დროის დაყოვნების გასვლამდე, რომელიც დაამოკლებს რა (1შრ4) რელეს კოჭას, ახორციელებს მოწყობილობის დაბრუნებას საწყის მდგომარეობაში (ნახ. 18.9 ა).

დაცვის მოქმედების გადაყვანა სამი ფაზის გამორთვაზე. როგორც აღვნიშნეთ, სამი ფაზის გამორთვა ე.ა.გ.რ.-ით ხორციელდება: ფაზათაშორის მშ-ის დროს; ამომრჩევის უარის დროს ერთფაზა მშ-ისას მიწასთან; ე.ა.გ.რ.-ს მოწყობილობით მდგრადი ერთფაზა მშ-ზე ჩართვისას; ე.ა.გ.რ.-ს ციკლის დროს მუშაობაში დარჩენილი ფაზების დაზიანებისას.

სამფაზა მშ-ისას იმუშავებს სამივე დაზიანებული ფაზის ამომრჩევეები, იმუშავებენ გამომავალი გამომრთველი რელეები და მთლიანად გამორთავენ ხაზს.

ორფაზა მშ-ისას მიწასთან, იმუშავებს ორი ფაზის ამომრჩევი და ორივე ფაზის გამომავალი გამომრთველი რელე.

დაზიანებული ფაზების ნებისმიერი შეუღლებისას წყვილად შეერთებული (1შრ8)-(1შრ10) რელეს კონტაქტებით და 1Д21-1Д23 დიოდებით (ნახ. 18.9 ა) მიეწოდება პლუსი (1შრ5)-(1შრ7) რელეების კოჭებზე, ხაზის სამივე ფაზის გამორთვაზე.

ერთდროულად იმუშავებს რელე 2შრ1 და მისი 2შრ1.3 კონტაქტით რელე 1შრ11, ეს უკანასკნელი მოახდენს თვითდაჭერას ე.ა.გ.ჩ.-ს სქემის დაბრუნებამდე და თავისი (1შრ 11.6) კონტაქტით (ნახ. 18.9 ბ) გახსნის ე.ა.გ.ჩ.-ს ჩართვის წრედს.

ორფაზა მშ-ისას მიწის გარეშე წინაღობის რელეები ზომავენ გაზრდილ წინაღობას და შეიძლება არ იმუშაონ ხაზის დაზიანებისას. ამ შემთხვევაში ხაზის გამორთვა უზრუნველყოფილია ნულოვანი მიმდევრობის რელეების კონტაქტებით: დენის (ფაზური დენებისგან დამუხრუჭებით) (2დრ.5.1) და ძაბვის (2ძრ2.1). მუშაობაში შეიძლება შეყვანილ იქნას მოცემული რელეების ორივე ან ერთი კონტაქტი 13-15 და 15-17 ნაფენებით (ნახ. 18.9 ა)

ერთფაზა ან ორფაზა მშ-ისას მიწასთან კონტაქტები (2ძრ2.1) (2დრ5.1) გაიხსნებიან, რათა აღკვეთონ დაცვის მოქმედება სამივე ფაზის გამორთვაზე.

ფაზათაშორისი მშ-ისას მიწის გარეშე, როცა ნულოვანი მიმდევრობის ძაბვა და დენი არ არსებობს, (2ძრ2.1) (2დრ5.1) კონტაქტები რჩებიან შეკრული რის შედეგადაც (2შრ1) რელე იმუშავებს და გაიცემა ბრძანება სამივე ფაზის გამორთვაზე.

თუ სქემიდან გამორიცხულია (2ძრ2) რელეს კონტაქტი, ასევე ამ რელეს კოჭის კვებისას ძაბვის ტრ.-დან, რომელიც დაყენებულია ქვესადგურის სალტეებზე, იხსნება ნაფენი 3-5, რითაც სქემაში შეყვანილია (1შრ12.3) კონტაქტი, რომლის გახსნითაც, (1შრ12) რელეს მუშაობისას, აღიკვეთება ყალბი გამორთვა ე.ა.გ.ჩ.-ს ციკლში, თუ მცირე არასიმეტრიულობის დროს დაბრუნდება 2დ.რ.5 (ძ.რ.2) რელე და შეკრავს თავის კონტაქტებს. ე.ა.გ.ჩ.-ს სქემაში გათვალისწინებულია რეზერვირება, იმ შემთხვევაში როცა დაზიანებული ფაზის ამომრჩევი ამბობს უარს. ე.ა.გ.ჩ.-ს სქემაში დაცვიდან პლუსის მიწოდებით მუშაობს შუალედური (1შრ3) რელე და გახსნის (1შრ3.1) კონტაქტს (1შრ1) რელეს წრედში. ამასთან ერთად, თუ ერთფაზა მშ-ისას დაზიანებული ფაზის ამომრჩევი იტყვის უარს, ან ორფაზა მშ-ისას მიწასთან - ორივე ფაზის, ამომრჩევი რელე 1შრ1, რომელიც გახსნის კონტაქტს 0,28-0,33 წმ-ის დაყოვნებით, 1შრ1.1 კონტაქტით შეკრავს დაცვის წრედს 1Д21-1Д23 დიოდებით სამივე ფაზის გამორთვაზე. ამომრჩევეების ნორმალური მუშაობისას (1შრ12) რელე (ნახ.3.9ბ) იმუშავებს (1შრ5-1შრ7) რელეების მოქმედების შემდეგ და თავისი შემკვრელი (1შრ12.1) კონტაქტებით აშუნტებს (1შრ3.1) კონტაქტს, რომ აღკვეთოს (1შრ1) რელეს დაბრუნება.

იმ შემთხვევაში, თუ ორფაზა მშ-ისას მიწასთან ერთ-ერთი ფაზის ამომრჩევი ამბობს უარს (1შრ1) რელე არ ჩამოვარდება, რამდენადაც შეკავებულია (1შრ12.1) კონტაქტით. ამ დროს დაცვა, რითაც გაეშვა ე.ა.გ.ჩ. არ დაბრუნდება, რადგანაც ერთ-ერთი დაზიანებული ფაზა დარჩება ჩართული და (1შრ3) რელე ნამუშევარი. (1შრ2)

რელე, რომლის წრედიც იქნება გახსნილი (1შრ3.2) კონტაქტით, ჩამოვარდება 0.38-0.43წმ დროის დაყოვნებით, შეკრავს (1შრ2.2) კონტაქტით სამივე ფაზის გამორთვის წრედს. ერთდროულად (1შრ2.3) და (1შრ2.4) კონტაქტებით გაერთიანდება სამივე ფაზის გამოსასვლელი გამომრთველი რელეების (1შრ5-1შრ7) წრედები.

საიმედობისათვის იქმნება დამატებითი წრედი სამივე ფაზის გამორთვისათვის 1Д21-1Д23 დიოდებით (1შრ2.2კონტაქტების პარალელური) (1შრ1) რელეს (1შრ1.1) კონტაქტით, რომლის წრედიც იხსნება (1შრ2.1) კონტაქტით.

დაზიანებული ფაზის ამომრთველის ჩართვისას, მყარი ერთფაზა მშ-ზე სამფაზა გამორთვის წრედი მზადდება შემდეგი სახით: (1შრ12) რელეს მუშაობისას გაიხსნება მისი (1შრ12.2) კონტაქტი ნორმალურად მიზიდული (1შრ2) რელეს კოჭის წრედში, რომელიც დაბრუნდება რა შენელებულად, აერთიანებს შუალედური (1შრ5-1შრ7) რელეების კოჭებს. ერთფაზა მყარი მშ-ზე ჩართვის და დაზიანებული ფაზის ამომრჩევეების მუშაობის შემდეგ მიწოდებული იქნება იმპულსი სამივე ფაზის გამომრთველ რელეებზე ერთდროულად. იმავდროულად იქმნება მეორე წრედი სამივე ფაზის გამორთვაზე ნულოვანი მიმდევრობის დენის და ძაბვის რელეების შეკრული კონტაქტების საშუალებით (2დრ5.1) და (2მ.რ2.1).

ეს რელეები არ იმუშავებენ ერთფაზა მყარი მშ-ზე, ჩართვის დროს, რამდენადაც (2დრ5) რელეს კოჭა დამოკლებული იქნება (1შრ2.6) რელეს კონტაქტებით, ხოლო (2მ.რ2) ძაბვის რელეს წრედი გახსნილი იქნება (1შრ2.7) კონტაქტებით (ნახ. 18.9-ზე ეს წრედი არ არის ნაჩვენები).

18.9 სამფაზა ა.გ.ჩ. ორმხრივი კვების ხაზებზე

საერთო მონაცემები: ორმხრივი კვების ხაზებზე, სამფაზა აგჩ-ს აქვს ზოგიერთი თავისებურებები, რასაც განაპირობებს ხაზის ორივე ბოლოში ძაბვის არსებობა. პირველი თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ ხაზის აგჩ უნდა შესრულდეს მაშინ, როცა ხაზი გამოირთვება ორივე მხრიდან, რაც აუცილებელია დაზიანების ადგილას საჭაერო შუალედის დეიონიზაციისათვის. ამიტომ ხაზის ორმხრივი კვების შემთხვევაში, აგჩ-ს დროის დაყოვნების შერჩევისას აუცილებელია 18.1 და 18.2 პირობების გარდა შევისწავლოთ მესამე პირობაც:

$$t_{აგჩ1} = t_{დაცვა2} - t_{დაცვა1} + t_{გამ2} - t_{გამ1} + t_{დეიონ} - t_{ჩართ1} + t_{მარ} \quad (18.6)$$

სადაც $t_{დაცვა1}$, დაცვის უმცირესი დროის დაყოვნებაა; $t_{გამ1}$, $t_{ჩართ1}$ - ამომრთველების გამორთვის და ჩართვის დროები ხაზის ბოლოებში; ინდექსი 1 - რომელზეც შეიძლება აგჩ-ს დროის დაყოვნება; $t_{დაცვა2}$, $t_{გამ2}$ - დაცვის მეორე საფეხურის დროის დაყოვნება და ამომრთველის გამორთვის დროა ხაზის საწინააღმდეგო ბოლოში (ინდექსი 2); $t_{მარ} = 0,5-0,7$ წმ.

თუ დაუშვებთ, რომ $t_{გამ1} = t_{გამ2}$, $t_{დაცვა1} = 0$, აღნიშნული მნიშვნელობების შეტანით (18.6) გამოსახულებაში ვღებულობთ:

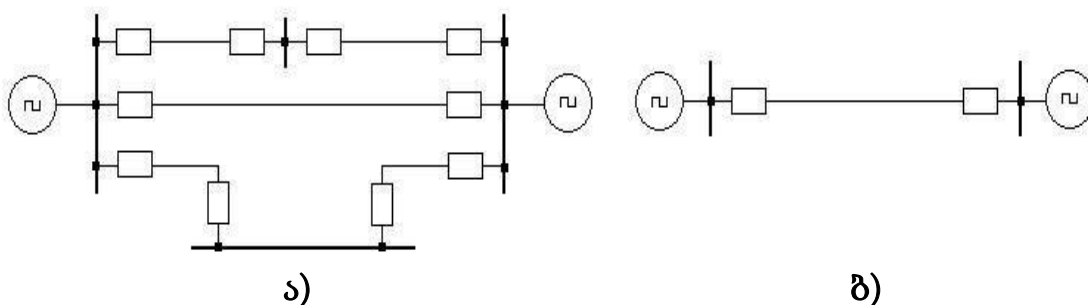
$$t_{აგ1} = t_{დაცვა2} + t_{დეიონ} - t_{ჩართ1} + t_{მარ} \quad (18.6 ა)$$

თუ დაცვის მეორე საფეხური ვერ უზრუნველყოფს საკმარის საიმედოებას დაზიანების დროს ხაზის ბოლოში (მგრძნობიარობის კოეფიციენტი $k=1,3-1,4$), გამოსახულებებში (18.6) და (18.6ა) აუცილებელია ჩავსვათ დაცვის მესამე საფეხურის დროის დაყოვნება.

აგ-ს დროის დაყოვნება ხაზის ორივე ბოლოსათვის გამოითვლება გამოსახულებით (18.1), (18.2), (18.6) ან (18.6 ა), აიღება უდიდესი, სამი მიღებული გამოსახულებიდან.

მეორე თავისებურება განისაზღვრება იმით, რომ ხაზის წარმატებით ჩართვას (ტრანზიტის შეკვრა) შეიძლება ახლდეს დენის და აქტიური სიმძლავრის დიდი რყევები, რამდენადაც ხაზის ორივე ბოლოში არის ძაბვა.

იმ შემთხვევაში, როცა ორი ელ-სადგური ან ენერგოსისტემის ორი ნაწილი დაკავშირებულია რამდენიმე ხაზით (ნახ. 18.10), ერთ-ერთი მათგანის გამორთვის არ მიყვარათ სინქრონიზმის დარღვევამდე და ძაბვის სიდიდის და კუთხის მნიშვნელოვან ცვლილებამდე ხაზის ბოლოებში. აგ-ს ამ დროს არ ახლავს გამათანაბრებელი დენის დიდი რყევები. ამის გათვალისწინებით ორმხრივი კვების ხაზებზე დაიშვება უბრალო აგ, თუ ორი ელ-სადგური, ან ენერგოსისტემის ორი ნაწილი დაკავშირებულია ერთმანეთთან სამი, ან მეტი კავშირით.



ნახ. 18.10 კავშირი ორ ენერგოსისტემასთან. (ა) სამი ხაზით; (ბ) ერთი ხაზით.

ზოგჯერ, ხაზის ერთ ბოლოში დაყენებული უბრალო აგ შევსებულია ხაზზე ძაბვის არსებობის კონტროლის მოწყობილობით, ამიტომ აგ-ს მოქმედებით ჩართვა მყარი მშ-ისას ხდება მხოლოდ ერთხელ იმ მხრიდან, სადაც არ აყენია ძაბვის არსებობის კონტროლის მოწყობილობა. იმ მხრიდან, სადაც კონტროლდება ძაბვა, ამომრთველის ჩართვა ხდება მხოლოდ მაშინ, როცა დაზიანება აღკვეთილია და ხაზი იჭერს ძაბვას მოპირდაპირე ბოლოში.

თუ ორი ელ-სადგური ან ენერგოსისტემის ორი ნაწილი დაკავშირებულია ერთმანეთთან ერთი ხაზით, როგორც ნაჩვენებია ნახ. 18.10-ზე, რომლითაც გადაეცემა აქტიური სიმძლავრე, ხაზის ყოველი გამორთვა გამოიწვევს გაყოფილი ენერგოსისტემის ნაწილების ასინქრონული მუშაობის რეჟიმს. ამ დროს ენერგოსისტემის ერთ ნაწილში წარმოიქმნება აქტიური სიმძლავრის დეფიციტი, რის

გამოც აღნიშნულ ნაწილში სიხშირე დაეცემა; ხოლო ენერგოსისტემის მეორე ნაწილში წარმოიქმნება ჭარბი აქტიური სიმძლავრე, რის გამოც აქ ადგილი აქვს სიხშირის აწევას. რამდენადაც ძაბვებს გაყოფილი ენერგოსისტემის ნაწილებში ექნებათ სხვადასხვა სიხშირეები, გამორთული ხაზის ჩართვისას ხაზის ბოლოებში ძაბვებს შორის კუთხემ შეიძლება მიაღწიოს დიდ მნიშვნელობას, რის გამოც აგზ გამოიწვევს დიდი გამათანაბრებელი დენის წარმოქმნას, გარდა ამისა ასეთ დროს ორი ენერგოსისტემის შერთვას მოჰყვება ხანგრძლივი ასინქრონული რეჟიმი.

ხშირ შემთხვევაში, ასინქრონული რეჟიმი მთავრდება რესინქრონიზაციით, ე.ი. სიხშირის აღდგენით. იმ შემთხვევაში, თუ ასინქრონული რეჟიმი ჭიანურდება, ხორციელდება ასინქრონულად მომუშავე ენერგოსისტემის ნაწილების გაყოფა ოპერატიული პერსონალის, ან სპეციალური მოწყობილობების მიერ.

ორმხრივი კვების ხაზებზე დამუშავებულა და ექსპლუატაციაშია სხვადასხვა სახის სამფაზა აგზ (საგზ), რომელთა გაერთიანება შეიძლება 3 ჯგუფად:

- მოწყობილობა, რომელიც არასინქრონულად ჩართავს ენერგოსისტემის გათიშულ ნაწილებს - არასინქრონული აგზ;
- მოწყობილობა, რომელიც ნებართვას აძლევს აგზ-ს, როცა ძაბვა გამორთული ხაზის ბოლოებში სინქრონულია, ან სიხშირეთა განსხვავება არც ისე დიდია, ან ახლოსაა სინქრონულთან, სწრაფმოქმედი აგზ, აგზ სინქრონიზმის კონტროლით;
- მოწყობილობა, რომელიც ახორციელებს აგზ-ს, არასინქრონული ძაბვის წყაროების გამორთვის შემდეგ (გენერატორების, ან სინქრონული კომპენსატორების) - გარკვეული დატვირთვაზე გამოყოფილი ხაზის აგზ, ან გენერატორებიდან და კომპენსატორებიდან აგზების მოხსნის შემდეგ - აგზ თვითსინქრონიზაციით.

ა) სწრაფმოქმედი აგზ

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ერთადერთი ხაზის გამორთვის შემდეგ, რომელიც აერთებს ორ ენერგოსისტემას, კუთხე ძაბვებს შორის იზრდება. ეს პროცესი ხდება არა მყისიერად, არამედ გარკვეული დროის განმავლობაში, ეს დრო იმდენად მეტია, რამდენადაც მეტი ინერცია აქვს მანქანებს ენერგოსისტემის გათიშულ ნაწილში და რამდენადაც ნაკლები იყო სიმძლავრე, რომელსაც იგი გასცემდა ხაზის გამორთვამდე. სწრაფმოქმედი აგზ-ს მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ ამომრთველების გამორთვის შემდეგ მათი განმეორებითი ჩართვა ორივე მხრიდან ხდება სწრაფად ისე, რომ დროში, რომელსაც ჰქვია უდენო პაუზა, არ მოხდეს ძაბვებს შორის კუთხის გაზრდა. ხაზის ჩართვა ამ დროს ხდება დენების დიდი ბიძგებისა და ხანგრძლივი რხევების გარეშე.

სწრაფმოქმედი აგზ-ს განხორციელება მიღებულია ხაზებზე საჰაერო ამომრთველებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ აუცილებელ სწრაფმოქმედებას. იმისათვის, რომ აგზ იყოს წარმატებული, დაცული უნდა იყოს (18.2) და (18.6) პირობები. რამდენადაც საჰაერო ამომრთველების ჩართვის დროა 0,2-0,3 წმ, გარემოს

დეიონიზაცია უზრუნველყოფილი იქნება სწრაფმოქმედი აგჩ-ს განხორციელებით დროის დაყოვნების გარეშე, ანდა მცირე დაყოვნებით 0,1-0,2 წმ.

სწრაფმოქმედი აგჩ გამოიყენება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ხაზი აღჭურვილია სწრაფმოქმედი დაცვით, რომელიც უზრუნველყოფს ხაზის სწრაფ გამორთვას დროის დაყოვნების გარეშე ორივე მხრიდან.

უფრო მეტად მიზანშეწონილია სწრაფმოქმედი აგჩ ცალკეულ ხაზებზე, რომლებიც აკავშირებენ ორ ენერგოსისტემას, როცა ძაბვებს შორის კუთხის ცვლილება არც ისე დიდია, რასაც ადგილი ექნება სიმძლავრეების მცირე შეფარდების დროს, სიმძლავრეს $P_{ხაზი}$, რომელიც გადაეცემა ხაზზე, ენერგოსისტემის გენერატორების ჯამური სიმძლავრესთან, ე.ი. მცირედ დატვირთულ ხაზებზე. სწრაფმოქმედი აგჩ ასევე მიზანშეწონილია სისტემათაშორის ტრანზიტზე 220-750 კვ, როცა მათ პარალელურად ჩართულია 110-220 კვ სუსტი კავშირები. ამ დროს ძირითადი ხაზის გამორთვისას შეიძლება გადაიტვირთოს სუსტი კავშირები, რაც იწვევს სისტემების მდგრადი პარალელური მუშაობის დარღვევას. წარმატებული სწრაფმოქმედი აგჩ-ს დროს ძირითადი ხაზის გამორთვისას სწრაფადვე მოხდება დაზიანებული ხაზის ჩართვა და ნორმალური სქემის აღდგენა.

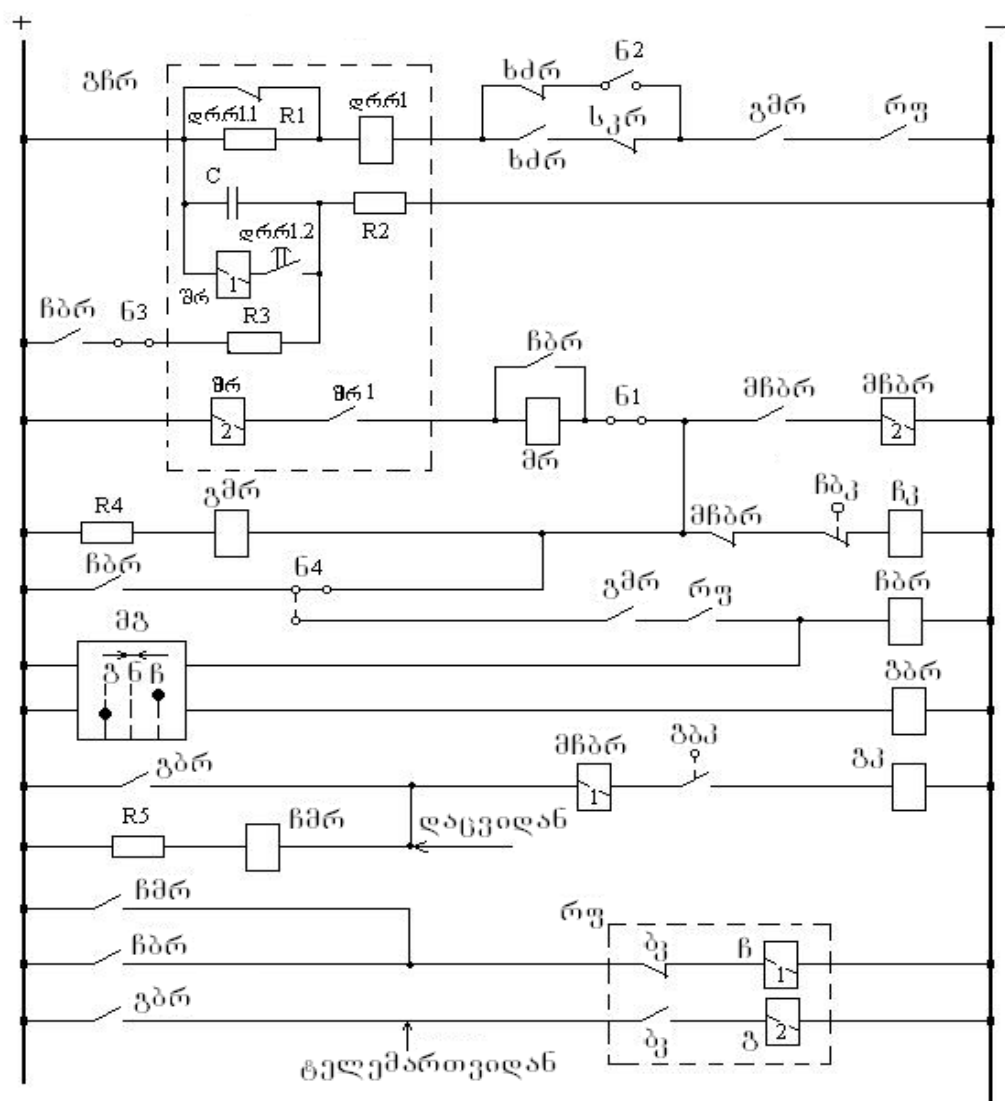
ბ) აგჩ სინქრონიზმის დალოდებით

აგჩ-ს მოქმედების პრინციპი სინქრონიზმის დალოდებით გამოიხატება იმაში, რომ სისტემის ცალკეული გამორთული ნაწილების ჩართვა შესაძლებელი ხდება, როცა ძაბვა გამორთული ხაზის ბოლოებში უახლოვდება სინქრონულს, ან სინქრონულია, ხოლო ძაბვებს შორის კუთხე არ აღემატება განსაზღვრულ მნიშვნელობას. როცა გამორთული ხაზის ბოლოებში ძაბვები სინქრონულია, აგჩ სინქრონიზმის დალოდებით აკონტროლებს კუთხეს ძაბვებს შორის და ახორციელებს ხაზის ჩართვას, თუ კუთხე არ არის დიდი და ჩართვას თან არ ახლავს დენების დიდი ბიძგები. როცა ძაბვები ასინქრონულია აგჩ ახორციელებს ხაზის შეკვრას ტრანზიტში, თუ სიხშირეებს შორის სხვაობა არ არის დიდი და ჩართვას არ ახლავს დენების დიდი ბიძგები და ხანგრძლივი რყევები.

თუ ხაზის ბოლოებში ძაბვები არასინქრონულია და სიხშირეთა სხვაობა მეტია დასაშვებ სიდიდეზე, აგჩ სინქრონიზმის დალოდებით იმოქმედებს, მაშინ როცა აღდგება სინქრონიზმი ენერგოსისტემის ცალკეულ ნაწილებს შორის, ან სიხშირეებს შორის სხვაობა იქნება იმდენად უმნიშვნელო, რომ ხაზის შეკვრა ტრანზიტში არ გამოიწვევს ასინქრონულ სვლას და არ ახლავს თან დენების დიდი რყევები. სქემა მოყვანილია ნახ. 18.11-ზე. იგი განსხვავდება განხილული აგჩ-ს სქემებისაგან იმით, რომ დამატებულია ორი რელე: ხაზზე ძაბვის არსებობის კონტროლის რელე (ხ.ძ.რ.) და სინქრონიზმის დალოდების რელე (ს.კ.რ.). ეს სქემა იდგმება ხაზის ორივე ბოლოში, ამ დროს ხაზის ერთ ბოლოში აგჩ-ს მოქმედება დაიშვება ხაზზე ძაბვის არარსებობის კონტროლით. (ზედა გამხსნელი (ხ.ძ.რ.) კონტაქტით, როცა ნაფენი 52 შეკრულია). ხოლო მეორე ბოლოში ხაზზე ძაბვის არსებობის და შემხვედრი ძაბვების

სინქრონიზმის კონტროლით (შეკრულია ქვედა შემკვრელი (ხძრ) კონტაქტი და (სკრ) კონტაქტი). აგზ-ს ციკლი ხორციელდება შემდეგი მიმდევრობით: ხაზის გამორთვის შემდეგ დასაწყისში იმოქმედებს აგზ, იმ მხარეს, სადაც კონტროლდება ძაბვის არარსებობა და ჩართავს ამომრთველს.

ხაზზე მყარი დაზიანებისას ამომრთველი ისევ გამოირთვება. აგზ-ს მოწყობილობა მეორე მხარეს ამ დროს არ იმოქმედებს. თუ დაზიანება აღმოიფხვრა, ხაზი რჩება ძაბვის ქვეშ და მოქმედებაში მოვა ხაზის მეორე ბოლოში დაყენებული აგზ, ძაბვის (ხძრ) რელე აკონტროლებს რა ძაბვის არსებობას ხაზში იმუშავებს და შეკრავს თავის ქვედა შემკვრელ კონტაქტს. თუ ხაზის ბოლოში ძაბვებს შორის კუთხე არ არის ძალიან დიდი, სინქრონიზმის დალოდებით რელე (სკრ) ასევე შეკრავს კონტაქტს, გასცემს ნებართვას ამომრთველის ჩართვაზე მიცემული დროის დაყოვნების გავლის შემდეგ, რითაც ხაზი იქნება ჩართული ტრანზიტში.



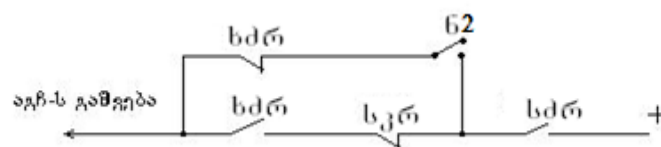
ნახ. 18.11 აგზ-ს პრინციპიული სქემა სინქრონიზმის დალოდებით, მინაერთებისათვის ზეთიანი ამომრთველებით. ხ.ძ.რ. – ხაზზე ძაბვის არსებობის კონტროლის რელე; ს.კ.რ. – სინქრონიზმის კონტროლის რელე.

ნახ. 18.11-ზე აგჩ-ს სქემაში (52) ნაფენის მეშვეობით განხორციელებულია აგჩ-ს ფუნქციის შეცვლა ხაზის იმ მხარეს, სადაც ხორციელდება ძაბვის არსებობის და სინქრონიზმის კონტროლი, (52) ნაფენი გამოყვანილია. იმ მხარეს, სადაც ხორციელდება ძაბვის არარსებობის კონტროლი, (52) ნაფენი შეყვანილია. უნდა აღინიშნოს, რომ ხაზის იმ მხარეს, სადაც კონტროლდება ძაბვის არარსებობა, მიმდევრობით ჩართული (ხძრ) და (სკრ) კონტაქტები არ გამოყავთ. ამიტომ გამორიცხებულია აგჩ-ს უარი ხაზის ცალმხრივი გამორთვისას.

სინქრონიზმის დალოდებისათვის გამოიყენება სინქრონიზმის კონტროლის ძაბვის რელე, ამ რელეს აქვს 2 კოჭა, თითოეულთან ჩართულია ერთი მასინქრონებელი ძაბვა. აღნიშნული რელეები არსებობენ სხვადასხვა ნომინალურ ძაბვაზე, რისთვისაც რელეს კოჭებთან მიმდევრობით ჩართულია სხვადასხვა დამატებითი რეზისტორები. ნომინალურ ძაბვებზე რელეს კოჭებზე შეიძლება დარეგულირდეს ამუშავების კუთხე 20° - 40° არანაკლებ 0.8 დაბრუნების კოეფიციენტით.

ჩვეულებრივ, აგჩ სინქრონიზმის დალოდებით გამოიყენება ორმხრივი კვების მქონე ხაზებზე, როცა არსებობს მეორე პარალელური კავშირი ენერგოსისტემის ორ ნაწილს შორის. ასეთ შემთხვევაში ერთ-ერთი კავშირის დაკარგვისას სინქრონიზმი არ ირღვევა ენერგოსისტემებს შორის და დაზიანებული ხაზი შეიძლება ჩაირთოს მუშაობაში, თუ დაზიანება აღმოიფხვრება და კუთხე ძაბვებს შორის ხაზის ბოლოებში არ აღემატება მიცემულ დანაყენს. სინქრონიზმის დალოდებით აგჩ-ს გამოყენების ეფექტურობის ასამაღლებლად ცალმაგ ორმხრივი კვების ხაზებზე შემუშავებულია უფრო რთული სქემებიც, ვიდრე განხილულები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ამომრთველის ჩართვას წინსწრების სხვადასხვა კუთხეებით და სხვადასხვა სიხშირეების დროს. აღნიშნულის გამო სწრაფად ხდება ხაზის ჩართვა. მსგავს მოწყობილობებს ჰქვია აგჩ სინქრონიზმის დაჭერით.

აგჩ-ს სინქრონიზმის დალოდებით, მიმართულებიან და სწრაფმოქმედ აგჩ-სთან შედარებით აქვს ის უპირატესობა, რომ აღნიშნული აგჩ-ს დროს ტრანზიტის შეკვრა მიმდინარეობს სიხშირეებს შორის მცირე სხვაობის და კუთხეების მცირე მნიშვნელობების დროს. სინქრონიზმის დალოდებით აგჩ-ს მოქმედებას არ ახლავს ასინქრონული სვლა, როგორც წესი, ასეთ დროს არ არის აუცილებელი დამატებითი ღონისძიებები, რომლებიც თავიდან აგვაცილებენ რელეური დაცვის არასწორ მოქმედებას.



ნახ. 18.12 აგჩ-ს გაშვების სქემა სინქრონიზმის კონტროლით და ხაზზე და სალტზე ძაბვის არსებობის კონტროლით ს.ძ.რ. –სალტის ძაბვის რელე; ხ.ძ.რ. –ხაზის ძაბვის რელე; ს.კ.რ. – სინქრონიზმის კონტროლის რელე.

მაბვის წრედების დაზიანებისას, რომელიც მიწოდებული არის სინქრონიზმის კონტროლის რელეს ერთ-ერთი კოჭზე რელემ შეიძლება იმუშაოს არასწორად. ამის აღმოსაფხვრელად აგჩ-ს გაშვების წრედში ჩართული არის დამატებითი მაბვის რელეს კონტაქტი, რომელიც აკონტროლებს მაბვის არსებობას ქვესადგურის სალტეებზე, როგორც ნაჩვენებია ნახ. 18.12-ზე. მაბვის დაკარგვის დროს, რომელიც ეწოდება სინქრონიზმის დალოდების რელეს სალტის მაბვის ტრანსფორმატორიდან, (სძრ) რელე გახსნის თავის კონტაქტს და აიცილებს აგჩ-ს გაშვებას. რამდენადაც რელე „PH-55“ არ იძლევა საშუალებას ამუშავების დანაყენი შესრულდეს 40°-ზე მეტი, აუცილებლობის დროს გამოიყენება სპეციალური შესრულების (სკრ) რელე. ზოგჯერ გამოიყენება „PH-55“ ტიპის რელე, რომლის კოჭების მიმდევრობით ჩაერთვება დამატებითი წინაღობები, რაც ამცირებს მაბვას რელეს კოჭებზე და შესაბამისად ზრდის ამუშავების კუთხეს.

18.10 სალტეების ავტომატური განმეორებითი ჩართვა

როგორც სტატისტიკა გვიჩვენებს სალტეებზე დაზიანებების უმეტესობას აქვს არამდგრადი ხასიათი, რაც საშუალებას იძლევა სალტეებზე წარმატებით განხორციელდეს ა.გ.ჩ. ცალმხრივად მკვებავი ქვესადგურებისათვის, რომლის სალტეებზე დაზიანების გამორთვა უზრუნველყოფილია მკვებავ ხაზებზე ან ტრ-ებიდან დაცვებით საწინააღმდეგო ბოლოში, მაბვის მიწოდება სალტეებზე განმეორებით ხორციელდება მკვებავი ელემენტების (ხაზის ან ტრ-ების) განმეორებითი ჩართვით.

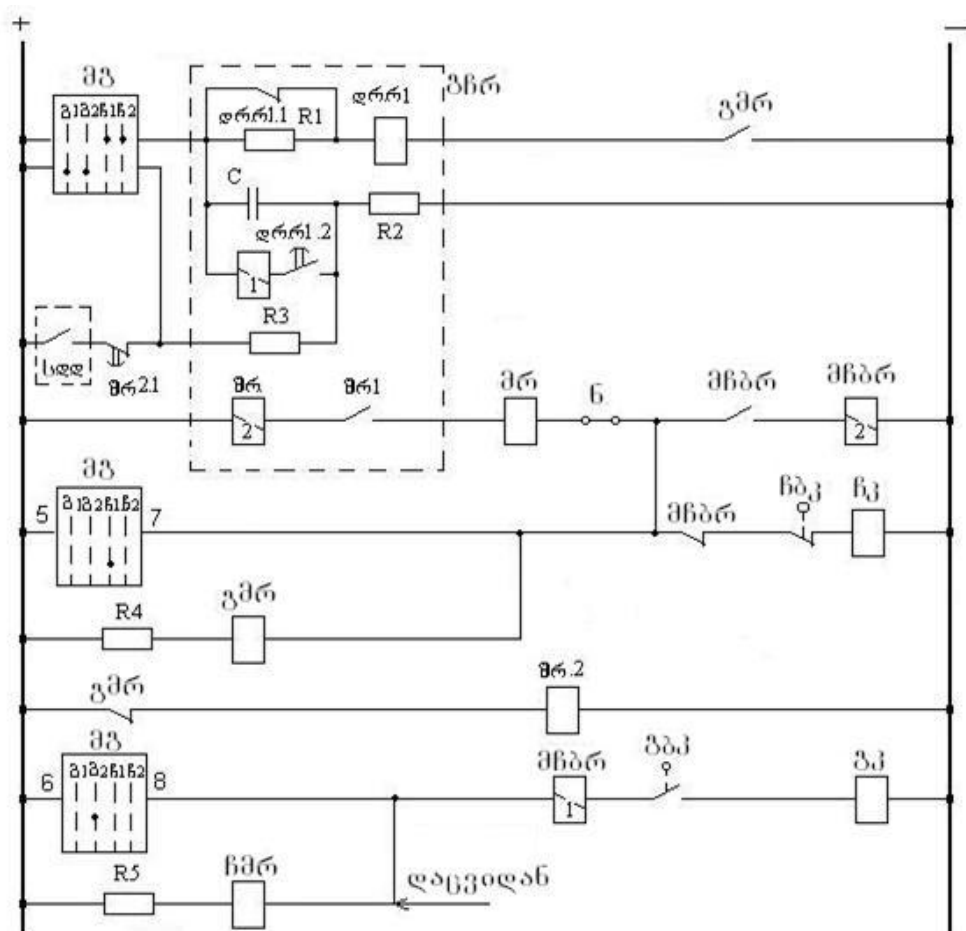
ქვესადგურში სალტეებზე სპეციალური დაცვის არსებობისას, სალტეების განმეორებითი ჩართვა შეიძლება განხორციელდეს მკვებავი მინაერთების ამომრთველებზე აგჩ-ს გამოყენებით. აგჩ-ს სქემა ამ დროს სრულდება ამომრთველის და მართვის გასაღების შეუსაბამობის (ფიქსაციის რელე) გაშვებით. ამ შემთხვევაში, სალტეების დაცვის მოქმედების დროს არ უნდა განხორციელდეს ხაზის აგჩ-ს მოქმედების ბლოკირება.

ქვესადგურში რამოდენიმე მკვებავი ხაზის არსებობისას, მიზანშეწონილია აგჩ განხორციელდეს რამოდენიმე, ან ყველა ხაზზე, რომლებიც გამოირთვება სალტეების დაცვის მოქმედებით. ამ მიზნით სალტეების დაცვის მუშაობის დროს ყველა ხაზის ჩართვა ხორციელდება აგჩ-ს საშუალებით. პირველ ხაზზე წარმატებული აგჩ-ს შემთხვევაში, რიგრიგობით ჩაერთვება ყველა ხაზის ამომრთველი. თუ პირველი ხაზი ჩაერთვება მყარ მშ-ზე, ხელახლა იმუშავებს სალტის დაცვა. ამ დროს სხვა ხაზების აგჩ ბლოკირდება და მათი ამომრთველები არ ჩაერთვება, რითაც უზრუნველყოფილია სალტეების აგჩ-ს ერთჯერადობა.

ასეთი ბლოკირება შეიძლება განხორციელდეს დამატებითი შუალედური (შრ2) რელეს საშუალებით ნახ. 18.13, რომელსაც აქვს დაყოვნება ღუზის დაბრუნებაზე 0.4-0.5 წმ და დაყენებულია ყოველი ხაზის აგჩ-ს სქემაში. როცა ხაზის ამომრთველი

ჩართულია, რელე (შრ2) გარსშემოედინება დენით და კონტაქტი (შრ2.1) აგჩ-ს ბლოკირების წრედში (კონდენსატორის განმუხტვის წრედი) სალტის დაცვის მუშაობის დროს არის გახსნილ მდგომარეობაში. ამომრთველის გამორთვისას (შრ2) რელე გაუდენურდება, მაგრამ მისი კონტაქტი რჩება გახსნილ მდგომარეობაში 0.4-0.5 წმ-ის განმავლობაში. ამ დროისათვის უკვე გამორთული იქნება მ.შ. და გაიხსნება სალტის დაცვის კონტაქტები (ს.დ.დ.).

ამგვარად, სალტების დაცვის პირველი მუშაობისას აგჩ არ ბლოკირდება. თუ პირველი ხაზი, რომელზეც აგჩ-ს აქვს ყველაზე მცირე დროის დაყოვნება, ჩაირთვება მყარ მშ-ზე, ხელახლა იმუშავებს სალტის დაცვა და გამორთავს ჩართულ ამომრთველს. ამასთან ერთად აგჩ-ს სქემაში ისევ შეიკვრება (ს.დ.დ.) - კონტაქტი და რამდენადაც შეკრული იქნება (შრ2.1) კონტაქტი, მოხდება C კონდენსატორის განმუხტვა, რითაც აიკრძალება სხვა ხაზებზე აგჩ-ს მოქმედება.



ნახ. 18.13 სალტების დაცვის განმეორებით მუშაობის დროს ინდივიდუალური ბლოკირებით სამფაზა ა.გ.ჩ.-ს პრინციპიალური სქემა.

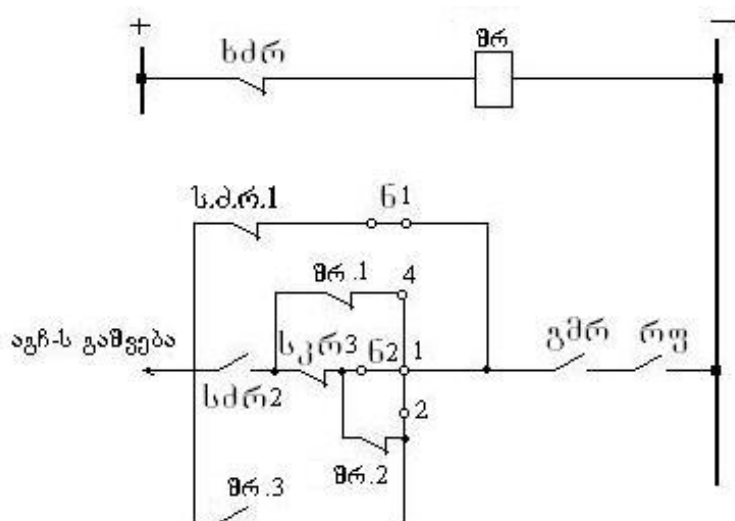
შესაძლებელია აგრეთვე აგჩ-ს ერთჯერადობის შენარჩუნება პრინციპულად სხვა გზით რელეს დახმარებით, რომელიც აკონტროლებს ძაბვის არსებობას სალტებზე. ხაზის ან ტრანსფორმატორის აგჩ-ს კომპლექტში, რომელიც უნდა ჩაირთოს პირველ რიგში, ავტომატიკის მოქმედებას ნება ეძლევა ქვესადგურში სალტებზე ძაბვის

არარსებობისას. ამგვარად, თუ პირველი ჩართვა იქნება არაწარმატებული და სალტის დაცვა ხელახლა გამორთავს მინაერთებს, სალტეზე ძაბვა არ შენარჩუნდება და სხვა ელემენტები არ ჩაირთვება. ორმხრივი კვების ხაზებზე გამოყენებული არის აგჩ-ს ტიპური სქემები, რომლებშიც დაყენებულია სამივე რელე: ხაზზე ძაბვის არსებობის კონტროლის (ხ.ძ.რ.), სინქრონიზმის კონტროლის (ს.კ.რ.) და სალტეებზე ძაბვის არარსებობის კონტროლის (ს.ძ.რ.) (ნახ. 18.14). შესაბამისი გაშვების სქემის არჩევა, რომელიც კონკრეტულ შემთხვევაში არის აუცილებელი, ხორციელდება (ნ1) და (ნ2) ნაფენებით.

როცა (ნ1) ნაფენი ჩართულია, აგჩ ხორციელდება სალტეებზე ძაბვის არარსებობის კონტროლით. როცა (ნ1) ნაფენი გახსნილია, ქვესადგურის სალტეზე ძაბვის არარსებობის შემთხვევაში, ავტომატური განმეორებითი ჩართვის გაშვების წრედი გამოყვანილია მოქმედებიდან. როცა (ნ2) ნაფენი დაყენებულია 1-2 მდგომარეობაში (შ.რ.3) კონტაქტით მზადდება აგჩ-ს გაშვების წრედი ხაზზე ძაბვის არარსებობის პირობით. ერთდროულად ამ დროს ხორციელდება აგჩ-ს გაშვება ხაზზე და სალტეზე ძაბვის არსებობისას და სინქრონიზმის არსებობის პირობით (ს.ძ.რ.2 – ს.კ.რ – შ.რ.2 წრედით). (ნ2) ნაფენის დაყენებით 1-3 მდგომარეობაში შეიძლება მოქმედებაში შეყვანილ იქნას აგჩ-ს გაშვების წრედი სინქრონიზმის კონტროლით და ძაბვის არსებობით ხაზზე და სალტეზე.

ნახ. 18.13-ზე განხილულ სქემასთან შედარებით, რელეს საშუალებით განხორციელებული სალტის აგჩ-ს ერთჯერადობის უზრუნველყოფის სქემას (რომელიც აკონტროლებს ძაბვის არსებობას ქს-ის სალტეებზე), გააჩნია ნაკლოვანებები.

მინაერთის აგჩ-ს ან ამომრთველის ჩართვაზე უარის შემთხვევაში, რომელიც უნდა ჩაირთოს პირველ რიგში, სალტის აგჩ არ შედგება. მაშინ როცა ბლოკირების სქემაში ამ შემთხვევაში სალტის დაცვის განმეორებით მოქმედების შემდეგ იმუშავებს სხვა მინაერთის აგჩ, რომელსაც აქვს დიდი დროის დაყოვნება.



ნახ. 18.14 ა.გ.ჩ.-ს გაშვების სქემა სინქრონიზმის კონტროლით და სალტეზე და ხაზზე ძაბვის არსებობის კონტროლით.

თუ ელემენტი, რომელიც უნდა ჩაირთოს პირველ რიგში, გამოყვანილია მუშაობიდან, აუცილებელია ოპერატიული გადართვა მოხდეს ისე, რომ ერთ-ერთ დარჩენილ ელემენტზე აგჩ განხორციელდეს სალტებზე ძაბვის არარსებობის კონტროლით. ბლოკირების სქემაში სალტის დაცვის განმეორებით მუშაობის შემდეგ ოპერატიული გადართვების წარმოება საჭირო არ არის.

ბლოკირების სქემით სალტის აგჩ-ს განხორციელების შემთხვევაში სალტის დაცვის განმეორებით მუშაობის დროს ხაზების და ტრანსფორმატორების აგჩ-ს დროის დანაყენი უნდა იყოს შეთანხმებული ერთმანეთთან. რიგითობის მიხედვით პირველად და შემდეგ ჩართული მინაერთების აგჩ-ს დროის დანაყენებს შორის სხვაობა უნდა იყოს საკმარისი ბლოკირების სქემის მუშაობისათვის, რომელიც სალტზე მყარი მოკლედ შერთვის შემთხვევაში კრძალავს განმეორებით ჩართვას.

ამისათვის უნდა იყოს დაცული შემდეგი პირობები:

$$t_{აგჩ2} = t_{აგჩ1} + t_{ჩართვა1} + t_{დაცვა} + t_{მარ} \quad (18.7)$$

სადაც $t_{მარ}$ არის მარაგის დრო და ტოლია 0,5-0,8 წმ, $t_{დაცვა}$ არის სალტის დაცვის მოქმედების დრო.

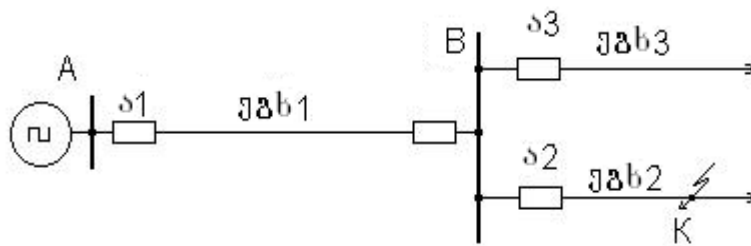
სალტის აგჩ-ს კერძო შემთხვევას წარმოადგენს ტრანსფორმატორების აგჩ. უფრო მიზანშეწონილია აგჩ ერთ ტრანსფორმატორიან ქვესადგურში ტრანსფორმატორზე, რომლის გამორთვას შეიძლება მოჰყვეს ავარია. აგჩ ასევე მიღებულია პარალელურად მომუშავე ტრ-ებზე, ქვესადგურებში მომსახურე პერსონალის გარეშე. როგორც წესი, აგჩ-ს მოქმედება არ დაიშვება ტრანსფორმატორის შიგა დაზიანების დროს, როცა უნდა იმუშაოს გაზურმა, ან დიფ. დაცვამ.

18.11 აგჩ-ს შეთანხმება რელეურ დაცვასთან

რიგრიგობითი აგჩ

ქვეთავ 18.6-ში განხილული იყო სარელეო დაცვის მოქმედების აჩქარება აგჩ-მდე და აგჩ-ს შემდეგ. ქვემოთ განხილული არის აგჩ-ს და რელეური დაცვის ურთიერთშეთანხმების კიდევ ერთი მეთოდი, რომელიც უზრუნველყოფს დაზიანების სელექციურ გამორთვას დენური დაცვების მეშვეობით.

ნახ. 18.15-ზე განხილულია შემთხვევა, როცა ორ მიმდევრობით ჩართულ ხაზზე ე.გ.ხ.1 და ე.გ.ხ.2 დაყენებულია დაცვები ერთნაირი დროის დაყოვნებით. ასეთი გადაწყვეტილება მიღებულია დაცვის დროის დაყოვნების შემცირებისათვის, მიმდევრობით ჩართული ხაზებისათვის. ამასთან ე.გ.ხ.2 ხაზზე დაზიანებისას ე.გ.ხ.1 ხაზზე არასელექციურად გამოირთვება ამომრთველი. ეს არასელექციური მოქმედება შეიძლება თავიდან ავიცილოთ რიგრიგობითი აგჩ-ს საშუალებით, რომლის განხორციელების პრინციპი არის შემდეგი:



ნახ. 18.15 რიგრიგობითი აგჩ.-ს მოქმედების პრინციპის განმარტებითი სქემა.

მშ-ის დროს ე.გ.ბ.2-ზე ერთდროულად გამოირთვება ა1 და ა2 ამომრთველები. აგჩ-ს მოქმედებით თავიდან ჩაირთვება ა1. გარკვეული დროის განმავლობაში, რომელიც საკმარისია ა1 ამომრთველზე არსებული რელეური დაცვის სამოქმედოდ, ეს დაცვა გამოყვანილია მოქმედებიდან, ან ავტომატურად შენელებულია (რამდენედაც ხაზის დაცვას აქვს რამოდენიმე საფეხური, ერთ-ერთი მათგანი გამოყვანილია, ან შენელებული). ამის შემდეგ ე.გ.ბ.2 ხაზის აგჩ-ის მოწყობილობა, რომელიც დაიწყებს მუშაობას მიიღებს რა ძაბვას B ქვესადგური ე.გ.ბ.1-ით, სალტე ჩართავს ა2 ამომრთველს. თუ მ.შ. ე.გ.ბ.2-ზე არ აღმოიფხვრა, მისი დაცვა ხელახლა იმუშავებს და გამორთავს ა2 ამომრთველს. ა1-ზე დაყენებული დაცვა ამ დროს არ იმუშავებს, რადგან იქნება მოქმედებიდან გამოყვანილი აგჩ-ს შემდეგ, ან იქნება შენელებული დროის დაყოვნებით.

განხილული სქემის ნაკლად ითვლება ის, რომ დაცვის საფეხური, დაყენებული ა1-ზე, ხანგრძლივი დროით აღმოჩნდება გამოყვანილი მოქმედებიდან. თუ ამ დროს ე.გ.ბ.1-ზე წარმოიქმნა დაზიანება, ის უნდა გამოირთოს სხვა დაცვებით.

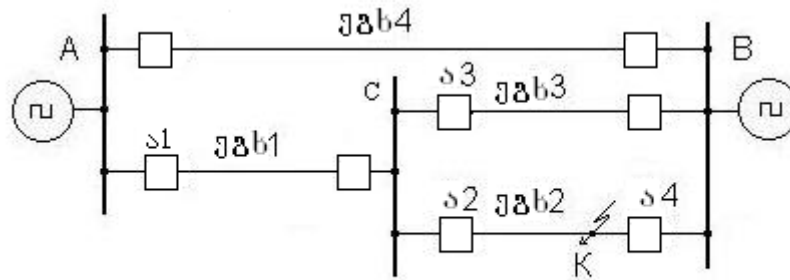
მრავალჯერადი აგჩ

ე.გ.ბ.2 ხაზზე დაზიანების სელექციური ლიკვიდაცია (ნახ. 18.15) შეიძლება უზრუნველყოთ ა1 და ა2 ამომრთველებზე აგჩ-ის დაყენებით, რომელთაც აქვთ მრავალჯერადი მოქმედება: ერთჯერადი ა2-ზე და ორჯერადი ა1-ზე. დავუშვათ, რომ ე.გ.ბ.2-ის დაზიანებისას გამოირთვება ორივე ხაზი ე.გ.ბ.1 და ე.გ.ბ.2. აგჩ-ს პირველი ციკლის შემდეგ, მყარი მოკლედ შერთვის დროს ე.გ.ბ.2 ხაზზე ისევ იმუშავებენ დაცვები ორივე ხაზზე და გამორთავენ ა1 და ა2 ამომრთველებს. მეორედ აგჩ ჩართავს მხოლოდ ა1 ამომრთველს, რამდენადაც დაყენებულია ორჯერადი მოქმედების აგჩ. ამ დროს აღდება ე.გ.ბ.3 ხაზის კვება, რომელიც გადის B ქვესადგურიდან.

აგჩ-ს სქემას და დროის დანაყენის შერჩევას ამ შემთხვევაში არ წაყენება არავითარი დამატებითი მოთხოვნები და ისინი სრულდება როგორც ერთჯერადი ან ორჯერადი აგჩ ცალმხრივი კვების მქონე ხაზებზე.

აგჩ ძაბვის არარსებობის კონტროლით

განვიხილოთ ხაზის არასელექციური გამორთვისას ექსპლოატაციაში გამოყენებული კიდევ ერთი მეთოდი ნახ. 18.16.



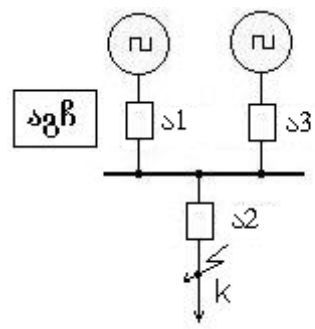
ნახ. 18.16

C ქვესადგურში (ამომრთველი ა2) დადგმულია აგჩ ძაბვის არსებობის კონტროლით ე.გ.ხ2 ხაზზე. A ქვესადგურში (ამომრთველი ა1) დადგმულია უბრალო აგჩ. დავუშვათ, რომ ე.გ.ხ2 ხაზის დაზიანებისას ერთდროულად ირთვება ე.გ.ხ1 და ე.გ.ხ2 ხაზი. ე.გ.ხ2 ხაზზე ძაბვა მოწოდებული იქნება B ქვესადგურიდან ა4 ამომრთველით. თუ დაზიანება არ გაქრება, ის გამოირთვება ა4 ამომრთველზე დაყენებული დაცვით. C ქვესადგურის მხრიდან ა2 ამომრთველი არ ჩაირთვება, რამდენადაც მასზე დაყენებული აგჩ აკონტროლებს ხაზზე ძაბვის არსებობას. ა1 ამომრთველი იქნება ჩართული მუშაობაში თავისი აგჩ-თი და ე.გ.ხ1 ხაზი იქნება ტრანზიტში შეკრული. არამდგრადი დაზიანებისას ე.გ.ხ2 ხაზზე აგჩ სწრაფად ჩართავს ა4-ს, რის შემდეგაც ძაბვის კონტროლით აგჩ-დან ჩაირთვება ა2 ამომრთველი.

არასელექციური მოკვეთის გამოყენება აგჩ-სთან შეთანხმებით მ.შ-ის სიმძლავრის შესამცირებლად.

ენერგოსისტემაში შეიძლება გაჩნდეს ისეთი მდგომარეობა, როცა ქვესადგურში დადგმული ამომრთველი ვერ უზრუნველყოფს გაზრდილი მოკლედ შერთვის დენის გამორთვას. მოკლედ შერთვის სიმძლავრის შესამცირებლად ზოგჯერ მიღებულია ქვესადგურში სალტეების გაყოფა, რომ ქვესადგურიდან გამომავალი ხაზის, ან ტრ-ის დაზიანების დროს მოკლედ შერთვის ადგილამდე დენი მიდიოდეს დანაწევრებული კვების წყაროებიდან. ასეთი გადაწყვეტა შეიძლება იყოს არასასურველი საიმედოობის თვალსაზრისით. ამიტომ პრაქტიკაში ქვესადგურის შეკრული სქემის შენარჩუნების მიზნით გამოყენებულია სპეციალური არასელექციური დენური მოკვეთა, დენის ერთ-ერთი წყაროდან აგჩ-სთან შეთანხმებით.

მაგალითის სახით განვიხილოთ ნახ. 18.17-ზე მოცემული სქემა. ხაზზე დაზიანებისას მშ-ის სიმძლავრის შესამცირებლად არასელექციური დენური მოკვეთა გამორთავს ა1 ამომრთველს, რის შემდეგაც შეიძლება ა2 ამომრთველის გამორთვა. გარკვეული დროის შემდეგ ა1 ამომრთველი ისევ ჩაირთვება აგჩ-ს მეშვეობით. იმისათვის, რომ უზრუნველყოთ ა1 ამომრთველის ჩქარი გამორთვა კვების წყაროებიდან, მასზე ყენდება სპეციალური სწრაფმოქმედი რელე. ცალკეულ შემთხვევებში გათვალისწინებულია გამომავალი ელემენტების დაცვების დროის დაყოვნების მცირედი შენელება (ა2 ნახ. 18.17-ზე).



Биб. 18.17

19.1 ზოგადი ცნობები

ენერგოსისტემაში სინქრონული მანქანის პარალელურ მუშაობაში ჩართვის პროცესს ეწოდება სინქრონიზაცია. არსებობს ავტომატური და ნახევრად ავტომატური სინქრონიზაცია. ავტომატური სინქრონიზაციის დროს ყველა ოპერაცია ხორციელდება ოპერატიული პერსონალის ჩარევის გარეშე, სპეციალური ავტომატური მოწყობილობებით. ნახევრად ავტომატური სინქრონიზაციის დროს ოპერატიული პერსონალის მოქმედება დაყვანილია მინიმუმამდე და შემოიფარგლება მხოლოდ ნაწილი ოპერაციების შესრულებით. (მაგალითად სინქრონიზაციის პროცესში მონაწილე გენერატორის ბრუნთა რიცხვის რეგულირება); მაშინ, როცა ყველა დანარჩენი ოპერაცია ხორციელდება ავტომატურად.

სინქრონიზაციის დროს ყველა ოპერაციის (განსაკუთრებით ყველაზე საპასუხისმგებლო-სინქრონული მანქანის ჩართვა) ავტომატიზაცია საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ პერსონალის არასწორი მოქმედებით გამოწვეული მძიმე შედეგები.

სინქრონული მანქანების პარალელურ მუშაობაში ჩართვისას გამოიყენება ორი ხერხი: თვითსინქრონიზაცია და ზუსტი სინქრონიზაცია.

თვითსინქრონიზაციის დროს აღუზნებელ გენერატორს დააბრუნებენ ტურბინის საშუალებით სინქრონულ სიჩქარემდე და როტორის გარკვეული სიდიდის აჩქარებისა და სრიალის პირობებში, (სისტემის ექვივალენტური გენერატორის როტორთან შედარებით) ჩართავენ ქსელში. შემდეგ მყისურად მიაწვდიან აღზნებას და მიმდინარეობს როტორის სინქრონიზმში ჩართვის პროცესი.

ზუსტი სინქრონიზაციის დროს გენერატორს დააბრუნებენ სინქრონულ ბრუნთა რიცხვამდე და აღაგზნებენ. მისი ქსელში ჩართვის მომენტისათვის აუცილებელია უზრუნველყოფილი იქნას შემდეგი პირობების შესრულება:

- სინქრონიზაციის პროცესში მონაწილე გენერატორის და ქსელის სიხშირეების ტოლობა;
- გენერატორის და ქსელის ძაბვების ტოლობა;
- სინქრონიზაციის პროცესში გენერატორის და ქსელის ძაბვებს შორის ფაზური ძვრის არარსებობა.

ზუსტი სინქრონიზაციის აღნიშნული პირობების შესრულებისათვის ნორმალური რეჟიმის დროსაც კი საჭიროა საკმაოდ ხანგრძლივი დრო. ავარიულ სიტუაციებში კი, როცა საჭიროა დამატებითი სიმძლავრეების სწრაფად შეყვანა მოქმედებაში და შესაძლოა ემერგოსისტემის სიხშირის და ძაბვის მნიშვნელოვანი ცვლილება, გენერატორის ჩართვა ქსელში ზუსტი სინქრონიზაციის მეთოდით შეიძლება გახანგრძლივდეს, ან განხორციელდეს დაუშვებელ პირობებში.

ავარიულ სიტუაციებში გენერატორების სწრაფი ჩართვის შესაძლებლობას პარალელ მუშაობაში იძლევა თვითსინქრონიზაციის ხერხი. ეს წარმოადგენს აღნიშნული ხერხის ძირითად უპირატესობას, ვინაიდან ამ დროს არ არის სავალდებულო დავიცვათ ზუსტი სინქრონიზაციის პირობები და მნიშვნელოვნად არის გამარტივებული ავტომატიკის მოწყობილობა. თვითსინქრონიზაციის ხერხის ძირითადნაკლს წარმოადგენს გამათანაბრებელი დენისა და სიმძლავრის მიერ გამოწვეული მნიშვნელოვანი ბიძგები.

19.2.1 გენერატორების თვითსინქრონიზაცია

აღუგზნებული გენერატორის ქსელში ჩართვა ენერგოსისტემისათვის ექვივალენტურია გენერატორის წინააღობის იქით უეცარი სამფაზა მოკლე შერთვის წარმოქმნის. გენერატორის ჩართვის საწყის მომენტში გამათანაბრებელი დენის პერიოდული მდგენელის სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს ნახ. 19.1-ზე ნაჩვენები ჩანა-ცვლების სქემით, როცა $E''_{q0} = 0$

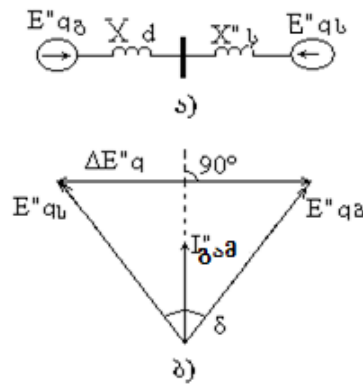
$$I''_{ga} = E''_{qs} / (X''_d + X''_s) \quad (19.1)$$

სადაც E''_{qs} არის ენერგოსისტემის ექვივალენტური ზეგარდამავალი ე.მ.ძ, რომელიც ტოლია გენერატორის ჩართვის წერტილში მის ჩართვამდე არსებული ქსელის U_{s0} ძაბვის. X''_d და X''_s არიან სინქრონული გენერატორის და ენერგოსისტემის ზეგარდამავალი წინააღობები. თუ $X''_s = 0$, რასაც ადგილი აქვს გენერატორის ჩართვისას უსასრულოდ მძლავრი ენერგოსისტემის სალტებზე, გამათანაბრებელ დენს აქვს უდიდესი მნიშვნელობა, რომელიც ტოლია:

$$I''_{ga} = E''_{qs} / X''_d \approx I'' \quad (19.2)$$

სადაც I'' - არის გენერატორის მომჭერებზე სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს ზეგარდამავალი დენის მოქმედი მნიშვნელობა.

ვინაიდან $X''_s > 0$, ამიტომ თვითსინქრონიზაციის დროს გამათანაბრებელი დენების და გენერატორის ღერძზე ელექტრომაგნიტური მომენტების მნიშვნელობები არ აღემატებიან გენერატორის გამომყვანებზე მოკლე შერთვის დროს შესაბამის მნიშვნელობებს.



ნახ. 19.1 გენერატორის სინქრონიზაცია ენერგოსისტემასთან:

(ა) ჩანაცვლების სქემა; (ბ) ვექტორული დიაგრამა.

გენერატორების ჩართვა თვითსინქრონიზაციის ხერხით აგრეთვე ხასიათდება სადგურის სალტებზე და ენერგოსისტემაში ძაბვების შემცირებით. საწყის მომენტში გენერატორის მომჭერებზე ნარჩი ძაბვა ტოლია:

$$U_0 = E''_{q\delta} \cdot X'_d / (X'_d + X''_s) \quad (19.3)$$

გენერატორის სალტებიდან დაშორების შესაბამისად, ენერგოსისტემაში ძაბვების შემცირების ხარისხი თანდათან კლებულობს. როგორც თვითსინქრონიზაციის ხერხის გამოყენების გამოცდილება გვიჩვენებს, ხანმოკლე დროით ძაბვის შემცირება, როგორც წესი, გავლენას ვერ ახდენს მომხმარებლების მუშაობაზე და მეტწილად დასაშვებია. თანამედროვე პირობებში გენერატორების ჩართვა პარალელურ მუშაობაში თვითსინქრონიზაციის ხერხით შეიძლება გამოყენებული იქნას: ნებისმიერი სიმძლავრის სინქრონულ კონპენსატორებზე, 3 მვტ-მდე სიმძლევრის ტურბოგენერატორებზე, ავარიულ რეჟიმებში ყველა გენერატორზე ჩართვის დენის შეზღუდვის გარეშე, აგრეთვე ყველა დანარჩენ შემთხვევაში, როცა გამათანაბრებელი დენის პერიოდული მდგენელის მოქმედი მნიშვნელობაა

$$I_{ga0} = U_{s0} / (X'_d + X''_s) \leq 3,5 I_{g,ნომ} \quad (19.4)$$

სადაც U_{s0} არის გენერატორის ჩართვამდე ქსელის ძაბვა, რომელიც მიყვანილია გენერატორის ძაბვის საფეხურზე და ტოლია $1,05 U_{g,ნომ} / \sqrt{3}$; X''_s - სისტემის რეაქტანსი, რომელიც მიყვანილია გენერატორის ძაბვის საფეხურზე; X'_d - გენერატორის გრძივი გარდამავალი წინაღობა; ქარხანა დამამზადებლის რეკომენდაციის შესაბამისად ტურბოგენერატორებისთვის გრავნილების უშუალო გაციებით (19.4) ტოლობაში კოეფიციენტი 3,5-ს ნაცვლად უნდა ავიღოთ 2,8.

(4.4) პირობები თავისი შინაარსით უფლებას გვაძლევს განვახორციელოთ ტრანსფორმატორთან ბლოკში მომუშავე ტურბოგენერატორების თვითსინქრონიზაცია. ასევე შესაძლებელია ნებისმიერი სიმძლავრის ჰიდროგენერატორების თვითსინქრონიზაცია. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ექსპლოატაციის ნორმალურ პირობებში ტურბოგენერატორებისთვის გრავნილების უშუალო გაციებით და 100 მვტ-

ზე მეტი სიმძლავრის ჰიდროგენერატორებისათვის, როგორც წესი, გამოიყენება ზუსტი სინქრონიზაციის ხერხი, ხოლო გენერატორების ჩართვა თვითსინქრონიზაციის ხერხით ხორციელდება ავრიულ სიტუაციებში.

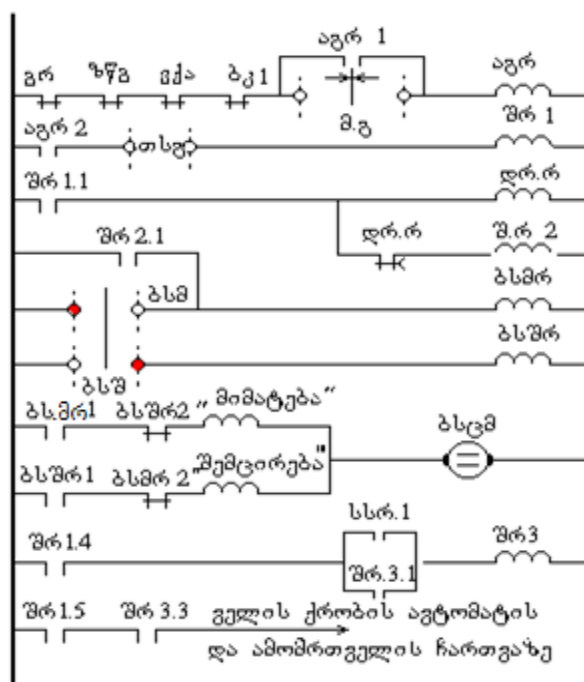
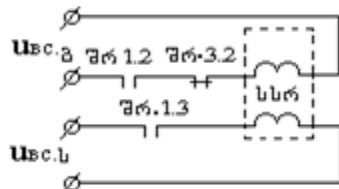
19.2.2 გენერატორების თვითსინქრონიზაციის, ავტომატური და ნახევრად ავტომატური მოწყობილობები

ჰიდროელექტროსადგურებზე აგრეგატების გაშვების და გაჩერების პროცესები მთლიანად ავტომატიზირებულია და ამ დროს თვითსინქრონიზაცია, როგორც დამამთავრებელი ოპერაცია, შედის გაშვების ციკლში და ხორციელდება პერსონალის ჩარევის გარეშე.

თბოელექტროსადგურებზე (თეს) ტურბოგენერატორების გაშვების სპეციფიკის გათვალისწინებით თვითსინქრონიზაციის ოპერაცია, როგორც წესი, ხორციელდება ნახევრად ავტომატურად. გენერატორის ბრუნვის სიხშირის რეგულირება და მიყვანა სინქრონულამდე დაკისრებული აქვს პერსონალს, ხოლო გენერატორის ჩართვა ქსელში ხორციელდება მოცემული სრიალის მნიშვნელობისას, თვითსინქრონიზაციის მოწყობილობით ავტომატურად. ამიტომ თბოელექტროსადგურებზე თვითსინქრონიზაციის ნახევრადავტომატური მოწყობილობები გაცილებით მარტივია და ერთი მოწყობილობა ემსახურება რამოდენიმე გენერატორს, ხოლო სქემაში გათვალისწინებულია სპეციალური თვითსინქრონიზაციის გასაღები (თსგ) რომლის საშუალებითაც პერსონალი მოწყობილობას გადართავს ქსელში მისაერთებელ გენერატორზე.

თვითსინქრონიზაციის მოწყობილობებში შეიძლება განხორციელდეს ან სინქრონიზაციის პროცესში მონაწილე გენერატორის ნარჩი ძაბვის სიხშირის კონტროლი, ან გენერატორისა და ქსელის სიხშირეთა სხვაობის კონტროლი (სრიალის კონტროლი). ავარიულ სიტუაციებში, როცა ქსელის სიხშირე განსხვავდება ნომინალურისაგან, თვითსინქრონიზაციის ისეთი მოწყობილობების გამოყენებამ, რომლებიც ახორციელებენ გენერატორის სიხშირის კონტროლს, შეიძლება გამოიწვიოს გენერატორის ჩართვა ქსელში დაუშვებელი სიდიდის სრიალის დროს. ამასთან დაკავშირებით უპირატესად გავრცელება ჰპოვეს თვითსინქრონიზაციის მოწყობილობებმა, რომლებიც დაფუძნებულია გენერატორის სრიალის კონტროლზე.

სრიალის კონტროლისათვის ფართოდ გამოიყენება სიხშირეთა სხვაობის ინდუქციური რელე სსრ. ნახ. 19.2-ზე მოცემულია ჰიდროგენერატორის ავტომატური თვითსინქრონიზაციის მოწყობილობის გამარტივებული სქემა სიხშირეთა სხვაობის რელეს გამოყენებით, რომელიც ახორციელებს აგრეგატის გაშვებას ნორმალური მახასიათებლით (გაშვების ნორმალური მახასიათებელი).



ნახ. 19.2 ჰიდროგენერატორის ავტომატური თვითსინქრონიზაციის მოწყობილობის სქემა.
 ს.ს.რ. - სიხშირეთა სხვაობის რელე; ბ.ს.მ.რ. - ბრუნვის სიხშირის მიმატების რელე; ბ.ს.შ.რ -
 ბრუნვის სიხშირის შემცირების რელე; თ.ს.გ. - თვითსინქრონიზაციის გასაღები; ა.გ.რ. -
 ავტომატური გაშვების რელე; მ.გ. - მართვის გასაღები; გ.რ. - გაჩერების რელე; ზ.წ.გ. - ზეთის
 წნევის გადამწოდი; ვ.ქ.ა. - ველის ქრობის ავტომატი; ბ.კ. - ბლოკ-კონტაქტი.

სსრ რელეს ერთი გრაგნილი ჩართულია გენერატორის ნარჩ $U_{BC,გ}$ ძაბვაზე, ხოლო მეორე ქსელის $U_{BC,ს}$ ძაბვაზე. ჰიდროგენერატორის გაშვება შესაძლებელია, თუ შეკრულია გაჩერების რელეს გ.რ კონტაქტი, ზეთის წნევის გადამწოდის ზ.წ.გ კონტაქტი (აგრეგატის სამუხრუჭო სისტემა წესრიგშია), ველის ქრობის ავტომატის ვქა კონტაქტი (გამორთულია), თვითსინქრონიზაციის გასაღების თსგ კონტაქტი და გენერატორის ამომრთველის ბკ.1. ბლოკ-კონტაქტი (ამომრთველი გამორთულია).

მართვის მგ გასაღების ჩართვის შემდეგ, თანმიმდევრობით ამოქმედდებიან აგრ რელე (ავტომატური გაშვების რელე) შრ1 დრ.რ, შრ2 და ბსმრ (ბრუნვის სიხშირის „მიმატების“ რელე). სსრ რელეს გრაგნილები ჩართულია გენერატორის და ქსელის ძაბვებზე. ბსცმ ძრავი მოქმედებს დრ.რ რელეს დროის დაყოვნების ხანგრძლივობით, რომელიც აუცილებელია ბსცმ-ს გადასაყვანად ანორმ დანაყენზე, ბრუნვის სიხშირის რეგულატორის ზემოქმედების შედეგად გაიხსნება მიმდართი აპარატი და როტორი აჩქარდება. სრიალის მოცემულ მნიშვნელობაზე (დანაყენი) იმოქმედებს რელე სსრ და შრ1.4-სსრ1 წრედის გავლით იმოქმედებს რელე შრ3, რომელიც გასცემს სიგნალს გენერატორის ამომრთველის და ვქა-ს ჩართვაზე. აგრეთვე გახსნის სსრ რელეს გრაგნილის კვების წრედს, რომელიც ჩართულია გენერატორის ნარჩ ძაბვაზე, მისი დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით. გენერატორის ჩართვის შემდეგ, სქემა ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში. სქემაში გათვალისწინებულია ბსცმ ძრავის ხელით მართვის შესაძლებლობა ბსმ („მიმატება“) გასაღების და ბსშ („შემცირება“) გასაღების

საშუალებით, რომლებიც შესაბამისად ჩართული არიან **ბსმრ** და **ბსშრ** რელეების წრედებში.

19.3.1 ზუსტი სინქრონიზაცია

ზუსტი სინქრონიზაცია გენერატორის ენერგოსისტემასთან პარალელურ მუშაობაში ჩართვისას მხოლოდ იმ შემთხვევაში გამოიყენება, როცა დაუშვებელია ან არ არის რეკომენდირებული თვითსინქრონიზაციის გამოყენება.

ქვეთავ 19.1-ში მოცემული იყო ზუსტი სინქრონიზაციის პირობები, რომლის შესრულებაც უზრუნველყოფს გენერატორის ჩართვას გამათანაბრებელი დენისა და სიმძლავრით გამოწვეული ბიძგების გარეშე. იმის გამო, რომ ძნელია მიღწეულ იქნას სინქრონიზაციის პროცესში მონაწილე გენერატორის და ენერგოსისტემის სიხშირეების ტოლობა, ჩართვა ხორციელდება მცირე სრიალის პირობებში (არა უმეტეს 0.2-0.4%) ამ შემთხვევაში გამათანაბრებელი დენის მნიშვნელობა დამოკიდებულია გენერატორის და ენერგოსისტემის ე.მ.ძ-ების ფაზებს შორის არსებულ ძვრის δ კუთხეზე და ჩართვის საწყის მომენტში ტოლია (იმ პირობით რომ $E_{q\delta}'' = E_{q\delta}'' = E_q''$) :

$$I_{\text{გამ}}'' = (2E_q''/X_d'' + X_s'') \sin \delta/2 \quad (19.5)$$

აღნიშნული დენი უდიდეს მნიშვნელობას ღებულობს გენერატორის ჩართვისას უსასრულოდ მძლავრი სისტემის სალტებზე, როცა ემ.ძ-ის ფაზებს შორის ძვრის კუთხეა $\delta = 180^\circ$. ამ შემთხვევაში

$$I_{\text{გამ}}'' = 2E_q''/X_d'' = 2I'' \quad (19.6)$$

ამრიგად აღზნებული გენერატორის არასინქრონულად ჩართვისას გამათანაბრებელმა დენმა შეიძლება 2-ჯერ გადააჭარბოს გენერატორის მომჭერებზე სამფაზა მოკლე შერთვის დენს. ასეთი დენების გავლას თან ახლავს გრაგნილებში მნიშვნელოვანი სიდიდის ელექტრომაგნიტური მომენტებისა და ელექტროდინამიური ძალების აღძვრა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს გენერატორის დაზიანება. ამასთან დაკავშირებით ზუსტი სინქრონიზაციისას განსაკუთრებული მოთხოვნები არის წაყენებული გენერატორის ჩართვაზე სიგნალის გაცემის დროის შერჩევაზე. ზუსტი სინქრონიზაციისას გამათანაბრებელი დენის მნიშვნელობა ნორმირებული არ არის, მაგრამ ჩვეულებრივად დასაშვებია იყოს ფარგლებში

$$I_{\text{გამ}}'' = (1 \div 2) I_{\text{გ.ნომ}} \quad (19.7)$$

რაც უზრუნველყოფს გენერატორის ღერძზე ელექტრომაგნიტური მომენტების დასაშვებ მნიშვნელობებს.

ვინაიდან რეალურად ყოველთვის არის განსხვავება გენერატორისა და ქსელის სიხშირეებს შორის, ამიტომ სინქრონიზაციის ძაბვების მყისა მნიშვნელობების სხვაობა განისაზღვრება გამოსახულებით:

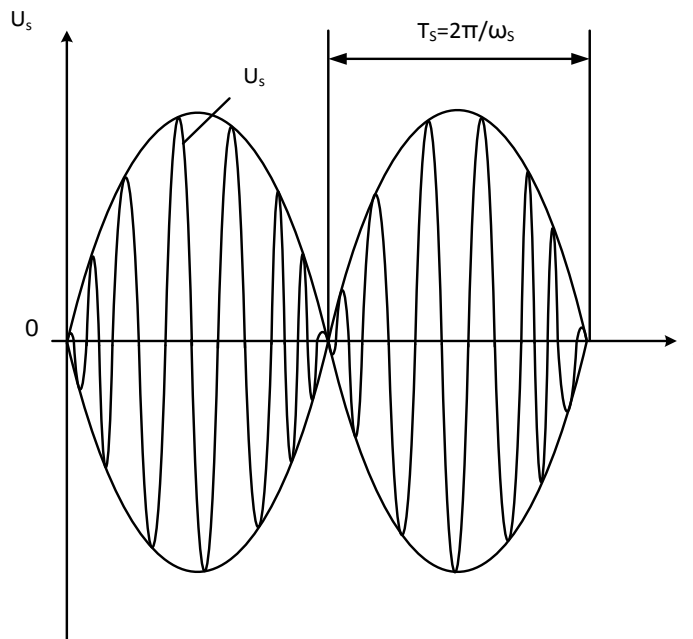
$$u_s = \sqrt{2}E''_{q\delta} \sin\omega_s t - \sqrt{2}E''_{q\delta} \sin\omega_\delta t \quad (19.8)$$

თუ შესრულებული არის პირობა $\sqrt{2}E''_{q\delta} = \sqrt{2}E''_{q\delta} = U_m$, მაშინ

$$u_s = 2U_m \cos \frac{\omega_\delta + \omega_s}{2} t \cdot \sin \frac{\omega_\delta - \omega_s}{2} t \quad (19.9)$$

სადაც ω_δ და ω_s არიან სინქრონიზაციაში მონაწილე გენერატორისა და სისტემის ექვივალენტური გენერატორის ბრუნვის კუთხური სიჩქარეები.

U_s -ძაბვას მიღებულია ეწოდოს ფეთქვის ძაბვა; ამ ძაბვის ცვლილების გრაფიკი მოცემულია ნახ. 19.3-ზე.



ნახ. 19.3 ფეთქვის ძაბვის ცვლილებების გრაფიკი.

ფეთქვის ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობების მომვლები მრუდი, რომელსაც ვუწოდებთ სრიალის ძაბვას, იცვლება შემდეგი კანონით.

$$u_s = 2U \sin \frac{\omega_\delta - \omega_s}{2} t = 2U \sin \frac{\omega_s}{2} t \quad (19.10)$$

სადაც $\omega_s = \omega_s - \omega_g$ არის სრიალის კუთხური სიჩქარე. ვინაიდან $\omega_s t = \delta$, ამიტომ

$$u_s = 2U \sin \delta / 2 \quad (19.11)$$

u_s სრიალის ძაბვის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ჩართვის მომენტში გამათანაბრებელი დენის სიდიდეს. გენერატორის ოპტიმალურ ჩართვას ადგილი აქვს δ კუთხის ნულზე გადასვლის მომენტში, როცა $u_s = 0$ (ოპტიმუმის მომენტი). შესაბამისად ამომრთველის ჩართვაზე იმპულსის მიწოდების მომენტის სწორად შერჩევა უზრუნველყოფს გამათანაბრებელი დენის ბიძგის არარსებობას, რაც წარმოადგენს ზუსტი სინქრონიზაციის ხერხის უპირატესობას თვითსინქრონიზაციასთან შედარებით.

19.3.2 წინსწრების მოცემული დროის მიღების პრინციპები

ზუსტი სინქრონიზაციის ავტომატური მოწყობილობის (რომელსაც ეწოდება სინქრონიზატორი) ძირითად ელემენტს წარმოადგენს ამომრთველის ჩართვაზე სიგნალის მიწოდების მომენტის შერჩევის ორგანო-წინსწრების კვანძი. იმის გამო, რომ ყოველ ამომრთველს გააჩნია ჩართვის საკუთარი დრო $t_{ა.ჩ.}$, სინქრონიზაციის ძაბვის ფაზების თანხვედნის მომენტში ამომრთველის კონტაქტების შეკვრის უზრუნველსაყოფად საჭიროა ამომრთველს ჩართვაზე სიგნალი მივაწოდოთ დროში გარკვეული წინსწრებით $t_{წინს.}$; თუ $t_{წინს.} = t_{ა.ჩ.}$ მაშინ ამომრთველის ჩართვა მოხდება დროის ოპტიმალურ მომენტში და არ ექნება ადგილი გამათანაბრებელი დენის მიერ გამოწვეულ ბიძგებს.

წინსწრების დრო $t_{წინს.}$ შეესაბამება წინსწრების კუთხეს $\delta_{წინს.}$, ანუ კუთხეს გენერატორისა და სისტემის ძაბვის ვექტორებს შორის ამომრთველის ჩართვაზე წრედის შეკვრის მომენტში:

$$\Delta_{წინს.} = \omega_s \cdot t_{წინს.} \quad (19.12)$$

განვიხილოთ საჭირო წინსწრების მიღების პრინციპები, რომელიც უზრუნველყოფს გენერატორის ქსელში ოპტიმალურ ჩართვას.

გენერატორის ქსელში ჩართვამდე როტორის მოძრაობის განტოლებას აქვს სახე:

$$j \frac{d\omega}{dt} = M_{რეზ} = M_{ტ} - M_{წინაღ} \quad (19.13)$$

სადაც $M_{რეზ}$ - არის რეზულიტიური მომენტი; $M_{ტ}$ - არის ტურბინის მბრუნავი მომენტი; $M_{წინაღ}$ - არის წინააღობის მომენტი.

პირველი შემთხვევა

$$j \cdot d\omega/dt = M_{რეზ} = 0; \omega_s = \omega_{ს.ზ.ჩ.} \quad (19.14)$$

ანუ ტურბინის მიერ განვითარებული მომენტი მთლიანად იხარჯება წინააღმდეგობის მომენტის დაძლევაზე, მაგრამ წინასწარ გენერატორს მინიჭებული აქვს სიჩქარე, რომელიც ახლოს არის სინქრონულთან. სრიალის კუთხური სიჩქარე მუდმივია და ტოლი არის (“ზუსტი ჩართვის”) სრიალის საანგარიშო კუთხური სიჩქარის $\omega_{ს.ზ.ჩ.}$.

თუ სინქრონიზატორი უზრუნველყოფს ჩართვაზე სიგნალის მიწოდებას ($\omega_{ს.ზ.ჩ.}$) წინსწრების კუთხით:

$$\delta_{წინს. საან} = \omega_{ს საანგ} \cdot t_{ა.ჩ.} \quad (19.15)$$

რომელიც განისაზღვრება იმ პირობით, რომ $\omega_{ს საანგ} = \omega_{ს.ზ.ჩ.}$, მაშინ წინსწრების დროც იქნება მუდმივი სიდიდე და ტოლი:

$$t_{წინს.} = \frac{\delta_{წინს. საან}}{\omega_{ს.ზ.ჩ.}} = t_{ა.ჩ.}$$

სხვანაირად რომ ვთქვათ, თუ სინქრონიზაცია ყოველთვის ხორციელდება ზუსტი ჩართვის სრიალის საანგარიშო კუთხურ სიჩქარეზე, მაშინ $t_{\text{წინს.}} \sim \delta_{\text{წინს.}}$.

ამრიგად, განსახილველ შემთხვევაში მუდმივი წინსწრება დროის მიხედვით შეიძლება შეიცვალოს მისი შესაბამისი წინსწრებით კუთხის მიხედვით. იმისათვის, რომ ამომრთველის კონტაქტები შეიკრას ოპტიმალური მომენტისათვის ($\delta=0$), საკმარისია სიგნალი ამომრთველის ჩართვაზე მიეწოდოს მუდმივი წინსწრების მოცემულ კუთხეზე (დანაყენი). მოწყობილობას, რომელიც ახორციელებს ზუსტ სინქრონიზაციას ზემოთ აღწერილი პრინციპით, უწოდებენ „სინქრონიზატორს წინსწრების მუდმივი კუთხით“.

δ - კუთხის უშუალოდ გაზომვის სირთულის გამო ფართო გავრცელება ჰპოვა ირიბი კონტროლის მეთოდმა სრიალის U_s ძაბვის საშუალებით. როგორც (19.11)-დან გამომდინარეობს, სრიალის U_s ძაბვის ყოველ მოცემულ მნიშვნელობას შეესაბამება δ კუთხის სრულიად განსაზღვრული მნიშვნელობა.

მეორე შემთხვევა

$$j \cdot d\omega/dt = M_{\text{რეზ}} = 0; \quad \omega_s \neq \omega_{s, \text{ზ.წ.}} \quad (19.16)$$

ანუ სრიალი მუდმივია, მაგრამ განსხვავებულია „ზუსტი ჩართვის“ სრიალისაგან.

(19.15) გამოსახულების შესაბამისად, მოცემული წინსწრების მუდმივი $\delta_{\text{წინს.საანგ.}}$ კუთხის პირობით, გვაქვს:

$$t_{\text{წინს.}} = \delta_{\text{წინს.საანგ.}} / \omega_s \neq t_{s, \text{წ.}}$$

რადგანაც წინსწრების დრო დამოკიდებულია სრიალზე, ამიტომ წინსწრება კუთხით არ შეესაბამება წინსწრებას დროში. ასეთ შემთხვევაში წინსწრების მუდმივი კუთხით სინქრონიზატორი ამომრთველის ჩართვას მოახდენს არა ოპტიმალური მომენტისათვის, არამედ გარკვეული შეცდომით კუთხის მიხედვით.

$$\delta_{\text{შეცდ.}} = \delta_{\text{წინს.საანგ.}} - \delta_{\text{წინს.ფაქტ.}} = (\omega_{\text{საანგ.}} - \omega_s) t_{s, \text{წ.}} = (\omega_{s, \text{ზ.წ.}} - \omega_s) \cdot t_{s, \text{წ.}} \quad (19.17)$$

სადაც $\delta_{\text{წინს.ფაქტ.}}$ - არის კუთხის ფაქტიური ცვლილება ამომრთველის ჩათვის შესაბამისი დროის მომენტში.

განსახილველი პრინციპის ძირითად ნაკლს „ზუსტი ჩართვის“ სრიალისგან განსხვავებით წარმოადგენს, გარკვეული კუთხის მიხედვით შეცდომის და სრიალის პირობებში გამათანაბრებელი დენის ბიძგის არსებობა.

ამასთან დაკავშირებით, წინსწრების მუდმივი დროის მისაღებად, რომელიც არ იქნება დამოკიდებული სრიალზე, საჭიროა წინსწრების კუთხე იცვლებოდეს სრიალის კუთხური სიჩქარის პროპორციულად:

$$\delta_{\text{წინს.}}(\delta') = K \cdot \omega_s = K \cdot \frac{d\delta}{dt} \quad (19.18)$$

სადაც K არის პროპორციულობის კოეფიციენტი. სინამდვილეში, მოცემულ შემთხვევაში:

$$t_{\text{წინს.}} = \delta_{\text{წინს.}}(\delta')/\omega_s = K \cdot \omega_s/\omega_s = K$$

და თუ $K = t_{\text{ა.წ.}}$, მაშინ გენერატორის ჩართვა განხორციელდება ოპტიმალურ მომენტში. აქედან შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ წინსწრების მუდმივი დროის მისაღებად საჭიროა ვაწარმოოთ კონტროლი δ კუთხის წარმოებულზე. ამ პრინციპის რეალიზაცია ხორციელდება სინქრონიზატორებში წინსწრების მუდმივი დროით, რომელთა მუშაობის მომენტი განისაზღვრება უშუალოდ წინსწრების მოცემული დროით.

კუთხის წარმოებულის კონტროლი შეიძლება განვახორციელოთ აგრეთვე ირიბი მეთოდით სრიალის ძაბვის წარმოებულის საშუალებით. (19.12) გამოსახულებიდან მცირე კუთხეებისათვის: $U_s = U \cdot \delta$. აქედან

$$U' = U \cdot d\delta/dt = U \cdot \omega_s \quad (19.19)$$

მესამე შემთხვევა

$$j \cdot d\omega/dt = M_{\text{რეზ}} = \text{const} \neq 0 \quad (19.20)$$

მუდმივი რეზულტიური მომენტის არსებობისას გენერატორის როტორი იბრუნებს სრიალის მუდმივი კუთხური აჩქარებით ε_s , რომელიც განაპირობებს დამატებითი შეცდომის არსებობას.

$$\delta_{\text{დამ.შეც.}} = \varepsilon_s \cdot t_{\text{ა.წ.}}^2/2 \quad (19.21)$$

აჩქარების სიდიდისა და ნიშნის შესაბამისად გენერატორის ჩართვა მოხდება ოპტიმალური მომენტისაგან ან წინსწრებით, ან ჩამორჩენით. ამ შემთხვევაში წინსწრების მუდმივი დროის მისაღებად საჭიროა სინქრონიზატორის მირ შერჩეული წინსწრების კუთხე იცვლებოდეს შემდეგნაირად:

$$\delta_{\text{წინს.}}(\delta', \delta'') = K_1 \omega_s + K_2 \varepsilon_s \quad (19.22)$$

სადაც K_1 და K_2 არიან პროპორციულობის კოეფიციენტები. ვინაიდან

$$t_{\text{წინს.}} = \delta_{\text{წინს.}}(\delta', \delta'')/(\omega_s + \frac{1}{2} \varepsilon_s \cdot t_{\text{ა.წ.}}) = (K_1 \omega_s + K_2 \varepsilon_s)/(\omega_s + \frac{1}{2} \varepsilon_s \cdot t_{\text{ა.წ.}})$$

მაშინ იმ პრობით, რომ $K_1 = t_{\text{ა.წ.}}$;

$$K_2 = \frac{1}{2} t_{\text{ა.წ.}}^2 \quad (19.23)$$

უზრუნველყოფილია გენერატორის როტორის სრიალის კუთხური აჩქარების მუდმივობის პირობებში წინსწრების მუდმივი დრო, რომელიც ტოლია ამომრთველის ჩართვის დროის ანუ $t_{\text{წინს.}} = t_{\text{ა.წ.}}$; როცა $\varepsilon_s = \text{const}$.

შესაბამისად, სრიალის კუთხური აჩქარების გასათვალისწინებლად საჭიროა გავაკონტროლოთ δ კუთხის მეორე წარმოებული, რადგან $\varepsilon_s = d^2\delta/dt^2$.

19.3.3 სინქრონიზატორი წინსწრების მუდმივი კუთხით

ნახ. 19.4-ზე მოყვანილია სინქრონიზატორის სქემა წინსწრების მუდმივი კუთხით. სქემაში წინსწრების მოცემული მუდმივი $\delta_{წინს.საანგ.}$ კუთხის მიღება ხდება მინიმალური $\partial\tau.2$ ძაბვის რელეს საშუალებით, რომლის ამუშავების $U_{\partial\tau.2}$ ძაბვა ტოლია სრიალის ძაბვის მოცემული U_s მნიშვნელობის:

$$\delta_{წინს.საანგ.} = 2\arcsin U_{\partial\tau.2}/2U \quad (19.24)$$

ას კონტროლი წარმოებს სრიალის ძაბვის სიჩქარის ცვლილების მიხედვით და განხორციელებულია მინიმალური ძაბვის $\partial\tau.1$ და $\partial\tau.2$ რელეების და დროის $\partial\tau.რ$ რელეს უთიერთქმედებით.

სრიალის U_s ძაბვის შემცირებისას, $\partial\tau.1$ რელეს ამუშავების ძაბვის სიდიდემდე (ნახ. 19.4-ზე a წერტილი), ეს უკანასკნელი თავისი $\partial\tau.1.1$ კონტაქტით გაუშვებს $\partial\tau.რ$ დროის რელეს. შემდეგ მიმდინარეობს t_{ab} დროის ინტერვალის შედარება $\partial\tau.რ$ დროის რელეს დანაყენებთან.

დიდი სრიალის შემთხვევაში ($\omega_s > \omega_{s.წ.წ.}$) რელე $\partial\tau.2$ თავის კონტაქტს გახსნის უფრო ადრე, ვიდრე დროის რელე შეკრავს თავის $\partial\tau.რ.2$ კონტაქტს. ამიტომ $\partial\tau.რ$ რელეს დროის დაყოვნების ამოწურვის შემდეგ $\partial\tau.რ-2$ რელეს ამუშავება არ მოხდება, ვინაიდან მის წრედში $\partial\tau-1.1$ კონტაქტი გახსნილია და ამომრთველი არ ჩაირთვება.

როცა სრიალი შემცირდება და გახდება "ზუსტი ჩართვის" სრიალზე ნაკლები ($\omega_s < \omega_{s.წ.წ.}$) დროის $\partial\tau.რ$ რელე იმოქმედებს $\partial\tau.2$ რელეზე ადრე, რის გამოც იმუშავებს $\partial\tau.რ.2$ რელე, რომელიც თვითშეკავებით მოამზადებს ამომრთველის ჩართვის წრედს. „ხ“ წერტილში $\partial\tau-2$ რელეს ამუშავების მომენტში საწყის მდგომარეობაში დაბრუნდება $\partial\tau.1$ რელე და შეიკვრება ამომრთველის ჩართვის წრედი.

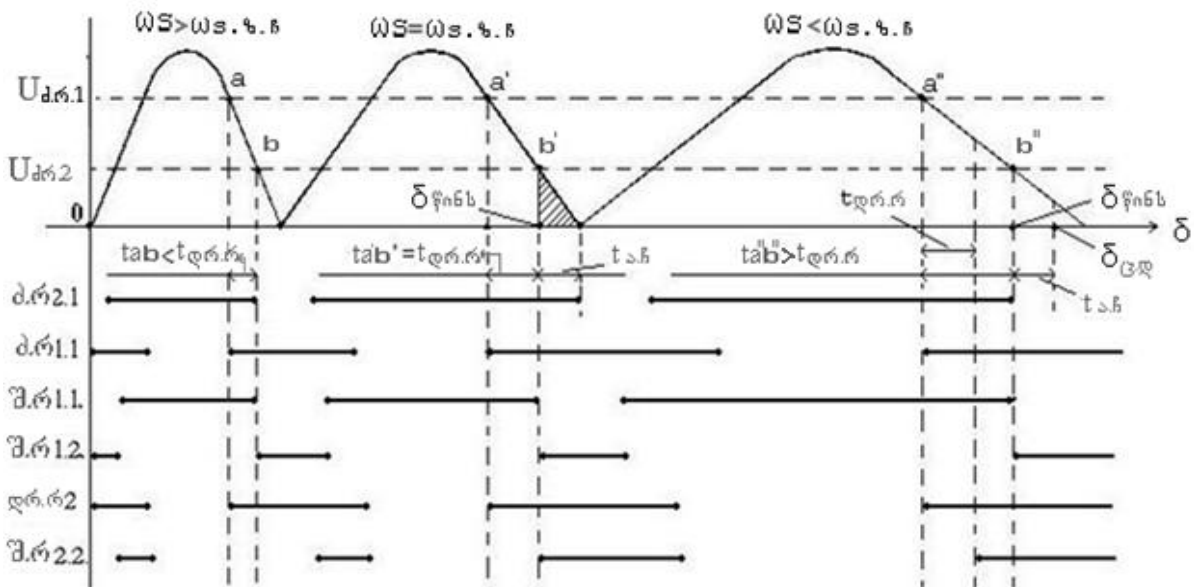
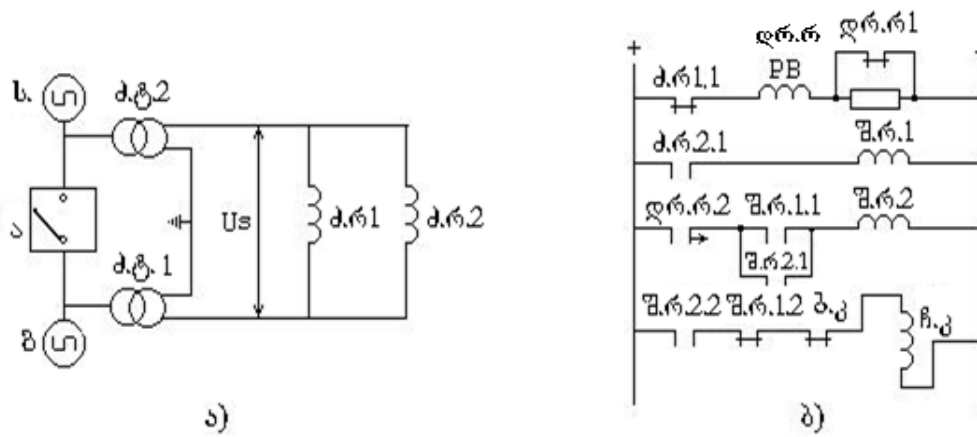
ცხადია, თუ $\omega_s = \omega_{s.წ.წ.}$ მაშინ დრო $t_{a'b'} = t_{\partial\tau.რ}$ და $\partial\tau.რ$ დროის რელეს $\partial\tau.რ.2$ კონტაქტის შეკვრა ხდება $\partial\tau.2$ და $\partial\tau.1$ რელეების მიზიდულ მდგომარეობაში ყოფნის ყველაზე ბოლო მომენტში, რაც აგრეთვე იწვევს $\partial\tau.2$ რელეს მუშაობას.

ამრიგად, იმპულსის მიწოდება ამომრთველის ჩართვაზე წინსწრების მუდმივი კუთხით უზრუნველყოფილია მხოლოდ მაშინ, როცა სრიალი $\omega_s \leq \omega_{s.წ.წ.}$

წინსწრების მუდმივი კუთხით სინქრონიზატორის პრინციპულ ნაკლს განეკუთვნება კუთხის მიხედვით შეცდომის არსებობა (იხ. დიაგრამაზე U_s -ს ცვლილების მე-3 ციკლი), რომელიც განისაზღვრება (19.17) გამოსახულებით, კერძოდ, თეორიულად შესაძლო შემთხვევაში, როცა $\omega_s = 0$, შეცდომა კუთხის მიხედვით შეიძლება ტოლი იყოს წინსწრების მოცემული $\delta_{წინს.საანგ.}$ კუთხის:

$$\delta_{შეცდ.} = (\omega_{s.წ.წ.} - 0) \cdot t_{a.B.} = \delta_{წინს.საანგ.} \quad (19.25)$$

ამიტომ სინქრონიზატორის პარამეტრების ანგარიში საჭიროა ვაწარმოოთ ისე, რომ წინსწრების მოცემული კუთხის მნიშვნელობა არ აღემატებოდეს კუთხის მიხედვით შეცდომის დასაშვებ $\delta_{შეცდ.დას.}$ მნიშვნელობას.



ნახ. 19.4 სინქრონიზატორი წინსწრების მუდმივი კუთხით. (ა) განმარტებითი სქემა; (ბ) მოწყობილობის სქემა; (გ) სინქრონიზატორის მუშაობის პრინციპის განმარტებითი დიაგრამა.

19.3.4 სინქრონიზატორი წინსწრების მუდმივი დროით

დღეისათვის ფართო გავრცელება ჰპოვეს ACT-4 ტიპის ავტომატურმა სინქრონიზატორებმა წინსწრების მუდმივი დროით.

ავტოსინქრონიზატორი ACT-4, რომლის სქემაც მოყვანილია ნახ.19.5-ზე, შედგება ხუთი ძირითადი ნაწილისაგან:

- წინსწრების კვანძი, რომელიც ქმნის პირობებს ოპტიმალურ მომენტში ამომრთველის ჩართვაზე იმპულსის გასვლისათვის წინსწრების მუდმივი დროით.
- ძაბვის სხვაობის კონტროლის კვანძი, რომელიც ნებართვას იძლევა ამომრთველის ჩართვაზე, თუ სინქრონიზაციის ძაბვებს შორის სხვაობა არის დასაშვებ ფარგლებში.

- სიხშირეთა სხვაობის კონტროლის კვანძი, რომელიც ნებადართვას იძლევა ამომრთველის ჩართვაზე მხოლოდ სრიალის დასაშვები მნიშვნელობის დროს.
- სიხშირეთა გათანაბრების კვანძი ახორციელებს გენერატორის ბრუნვის სიხშირის გათანაბრებას სისტემის ექვივალენტურ გენერატორთან.
- შემსრულებელი ორგანო.

წინსწრების კვანძი შედგება ტრანსრეაქტორისაგან და წინსწრების პრ (წრ) რელესგან. ტრანსრეაქტორის პირველადი გრაგნილი ჩართულია სრიალის გამართულ ძაბვაზე, ხოლო მეორად გრაგნილზე მიერთებულია წინსწრების წრ პოლარიზებული რელეს მე-2 გრაგნილი. სრიალის ერთი პერიოდის განმავლობაში წრ რელეს პირველ გრაგნილში გამავალი დენი, თუ უგულებელვყოფთ მის წინაღობას, ტოლია:

$$i_1 = U_s / R_3 = 2U / R_3 \cdot \sin \frac{\omega_s}{2} \cdot t = K_1 2U \sin \frac{\omega_s}{2} t \quad (19.26)$$

წრ რელეს მეორე გრაგნილში გადის ტრანსრეაქტორის მეორადი დენი, რომელიც პროპორციულია სრიალის გამართული ძაბვის წარმოებულის:

$$i_2 = K_2 2U \cdot \frac{\omega_s}{2} \cos \frac{\omega_s}{2} \cdot t \quad (19.27)$$

სადაც K_2 არის პროპორციულობის კოეფიციენტი. წრ რელე იმყოფება მუშა მდგომარეობაში, როცა $i_1 + i_2 > 0$. (19.26) და (19.27) გამოსახულებების გათვალისწინებით წრ რელეს დაბრუნების პირობა შეიძლება დავწეროთ, როგორც:

$$K_1 2U \sin \frac{\omega_s}{2} t + K_2 2U \cdot \frac{\omega_s}{2} \cdot \cos \frac{\omega_s}{2} \cdot t = 0$$

აქედან

$$\operatorname{tg} \frac{\omega_s}{2} \cdot t = -\operatorname{tg} \frac{\omega_s}{2} \cdot t_{\text{წინს.}} = -\frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{\omega_s}{2}$$

მცირე კუთხეების დროს $t_{\text{წინს.}} = \omega_s \cdot t_{\text{წინს.}}$, გვაქვს

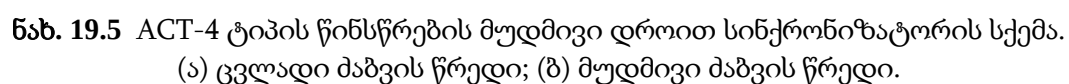
$$\operatorname{tg} \frac{\omega_s}{2} \cdot t_{\text{წინს.}} \approx \frac{\omega_s}{2} \cdot t_{\text{წინს.}}$$

შესაბამისად

$$t_{\text{წინს.}} \approx k_2 / k_1 = K \quad (19.28)$$

ამრიგად, U_s ძაბვის ნულზე გადასვლამდე $t_{\text{წინს.}}$ დროით ადრე დაბრუნდება წრ რელე. თუ $k = t_{\text{ა.რ.}}$, სინქრონიზატორი უზრუნველყოფს გენერატორის ჩართვას ოპტიმალური მომენტისათვის სრიალის მნიშვნელობისაგან დამოუკიდებლად. წინსწრების დროის მნიშვნელობის რეგულირება შეიძლება R_3 რეზისტორის საშუალებით. მისი წინაღობის გაზრდით წრ რელეს პირველ გრაგნილში დენი მცირდება, შესაბამისად იზრდება წინსწრების დრო.

ძაბვების სხვაობის კონტროლის კვანძი შედგება ძსკრ რელესგან, რომელიც ჩართულია B ფაზასა (საერთოა ქსელისა და გენერატორისათვის) და R_7 პოტენციომეტრის შუა წერტილს შორის. R_7 რეზისტორი ჩართული არის გენერატორისა და ქსელის ერთსახელა ფაზებს შორის.



თუ გენერატორისა და ქსელის ძაბვები ტოლია, მაშინ **მსკრ** რელეზე ძაბვა იცვლება მაქსიმალური მნიშვნელობიდან ($\delta=0^\circ$) ნულამდე ($\delta=180^\circ$). როცა გენერატორისა და ქსელის ძაბვები არ არის ტოლი, კუთხის ყველა მნიშვნელობისათვის რელე იმყოფება ძაბვის ქვეშ და ღუზა იქნება მიზიდულ მდგომარეობაში. შესაბამისად, თუ ძაბვების სხვაობა არის დასაშვებ ფარგლებში, მაშინ **მსკრ** რელე დაბრუნდება სრიალის ძაბვის მაქსიმუმის მახლობლობაში გავლისას და მოამზადებს გამომავალი შუალედური რელეების წრედს. **მსკრ** რელეს დანაყენი რეგულირდება R9 რეზისტორით.

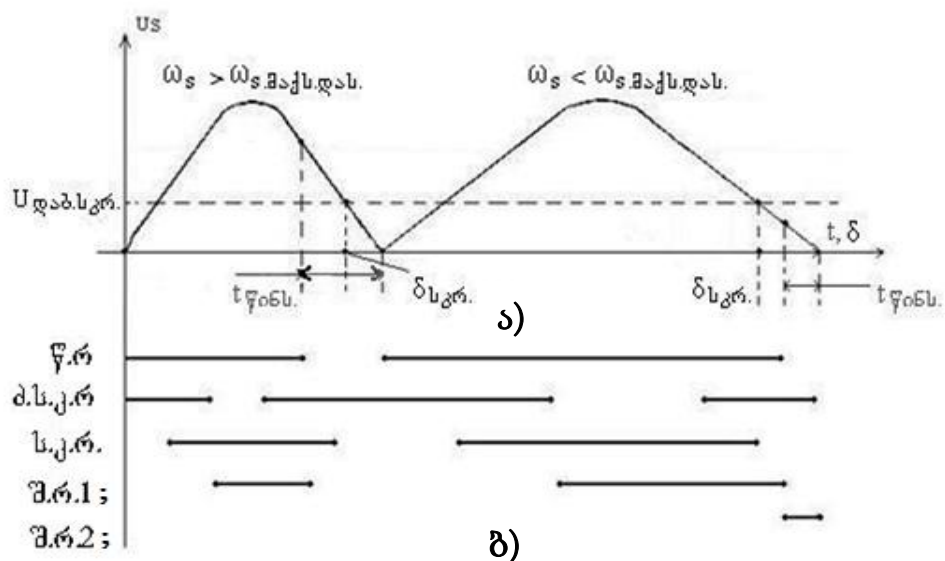
სიხშირეთა სხვაობის კონტროლის კვანძი შედგება სრიალის კონტროლის **ს.კ.რ** რელესაგან, რომელიც ჩართულია სრიალის ძაბვაზე. იმ შემთხვევაში, როცა ძაბვა U_s მაქსიმალურია, რელეს ღუზა მიზიდულია. **ს.კ.რ** რელეს დაბრუნების $U_{დ.სკრ}$ საანგარიშო ძაბვის სიდიდე დამოკიდებულია სრიალის მაქსიმალურ დასაშვებ მნიშვნელობაზე და წინსწრების მოცემულ დროზე:

$$U_{დ.სკრ} = 2U_s \sin \frac{\omega_s \text{ მაქს. დასაშ.}}{2} t_{წინს.} \quad (19.29)$$

და რეგულირდება R6 რეზისტორით.

სრიალის სიდიდის მნიშვნელობაზე დასკვნა კეთდება **ს.კ.რ.** და **პ.რ.** რელეების საწყის მდგომარეობაში დაბრუნების თანმიმდევრობის საფუძველზე. მაქსიმალურ დასაშვებზე ნაკლები სიდიდის სრიალის დროს თავდაპირველად საწყის მდგომარეობაში ბრუნდება **ს.კ.რ.** რელე, ხოლო შემდეგ წინსწრების **პ.რ.** რელე. (ნახ. 19.6 ა).

დიდი სრიალის დროს სინქრონიზატორის ყალბი მუშაობის თავიდან აცილების მიზნით **ს.კ.რ.** რელეს პარარელურად ჩართულია **C2** კონდენსატორი. მისი ტევადობა შერჩეულია იმ ანგარიშით, რომ 0,5-1 μC -ზე მეტი სიხშირეთა სხვაობის დროს **ს.კ.რ.** რელე არ დაბრუნდეს და დააბლოკიროს სინქრონიზატორის მუშაობა.



ნახ. 19.6 სიხშირეთა სხვაობის კონტროლის კვანძის მუშაობის განმარტებითი დიაგრამები (გამუქებული ხაზები შეესაბამებიან რელეს ღუზის მოზიდულ მდგომარეობას).

სინქრონიზატორი მუშაობს შემდეგნაირად: (ნახ. 19.6 ბ) როცა $\delta=180^\circ$, **პ.რ.2**, **ს.კ.რ.2** და **მ.ს.კ.რ.1** კონტაქტები მიზიდულია. ამას ადგილი აქვს მაშინ, როცა $U_\delta \approx U_s$ **შ.რ.1** რელე იმყოფება მიზიდულ მდგომარეობაში და იჭერს თავის თავს **შ.რ.1.1** და **შ.რ.1.2** კონტაქტებით, ხოლო **შ.რ.1.3** კონტაქტით ამზადებს **შ.რ.2**-ის წრედს. δ კუთხის გაზრდით **მ.ს.კ.რ.** რელე შეკრავს თავის **მ.ს.კ.რ.2** კონტაქტს და გახსნის **მ.ს.კ.რ.1** კონტაქტს.

როცა სრიალი დასაშვებ ფარგლებშია $\omega_s < \omega_{s,მაქს.დას.}$, პირველ რიგში **ს.კ.რ.** რელე ათავისუფლებს ღუზას და შეკრავს **ს.კ.რ.1** კონტაქტს. **შ.რ.1** რელე რჩება მიზიდულ მდგომარეობაში. გამომავალი **შ.რ.2** რელე იმოქმედებს მხოლოდ მაშინ, როცა დაბრუნდება საწყის მდგომარეობაში წინსწრების რელე და შეკრავს თავის **წ.რ.1** კონტაქტს. რელე **შ.რ.2** თავისი **შ.რ.2.3** კონტაქტით აძლევს სიგნალს ამომრთველის ჩართვაზე, ხოლო **შ.რ.2.1** კონტაქტით წყვეტს **შ.რ.1** რელეს გრაგნილის წრედს, რომელიც ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში.

როცა სრიალი დასაშვებზე დიდია, მაშინ თავდაპირველად დაბრუნდება **წ.რ.** რელე და **წ.რ.2** კონტაქტით გახსნის **შ.რ.1** რელეს გრაგნილის წრედს. ეს უკანასკნელი გახსნის თავის **შ.რ.1.3** კონტაქტს **შ.რ.2** რელეს წრედში, ამიტომ იმპულსი ამომრთველის ჩართვაზე არ წავა. სქემაში გათვალისწინებულია **C4** კონდენსატორი და **R12** რეზისტორი, კონტაქტების მუშაობის პირობების შესამსუბუქებლად.

სიხშირეთა გათანაბრების კვანძი შეიცავს მომატების და შემცირების რელეებს (**ბ.ს.მ.რ.** და **ბ.ს.შ.რ.**) და დროის რელეს.

ბ.ს.შ.რ. რელე ჩართულია გენერატორისა და ქსელის C ფაზის ძაბვების ($U_{C\delta}$ და $U_{C\delta}$) სხვაობაზე (ნახ. 19.7 ა). რელე **ბ.ს.მ.რ.** ჩართულია გენერატორის A ფაზის და ქსელის C ფაზის ძაბვებზე ($U_{A\delta}$ და $U_{C\delta}$). ჩართვის ასეთი სქემის გამო სრიალის ძაბვები **ბ.ს.მ.რ.** და **ბ.ს.შ.რ.** რელეების გრაგნილებზე ერთმანეთისაგან დაძრული არიან 60° -ით.

რელეს გრაგნილზე ძაბვის ცვლილების გრაფიკი δ კუთხის აბსოლუტური სიდიდისა და ნიშნისაგან დამოკიდებულებით ნაჩვენებია ნახ. 19.7 ბ-ზე. როგორც აღნიშნული გრაფიკიდან ჩანს, როცა $\delta = 0^\circ$ ძაბვა **ბ.ს.შ.რ.** რელეზე $U_{ბ.ს.შ.რ.} = 0$; ხოლო როცა $\delta = -60^\circ$ ძაბვა $U_{ბ.ს.შ.რ.} = 0$; **ბ.ს.მ.რ.** და **ბ.ს.შ.რ.** რელეების ამუშავების ძაბვები შერჩეულია ერთნაირი სიდიდით და რეგულირდება **R10** და **R11** რეზისტორებით.

თუ სინქრონიზაციის პროცესში მონაწილე გენერატორის ბრუნვის სიხშირე ნაკლებია ქსელის ექვივალენტური გენერატორის ბრუნვის სიხშირეზე, ანუ გენერატორის ძაბვის ვექტორი ჩამორჩება ქსელის ძაბვის ვექტორს, მაშინ კუთხე δ იცვლება დადებით ნახევარსიბრტყეში (ნახ. 19.7 ბ). სრიალის ძაბვის ყოველი პერიოდის განმავლობაში პირველად მუშაობს **ბ.ს.მ.რ.** რელე (ა წერტილი) და აწვდის სიგნალს ბრუნვის სიხშირის მომატებაზე.

იმ შემთხვევაში, როცა სინქრონიზაციის პროცესში მონაწილე გენერატორის ბრუნვის სიხშირე მეტია ქსელის ექვივალენტური გენერატორის ბრუნვის სიხშირეზე, კუთხე δ იცვლება უარყოფით ნახევარსიბრტყეში. პირველად მუშაობს **ბ.ს.შ.რ.** რელე და აწვდის სიგნალს ბრუნვის სიხშირის შემცირებაზე.

1. განისაზღვრება მაქსიმალურად დასაშვები შეცდომის კუთხე $\delta_{შეცდ.დ.}$.

შეცდომის კუთხის დასაშვები მნიშვნელობა განისაზღვრება (19.5) გამოსახულების საფუძველზე გამათანაბრებელი დენის მაქსიმალური ბიძგის მოცემული მნიშვნელობის გათვალისწინებით:

$$\delta_{შეცდ.დ.ს.} = 2\arcsin \frac{I''_{გამ} (X''_d + X''_c)}{2E''q} \quad (19.30)$$

სადაც $I''_{გამ} = (1 \div 2) I_{გ.ნომ.}$ - არის გამათანაბრებელი დენის ბიძგის დასაშვები მნიშვნელობა.

δ კუთხის მცირე მნიშვნელობების დროს (19.30) გამოსახულება შეიძლება გავამარტივოთ:

$$\delta_{შეცდ.დ.ს.} = ((1 \div 2) I_{გენ.ნომ} (X''_d + X''_c) / E''q) \quad (19.31)$$

2. განისაზღვრება მაქსიმალური დასაშვები სრიალი.

სინქრონიზატორებისათვის მუდმივი წინსწრების კუთხით სრიალის მაქსიმალურად დასაშვები კუთხური სიჩქარე:

$$\omega_{ს მაქ.დას} = 2\omega_{ს.საან} = 2\omega_{ს.ფ.ჩ} = 2\delta_{შეცდ.დას} / t_{ა.ჩ} \quad (19.32)$$

სინქრონიზატორებისათვის მუდმივი წინსწრების დროით, შეცდომის კუთხე დამოკიდებულია თვითონ სინქრონიზატორის მუშაობაში ცდომილებაზე ($\Delta t_{ს}$) და ამომრთველის ჩართვის დროში ცდომილებაზე ($\Delta t_{ა.ჩ}$):

$$\delta_{შეცდ.} = \omega_{ს} (\Delta t_{ს} + \Delta t_{ა.ჩ})$$

აქედან შეიძლება განისაზღვროს სრიალის მაქსიმალურად დასაშვები კუთხური სიჩქარე:

$$\omega_{ს მაქ.დას} = \delta_{შეცდ.დას.} / (\Delta t_{ს} + \Delta t_{ა.ჩ}) \quad (19.33)$$

მოწმდება სინქრონიზაციის მდგრადობა. საჭიროების შემთხვევაში (დატვირთული გენერატორის სინქრონიზაცია) ზუსტი სინქრონიზაციის პროცესის მდგრადობა შეიძლება შემოწმებული იქნას ფართების წესით. გენერატორის სინქრონიზაცია ენერგოსისტემასთან, როგორც წესი, ხორციელდება უქმ სვლაზე (გენერატორი არ არის დატვირთული). ამ დროს ტურბინის მექანიკური სიმძლავრე ძალიან მცირეა ($P_{ტ} \approx 0$), სრიალი შეზღუდული არის დასაშვები სიდიდით და მდგრადობის სპეციალური შემოწმება საჭირო არ არის.

3. სინქრონიზატორების დანაყენების გაანგარიშება.

სინქრონიზატორებისათვის მუდმივი წინსწრების კუთხით (ნახ. 19.4) ძ.რ2 რელეს, რომელიც განსაზღვრავს წინსწრების საჭირო კუთხეს, ამუშავების დაბა იანგარიშება გამოსახულებით:

$$U_{ძ.რ2} = 2U \sin \delta_{წინს. საანგ.} / 2 = 2U \sin (\delta_{შეცდ.დას} / 2) \quad (19.34)$$

სადაც $\delta_{შეცდ.დას}$ - არის შეცდომის მაქსიმალური დასაშვები კუთხე, რომელიც იანგარიშება (19.30) გამოსახულებით.

ოპტიმალური ჩართვისათვის საჭიროა, რომ როცა სრიალი $\omega_s = \omega_{s,მ.დ}$ რელემ ძ.რ1 იმუშაოს დრ.რ რელეს დროის დაყოვნებით უფრო ადრე, ვიდრე რელემ ძ.რ2; დრ.რ რელეს დროის დაყოვნება სინქრონიზატორებისათვის ჩვეულებრივად აიღება $0,3 \div 0,5$ წმ-ის ზღვრებში. ამიტომ მინიმალური ძაბვის ძ.რ.1 რელეს ამუშავების ძაბვა უნდა განისაზღვროს ფორმულით:

$$U_{ძ.რ1} = 2U \sin(\delta_{შეც.დას} + \delta_{დრ.რ})/2 \quad (19.35)$$

სადაც $\delta_{დრ.რ} = \omega_s \cdot t_{დრ.რ}$, აქედან (19.32)-ს გათვალისწინებით ვღებულობთ:

$$U_{ძ.რ1} = 2U \sin \omega_{s,მ.დ} (t_{ა.წ} + 2t_{დრ.რ})/4 \quad (19.36)$$

ACT-4 ტიპის სინქრონიზატორისათვის მუდმივი წინსწრების დროით ანგარიში წარმოებს შემდეგნაირად:

ამომრთველის ჩართვაზე წრედის შეკვრის მომენტი განისაზღვრება წინსწრების წ.რ. რელეს ამუშავების მომენტად. შესაბამისად, გენერატორის ოპტიმალური ჩართვისათვის საჭიროა დავადგინოთ R3 წინაღობის ისეთი სიდიდე, რომ შესრულდეს პირობა $t_{წინს} = t_{ა.წ} + t_{შ.რ.2}$; სადაც $t_{შ.რ.2}$ - არის შ.რ2 რელეს ამუშავების დრო.

უნდა აღინიშნოს რომ ქსელის და გენერატორის ძაბვების უთანაბრობის შემთხვევაში, δ კუთხის მცირე მნიშვნელობებისას, სრიალის ძაბვის მრუდი მნიშვნელოვნად მახინჯდება. ეს იწვევს წინსწრების რელეს მუშაობაში ან უარს, ან დიდ ცდომილებებს. ამიტომ მცირე სრიალის დროს განსაკუთრებული მოთხოვნები არის წაყენებული ძაბვის გათანაბრებისა და ამომრთველის ჩართვის დროის მიმართ. აღნიშნული გარემოება უნდა გავითვალისწინოთ სინქრონიზატორის დანაყენის შერჩევის დროს.

20.1 ზოგადი ცნობები

რამდენიმე კვების წყაროს არსებობის შემთხვევაში მომხმარებლების ელ.მომარაგებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ მრავალმხრივი ან ერთმხრივი კვების სქემები. ორი ან რამდენიმე კვების წყაროდან ერთდროულად მრავალმხრივი კვების ძირითად უპირატესობას წარმოადგენს მომხმარებლების ელექტრომომარაგების მაღალი იმედიანობა, რადგან ერთ-ერთი კვების წყაროს ავარიული გამორთვა არ იწვევს მომხმარებლების ელექტრომომარაგების დარღვევას და მათი ტექნოლოგიური პროცესის დაშლას.

რამდენიმე კვების წყაროს არსებობის შემთხვევაში ერთმხრივი კვება სრულდება ე.წ. რადიალური დასექციონერების პრინციპით. ამ შემთხვევაში მომხმარებლების ელექტრომომარაგება ხორციელდება მუშა წრედით (ერთი ხაზი, ერთი ტრანსფორმატორი, ერთი სალტის სექცია), ხოლო მისი გამორთვის შემთხვევაში - სარეზერვო წრედით. ერთმხრივი კვების სქემის უპირატესობას წარმოადგენს: მ.შ-ის დენების შემცირება, ელექტრომომარაგების სქემებისა და მოწყობილობების გაიაფება, სარელეო დაცვის სქემის გამარტივება. ამიტომ იგი ფართოდ გამოიყენება 6÷35კვ-ის გამანაწილებელ ქსელში და ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების სქემებში.

მუშა წრედის ავარიულად, ან შეცდომით გამორთვის შემთხვევაში, სარეზერვო კვების ავტომატური ჩართვის გამოყენებით შეიძლება აღმოფრხვრილ იქნას ერთმხრივი კვების სქემის ძირითადი უარყოფითი მხარე - მომხმარებლების ელექტრომომარაგების ნაკლები საიმედოობა.

უნდა აღინიშნოს რომ ერთმხრივი კვების სქემის განხორციელება რეზერვის ავტომატურად ჩართვის მოწყობილობასთან ერთად იძლევა მაღალ ეფექტს. სტატისტიკური მონაცემებით აღნიშნული მოწყობილობების წარმატებული მოქმედება შეადგენს 90%-ზე მეტს.

იმ შემთხვევაში, როცა მუშა კვების წყაროს გამორთვა იწვევს მომხმარებლების ელექტრომომარაგების მთლიანად შეწყვეტას, ან სიმძლავრის შეზღუდვას, საჭირო არის გათვალისწინებულ იქნას რეზერვის ავტომატური ჩართვის მოწყობილობა. ამიტომ ძირითად და გამანაწილებელი ქსელის ქვესადგურებში გამოიყენება რეზერვის ავტომატური ჩართვის მოწყობილობები (რარ). აუცილებელი არის აგრეთვე რარ-ის გამოყენება ელ.სადგურების საკუთარი მოხმარების სქემებში.

რეზერვის ავტომატური ჩართვის მოწყობილობების მიმართ წაყენებულია შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები:

1. მუშა წყაროდან ნებისმიერი მიზეზით კვების დაკარგვის შემთხვევაში, მაშინაც კი როცა მოკლე შერთვა არის მომხმარებლის სალტებზე, უნდა მოვიდეს მოქმედებაში რაჩ-ის მოწყობილობა. გამონაკლისს წარმოადგენს შემთხვევა, როცა დატვირთვის გამორთვა ხორციელდება სიხშირული ავტომატური განტვირთვის მოწყობილობის მოქმედებით (საგ). ასეთ დროს საჭიროა რაჩ-ს აეკრძალოს მოქმედება.

2. სარეზერვო კვების წყაროს ჩართვა უნდა მოხდეს მას შემდეგ, როცა გამოირთვება მუშა კვების წყაროდან შემყვანის ამომრთველი. ამ მოთხოვნის შესრულებისას უნდა გამოირიცხოს შემდეგი:

- სარეზერვო კვების წყაროს არაწარმატებითი ჩართვა დაზიანებაზე, რომელსაც ძაბვის მოხსნის შემდეგ აქვს თვითაღდგენითი ხასიათი.
- სარეზერვო კვების წყაროს ჩართვა მოკლე შერთვაზე, როცა მუშა წყაროდან კვება არ არის გამორთული.
- ორი კვების წყაროს შესაძლო არასინქრონული ჩართვა.

3. მომხმარებლის კვების შეწყვეტის ხანგრძლივობის შემცირების მიზნით რაჩ-ის მოწყობილობამ მუშა კვების გამორთვისთანავე უნდა ჩართოს სარეზერვო კვება.

4. მდგრადი მოკლე შერთვის შემთხვევაში სარეზერვო კვების მრავალჯერადი ჩართვის თავიდან აცილების მიზნით რაჩ-ის მოქმედება უნდა იყოს ერთჯერადი.

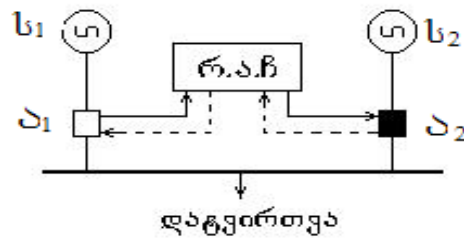
5. რაჩ-ის განხორციელებისას უნდა გავითვალისწინოთ სარეზერვო კვების სარელეო დაცვის მოქმედების აჩქარება მისი მდგრად მოკლე შერთვაზე ჩართვის შემთხვევაში.

6. რაჩ-ის შესრულებისას უნდა იქნეს უზრუნველყოფილი ნორმალური პირობები ძრავების თვითგაშვებისათვის. თუ ძრავების თვითგაშვება არ არის უზრუნველყოფილი, ან დაუშვებლად გახანგრძლივებულია, მაშინ უნდა გავითვალისწინოთ არასაპასუხისმგებლო მომხმარებლების გამორთვა საგ-ით, რომელსაც შემდეგ ჩართავს აგჩ-ს მოწყობილობა.

რაჩ-ის მოწყობილობები ენერგოსისტემებში გამოიყენება დიდი რაოდენობით, რომლებიც პირველადი საკომუტაციო სქემისა და მუშაობის ადგილობრივ პირობებთან დამოკიდებულებით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

რაჩ-ის მოწყობილობების კლასიფიკაცია შეიძლება მოვახდინოთ შემდეგი ძირითადი ნიშნების მიხედვით:

- მოწყობილობების ტიპის მიხედვით, რომელზეც მოქმედებს ავტომატიკის მოწყობილობა, არსებობს:
 - ტრანსფორმატორის რაჩ,
 - გადამცემი ხაზების რაჩ,
 - სალტების სექციის რაჩ,
 - სადგურების და ქვესადგურების საკუთარი მოხმარების აგრეგატების რაჩ;



ნახ. 20.1 რაჩ-ის მოწყობილობის მოქმედების სქემა.

- მოქმედების მიმართულების მიხედვით არსებობს:
 - ერთმხრივი მოქმედების რაჩ,
 - ორმხრივი მოქმედების რაჩ;
- მოწყობილობების კვების წყაროს სახეობის მიხედვით:
 - რეზერვის ავტომატური ჩართვა მუდმივ ოპერატიულ დონეზე,
 - რეზერვის ავტომატური ჩართვა ცვლად ოპერატიულ დონეზე.

თუ რაჩ-ის მოწყობილობა არის ერთმხრივი მოქმედების (ნახ. 20.1), მაშინ S_1 წყარო არის ყოველთვის მუშა და a_1 ამომრთველი ნორმალურად ჩართულია, S_2 წყარო არის სარეზერვო და a_2 ამომრთველი ნორმალურად გამორთულია. დატვირთვის კვების დაკარგვის შემთხვევაში რაჩ-ის მოწყობილობა მოქმედებს a_2 ამომრთველის ჩართვაზე. კვების ნორმალური სქემის აღდგენა შეიძლება მოხდეს ან ავტომატურად, ან ხელით, ოპერატიული პერსონალის საშუალებით.

თუ რაჩ-ის მოწყობილობა არის ორმხრივი მოქმედების, მაშინ წყაროებიდან ნებისმიერი შეიძლება იყოს როგორც ძირითადი ისე სარეზერვო.

20.2 რაჩ-ის მოწყობილობის შესრულების ძირითადი პრინციპები

წინა პარაგრაფის მოთხოვნების შესაბამისად, რაჩ-ის მოწყობილობის გაშვება და სარეზერვო კვების ჩართვაზე ბრძანების გაცემა ხორციელდება მუშა წრედის ამომრთველის ბლოკ-კონტაქტების გავლით, ან შესაბამისად აღნიშნული ამომრთველის “გამორთული” მდგომარეობის მაჩვენებელი რელეს კონტაქტებით.

მომხმარებელს კვება შეიძლება შეუწყდეს მაშინაც კი როცა მომხმარებლის მუშა კვების შემყვანის ამომრთველი ჩართულია. ეს შეიძლება მოხდეს მაღალი ძაბვის ქსელში დაზიანებების წარმოქმნის დროს. იმისათვის, რომ ასეთ შემთხვევებში უზრუნველყოფილ იქნას რაჩ-ის მოწყობილობის მოქმედება, სქემაში გათვალისწინებულია სპეციალური გამშვი ორგანო (ჩვეულებრივი მინიმალური ძაბვის გამშვი ორგანო). გამშვი ორგანოს ამოცანას წარმოადგენს მომხმარებლის სალტებზე ძაბვის გაქრობისას გამორთოს მუშა კვების ამომრთველი. ამომრთველის გამორთვის შემდეგ დაუყოვნებლივ ჩაირთვება სარეზერვო კვება.

იმ შემთხვევაში, როცა ძირითადი და სარეზერვო წყაროები იკვებებიან ერთი და იგივე კვების წყაროდან, სქემაში გამშვი ორგანოს არსებობა არ არის აუცილებელი.

სხვანაირად რომ ვთქვათ ასეთ დროს გამშვი ორგანო კარგავს თავის აზრს, ვინაიდან რაჩ-ის მოწყობილობის მოქმედება წინასწარვე უშედეგოა.

რაჩ-ის მოწყობილობის გამშვმა ორგანომ არ უნდა გამორთოს მუშა წყაროს ამომრთველი:

- ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორად წრედებში დაზიანების დროს;
- როცა გარე ქსელში მოკლე შერთვის დროს კი არ ხდება მუშა წყაროდან კვების შეწყვეტა, არამედ დაცვის მოქმედებით ამომრთველის გამორთვის შემდეგ იგი კვლავ ჩაერთვება აგჩ-ს მოქმედებით. ამისათვის გამშვი ორგანო დროით უნდა იყოს განრიდებული მუშა კვების წყაროს აგჩ-ს მოწყობილობის მოქმედებისაგან;
- სარეზერვო კვების სალტებზე ძაბვის არ არსებობის დროს, ან მისი შემცირებისას იმ სიდიდემდე, რომელიც დაუშვებელია ძრავების თვითგაშვების უზრუნველყოფის პირობით. ჩვეულებრივად, გამშვი ორგანოს ბლოკირება ხორციელდება ძაბვის რელეს გამოყენებით, რომელიც მიერთებულია სარეზერვო კვების წყარო ძაბვის ტრ-ზე. მინიმალური ძაბვის გამშვი ორგანოს სქემის ვარიანტები მოყვანილია ნახ. 20.2-ზე.

პირველ ვარიანტში (ნახ. 20.2ა) ძაბვის გამშვი ორგანოს ყალბი მოქმედების და მუშა კვების წყაროს გამორთვის თავიდან აცილების მიზნით, **ბტ1** ძაბვის ტრ-ის მეორად წრედებში დაზიანების დროს, გამოყენებული არის ორი მინიმალური ძაბვის რელე, **ბრ1** და **ბრ2**, რომელთა კონტაქტები შეერთებული არის მიმდევრობით.

ძაბვის გამშვი ორგანოს (**ბ.გ.ო**) ბლოკირება სარეზერვო წყაროს ძაბვით განხორციელებულია **ბრბ** ძაბვის რელეს საშუალებით, რომელიც აკონტროლებს სარეზერვო წყაროს $U_{\text{რეზ}}$ ძაბვას. ძაბვის გამშვი ორგანოს სქემაში დროის **დრ.რ** რელეს არსებობა განპირობებულია გარე ქსელში მ.შ.-ს დროს აგჩ-სგან განრიდების მიზნით.

გამშვი ორგანოს სქემაში შეიძლება გამოყენებულ იქნას ერთი მინიმალური ძაბვის რელე, რომელიც უნდა მიუერთდეს სამფაზა გამმართველ ბოგირს (ნახ. 20.2 ბ). ასეთ შემთხვევაში ერთ-ერთი მცველის გადაწვისას რელე არ იმოქმედებს, ვინაიდან ამ დროს გამმართველი მუშაობს ორფაზა რეჟიმში და რელეზე მიწოდებული ძაბვა აღემატება მისი ამუშავების ძაბვის სიდიდეს. მაგრამ აღნიშნული სქემები მუშაობენ მცდარად ძაბვის **ბტ1** ტრ-ის დაზიანების ან ერთდროულად ორივე მცველის გადაწვის დროს.

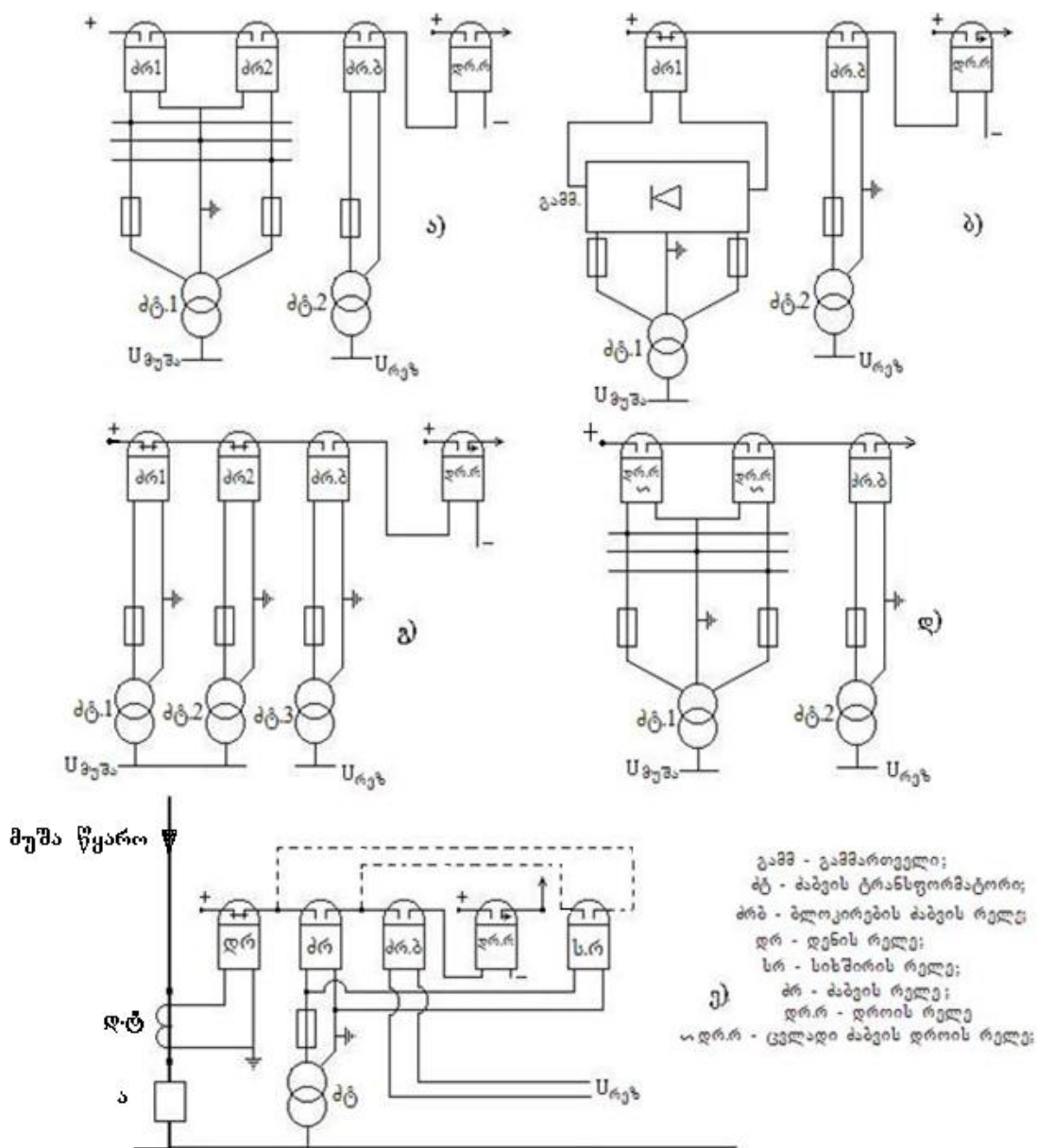
თუ მუშა სალტზე გვაქვს ორი **ბტ1** და **ბტ2** ძაბვის ტრანსფორმატორი, მაშინ შეიძლება ძაბვის გამშვი ორგანოსათვის გამოვიყენოთ უფრო საიმედო სქემა (ნახ. 20.2 გ). აქ გამოყენებული არის ორი მინიმალური ძაბვის რელე, რომლებიც მიერთებული არიან სხვადასხვა ძაბვის ტრანსფორმატორებზე.

გამშვი ორგანოს სქემის გამარტივების მიზნით, ზოგიერთ შემთხვევაში გამოიყენება ცვლადი ძაბვის დროის რელე **ЭВ-235** ტიპის, რომელიც ერთდროულად ასრულებს მინიმალური ძაბვის რელეს და დროის რელეს ფუნქციებს. (ნახ. 20.2 დ).

გარდა ზემოთ აღწერილი მინიმალური ძაბვის გამშვი ორგანოებისა რ.ა.ჩ.-ის მოწყობილობებში ფართოდ გამოიყენება კომბინირებული გამშვი ორგანოს სქემები. (ნახ. 20.2 ე). გამშვი ორგანო შესრულებული არის ერთი მინიმალური ძაბვის რელეს და

ერთი მინიმალური დენის რელეს საშუალებით. მინიმალური დენის რელეს არსებობა გამორიცხავს გამშვი ორგანოს მცდარ მოქმედებას ძაბვის ტრანსფორმატორის წრედში მცველის გადაწვის დროს. გამშვი ორგანო მუშაობს მხოლოდ მაშინ, როცა ერთდროულად გაქრება მუშა წყაროს დენი და ძაბვა მომხმარებლის სალტეზე.

გამშვი ორგანოს სქემაში დენის რელესთან ერთად ზოგჯერ მონაწილეობს სიხშირის დაწვეის რელე სრ (ნახ. 20.2 ე), ეს გამოწვეული არის შემდეგით: კვების გამორთვის შემთხვევაში სინქრონული და ასინქრონული ძრავები გარკვეული დროით ინარჩუნებენ ნარჩი ძაბვის სიდიდეს, რაც აფერხებს მინიმალური ძაბვის გამშვი ორგანოს მუშაობას, განსაკუთრებით მაშინ, თუ კვება შეუწყდა მძლავრ სინქრონულ ძრავებს და კომპენსატორებს. ნარჩი ძაბვის სიხშირის შემცირება მიმდინარეობს გაცილებით სწრაფად, ამიტომ სიხშირის რელეს მონაწილეობა სქემაში საშუალებას გვაძლევს დავაჩქაროთ რ.ა.ჩ.-ის მოწყობილობის მოქმედება.



ნახ. 20.2 რაჩ-ის გამშვი ორგანოების სქემა.

რ.ა.ჩ.-ის მოწყობილობის მოქმედების ერთჯერადობა მიიღწევა სქემის აგების სხვადასხვა ვარიანტებით, რომლებიც გამომდინარეობენ მუშაობის

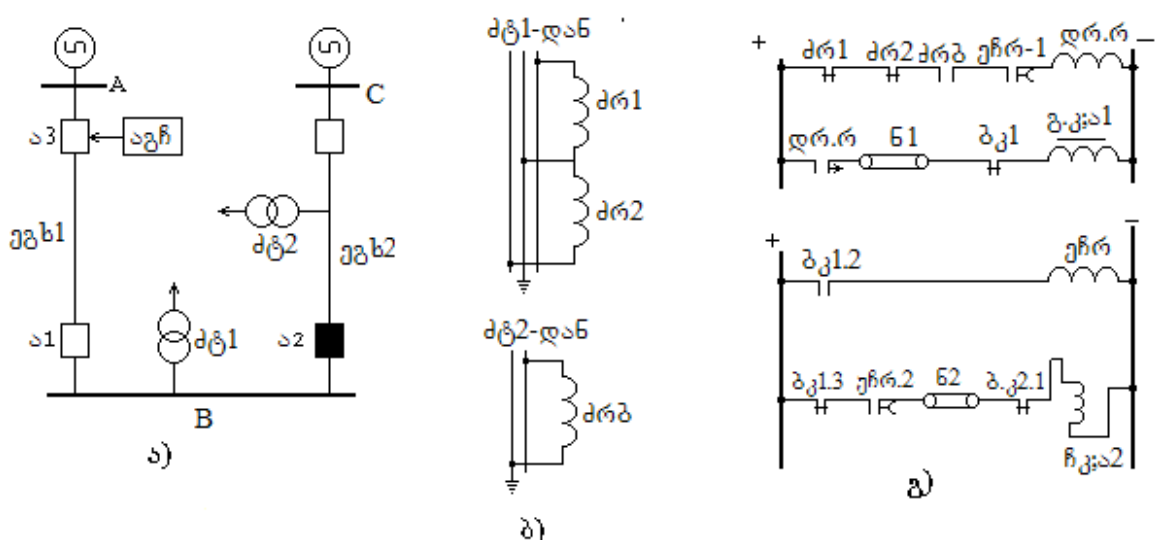
კონკრეტული პირობებიდან, ოპერატიული დენის სახეობიდან და ამომრთველის ამძრავის კონსტრუქციიდან.

20.3 რაჩ-ის მოწყობილობის სქემები

რადიალური გადაცემის ხაზისათვის ერთჯერადი მოქმედების რ.ა.ჩ.-ის მოწყობილობის სქემა, მუდმივ ოპერატიულ დენზე მოცემული არის ნახ. 20.3-ზე. ნორმალურ რეჟიმში ქვესადგური B იკვებება A ქვესადგურიდან ეგხ1 მუშა გადამცემი ხაზით. ეგხ2 სარეზერვო ხაზი ნორმალურად გამორთულია ა2 ამომრთველით. C ქვესადგურში ეგხ2 ხაზის ამომრთველი მუდმივად ჩართულია და ხაზი არის ძაბვის ქვეშ.

რ.ა.ჩ.-ის მოწყობილობაში ერთჯერადი ჩართვის რელეს ეჩრ ფუნქციას ასრულებს შუალედური რელე, რომელსაც გააჩნია დაბრუნებაზე დროის დაყოვნება. თუ რაიმე მიზეზით გამოირთვება ა1 ამომრთველი, მაშინ სარეზერვო ხაზის ა2 ამომრთველი ჩაირთვება ბკ1.3-ეჩრ2 წრედის გავლით, რადგან ეჩრ2 კონტაქტი გარკვეული დროით რჩება შეკრულ მდგომარეობაში.

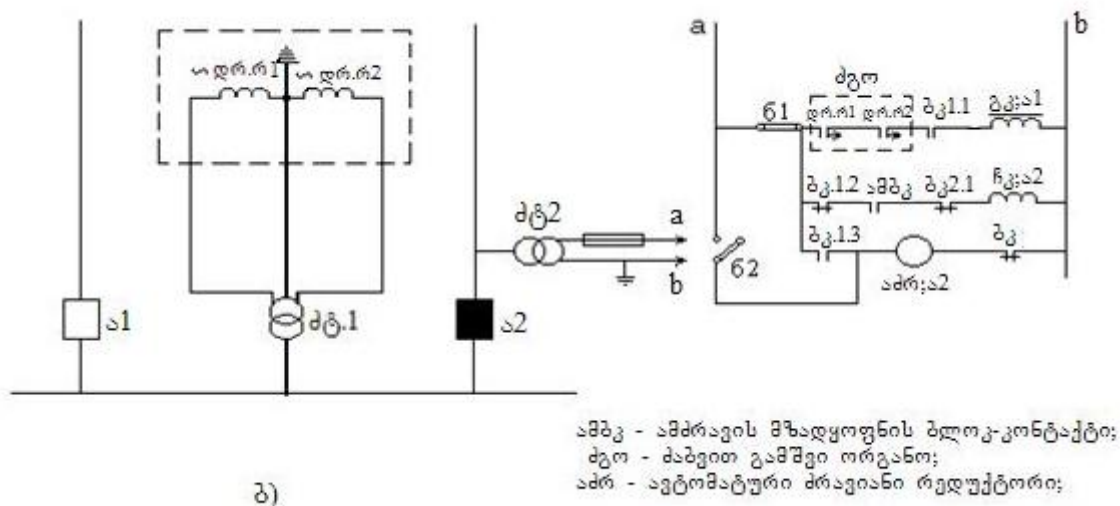
თუ მომხმარებლის სალტეზე შეწყდება ძაბვა ისე, რომ ამომრთველი ა1 რჩება ჩართულ მდგომარეობაში (მაგ. გამოირთო ა3 ამომრთველი) მაშინ რ.ა.ჩ.-ის მოწყობილობის მუშაობის უზრუნველსაყოფად სქემაში გამოყენებულია მინიმალური ძაბვის გამშვი ორგანო სარეზერვო ეგხ2 ხაზზე ძაბვის არ არსებობის ბლოკირებით. სარეზერვო ეგხ2 ხაზზე ძაბვის კონტროლის მიზნით ძტ2 ძაბვის ტრანსფორმატორის ნაცვლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ტევადური ძაბვის ართმევის მოწყობილობა.



ნახ. 20.3 ხაზის რაჩ-ის მოწყობილობის სქემა მუდმივ ოპერატიულ დენზე.

(ა) ახსნა განმარტებითი სქემა; (ბ) ცვლადი ძაბვის წრედების სქემა;

(გ) მუდმივი ოპერატიული დენის წრედების სქემა.



ნახ. 20.4 ხაზის რაჩ-ის მოწყობილობის სქემა ცვლად ოპერატიულ დენზე.

(ა) ახსნა-განმარტებითი სქემა; (ბ) ოპერატიული დენის წრედის სქემა.

В ქვესადგურის სალტეებზე ძაბვის გაქრობის შემთხვევაში იმოქმედებს მინიმალური ძაბვის რელეები **ძრ1** და **ძრ2**, თუ **ეგხ2** სარეზერვო ხაზი არის ძაბვის ქვეშ (**ძრბ** რელეს კონტაქტი შეკრულია), გაუშვებენ (კვებას აწვდიან) დროის რელეს, რომელიც დროის დანაყენის მიხედვით გამორთავს **ა1** ამომრთველს. შემდეგ სქემა მუშაობს ისე როგორც აღწერილი არის ზემოთ.

რ.ა.ჩ.-ის გამშვით ორგანოს **დ.გ.ო.** დროის დაყოვნება შეთანხმებული უნდა იყოს კვების მხარეს არსებული ა.გ.ჩ.-ს დროსთან. ანუ რ.ა.ჩ.-ის მოწყობილობამ უნდა იმოქმედოს კვების მხარეს არსებული ა.გ.ჩ.-ს არაწარმატებული მოქმედების შემდეგ.

ქვესადგურებში, სადაც ამომრთველები აღჭურვილნი არიან ზამბარიანი ან ტვირთიანი ამპრავით, რ.ა.ჩ.-ის მოწყობილობები განხორციელებულია ცვლად ოპერატიულ დენზე.

ნახ. 20.4-ზე მოყვანილია რ.ა.ჩ.-ის მოწყობილობის სქემა იმ შემთხვევისათვის, როცა ამომრთველი აღჭურვილია ავტომატური ძრავიანი რედუქტორით (**ა.დ.რ.**) ზამბარის ავტომატურად დასაქოქად, ან ტვირთის ავტომატურად ასაწევად.

მოწყობილობაში გამოყენებულია ძაბვით გამშვით ორგანო (**დ.გ.ო.**), რომელიც შედგება ცვლადი ძაბვის ორი დროის რელესაგან **დრ.რ.1** და **დრ.რ.2**. აღნიშნული დროის რელეები იკვებებიან **ძ.ტ.-1** ძაბვის ტრანსფორმატორიდან. **რაჩ**-ის მოწყობილობების ოპერატიული წრედის კვება განხორციელებულია **ძ.ტ.-2** ძაბვის ტრანსფორმატორიდან, რითაც ფაქტიურად წარმოებს სარეზერვო ხაზზე ძაბვის არსებობის კონტროლი.

ქვესადგურის სალტეებზე ძაბვის გაქრობის შემთხვევაში იმოქმედებს **დ.გ.ო.** და დროის დაყოვნებით გამორთავს **ა1** ამომრთველს, რომელიც თავის **ბ.კ.1.2** ბლოკ-კონტაქტით შეკრავს სარეზერვო **ე.გ.ხ.2** ხაზის **ა2** ამომრთველის ელექტრომაგნიტის **ჩ.კ. ა2** ჩართვის წრედს. ეს უკანასკნელი კი ჩაირთვება მხოლოდ მაშინ, როცა შეკრულია ამპრავის მზადყოფნის **ა.მ.ბ.კ.** ბლოკ-კონტაქტი (ზამბარა შეკუმშულია ან ტვირთი აწეულია).

მოწყობილობის მოქმედების ერთჯერადობა უზრუნველყოფილია იმით, რომ ა2 ამომრთველის განმეორებითი ჩართვისთვის საჭიროა ხელახლა შეიკუმშოს ზამბარა, ან აიწიოს ტვირთი, რაც შეიძლება განხორციელდეს ავტომატურად ა1 ამომრთველის ჩართვით (ბ.კ.1.3 ბლოკ-კონტაქტი შეკრულია) ან 52 ნაფენის შეკვრის შემდეგ. ზამბარის სრულად შეკუმშვისას, ან ტვირთის აწევის შემდეგ ა.ძ.რ. ელ.ძრავის წრედი გაიხსნება ამომრთველის ბ.კ. კონტაქტით.

თუ სარეზერვო ხაზზე არ არის ძაბვის ტრანსფორმატორი, მაშინ ა1 ამომრთველის გამოსართავად და ა2 ამომრთველის ჩასართავად გამოიყენება წინასწარ დამუხტული კონდენსატორის ენერგია. კონდენსატორის დამუხტვა ხდება ძტ-1 ძაბვის ტრანსფორმატორიდან, სპეციალური დამმუხტი მოწყობილობით. ა.ძ.რ. ელ.ძრავის კვება აგრეთვე ხდება ძტ-1 ძაბვის ტრანსფორმატორიდან.

ტრანსფორმატორის რაჩ-ის მოწყობილობის სქემა, რომელიც სახასიათოა ელ.სადგურის საკუთარი მოხმარების დანადგარებისათვის, მოცემულია ნახ. 20.5-ზე.

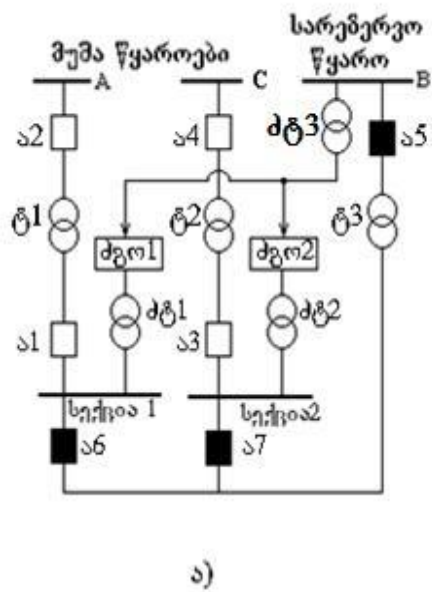
ორი მუშა ტრანსფორმატორი ტ-1 და ტ-2 ნორმალურად ჩართულია საკუთარი მოხმარების შესაბამის სექციებზე. სარეზერვო ტრანსფორმატორი ტ-3 ნორმალურად გამორთულია. ტრანსფორმატორების კვება ხორციელდება სხვადასხვა წყაროებიდან.

ერთ-ერთი მუშა ტრანსფორმატორის გამორთვის შემთხვევაში, რაჩ-ს მოწყობილობა უზრუნველყოფს სარეზერვო ტრანსფორმატორის ჩართვას. ამისათვის ჩაირთვება ამომრთველები ა5 და ერთ-ერთი ა6 ან ა7 ამომრთველებიდან. იმის მიხედვით, თუ რომელი ტრანსფორმატორი გამოირთო.

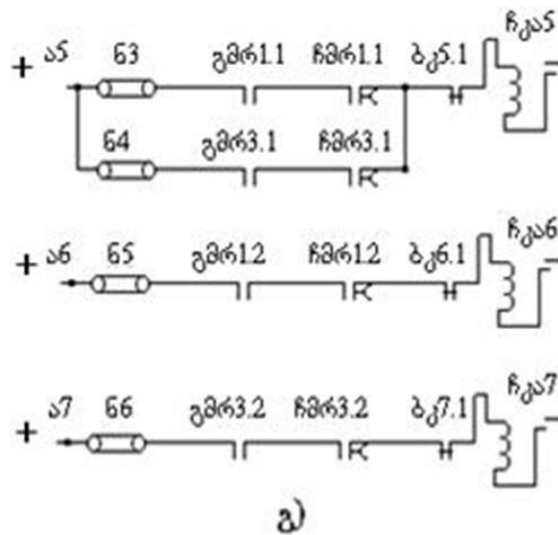
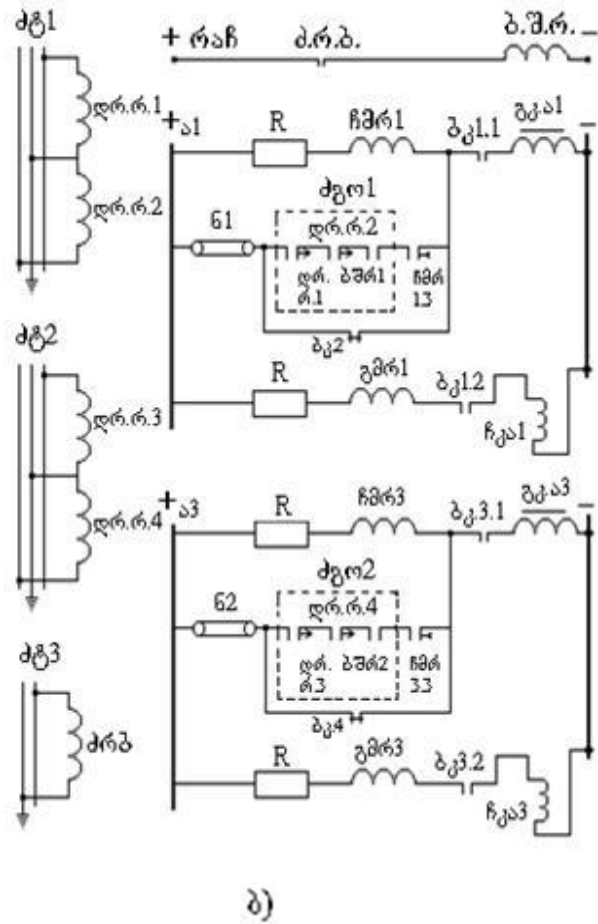
განსახილველ სქემაში ერთჯერადი ჩართვის რელეს ფუნქციას ასრულებენ ა1 და ა3 ამომრთველების “ჩართული” მდგომარეობის რელეები (ჩ.მ.რ.1 და ჩ.მ.რ.3). რაჩ-ის მოწყობილობის გაშვება ხორციელდება აღნიშნული ამომრთველების “გამორთვის” მდგომარეობის რელეებით (გ.მ.რ.1 და გ.მ.რ.3).

იმ შემთხვევაში, თუ მუშა ტრანსფორმატორები გამოირთვება მაღალი ძაბვის მხრიდან, მაშინ კვების შეწყვეტის ხანგრძლივობის შემცირების მიზნით ა2 და ა4 ამომრთველების ბლოკ-კონტაქტები ჩართული არიან შესაბამისად ა1 და ა3 ამომრთველების გამორთვის წრედებში.

დაბალი ძაბვის თითოეულ სექციაზე გათვალისწინებულია მინიმალური ძაბვის გამშვი ორგანო (ძ.გ.ო.1 და ძ.გ.ო.2); თითოეული ძ.გ.ო., როგორც წინა შემთხვევაში, შედგება ორი ცვლადი ძაბვის დროის რელესაგან, რომლებიც მიერთებული არიან შესაბამისი ძაბვის ტრ-ებზე. გარდა ამისა ძ.გ.ო. აგრეთვე შეიცავს ბლოკირების შუალედურ რელეს ბ.შ.რ, რომელიც ოპერატიულ კვებას იღებს ძაბვის ძ.რ.ბ. რელესაგან. ძაბვის ძ.რ.ბ. რელე მიერთებული არის სარეზერვო კვების ძტ-3 ძაბვის ტრ-ზე. ნაფენები 51÷56 ემსახურებიან რაჩ-ის მოწყობილობის მუშაობიდან გამოყვანას. კერძოდ, როცა გამორთულია მუშა ტ-1 ტრანსფორმატორი, მაშინ უნდა მოიხსნას ნაფენები 51, 53 და 55. ასეთ დროს რაჩ-ის მოწყობილობა ახორციელებს მუშაობაში დარჩენილი ტ-2 ტრანსფორმატორის რეზერვირებას.



ბ.შ.რ. - ბლოკირების შუალედური რედე;
 ჩ.შ.რ. - ჩართული მდგომარეობის რედე;
 გ.შ.რ. - გამორთული მდგომარეობის რედე.



ნახ. 20.5 ტრანსფორმატორის რაჩ-ის მოწყობილობა მუდმივ ოპერატიულ დენზე.
 (ა) განმარტებითი სქემა; (ბ) ცვლადი ძაბვის წრედების სქემა; (გ) ოპერატიული
 წრედების სქემა.

20.4 რაჩ-ის მოწყობილობის დანაყენების ანგარიში

ა) ერთჯერადი ჩართვის რელე

აღნიშნული რელეს ღუზის ჩამოვარდნაზე დროის დაყოვნება შეირჩევა სარეზერვო წყაროს ამომრთველის ერთჯერადი ჩართვის იმედიანობის უზრუნველყოფის პირობით:

$$t_{\text{გ.რ}} \geq t_{\text{ა.ჩ.}} + \Delta t \quad (20.1)$$

სადაც $t_{\text{ა.ჩ.}}$ - არის ამომრთველის ჩართვის დრო; Δt - იმედიანობის მარაგი, რომელიც ტოლია $0,2 \div 0,3$ წმ-ის.

ბ) მინიმალური ძაბვის გამშვი ორგანო (მგო)

მგო-ს მინიმალური ძაბვის რელეს ამუშავების ძაბვის სიდიდე შეირჩევა შემდეგი, ორი პირობით:

1. რეაქტორისა და ტრანსფორმატორის იქით სამფაზა მოკლე შერთვების დროს, მინიმალური ნარჩი ძაბვის სიდიდისაგან განრიდება (წერტილები K_1, K_5, K_7 ნახ. 20.6).

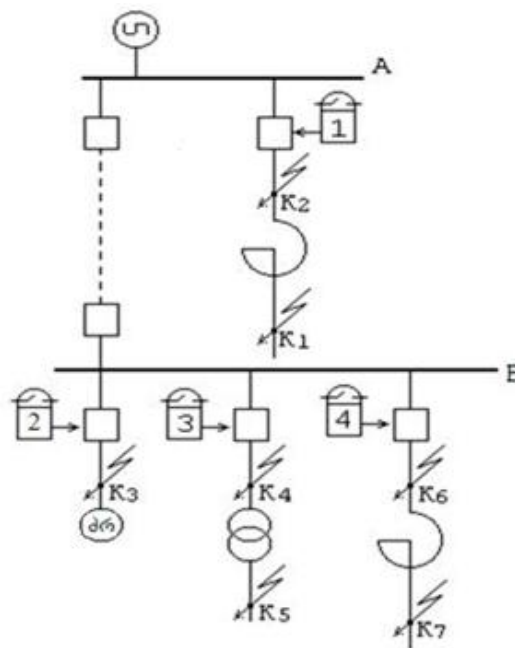
$$U_{\text{ამუშ}} \geq U_{\text{ნარჩი მინიმ.}} / K_{\text{იმედ}} \quad (20.2)$$

სადაც $K_{\text{იმედ}} = 1,2 \div 1,3$ არის იმედიანობის კოეფიციენტი.

2. მ.შ-ის გამორთვის შემდეგ ძრავების თვითგაშვების მინიმალური ძაბვის სიდიდისაგან განრიდება.

$$U_{\text{ამ}} \leq U_{\text{თვით.გაშვ. მინიმ.}} / K_{\text{იმედ}} \quad (20.3)$$

სადაც $K_{\text{იმედ}} = 1,2 \div 1,3$.



ნახ. 20.6 რაჩ-ის მოწყობილობის დანაყენის ანგარიშის განმარტებითი სქემა.

(20.2) და (20.3) ფორმულებით მიღებული სიდიდეებიდან აიღება დანაყენის მინიმალური მნიშვნელობა.

ჩვეულებრივად (20.2) და (20.3) პირობებს აკმაყოფილებს ამუშავების ძაბვა:

$$U_{\text{ამუშ}} = (0,25 \div 0,4) U_{\text{ნომ}} \quad (20.4)$$

მგო-ს დროის რელეს დაყოვნების დრო შეირჩევა A სალტიდან გამავალი მინაერთის დაცვის მაქსიმალური დაყოვნების დროზე სელექციურობის საფეხურით ($\Delta t = 0,5$ წმ.) მაღალი დანაყენი (ნახ. 20.6 მ.შ. K_2 წერტილში).

$$t_{\text{დრ.რ.}} \geq t_{\text{დაც.1}} + \Delta t \quad (20.5)$$

ანალოგიურად შეირჩევა B სალტიდან გამავალი მინაერთების დაცვების (№2, №3, №4) მაქსიმალური დაყოვნების დროზე სელექციურობის საფეხურით მაღალი დანაყენი (ნახ. 20.6 მ.შ-ბი K_3 , K_4 და K_6 წერტილებში):

$$t_{\text{დრ.რ.}} \geq t_{\text{დაცვა2}} + \Delta t \quad (20.6)$$

საჭიროების შემთხვევაში მგო-ს დროის დაყოვნება უნდა შეთანხმდეს მუშა წყაროს ა.გ.ჩ.ს მოწყობილობის მოქმედების დროსთან. საბოლოოდ უნდა შევირჩიოთ ყველაზე დიდი დროის დაყოვნება.

გ) დენის და ძაბვის მინიმალური გამშვით ორგანო

მინიმალური ძაბვის რელეს ამუშავების ძაბვა შეირჩევა ისე, როგორც მგო-ს ამუშავების ძაბვა. ანგარიშის განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის რომ, მ.შ.-ის დროს ნარჩი ძაბვის სიდიდისაგან განრიდებისას სანგარიშოს წარმოადგენს მხოლოდ K_1 წერტილი (ნახ. 20.6).

მინიმალური დენის რელეს ამუშავების დენი განრიდებული უნდა იყოს მუშა წყაროს დატვირთვის შესაძლო მინიმალური დენის სიდიდისაგან.

$$I_{\text{ამუშ}} \leq I_{\text{დატ.მინ}} / K_{\text{იმედ.}} \quad (20.7)$$

სადაც $I_{\text{დატ.მინ}}$ - არის დატვირთვის მინიმალური დენი; $K_{\text{იმედ.}}$ - არის იმედიანობის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია 1,5; გამშვით ორგანოს დროის დაყოვნება შეირჩევა (20.5) პირობით, ანუ შეთანხმებულია მხოლოდ A სალტიდან გამავალი მინაერთების დაცვებთან (ნახ. 20.6).

დ) სარეზერვო კვების წყაროს ძაბვით ბლოკირება

სარეზერვო წყაროს საკონტროლო ძაბვის მახლოკირებელი რელეს ამუშავების ძაბვა შეირჩევა მუშა ძაბვის მინიმალური მნიშვნელობისას დაბრუნების პირობით.

$$U_{\text{ამუშ.}} = U_{\text{მუშა მინ.}} / K_{\text{დაბ.}} K_{\text{იმედ.}} \quad (20.8)$$

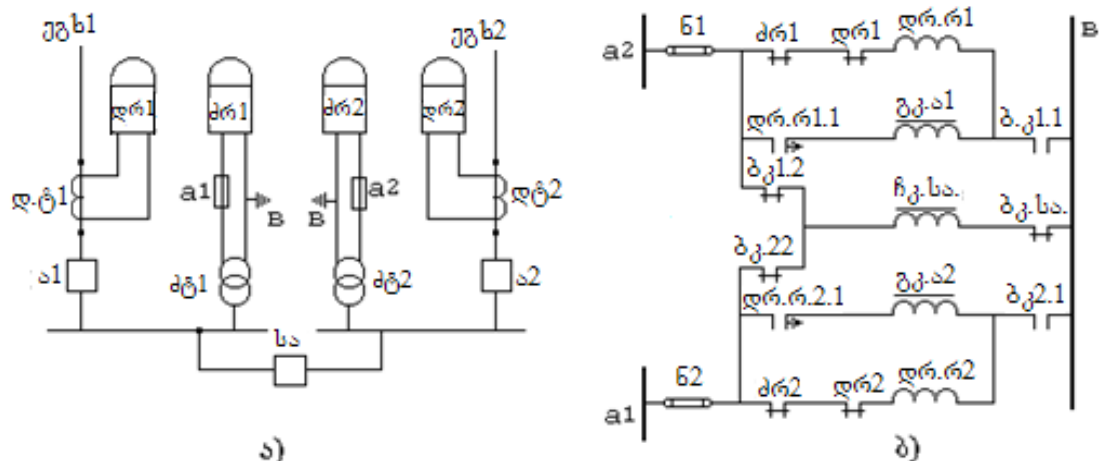
სადაც $U_{\text{მუშა მინ.}}$ - არის მინიმალური მუშა ძაბვა; $K_{\text{დაბ.}}$ - არის რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი; $K_{\text{იმედ.}}$ - არის იმედიანობის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია 1,1÷1,2.

20.5 სექციის სალტების რაჩ-ის სქემა;

ნახ. 20.7-ზე მოყვანილია სექციის სალტების რაჩ-ის მოწყობილობის სქემა ცვლადი ოპერატიული დენის ქვესადგურებისათვის, როცა სასექციო ამომრთველი აღჭურვილია ზამბარიანი, ან ტვირთიანი ამმრავით.

სქემის გაშვება მოხდება როგორც **ა1** და **ა2** ამომრთველებიდან ერთ-ერთის გამორთვისას, ასევე ერთ-ერთი გამშვი ორგანოდან, რომლებიც წარმოადგენენ დენის და ძაბვის კომბინირებულ მინიმალურ გამშვი ორგანოებს. მკვებავი ხაზების აგჩ-ს მოწყობილობის მოქმედების დროსთან შეთანხმებისათვის გამშვი ორგანოები შეიცავენ **დრ.რ1** და **დრ.რ2** დროის რელეებს, რომელთა დროის დაყოვნება შეირჩევა იმ პირობით, რომ რაჩ-ის მოწყობილობამ იმოქმედოს მხოლოდ წარუმატებელი აგჩ-ის შემდეგ. მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად: ნორმალურად **ა1** და **ა2** ამომრთველები იმყოფებიან ჩართულ მდგომარეობაში, ხოლო სასექციო ამომრთველი გამორთულია და მისი ზამბარა ან ტვირთი მზადყოფნის მდგომარეობაშია. (სა ბლოკ-კონტაქტი შეკრულია).

უგბ1 გადაცემის ხაზზე დენის და I სექციაზე ძაბვის გაქრობისას იმოქმედებს კომბინირებული გამშვი ორგანო (**დ.რ.1** და **ძ.რ1**) და გაუშვებს დროის **დრ.რ1** რელეს, რომელიც შესაბამისი დროის დაყოვნების შემდეგ გამორთავს **ა1** ამომრთველს; შეიკვრება მისი **ბკ1.2** ბლოკ-კონტაქტი სა ამომრთველის ჩართვის კოჭის წრედში; ეს უკანასკნელი ათავისუფლებს დამჭერ მექანიზმს და შეკუმშული ზამბარის ენერგიის ხარჯზე (ან აწეული ტვირთის) მოხდება ამომრთველის ჩართვა. II სექციაზე ძაბვის კონტროლი ხორციელდება ავტომატურად, ვინაიდან ოპერატიული წრედის კვება განხორციელებულია **ძ.ტ2** ძაბვის ტრანსფორმატორიდან.



ნახ. 20.7 სექციის რაჩ-ის მოწყობილობა. (ა) განმარტებითი სქემა; (ბ) ცვლადი ძაბვის ოპერატიული წრედი.

II სექციის სალტის გამშვი ორგანოს ამუშავებისას სქემა მოქმედებს ანალოგიურად. რაჩ-ის სქემის მოქმედების ერთჯერადობა მიიღწევა იმით, რომ სა

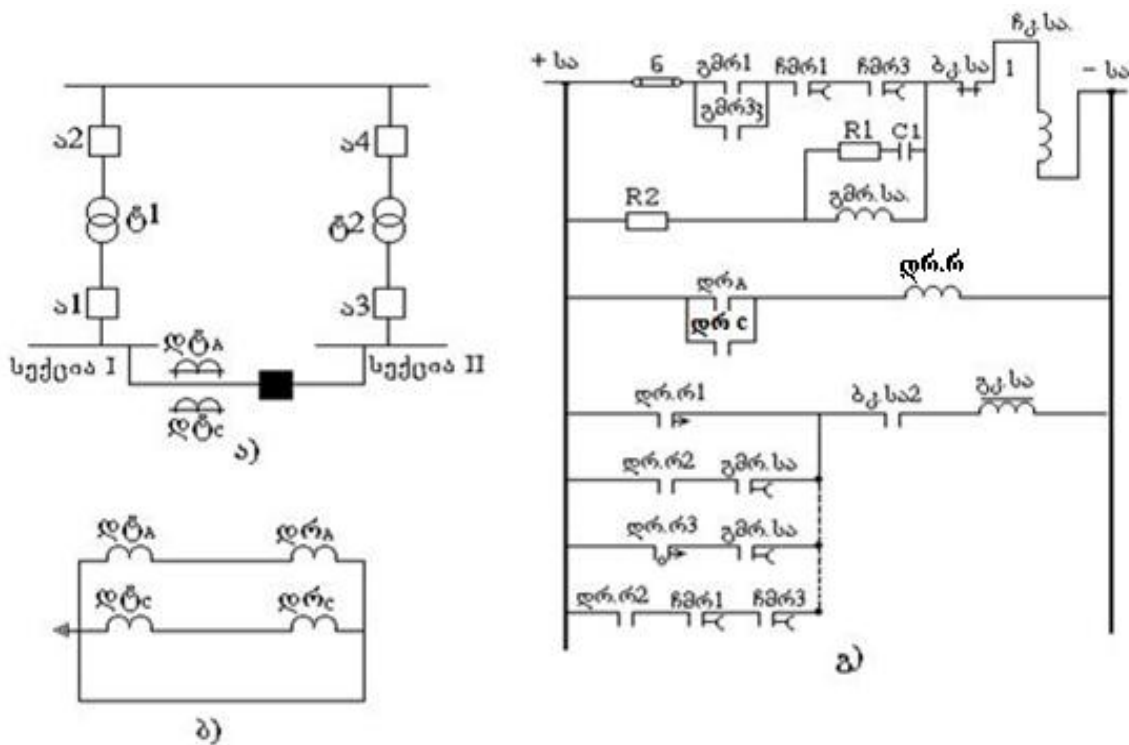
ამომრთველის განმეორებითი ჩართვისათვის საჭიროა ხელახლა დაიქოქოს ზამზარა, ან აიწიოს ტვირთი.

20.6 რელეური დაცვის და რაჩ-ის მოწყობილობების ერთობლივი მუშაობა.

რაჩ-ს შემდეგ დაცვის მოქმედების აჩქარება ხორციელდება ისევე, როგორც აგჩ-ს შემდეგ დაცვის აჩქარება. აჩქარებისას დაცვამ შეიძლება იმოქმედოს ან დროის დაყოვნების გარეშე, ან დროის მცირე დაყოვნებით.

იმ შემთხვევაში, როცა მომხმარებლის სალტეზე მიერთებულია დიდი რაოდენობის ძრავები, დაცვის მოქმედების აჩქარება უნდა განხორციელდეს არა ნულამდე, არამედ 0,5 წმ-მდე. სარეზერვო წყაროს ძაბვასა და ელძრავების ნარჩ ემმ-ს შორის არასინქრონულობის გამო ადგილი აქვს დენის ნახტომისებურ ზრდას, რომელმაც შეიძლება გადააჭარბოს ძრავების თვითგაშვების დენის სიდიდეს, რაც იწვევს რაჩ-ის შემდეგ აჩქარებული დაცვის მცდარ მუშაობას. ამიტომ აღნიშნული მოვლენის აღმოფხვრის მიზნით რაჩ-ის შემდეგ დაცვის აჩქარება ხორციელდება დროის დაყოვნებით 0,5 წმ.

ნახ. 20.8-ზე მოყვანილი არის სასექციო ამომრთველის დაცვის მოქმედების აჩქარების სქემა „გამორთული“ მდგომარეობის გმრ.სა. რელეს გამოყენებით, რომელსაც გააჩნია დაყოვნება დაბრუნებაზე.



ნახ. 20.8 რაჩ-ის შემდეგ დაცვის მოქმედების აჩქარება. (ა) განმარტებითი სქემა; (ბ) ცვლადი დენის წრედის სქემა; (გ) ოპერატიული წრედის სქემა.

ნორმალურ რეჟიმში თითოეული სექციის მომხმარებლების კვება ხორციელდება თავიანთი ტრანსფორმატორებიდან და სასექციო ამომრთველი **სა** გამორთულია. რომელიმე სექციაზე კვების დაკარგვის შემთხვევაში და შესაბამისი **ა1** და **ა3** ამომრთველის გამორთვის შემდეგ მოხდება სასექციო **სა** ამომრთველის ჩართვა.

თუ დაცვის აჩქარება ხორციელდება 0წმ-მდე, მაშინ **რაჩ-ის** მოქმედების შემდეგ მდგრადი მ.შ.-ის შემთხვევაში, **სა-ს** გამორთვა მიმდინარეობს დროის რელეს **დრ.რ2** მყისური კონტაქტის და **გმრ.სა** კონტაქტის წრედის გავლით; თუ დაცვის აჩქარება ხორციელდება 0,5 წმ-მდე, მაშინ **სა-ს** გამორთვა ხდება დროის რელეს **დრ.რ3** მცოცავი კონტაქტის და **გმრ.სა** კონტაქტის წრედის გავლით. ამ დროს **გმრ.სა-ს** დაბრუნებაზე დროის დაყოვნება უნდა იყოს უფრო მეტი, ვიდრე ამომრთველის ჩართვის და **სა-ს** დაცვის დროის დაყოვნების ჯამური დრო.

დაცვის აჩქარება შეიძლება განხორციელდეს აგრეთვე **ა1** და **ა3** ამომრთველების “ჩართული” მდგომარეობის რელეების გამოყენებით **ჩმრ1** და **ჩმრ3**; აღნიშნული რელეების კონტაქტები დროის რელეს **დრ.რ2** მყისა კონტაქტთან ერთად შეერთებული არიან მიმდევრობით და წარმოქმნიან **ს.ა** ამომრთველის გამორთვის აჩქარების წრედს.

ამრიგად, განსახილველ შემთხვევაში **რაჩ-ის** მოქმედების შემდეგ მდგრადი მ.შ.-ს დროს ხორციელდება **ს.ა-ს** დაცვის მოქმედების აჩქარება.

21.1 ზოგადი ცნობები

ენერგოსისტემაში ნორმალურ რეჟიმში სიხშირის მოცემული მნიშვნელობის შენარჩუნება უზრუნველყოფილია ტურბინების ბრუნვის სიხშირის რეგულატორებით და სიხშირისა და სიმძლავრის რეგულატორებით.

ზოგიერთ ავარიულ სიტუაციაში ენერგოსისტემაში შეიძლება წარმოიქმნას აქტიური სიმძლავრის ისეთი დეფიციტი, რომლის ლიკვიდაციაც სარეზერვო საგენერატორო სიმძლავრეების სრული მოცულობით გამოყენების შემთხვევაშიც კი შეუძლებელია. ასეთ დროს გაუკომპენსირებელი სიმძლავრის დეფიციტის ზემოქმედებით სიხშირე იწყებს შემცირებას და მიაღწევს ახალ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც ენერგო-სისტემაში კვლავ დამყარდება სიმძლავრეების ბალანსი. ეს განპირობებულია დატვირთვის (სიხშირის მიხედვით) მარეგულირებელი ეფექტის არსებობით, რაც მდგომარეობს იმაში რომ სიხშირის ცვლილებით იცვლება მოხმარებული სიმძლავრე.

დამყარებულ რეჟიმში დატვირთვის სიმძლავრის დამოკიდებულობას სიხშირეზე ეწოდება დატვირთვის სტატიკური სიხშირული მახასიათებელი. მოგადად ძაბვის მუდმივობის პირობებში ამ დამოკიდებულებას აქვს სახე:

$$P_{\omega} = \alpha_0 P_{\omega 0} + \alpha_1 P_{\omega 0} (f/f_0) + \alpha_2 P_{\omega 0} (f/f_0)^2 + \dots + \alpha_n P_{\omega 0} (f/f_0)^n \quad (21.1)$$

სადაც $P_{\omega 0}$ -არის დატვირთვის სიმძლავრე f_0 სიხშირის დროს; $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n$ - არიან კოეფიციენტები, რომლებიც ასახავენ სიხშირული მახასიათებლის შესაბამის წილს საერთო დატვირთვაში.

დატვირთვის სიხშირის მიხედვით მარეგულირებელი ეფექტი ხასიათდება მარეგულირებელი ეფექტის კოეფიციენტით, რომელიც განსაზღვრავს სისტემაში სიხშირის შემცირებისას მისი სიმძლავრის შემცირებას.

$$K = (\Delta P_{\omega} / P_{\omega 0}) (f_0 / \Delta f_0) = \Delta P_{\omega} / \Delta f_0 \quad (21.2)$$

სადაც ΔP_{ω} -არის დატვირთვის ცვლილება; Δf_0 -არის დამყარებულ რეჟიმში სიხშირის ცვლილება.

სიხშირის 45÷50 ჰც-ს დიაპაზონში დატვირთვის რეალური სიხშირული მახასიათებელი შეიძლება მიახლოებით შეიცვალოს სწორხაზოვანი მახასიათებლით და K კოეფიციენტი ჩაითვალოს მუდმივ სიდიდედ. ცდების მონაცემებით სიდიდე $K=1\div3,5$ და იზრდება, როცა სიხშირის შემცირებას თან ახლავს ძაბვის შემცირება. ეს

ნიშნავს, რომ სისტემაში სიხშირის 1%-ით (0,5 ჰც) შემცირებისას დატვირთვის მოხმარებული სიმძლავრე მცირდება 1÷3,5%-ით.

დატვირთვის მარეგულირებელი ეფექტის გავლენა სიხშირის ცვალებადობაზე შეიძლება გავაანალიზოთ ნახ. 21.1-ზე მოცემული მახასიათებლით. ენერგოსისტემის საწყისი მდგომარეობა (a წერტილი) ხასიათდება ტურბინის P_{δ} და დატვირთვის P_{δ} სიმძლავრეების ბალანსით, როცა სიხშირე არის f_0 ; დავუშვათ მოხდა დატვირთვის სიმძლავრის უეცარი მომატება, ანუ ჩაირთო დამატებითი მომხმარებელი $\Delta P_{\text{დუგ.0}}$; ენერგოსისტემის სიხშირის სტატიკური მახასიათებელი გადაინაცვლებს ზევით და მიიღებს 3 მრუდის სახეს. ანალიზის გამარტივების მიზნით ჩავთვალოთ, რომ ტურბინის სიმძლავრე განსახილველ პროცესში არ იცვლება (მრუდი 1).

$\Delta P_{\text{დუგ.0}} = P'_{\delta} - P_{\delta}$ სიმძლავრის დეფიციტის ზემოქმედებით ენერგოსისტემაში სიხშირე იწყებს შემცირებას

მაგრამ როგორც კი მიაღწევს f_1 მნიშვნელობას ენერგოსისტემაში წონასწორობა ისევ აღდგება (B წერტილი); ამრიგად მოხდა გადასვლა f_0 სიხშირის დროს წონასწორობის პირობიდან f_1 სიხშირის შესაბამის წონასწორობის პირობაზე.

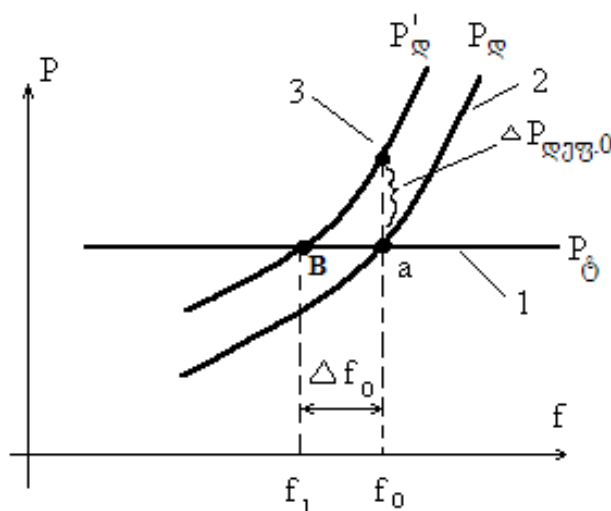
ენერგოსისტემაში სიხშირის გადახრის $\Delta f_0\%$ მნიშვნელობა განისაზღვრება (21.2) გამოსახულებით იმ პირობით, რომ $\Delta P_{\delta} = \Delta P_{\text{დუგ.0}}$, სადაც $\Delta P_{\text{დუგ.0}}$ - არის სიმძლავრის საწყისი დეფიციტის მნიშვნელობა (f_0 სიხშირის დროს).

$$\Delta f_0 = \Delta P_{\text{დუგ.0}} / K \quad (21.3)$$

სადაც $\Delta P_{\text{დუგ.0}}$ - არის პროცენტებში.

როცა $f = 50$ ჰც მნიშვნელობა Δf_0 (ჰც-ბში):

$$\Delta f_0 = \Delta P_{\text{დუგ.0}} / 2K \quad (21.4)$$



ნახ. 21.1 დატვირთვის მარეგულირებელი ეფექტის გავლენა სიხშირის ცვლილებაზე.

- (1) ტურბინის სიმძლავრის მახასიათებელი; (2) დატვირთვის მახასიათებელი ნორმალურ რეჟიმში; (3) მახასიათებელი დატვირთვის სიმძლავრის უეცარი შეცვლის შემდეგ.

შესაბამისად სიხშირის ახალი მნიშვნელობა, რომლის დროსაც ენერგოსისტემაში კვლავ დამყარდა წონასწორობა.

$$f_1 = 50 - \Delta f_0 = 50 - \Delta P_{\text{ფეფ},0}/2K \quad (21.4)$$

სადაც $\Delta P_{\text{ფეფ},0}$ -არის პროცენტებში.

ენერგოსისტემის დინამიური მახასიათებელი განსაზღვრავს აქტიური სიმძლავრის დეფიციტის შედეგად წარმოქმნილი სიხშირის ცვალებადობის გარდამავალი პროცესის მიმდინარეობის ხასიათს. სარეზერვო საგენერატორო სიმძლავრის არარსებობისას გვაქვს:

$$T_j(d/dt)\Delta f + K P_{\text{ფ0}} \Delta f + \Delta P_{\text{ფეფ},0} = 0 \quad (21.6)$$

სადაც T_j -არის ენერგოსისტემის მზრუნავი მასის ინერციის მუდმივა.

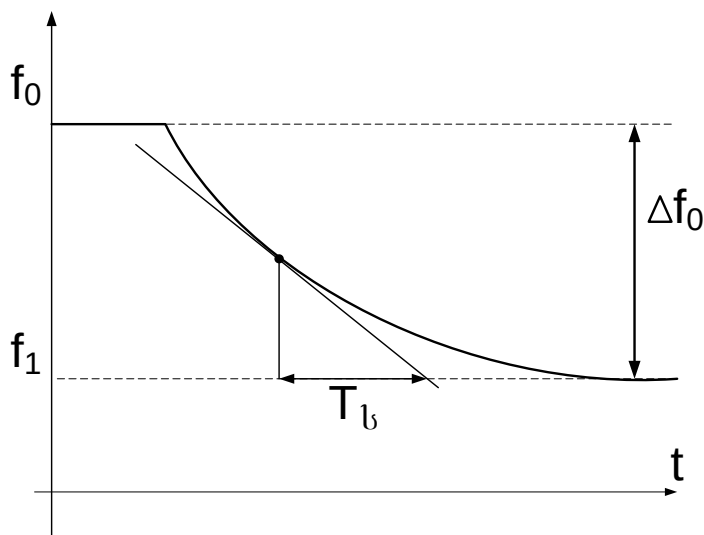
(21.6)-დან გამომდინარეობს:

$$\Delta f = -(\Delta P_{\text{ფეფ},0}/K P_{\text{ფ0}}) \cdot (1 - e^{-t/T_s}) \quad (21.7)$$

სადაც $T_s = T_j/K P_{\text{ფ0}}$ -არის ენერგოსისტემის სიხშირის დროის მუდმივა. ($T_s = 5 \div 8$ წმ).

ამრიგად, ენერგოსისტემის დინამიური მახასიათებელს, ანუ მზრუნავი რეზერვის არარსებობისას სიხშირის ცვალებადობას დროში აქვს ექსპონენციალური მაჩვენებლიანი ხასიათი (ნახ. 21.2).

$$f = f_0 - \Delta f = f_0 - \Delta f_0(1 - e^{-t/T_s}) \quad (21.8)$$



ნახ. 21.2

21.2 სიხშირის დასაშვები ავარიული შემცირება და აღდგენისათვის საჭირო ღონისძიებები

სიხშირის ავარიული შემცირება ენერგოსისტემაში შეზღუდულია არა მარტო მომხმარებლის ნორმალური მუშაობის მოთხოვნებით, არამედ აგრეთვე ელ.სადგურების ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობების მუშაობის პირობებით. გენერატორების და ძრავების ბრუნვის სიხშირის შემცირება გავლენას ახდენს თეს-ის საკუთარი მოხმარების მუშაობაზე, პირველ რიგში მკვებავ და ცირკულაციის ტუმბოებზე. სიხშირის $45 \div 46$ ჰც-ის მნიშვნელობისას მკვებავ ტუმბოებზე წარმადობა ეცემა ნულამდე, ხოლო ცირკულაციის ტუმბოების წარმადობა ეცემა $25 \div 40\%$ -ით. ეს თავის მხრივ იწვევს თეს-ში გამომუშავებული ელენერგიის მნიშვნელოვან შემცირებას და სიხშირის კიდევ უფრო დაცემას. შემდეგ წარმოიქმნება „სიხშირის ზვავი“.

სიხშირის შემცირების პროცესი იწვევს აგრეთვე გამომუშავებული რეაქტიული სიმძლავრის შემცირებას და ამავე დროს მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრის ზრდას, რასაც თან ახლავს ენერგოსისტემაში ძაბვის შემცირება. $43 \div 45$ ჰც სიხშირის დროს ძაბვა ენერგოსისტემაში შეიძლება შემცირდეს ისეთ სიდიდემდე, როცა წარმოიქმნება „ძაბვის ზვავი“.

„სიხშირის და ძაბვის ზვავის“ მოვლენა ვითარდება ძალიან სწრაფად (წამის მეათედებიდან რამდენიმე წამი) და შეიძლება გამოიწვიოს არა მარტო დატვირთვის მთლიანი მოხსნა, არამედ ყველა ელ.სადგურის გაჩერება.

ასეთი ავარიების აღმოფხვრის მიზნით გამოიყენება ღონისძიებების სპეციალური კომპლექსი:

- საგენერატორო სიმძლავრეების მზრუნავი რეზერვის გამოყენება;
- სინქრონული კომპესატორის რეჟიმში მომუშავე ჰიდროაგრეგატების გადაყვანა გენერატორულ რეჟიმში და სარეზერვო აგრეგატების გაშვება;
- ნაწილი მომხმარებლის გამორთვა.

წარმოქმნილი სიმძლავრის დეფიციტის ლიკვიდაციის მიზნით, საჭიროა პირველ რიგში თეს-ებზე უზრუნველყოთ სარეზერვო სიმძლავრის სწრაფად შეყვანა მოქმედებაში. ორთქლის ტურბინების რეგულირების სისტემების მცირე ინერციულობის გამო, მათ შეუძლიათ სწრაფად აიღონ დამატებითი დატვირთვა. ჰიდროტურბინების ინერციულობა გაცილებით დიდია და მათ შეუძლიათ აიღონ სრული სიმძლავრე მხოლოდ $15 \div 20$ წმ-ის შემდეგ რაც არც თუ ხშირად გვადლევს საშუალებას თავიდან ავიცილოთ ავარია.

ჰიდროგენერატორის გადაყვანისათვის სინქრონული კომპესატორის რეჟიმიდან გენერატორულ რეჟიმში, საჭიროა $10 \div 30$ წმ, ხოლო სარეზერვო აგრეგატის გაშვებას სჭირდება $50 \div 90$ წმ.

„სიხშირის და ძაბვის ზვავის“ დროს ავარიის ლიკვიდაცია ჰეს-ების სარეზერვო აგრეგატების „სიხშირული გაშვებით“, (სიხშირის დაცემის დროს) როგორც წესი, ყოველთვის შედეგს არ იძლევა, ანუ პრაქტიკულად შეუძლებელია.

რიგ შემთხვევებში მბრუნავი რეზერვების სიდიდე უმნიშვნელოა, ხოლო ზოგჯერ საერთოდ არ არსებობს, მაგ. დატვირთვის მაქსიმუმის საათებში. ასეთ პირობებში გაცილებით საიმედო და სწრაფმოქმედ საშუალებას წარმოადგენს დავირთვის ავტომატური გამორთვა. აღნიშნულის განხორციელება შესაძლებელი არის სიხშირით ავტომატური განტვირთვის მოწყობილობებით (საგ).

21.3 საგ-ის მოწყობილობების მიმართ წაყენებული მოთხოვნები

სიხშირული განტვირთვის განხორციელების დროს აუცილებელია შესრულდეს შედეგი ძირითადი მოთხოვნები:

1. საგ-ის მოწყობილობებით გამორთული სიმძლავრე საკმარისი უნდა იყოს მაქსიმალურად რეალურად შესაძლო სიმძლავრის დეფიციტის ლიკვიდაციისათვის. ამისათვის ენერგოსისტემის სქემებისა და რეჟიმების ანალიზის დროს საჭიროა გამოვავლინოთ სიმძლავრის დეფიციტის სიდიდით ყველაზე მძიმე ავარიული სიტუაციები. (მნიშვნელოვანი საგენერაციო სიმძლავრეების, ძლიერ დატვირთული და საპასუხისმგებლო კავშირების გამორთვა, ენერგოსისტემის გაყოფა და სხვა);

2. საგ-ის მოწყობილობები უნდა შესრულდეს ისე, რომ მთლიანად გამოირიცხოს სიხშირისა და ძაბვის ზვავის წარმოქმნის შესაძლებლობა. ავტომატური სიხშირული განტვირთვის მეთოდური მითითებების შესაბამისად დაუშვებელია ხანმოკლე დროითაც კი, სიხშირის დაცემა 45 ჰც ქვევით, ხოლო 47 ჰც-ზე დაბლა მუშაობის ხანგრძლიობა არ უნდა აღემატებოდეს 20 წმ-ს.

3. საგ-ის მოწყობილობები უნდა განლაგდეს ისე, რომ უზრუნველყოფილი იქნას სიმძლავრის ნებისმიერი დეფიციტის ლიკვიდაცია, ავარიის წარმოქმნის ადგილისა და განვითარების ხასიათისაგან დამოუკიდებლად. (ადგილობრივი და საერთო სასისტემო სიმძლავრის დეფიციტი, ავარიის კასკადური განვითარება და სხვა).

4. საგ-ის მოწყობილობამ უნდა უზრუნველყოს დატვირთვის გამორთვა წარმოქმნილი სიმძლავრის დეფიციტის სიდიდის შესაბამისად.

5. საგ-ის მოქმედების შემდეგ, როგორც წესი, სიხშირე უნდა აღდგეს 49-49,5 ჰც-ის დონეზე. მისი შემდგომი აწევა ხორციელდება სარეზერვო ჰიდროაგრეგატების ავტომატური ჩართვით ან იმ ღონისძიებებით, რომელსაც ჩაატარებს ენერგოსისტემის დისპეტჩერი.

6. სიხშირული განტვირთვა უნდა შესრულდეს ენერგოსისტემაში თეს-ებზე არსებული მბრუნავი რეზერვების მაქსიმალურად გამოყენების შემდეგ.

7. იმისათვის, რომ არ დავუშვათ საგ-ის მოწყობილობის მცდარი მუშაობა, მ.შ.-ების დროს სიხშირის ხანმოკლე დროით შემცირების შემთხვევაში, ან აგჩ-ს და რაჩ-ის ციკლებში, საჭიროა გავითვალისწინოთ სპეციალური ღონისძიებები.

ანგარიშები გვიჩვენებს, რომ მცირე სიმძლავრის ენერგოსისტემებში (200-300 მგვტ) მ.შ. დროს ტვირთის მოზღვავების შედეგად შეიძლება მოხდეს სიხშირის

მნიშვნელოვანი შემცირება და საგ-ის მოწყობილობების ყალბი მუშაობა (ტვირთის ქვეშ იგულისხმება აქტიური სიმძლავრე).

ქვესადგურებში სინქრონული კომპესატორებით და ელ.ძრავებით, აგჩ-ს და რაჩ-ის ციკლებში ელ.კვების შეწყვეტის დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სიხშირის შემცირებას და საგ-ის მოწყობილობის მცდარ მოქმედებას.

საგ-ის მოწყობილობის მცდარი მოქმედება გამოირიცხება ქვემოთ მითითებულ შემთხვევებში:

- საგ-ის მოწყობილობების კატეგორიის და ამოქმედების დანაყენის განსაზღვრული შერჩევით.
- სპეციალური ბლოკირებების გამოყენებით, რომლებიც კრძალავენ საგ-ის მოწყობილობის მოქმედებას კვების დაკარგვის შემთხვევაში (მაგ. მკვებავ ხაზში ან ტრანსფორმატორში დენის გაქრობა).
- სინქრონული ელექტრული ძრავების და კომპესატორების გამორთვით, ან ველის ქრობით.
- სიხშირული განმეორებითი ავტომატური ჩართვით (ს.ა.გ.ჩ).

8. საგ-ის მოწყობილობების მოქმედება შეთანხმებული უნდა იყოს აგჩ-ს და რაჩ-ის მოწყობილობების მოქმედებასთან, ისე რომ გამოირიცხოს საგ-ით გამორთული მომხმარებლებით კვების აღდგენის შესაძლებლობა (აქტიური სიმძლავრის დეფიციტის პირობებში).

21.4 საგ-ის შესრულების პრინციპები

თავისი დანიშნულების შესაბამისად ავტომატური განტვირთვის მოწყობილობები იყოფა სამ ძირითად კატეგორიად:

1. **საგ I** - განტვირთვის სწრაფმოქმედი კატეგორია, რომლის დანიშნულებაც სიხშირის მნიშვნელოვანი შემცირების აღმოფხვრა, ხორციელდება განტვირთვის რამდენიმე რიგის სახით, რომლებსაც გააჩნიათ სიხშირით სხვადასხვა დანაყენები.

2. **საგ II** - განტვირთვის კატეგორია, რომლის დანიშნულებაც საგ I-ს მოწყობილობების მოქმედების შემდეგ სიხშირის აწევა, აგრეთვე დაუშვებელ დონეზე სიხშირის “ჩამოკიდების” აღმოფხვრა და მისი შემცირება სიმძლავრის დეფიციტის შედარებით ნელი ავარიული გაზრდისას. შესრულებულია განტვირთვის რამდენიმე რიგის სახით სიხშირის საერთო დანაყენით და დროის სხვადასხვა დანაყენებით.

3. **დამატებითი განტვირთვა** - შეძლებისდაგვარად მოქმედებს სელექციურად (მხოლოდ ადგილობრივი სიმძლავრის დეფიციტების წარმოქმნის დროს), რომლის დანიშნულებაც განტვირთვის დაჩქარება და მისი მოცულობის გაზრდა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი სიმძლავრის დეფიციტის დროს (45 % და მეტი); ენერგოსისტემების ექსპლოატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ სიხშირის შემცირებისას 49 ჰც-ს ქვემოთ თეს-ებზე სიმძლავრის მბრუნავი რეზერვი პრაქტიკულად მთლიანად მობილიზებულია. ამიტომ საგ I-ს მოწყობილობების

სიხშირის მიხედვით დანაყენის ზედა ზღვარი დადგენილია - 48,5 ჰც. რესინქრონიზაციის პირობების შემსუბუქების მიზნით, შესაძლებელია ზედა ზღვარი მიუახლოვდეს 49 ჰც-ს. საგ I-ის მოწყობილობების სიხშირის მიხედვით ქვედა ზღვარი არ უნდა იყოს 46,5 ჰც-ს ქვემოთ. სიხშირის აღნიშნულ დიაპაზონში საგ I-ს რიგი განაწილებულია თანაბრად სიხშირის მინიმალური ინტერვალით $\Delta f = 0,1$ ჰც.

საგ II-ს მინიმალური დროის დაყოვნება შეადგენს $5 \div 10$ წმ-ს ხოლო მაქსიმალური 60 წმ-ს. საგ II-ის მოწყობილობების დამოუკიდებელ რიგებს შორის დროის მინიმალური ინტერვალი შეადგენს $\Delta t = 3$ წმ.

საგ-ის მოწყობილობებისადმი წაყენებული მოთხოვნების შესაბამისად გამორთული დატვირთვის ჯამური სიმძლავრე უნდა იყოს საკმარისი ნებისმიერი რეალურად შესაძლო სიმძლავრის დეფიციტის ლიკვიდაციისათვის. აღნიშნული ჯამური სიმძლავრის განსაზღვრისას განიხილება:

- ა) იზოლირებული ელსადგურებისათვის - ყველაზე უფრო მძლავრი გენერატორის, ან ბლოკის გამორთვა;
- ბ) ენერგოსისტემისათვის - ყველაზე მძლავრი ელსადგურის გამორთვა;
- გ) გაერთიანებაში შემავალი ენერგოსისტემისათვის - მკვებავი ხაზის გამორთვა, რასაც თან მოსდევს სუსტი კავშირების გადატვირთვა, მდგრადობის დარღვევა და მათი გამორთვა;
- დ) მთლიანად გაერთიანებული ენერგოსისტემისათვის-სისტემათაშორის კავშირების გამორთვის გამო მათი გაყოფის შესაძლებლობა.

საგ I-ს მოწყობილობებით გამორთული დატვირთვის სიმძლავრე განისაზღვრება მაქსიმალური სიმძლავრის დეფიციტის პირობებში მცირეოდენი მარაგის გათვალისწინებით. მარაგის სიდიდედ მიიღება სისტემის ჯამური დატვირთვის სიმძლავრის 5% და ითვალისწინებს ავარიის წარმოქმნის ხასიათის ალბათობას.

ზემოთთქმულის გათვალისწინებით საგ I მოწყობილობებით გამორთული დატვირთვის მოცულობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_{\text{საგ I}} \geq \Delta P_{\text{დ.მაქს.}} + 0,05P_{\text{დ.0}} - \Delta P_{\text{გ.რ}} \quad (21.9)$$

სადაც $\Delta P_{\text{დ.მაქს.}}$ - არის სიმძლავრის მაქსიმალური დეფიციტი; $P_{\text{დ.0}}$ - დატვირთვის სიმძლავრე საწყის რეჟიმში, დეფიციტის აღძვრამდე; $P_{\text{გ.რ}}$ - სიდიდე, რომელიც ითვალისწინებს თეს-ს სიმძლავრის გარანტირებული რეზერვის ნაწილს.

საგ II მოწყობილობებით გამორთული დატვირთვის სიმძლავრე, მარაგების გათვალისწინებით მიიღება:

$$P_{\text{საგ II}} \geq 0,4P_{\text{საგ I}} \quad (21.10)$$

დატვირთვის სიმძლავრის შერჩეული მოცულობები განაწილებულია თანაბრად სიხშირის მიხედვით (საგ II) რიგების დიაპაზონებში; ამ დროს გათვალისწინებული არის მომხმარებლების პასუხისმგებლობის ხარისხი. მაღალი საპასუხისმგებლო მომხმარებელი უნდა მიერთდეს საგ-I მოწყობილობაზე ყველაზე დაბალი სიხშირული დანაყენით, ხოლო საგ-II მოწყობილობაზე ყველაზე მაღალი დროის დანაყენით.

საგ-ს მოწყობილობები შეიძლება გამოვიყენოთ უფრო ეფექტურად, თუ შევუთავსებთ ერთმანეთს საგ-I და საგ-II მოწყობილობების მოქმედებას, რომლის დროსაც ერთი და იგივე დატვირთვა მიერთებულია როგორც საგ-I-ზე, ისე საგ-II-ზე.

საგ-I და საგ-II მოწყობილობების შეთავსებით ვღებულობთ შემდეგ უპირატესობებს:

- ა) უზრუნველყოფილია მომხმარებლების გამორთვის საჭირო თანმიმდევრობა მათი პასუხისმგებლობის თვალსაზრისით;
- ბ) მცირდება საგ-ის მოწყობილობაზე მიერთებული დატვირთვის ჯამური სიმძლავრე.

შეთავსებული სიხშირული განტვირთვის განხორციელების დროს საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ, რომ საგ-I მოწყობილობის მოქმედების შემდეგ სიხშირის აწევაზე დროის ხანგრძლივობის შემცირების მიზნით, აუცილებელია შევასრულოთ განტვირთვის რამდენიმე რიგი რომლებიც “გაეშვება” მხოლოდ საგ-II მოწყობილობებით, ჯამური სიმძლავრით:

$$P_{\text{საგ II}} \geq 0,1 P_{\text{დ.0}} \quad (21.11)$$

შეუთავსებადი რიგისათვის გამოყენება საგ II - მოწყობილობების მინიმალური დროის დაყოვნება.

21.5 საგ-ის მოქმედების შემდეგ განმეორებითი ავტომატური ჩართვა

საგ-ით გამორთული მომხმარებლების კვების აღდგენის დაჩქარების მიზნით გამოიყენება სპეციალური სახის ავტომატიკა –ა.გ.ჩ. სიხშირით ავტომატური განტვირთვის შემდეგ (საგჩ). საგჩ-ის მოწყობილობა მოქმედებს ენერგოსისტემაში სიხშირის აღდგენის შემდეგ და იმპულსს აგზავნის საგ-ით გამორთული მომხმარებლების ჩართვაზე. პირველ რიგში საგჩ უნდა განხორციელდეს:

- საპასუხისმგებლო მომხმარებლების მკვებაჲ ქვესადგურებში;
- ქვესადგურებში მუდმივი მომსახურე პერსონალის გარეშე;
- ქვესადგურებში სახლში მორიგეობით;
- ოპერატიული-გამსვლელი ბრიგადების ადგილსამყოფელიდან დაშორებულ ქვესადგურებში.

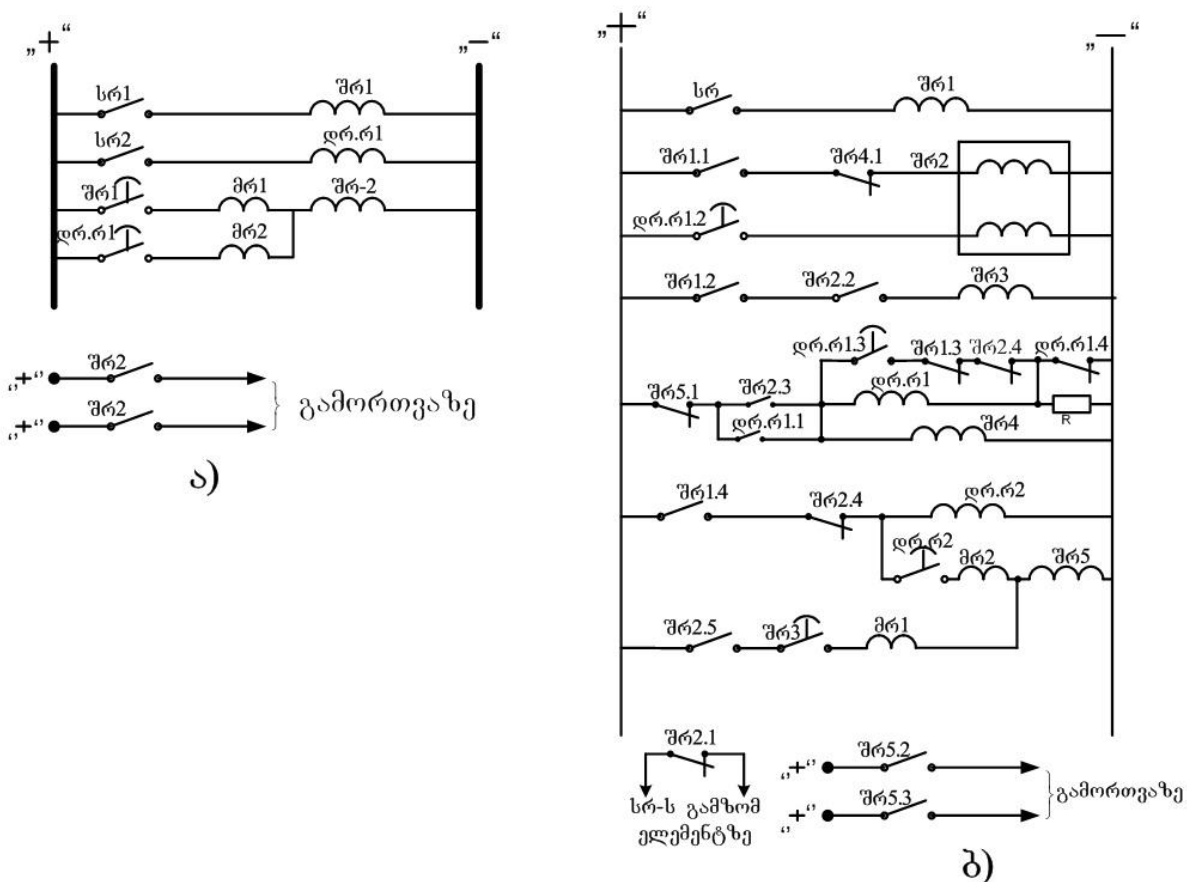
საგჩ-ს მოქმედება უნდა განხორციელდეს $(49,5 \div 50$ ჰერცი) სიხშირის დიაპაზონში. საგჩ-ის საწყისი დროის დანაყენი უნდა იყოს $10 \div 20$ წამი, ხოლო საბოლოო –კონკრეტული პირობებიდან გამომდინარე. ენერგოსისტემის ან ცალკეული კვანძების ზღვრებში საგჩ-ის მომიჯნავე რიგებს შორის დროის მიხედვით მინიმალური ინტერვალი უნდა იყოს 5 წამი. საგჩ-ის რიგებს შორის დატვირთვის სიმძლავრეები როგორც წესი განაწილებული არის თანაბრად. საგჩ-ის მოწყობილობაზე მიერთებული მომხმარებლების რიგითობა უკუპროპორციულია საგ-

ის რიგითობის, სხვანაირად საგ-ის ბოლო რიგი უნდა მიუერთდეს საგ.ჩ-ის პირველ რიგს.

საგჩ-ზე მიერთებული დატვირთვის წილი, ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა განისაზღვროს ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით. (იზოლირებულ მუშაობაზე გამოყოფილ რაიონში სიხშირის განმეორებით დაცემის შესაძლებლობა, ელექტროგადაცემის ხაზების გადატვირთვა, სინქრონიზმის დაჭერის პირობით ა.გ.ჩ-ს მოქმედებით პარალელური მუშაობის აღდგენა და ა.შ);

21.6 საგ-ის და საგჩ-ის სქემები

ნახ. 21.3 ა-ზე მოცემული არის შეთავსებული საგ-I და საგ-II-ს სქემა. საგ-I-ს მოქმედება განხორციელებული არის სრ-1 სიხშირის რელეს, შრ1 შუალედური რელეს და შრ2 გამოსავალი რელეს გამოყენებით; ხოლო საგ-II-ს განხორციელებული არის სრ2 სიხშირის რელეს და დრ.რ1 დროის რელეს გამოყენებით; საგ-I-ს და საგ II-ს მუშაობის სიგნალიზაცია შესრულებულია შესაბამისად მრ1 და მრ2 მაჩვენებელი რელეებით. მხოლოდ ერთი სახეობის საგ-ს განხორციელების შემთხვევაში (საგ I ან საგ II) ნაწილი რელეები გამოირიცხება სქემიდან.



ნახ. 21.3 საგ-I-ის და საგ-II-ის სქემა. (ა) ორი სიხშირის რელეს გამოყენებით; (ბ) ერთი სიხშირის რელეს გამოყენებით (დანაყენის გადართვით).

შეთავსებული საგ-ს განხორციელებისათვის, სიხშირის რელეს ეკონომიის მიზნით, გამოიყენება სპეციალური სქემები, სადაც დადგმული არის ერთი სიხშირის რელე დანაყენის გადართვით. ასეთი სქემა ნაჩვენებია არის ნახ. 21.3 ბ-ზე.

საგ-ის სქემაში გამოყენებული არის ერთი სიხშირის რელე, რომლის გამზომ ელემენტს აქვს როგორც საგ-I-ს ისე საგ-II-ს დანაყენები. ნორმალურ რეჟიმში, სრ სიხშირის რელეს მოქმედებამდე, შეკრული არის შუალედური შრ2.1 ორპოზიციური რელეს კონტაქტი, რითაც უზრუნველყოფილი არის ორივე გამზომი ელემენტის მზადყოფნა მოქმედებისათვის.

საგ-II-ს დანაყენამდე სიხშირის დაწევის დროს შეიკვრება სიხშირის სრ რელეს კონტაქტი და შრ-1 რელე შრ1.1 კონტაქტით „+“ მიაწვდის შრ-2 რელეს ზედა გრაგნილს, რომელიც თავისი კონტაქტების გადართვით გამოიყვანს მოქმედებიდან გამზომ ელემენტს საგ-II-ს დანაყენით. თუ სიხშირე დაიწევს საგ-I-ს დანაყენის სიდიდემდე, სიხშირის სრ რელეს კონტაქტი არ გაიხსნება, ან გაიხსნება ხანმოკლე დროით და კვლავ შეიკვრება, რის შემდეგაც მცირე დროის დაყოვნებით იმოქმედებს შუალედური შრ3 რელე და მაჩვენებელი მრ-1 რელეს გავლით მიაწვდის იმპულსს შუალედურ შრ-5 რელეს. გამოსავალი შრ-5 რელეს კონტაქტების შეკვრით გაიგზავნება იმპულსი მომხმარებლების გამორთვაზე; ამით დამთავრდება სქემის მუშაობა.

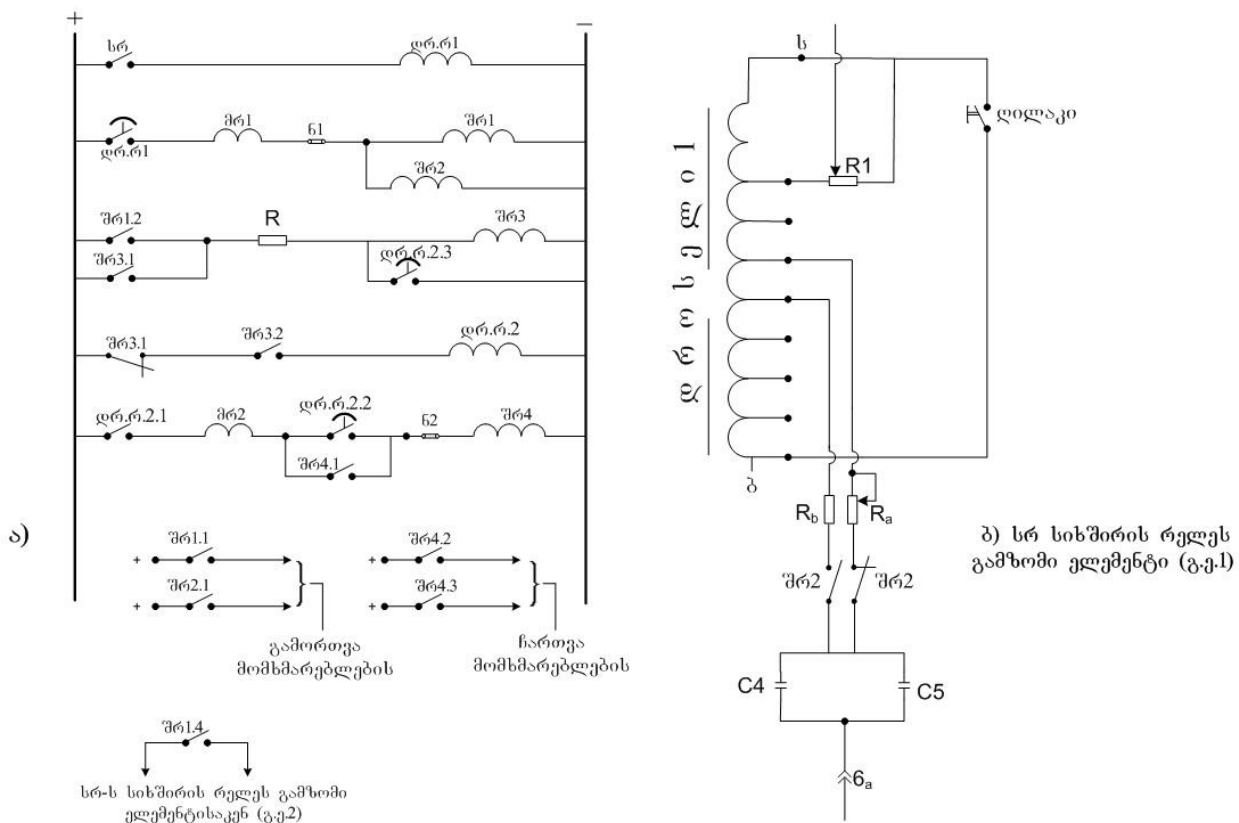
თუ სიხშირე არ დაიწევს საგ I-ს დანაყენის სიდიდემდე მაშინ სქემა გააგრძელებს მუშაობას. შრ2.3 კონტაქტის შეკვრით იმუშავებს დრ.რ1 დროის რელე, რომელიც თვით შეკავდება დრ.რ1.1 კონტაქტით. დროის დაყოვნებით შეიკვრება დრ.რ1.2 მცოცავი კონტაქტი და ოპერატიული „+“ მიეწოდება შუალედური შრ2 ორპოზიციური რელეს ქვედა გრაგნილს, რომელიც თავისი კონტაქტების გადართვით კვლავ შეიყვანს მოქმედებაში გამზომ ელემენტს საგ II-ს დანაყენით. დრ.რ1.2 მცოცავი კონტაქტის შეკვრამდე დროის შუალედში თუ სიხშირე დაეცემა საგ I-ის დანაყენის სიდიდემდე, სქემა მზად არის იმოქმედოს დროის დაყოვნების გარეშე მომხმარებლების გამორთვაზე. მცოცავი დრ.რ1.2 კონტაქტის შეკვრის და შ.რ2 რელეს კონტაქტების გადართვის შემდეგ საგ I დან გამორთვის წრედი გამოდის მოქმედებიდან და მუშაობაში დარჩება მხოლოდ საგ II; შრ2 რელეს გადართვის შემდეგ კვლავ იმუშავებს სრ სიხშირის რელე (თუ სიხშირე დაიწევს საგ II დანაყენის სიდიდეზე დაბლა) და შრ1 შუალედური რელე; გაეშვება დრ.რ2 დროის რელე, რომელიც ათვლის შესაბამის დროის დაყოვნებას და მრ-2 მაჩვენებელი რელეს გავლით „+“ მიაწვდის გამომავალ შრ5 რელეს.

შრ4 შუალედური რელე, რომლის გრაგნილიც ჩართული არის დრ.რ1 დროის რელეს გრაგნილის პარალელურად, თავისი შრ4.1 კონტაქტით გახსნილ მდგომარეობაში დაიჭერს შრ2 რელეს ზედა გრაგნილის წრედს, რითაც გამოირიცხება მისი განმეორებითი მუშაობა.

სქემის საწყის მდგომარეობაში დაბრუნება ხორციელდება შრ5 გამოსავალი რელეს მუშაობის შემდეგ, რომელიც დრ.რ1 დროის რელეს და შრ4 რელეს გრაგნილების წრედში გახსნის შრ5.1 კონტაქტს. თუ სქემა არ იმოქმედებს გამორთვაზე

ენერგოსისტემაში სიხშირის აღდგენის გამო საგ II-ს დანაყენის ზევით, მაშინ სქემა დაბრუნდება საწყის მდგომარეობაში დრ.რ1 დროის რელეს გრაგნილის დაშუნტებით შემდეგი წრედით: დრ.რ1.3 კონტაქტი-შრ1.3 განრთვადი კონტაქტი-შრ2.4 განრთვადი კონტაქტი; განსახილველ სქემაში საგ II-ს დროის დანაყენი განისაზღვრება როგორც დრ.რ2 დროის რელეზე დაყენებული და დრ.რ1.2 მცოცავ კონტაქტზე დაყენებული დროის დაყოვნებების ჯამი.

ნახ. 21.4 ა-ზე ნაჩვენებია არის საგI-ს და საგII-ის სქემა, რომელშიც გამოყენებული არის ერთი სრ სიხშირის რელე.



ნახ. 21.4 საგ-ის და საგII-ის სქემა. (ა) ოპერატიული წრედი; (ბ) სიხშირის რელეზე საგ-I-ს და საგ-II-ს დანაყენების გადართვის წრედი.

სისტემაში სიხშირის დაწევის შემთხვევაში საგI-ს დანაყენის სიდიდემდე იმუშავებს სრ სიხშირის რელე და ადგენს დრ.რ1 დროის რელეს. დროის რელეს დრ.რ1 კონტაქტის შეკვრის შემდეგ იმუშავებენ შუალედური შრ1 და შრ2 რელეები და გამორთავენ მომხმარებლებს. ერთდროულად შრ1.4 შუალედური რელეს კონტაქტით მუშაობაში ჩაერთვება სრ სიხშირის რელეს გამზომი ელემენტი საგII-ს შესაბამისი დანაყენით. აღნიშნული გამზომი ელემენტის მუშაობაში შესვლის შემდეგ და ენერგოსისტემაში სიხშირის აღდგენის შედეგად საგII-ის დანაყენის სიდიდემდე, სრ სიხშირის რელე გახსნის კონტაქტს. შრ1 შუალედური რელე ამუშავების დროს აგრეთვე თავისი შრ1.2 კონტაქტით შეკრავს შრ3 შუალედური რელეს გრაგნილის წრედს, რომელიც იმუშავებს და შრ3.1 კონტაქტით თვითშეკავდება. სრ სიხშირის

რელეს კონტაქტის გახსნის შემდეგ საწყის მდგომარეობაში დაბრუნდებიან დრ.რ1 დროის რელე და შრ1 შუალედური რელე. შუალედური შრ1 რელე დაბრუნებისას, დრ.რ2 დროის რელეს გრაგნილის წრედში, შეკრავს შრ1.3 კონტაქტს. დრ.რ2 დროის რელე დაიწყებს მუშაობას და მცოცავ დრ.რ2.2 კონტაქტზე დაყენებული დროის ათვლის შემდეგ შეკრავს შრ4 შუალედური რელეს გრაგნილის წრედს, რომელიც შრ4.1 კონტაქტით თვითშეკავდება. შრ4.2 და შრ4.3 კონტაქტების შეკვრით გაიგზავნება იმპულსები საგ-ით გამორთული მომხმარებლების ამომრთველების ჩართვაზე. დრ.რ2 რელეს საბჯენი დრ.რ2.3 კონტაქტის შეკვრით შუალედური შრ3 რელე დაბრუნდება საწყის მდგომარეობაში და შრ3.2 კონტაქტით გახსნის დრ.რ2 რელეს გრაგნილის წრედს, რითაც განხორციელდება სქემის საწყის მდგომარეობაში დაბრუნება.

მაჩვენებელი მრ1 და მრ2 რელეების მოქმედებით ფიქსირდება საგ-ის და საგჩ-ის სქემების მუშაობა. ნ1 ნაფენის საშუალებით განსახილველი ავტომატიკა შეიძლება მთლიანად გამოვიდეს მოქმედებიდან, ხოლო ნ2 ნაფენით მოქმედებიდან გამოდის მხოლოდ საგჩ;

ნახ. 21.3 ბ-ზე და ნახ. 21.4 ა-ზე მოყვანილი სქემებით აგრეთვე შესაძლებელი არის საგ-ის და საგჩ-ის შეთავსებული სქემის განხორციელება. ამ დროს სიხშირის რელეზე შესრულებული არის სიხშირის სამი დანაყენი, შესაბამისად საგ1, საგ2 და საგჩ; სიხშირის სრ რელეს გამზომ ელემენტზე (გ.ე.2) განხორციელებული არის საგჩ-ის დანაყენი, ხოლო გამზომ ელემენტზე (გ.ე.1) განხორციელებული არის საგ1-ს და საგ2-ს დანაყენები. ამისათვის სრ რელეს სქემაში დამატებით ჩართული არის რეზისტორები R_a და R_b (ნახ 21.4 ბ). საგ-ის დანაყენი გადაირთვება შუალედური შრ2 რელეს კონტაქტებით, ხოლო საგჩ-ის დანაყენი სიხშირის სრ რელეზე შედის მოქმედებაში შრ1.4 რელეს კონტაქტების შეკვრით (ნახ. 21.4ა).

22.1 ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის დანიშნულება

ენერგოსისტემის აღჭურვა წინა თავებში განხილული ავტომატიკის მოწყობილობებით მნიშვნელოვნად ამაღლებს მისი მუშაობის იმედიანობას.

მაგრამ ენერგოსისტემის განვითარებამ, გაერთიანებული ენერგოსისტემების წარმოქმნამ, გრძელი ელექტროგადაცემის ხაზების მშენებლობამ, მძლავრი ჰიდრო და თბოელექტროსადგურების ენერგოსისტემაში ჩართვამ (ახალი ელ. სადგურები), გაართულა ენერგოსისტემების რეჟიმების მართვა და მათი შემდგომი ავტომატიზაციის საკითხებში დღის წესრიგში დააყენა ახალი მოთხოვნები.

ენერგოსისტემაში შეიძლება წარმოიქმნას მუშაობის ნორმალური რეჟიმების შემდეგი დარღვევები:

ა) ენერგოსისტემებში ან ენერგოსისტემების გაერთიანებაში გენერატორების და დატვირთვების სიმძლავრის ბალანსების გაუთვალისწინებელი ცვლილებების გამო ელექტროგადაცემის ხაზების და სისტემათშორის კავშირების საშიში გადატვირთვა.

ბ) გაერთიანებული ენერგოსისტემის მოსაზღვრე ნაწილებში გენერატორების ან დატვირთვების უეცარი გამორთვის გამო ელექტროგადაცემის ხაზებზე და სისტემათშორის კავშირებზე დატვირთვის საშიში მოზღვავება.

გ) ორჯაჭვიანი ან წრიული ელექტროგადაცემის ცალკეული უბნების გამორთვა, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს დინამიური მდგრადობის დარღვევა.

დ) მძლავრი ელექტროგადაცემის გაწყვეტა, რომელიც იწვევს სუსტი, მშუნტავი, უფრო დაბალი ძაბვის ქსელში დატვირთვის მოზღვავებას და ენერგოსისტემაში სიხშირის საშიშ აწევას.

ე) დაყოვნებული მოკლედ შერთვა, რომელიც გამოირთო სარეზერვო დაცვებით ან აურმ-ით.

ვ) ეაგჩ-ს ციკლში მოკლე ხნით არასრულფაზა რეჟიმები.

ზ) $330 \div 500$ კვ ძაბვის გრძელი ელექტროგადაცემის ხაზების ცალმხრივი გამორთვები, რომლებიც იწვევენ ძაბვის საშიშ სიდიდემდე აწევას.

თ) ასინქრონული რეჟიმები.

ნორმალური რეჟიმების დარღვევის დროს ავარიული პროცესების სწრაფი მიმდინარეობა გამორიცხავს მათი ლიკვიდაციის შესაძლებლობას და მიტ უმეტეს აღმოფხვრას ოპერატიული პერსონალის მოქმედებით. აქედან გამომდინარე

წარმოიქმნა ელექტროგადაცემის ხაზებზე დატვირთვის რეჟიმების უწყვეტი ავტომატური კონტროლის განხორციელების აუცილებლობა.

ენერგოსისტემაში ნორმალური რეჟიმების დარღვევის აღმოფხვრას, ლოკალიზაციას და ლიკვიდაციას ახორციელებენ სპეციალური ავტომატური მოწყობილობები, რომლებმაც მიიღეს ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის მოწყობილობების სახელწოდება.

ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის ძირითადი დანიშნულებაა:

ა) სისტემათშორის კავშირების ელექტროგადაცემის ხაზების სტატიკური მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრა ნორმალურ და ავარიულ რეჟიმებში.

ბ) ერთფაზა ავტომატური განმეორებითი ჩართვის მუშაობის ციკლში, აგრეთვე მოკლედ შერთვის საანგარიშო სახის დროს მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, რომელიც, გამოირთვება როგორც სწრაფმოქმედი ისე სარეზერვო დაცვების ან აურმ-ის მოქმედებით, დინამიური მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრა

გ) ენერგოსისტემის მდგრადობის ზღვართან მიახლოების დროს და ავტომატური რეგულირების საშუალებით ან ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის სხვა მოწყობილობებით მისი შენარჩუნების შეუძლებლობის შემთხვევაში, ასინქრონული რეჟიმის აღმოფხვრა ენერგოსისტემის წინმსწრები გაყოფის გზით.

დ) მდგრადობის დარღვევის შემთხვევაში ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაცია რესინქრონიზაციით ან წინასწარ განსაზღვრულ კვეთში ენერგოსისტემის სელექციური გაყოფის გზით.

ე) გაერთიანებული ენერგოსისტემიდან გამოყოფილ ნაწილებში, რომლებიც დაკავშირებული არიან მძლავრ ჰიდროელექტრო სადგურთან, სიხშირის საშიშ სიდიდემდე აწევის აღმოფხვრა.

ვ) გრძელი ელექტროგადაცემის ხაზის ერთი მხრიდან გამორთვის დროს, ძაბვის საშიშ სიდიდემდე აწევის აღმოფხვრა.

22.2 ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის სახეები

ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის კონკრეტული შესრულების მოწყობილობების მრავალსახეობა შეიძლება დაყვანილი იქნას შემდეგ ძირითად სახეებზე:

ა) მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრის ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა (მდაასა). აღნიშნული მოწყობილობები გამოავლენენ საშიში გადატვირთვების წარმოქმნას ან სიმძლავრის მოზღვავენებს, ელექტროგადაცემის ცალკეული უბნების ან მთლიან უეცარ გამორთვებს, არასრულფაზა რეჟიმების წარმოქმნას და სხვა ნორმალური რეჟიმის მუშაობის ანალოგიურ დარღვევებს. ყველა შემთხვევაში როცა წარმოქმნილი ნორმალური რეჟიმის დარღვევა საფრთხეს უქმნის სისტემის მდგრადობის დარღვევას, მდაასა-ს მოწყობილობები ახორციელებენ ელექტროგადაცემის და სისტემათშორის კავშირების სწრაფ დოზირებულ განტვირთვას.

განტვირთვისათვის გამოყენებულია ზემოქმედების სამი ძირითადი სახეობა: ჰიდრო და ტურბოგენერატორების გამორთვა (გ.გ) ან ორთქლის ტურბინის სწრაფი განტვირთვა (ტ.გ) მომდევნო სიმძლავრის შეზღუდვით (ს.შ) ავარიის შემდგომი რეჟიმის პირობების მიხედვით; ენერგოსისტემების ან გაერთიანებული ენერგოსისტემის (ს.გ) კვეტში გაყოფა, რომელიც უზრუნველყოფს საჭირო რეგიონში შეზღუდული სიმძლავრის გამოყოფას; დატვირთვის ნაწილის გამორთვა (დ.გ).

განხილული ზემოქმედების ძირითადი სახეობების გარდა, გამოიყენება დამატებითი ზემოქმედებები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან გაიზარდოს გადასაცემი სიმძლავრის ზღვარი. მათ განეკუთვნება: გენერატორების და სინქრონული კომპენსატორების აღზნების იძულებითი ფორსირება; გრძივი ტევადური კომპენსაციის მოწყობილობების (გკმ) ფორსირება ნაწილი პარალელური შტოების გამორთვის გზით: მაშუნტებელი რეაქტორების გამორთვა.

ბ) ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა (არლასა). აღნიშნული მოწყობილობა გამოავლენს მდგრადობის ზღვართან მიახლოების ან ასინქრონული რეჟიმის წარმოქმნის მომენტს და ენერგოსისტემის წინასწარ დანიშნულ კვეტაში გაყოფის გზით ზემოქმედებს მის შეწყვეტაზე. ასეთ პირობებში იგი ახორციელებს, ენერგოსისტემის ჭარბი გენერაციის ნაწილში, გენერატორების გამორთავს ან თბოტურბინების სწრაფ განტვირთვას სიხშირეების გათანაბრებისათვის, რაც აჩქარებს რესინქრონიზაციის პროცესს.

გ) სიხშირის აწევის შეზღუდვის ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა (საშასა); მოწყობილობა გამოავლენს სიხშირის აწევას და საჭიროების შემთხვევაში გამორთავს ჰიდროგენერატორებს.

დ) ძაბვის ამალღების შეზღუდვის ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა. (ძაშასა): მოწყობილობა გამოავლენს ძაბვის ამალღებას გარკვეულ წინასწარ განსაზღვრულ მნიშვნელობამდე და ახორციელებს შუნტური რეაქტორების ჩართვას, ხოლო აუცილებლობის შემთხვევაში ხაზების გამორთვას.

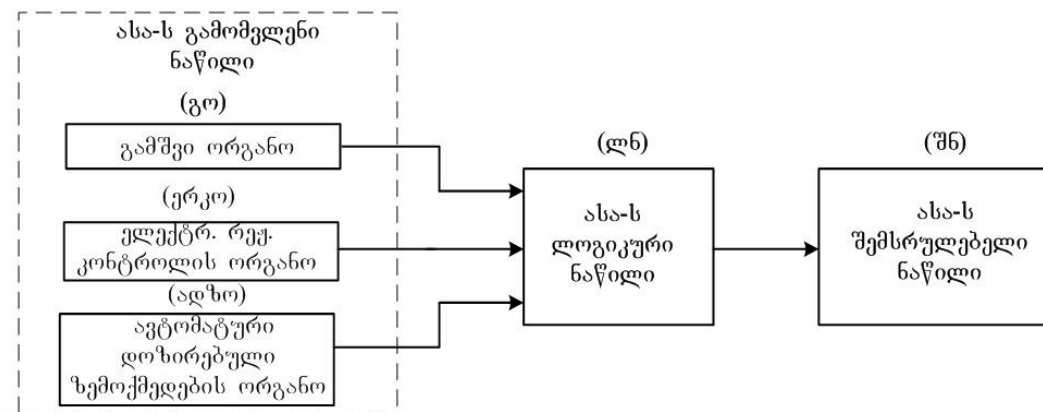
22.3 ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის შესრულების ძირითადი პრინციპები

ექსპლუატაციაში მყოფი და დასაპროექტებელი ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის მოწყობილობები შესრულებული არიან მუდმივი მოქმედების პროგრამით, რომელიც ჩადებული არის სქემაში, ხოლო დანაყენის გაწყობა ხორციელდება ნორმალური და ავარიული რეჟიმების წინასწარი გაანგარიშების საფუძველზე.

ენერგოსისტემის მდგომარეობა ხასიათდება რიგი ისეთი ფაქტორებით და პარამეტრებით, როგორიცაა ელექტრული სქემა, მოწყობილობის შედგენილობა, სიმძლავრის გადადინება ელექტროგადაცემის ხაზებზე და სისტემათაშორის კავშირებზე, დენების მნიშვნელობები, ძაბვის დონეები, სიხშირე და სხვა.

ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის მოწყობილობები განუწყვეტილად აკონტროლებენ ამ პარამეტრებს, გამოავლენენ და აფიქსირებენ საშიში გადახრის მომენტებს ან ნორმალური რეჟიმის უეცარ დარღვევას, განსაზღვრავენ მათ სიმძიმეს და გამოიმუშავენ შესაბამის ზემოქმედებას მართვის ობიექტზე. ამრიგად რაც უფრო მეტ პარამეტრს და ფაქტორს გააკონტროლებს ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა მით უფრო ოპტიმალური იქნება მისი ზემოქმედება.

ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის მოწყობილობების სტრუქტურა განისაზღვრება მისი დანიშნულებით და მუშაობის პირობებით. ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის ზოგადი სტრუქტურა მოცემული არის ნახ. 22.1-ზე. ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის მოწყობილობა ჩვეულებრივ შედგება სამი ნაწილისაგან: გამომვლენი, ლოგიკური და შემსრულებელი; გამომვლენი ნაწილი თავის თავში შეიცავს გამშვ ორგანოს, ელექტრული რეჟ. კონტროლის ორგანოს (აღზო) ავტომატური დოზირებული ზემოქმედების ორგანოს.



ნახ. 22.1 ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის მოწყობილობის ზოგადი სტრუქტურა.

გამომვლენ ნაწილში გამომუშავებული სიგნალი მიეწოდება ლოგიკურ ნაწილს, რომელშიც ხდება შემოსული სიგნალების თანმიმდევრობის, ხანგრძლივობის და ინტენსიურობის შეპირისპირება, გამომუშავდება ზემოქმედების სახეები და მომზადდება შესაბამისი წრედები.

შემსრულებელი ნაწილი მოიცავს მართვის ორგანოებს ან აპარატებს, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება ზემოთ განხილული ზემოქმედებები (გგ), (ტგ), (სგ), (დგ) და ა.შ.

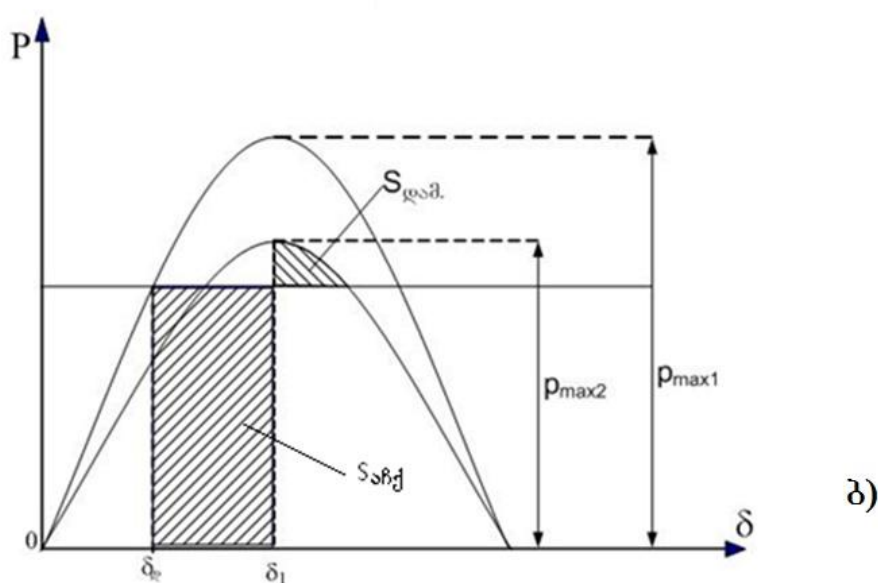
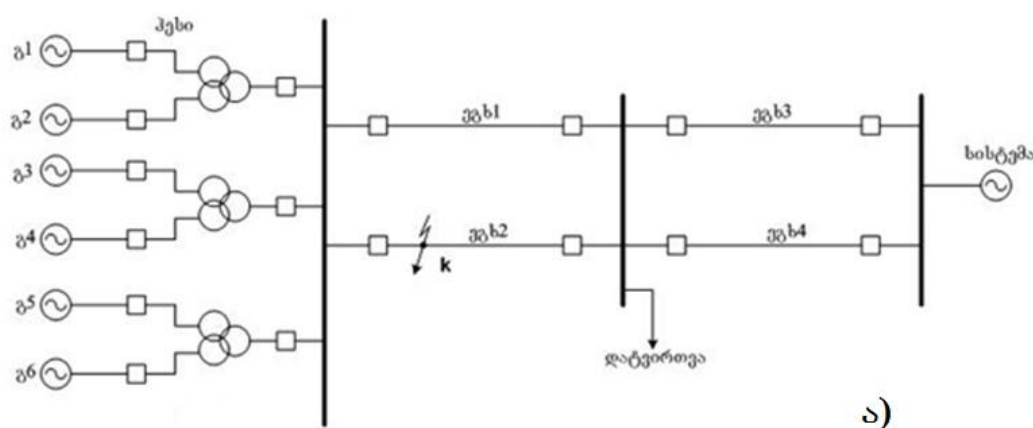
22.4 ასა-ის მოწყობილობების ძირითადი ტექნიკური მოთხოვნები.

ავარის საწინააღმდეგო ავტომატიკის მოწყობილობები უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ძირითად ტექნიკურ მოთხოვნებს:

1. **სწრაფმოქმედება.** იგი წარმოადგენს ასა-ს მოწყობილობებისადმი ძირითად მოთხოვნას, რომლის დანიშნულებას წარმოადგენს დინამიური მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრა. ასა-ს სწრაფმოქმედების გავლენა მდა-ს ეფექტურობაზე შეიძლება ვაჩვენოთ შემდეგ მაგალითზე.

ნახ. 22.2-ზე ნაჩვენებია არის ელექტროგადაცემის სქემა და მისი მდგრადობის მახასიათებელი.

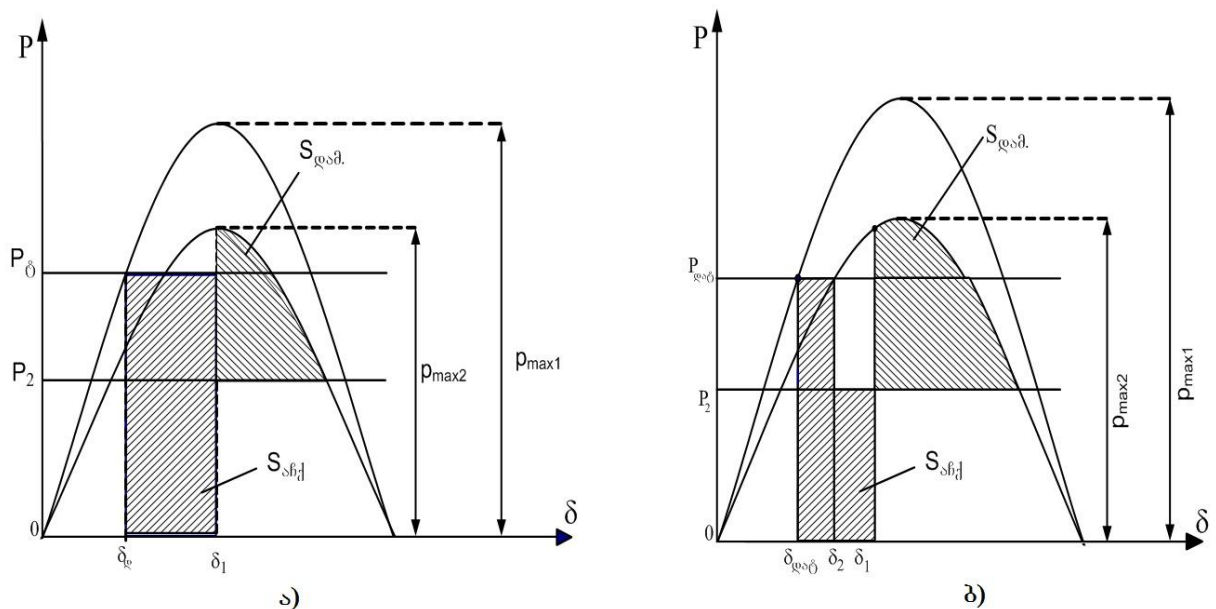
ნორმალურად ელექტროგადაცემა მუშაობს δ_0 კუთხით (ნახ. 22.2. ბ). K წერტილში, რომელიც ახლოს არის ჰეს-ის სალტებთან, სამფაზა მოკლე შერთვის წარმოქმნის დროს, გენერატორების მიერ სალტებზე მოწოდებული აქტიური სიმძლავრე დაეცემა ნულამდე, რაც გამოიწვევს გენერატორების აჩქარებას და მოკლე შერთვის გამორთვის მომენტში კუთხე მიაღწევს δ_1 მნიშვნელობას. ეგზ-2 ხაზის გამორთვის შემდეგ, რომელზეც აღიძვრა მოკლე შერთვა, გადასაცემი სიმძლავრე განისაზღვრება ახალი მახასიათებლით, ამპლიტუდით $P_{\max 2}$ რომელიც ნაკლებია $P_{\max 1}$ -ზე და მდგრადობა დაირღვევა, რადგანაც $S_{აჩქ} > S_{დამ.}$.



ნახ. 22.2 (ა) ორჯაჭვიანი ელექტროგადაცემის სქემა; (ბ) მდგომარეობის მახასიათებელი სამფაზა მშ-ს დროს ჰესის სალტებთან ახლოს K წერტილში.

მდგრადობის ამაღლება შეიძლება მიღწეულ იქნას აჩქარების ფართის შემცირებით და ერთდროულად დამუხრუჭების ფართის გაზრდით ასა-ს მოწყობილობების საშუალებით, რომლებიც მოკლე შერთვის აღძვრის დროს ზემოქმედებენ გ.გ-ზე ან ტ.გ-ზე.

ნახ. 22.3-ზე მოცემული არის მდგრადობის მახასიათებლები, რომლებიც გვიჩვენებს გ.გ-ს ზემოქმედების შედეგებს ჰესის ჰიდროგენერატორების გამორთვაზე (ნახ. 22.2-ა). თუ მოვახდენთ ნახ. 22.3-ზე და ნახ. 22.2-ზე მოყვანილი, დიაგრამების შეპირისპირებას ნათლად დავინახავთ თუ ნაწილი ჰიდროგენერატორების გამორთვით როგორ იზრდება დამუხრუჭების ფართი. განსაკუთრებით ეფექტურად მოქმედებს გ.გ (გენერატორების გამორთვა) თუ იგი ხორციელდება წინსწრებით ანუ მოკლედ შერთვის გამორთვამდე. ასეთ შემთხვევაში არა მარტო (ნახ. 22.3 ბ) იზრდება დამუხრუჭების ფართი, არამედ ამავე დროს მცირდება აჩქარების ფართი.

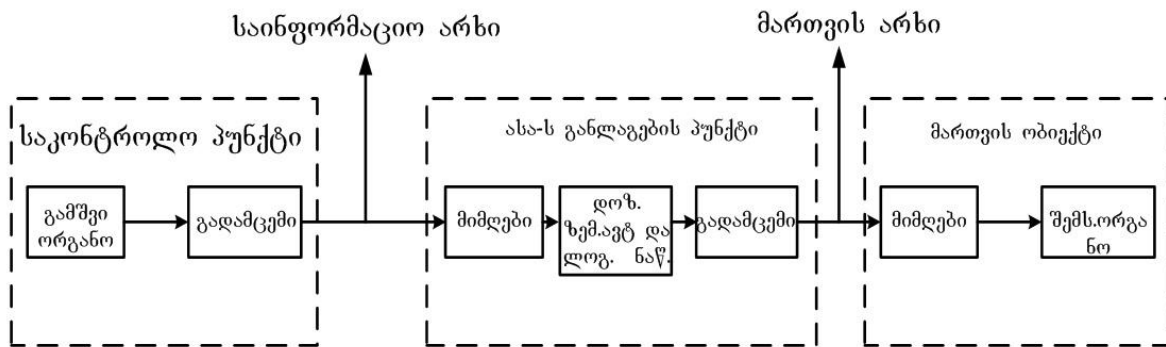


ნახ. 22.3 აჩქარების და დამუხრუჭების ფართები ელექტროგადაცემის განტვირთვის დროს, ნაწილი გენერატორების გამორთვის გზით. (ა) მოკლედ შერთვის გამორთვის გზით; (ბ) მოკლედ შერთვის გამორთვამდე.

ამრიგად, ასა-ს მოწყობილობების სწრაფმოქმედების ამაღლებით იზრდება მათი მოქმედების ეფექტურობა, რაც იძლევა მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრის შესაძლებლობას გ.გ-ზე მცირედი ზემოქმედებით.

ასა-ს მოწყობილობების განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის, რომ მის შემადგენლობაში შემავალი ორგანოები შეიძლება განლაგებული იყოს სხვადასხვა ადგილებში (ნახ. 22.4).

ასეთ შემთხვევაში ასა-ს მოწყობილობების მოქმედების სრული დრო განისაზღვრება როგორც ცალკეული მდგენელების ჯამი.



ნახ. 22.4 ენერგოსისტემის სხვადასხვა პუნქტებში ასა-ს მოწყობილობის ორგანოების განლაგება

$$t_{ასა} = t_{გო} + t_{სა} + t_{ლ.ნ} + t_{შ.ო} + t_{მ.ა}$$

სადაც $t_{ასა}$ – არის ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის მოქმედების სრული დრო; $t_{გო}$ – არის გამშვი ორგანოს მოქმედების დრო; $t_{სა}$ – არის საინფორმაციო არხის მოქმედების დრო; $t_{ლ.ნ}$ – არის ლოგიკური ნაწილის მოქმედების დრო; $t_{შ.ო}$ – არის შემსრულებელი ორგანოს მოქმედების დრო; $t_{მ.ა}$ – არის მართვის არხის მოქმედების დრო.

ელექტროგადამცემის ხაზების თანამედროვე ძირითადი რელეური დაცვის ციფრული მოწყობილობები ელეგანტური ამომრთველებთან ერთად 110-220-500 კვ. ძაბვის ქსელში უზრუნველყოფენ მოკლედ შერთვის გამორთვის სრულ დროს დაახლოებით 0,1-0,12 წმ: ამ ზღვრებში უნდა ჩაეტიოს ასა-ს მოქმედების სრული დრო;

2. სელექციურობა. ასა-ს მოწყობილობების მიმართ აღნიშნული მოთხოვნა ნიშნავს მოწყობილობის უნარს შეირჩიოს ზემოქმედების ობიექტი, სახეობა და ის მინიმალურად საჭირო მოცულობა რომელიც ყველაზე უფრო ეფექტურად უზრუნველყოფს მუშაობის ნორმალური რეჟიმის დარღვევის ლოკალიზაციას. თუ აღძრული ნორმალური რეჟიმის დარღვევაზე რეაგირებს ასა-ს რამდენიმე მოწყობილობა, მაშინ მათი ჯამური ზემოქმედება აგრეთვე უნდა აკმაყოფილებდეს დარღვევის ყველაზე უფრო ეფექტურად ლოკალიზაციის მოთხოვნას ზემოქმედების მინიმალურად საჭირო მოცულობით.

3. მგრძნობიარობა. მოთხოვნა განეკუთვნება ასა-ს ფუნქციონალურ ორგანოებს და სრულიად შეესაბამება რელეური დაცვის მოწყობილობების ანალოგიურ მოთხოვნებს, როგორც უნარი რეაგირება მოახდინოს ნორმალურ რეჟიმის ისეთ დარღვევებზე და გადახრებზე, რომლის დროსაც მოქმედებაზე არიან ისინი გაანგარიშებული.

4. იმედიანობა. მოთხოვნა მდგომარეობს იმაში რომ ასა-ს მოწყობილობები, ისე როგორც რელეური დაცვის მოწყობილობები, უნდა მუშაობდნენ უმტყუნებოდ ნორმალური რეჟიმის დარღვევის დროს და არ უნდა იმოქმედონ ზედმეტად და არასწორად მაშინ, როცა მათი მოქმედება არ არის გათვალისწინებული.

ნორმალური რეჟიმის დარღვევის აღმოფხვრის იმედიანობის ამალეებისათვის გამოიყენება საინფორმაციო და მართვის არხების დუბლირება, აგრეთვე ერთი სახის მოწყობილობის რეზერვირება სხვა მოწყობილობით. მაგ. მდასა-ს მოწყობილობას, რომლის დანიშნულებაც მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრა, არეზერვირებს არლასა-ს მოწყობილობა, იმ შემთხვევაში თუ მდასა-ს მოწყობილობა არ იმოქმედებს ან მისი მოქმედება არ აღმოჩნდება ეფექტური და აღიძვრება ასინქრონული სვლის რეჟიმი. ურთიერთრეზერვირების მიზნით არლასა-ს მოწყობილობები დადგმული არის ხაზის ორივე ბოლოში.

22.5 აქტიური სიმძლავრის მოზღვავეებისას ელექტროგადაცემის ხაზის განტვირთვის ავტომატიკა

ა) დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი

როგორც ცნობილია ცალკეული ელექტროგადაცემის ხაზებისათვის დადგენილი არის აქტიური სიმძლავრის გადადინების დასაშვები მნიშვნელობა, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით.

$$P_{\text{დასაშ}} = \frac{P_{\text{მაქ.}} - \Delta P_{\text{ა.რ.}}}{k_{\text{სტ.გ}} + 1} \quad (22.1)$$

სადაც: $k_{\text{სტ.გ}}$ - არის სტატიკური მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტი; $\Delta P_{\text{ა.რ.}}$ - არის აქტიური სიმძლავრის არარეგულარული რხევები, რომელიც დამოკიდებული არის ერთმანეთთან დაკავშირებული ენერგოსისტემების სიმძლავრეზე და განისაზღვრება ფორმულით

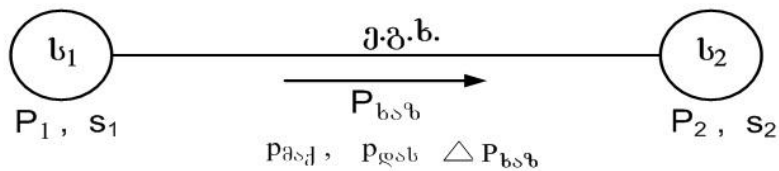
$$\Delta P_{\text{ა.რ.}} = K \sqrt{p_1}$$

სადაც p_1 - არის სუსტი ენერგოსისტემის სიმძლავრე; $K = 1.1 \div 1.7$.

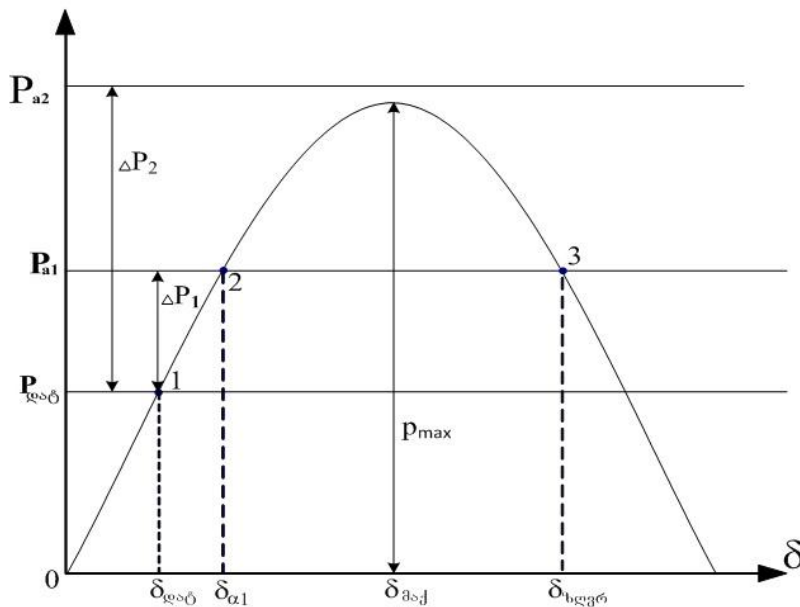
სტატიკური მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტის შერჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს ელექტროგადაცემის ხაზის მუშაობის რეალური პირობები, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს აქტიური სიმძლავრის მოზღვავება მოცემულ ხაზზე, აგრეთვე ასა-ს მოწყობილობების არსებობა და მათი ეფექტურობა.

ნახ. 22.5-ზე ნაჩვენებია არის ორი ენერგოსისტემა ს1 და ს2, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ელექტროგადაცემის ხაზით. ენერგია ს1 ენერგოსისტემიდან გადაეცემა ს2 ენერგოსისტემაში.

თითოეული ენერგოსისტემა ხასიათდება მასში მომუშავე ელექტროსადგურების ჯამური სიმძლავრით, რომლებიც შესაბამისად ტოლია p_1 და p_2 ; გარდა ამისა ენერგოსისტემები ხასიათდებიან რეზულტიური სტატიზმის სიდიდით.



ა)



ბ)

ნახ. 22.5 (ა) სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის სქემა და რეჟიმის პარამეტრები;
(ბ) სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის მდგრადობის მახასიათებელი.

სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის ხაზი ხასიათდება გადადინების სიმძლავრის მაქსიმალური მნიშვნელობით p_{max} და გადადინების სიმძლავრის უდიდესი დასაშვები სიდიდით $P_{დასშ}$.

მაგალითის სახით განვიხილოთ ნორმალური რეჟიმებიდან გადახრის და მისი დარღვევის შესაძლო შემთხვევები, რომლებსაც მივყევართ სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის ხაზზე საშიში სიდიდის სიმძლავრის მოზღვავებამდე:

1. s_2 ენერგოსისტემაში დატვირთვის მკვეთრი და უეცარი გაზრდა. ასეთ პირობებში და s_1 ენერგოსისტემაში სიმძლავრის რეზერვის არსებობისას სისტემათაშორის ხაზზე სიმძლავრის გადადინება დაიწყებს საკმაოდ სწრაფად ზრდას და თუ მორიგე პერსონალი ვერ მოასწრებს საჭირო ზომის გატარებას, შეიძლება გადააჭარბოს P_{max} მნიშვნელობას რაც გამოიწვევს s_1 და s_2 ენერგოსისტემების პარალელური მუშაობის სტატიკური მდგრადობის დარღვევას.

2. s_2 ენერგოსისტემის ელსადგურებში მძლავრი გენერატორების გაუთვალისწინებელი და უეცარი ავარიული გამორთვა. ნორმალური რეჟიმის დარღვევის ეს შემთხვევა ანალოგიურია ზემოთ განხილულის, რაც გამოიწვევს s_1

ენერგოსისტემიდან სიმძლავრის გადადინების სწრაფად ზრდას და სტატიკური მდგრადობის დარღვევას.

3. ს1 ენერგოსისტემაში მომხმარებლის დატვირთვის მკვეთრი შემცირება, აგრეთვე გამოიწვევს სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის ხაზზე სიმძლავრის მოზღვავენას, რაც საფრთხეს შეუქმნის სტატიკური მდგრადობის შენარჩუნებას.

სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის ხაზზე სიმძლავრის მოზღვავენების განხილული შემთხვევები შეიძლება აიხსნას ნახ. 22.5 ბ-ზე ნაჩვენები დიაგრამით. აღნიშნული ხაზის ნორმალური ავარიის წინა რეჟიმი დიაგრამაზე ხასიათდება 1 წერტილით. ს1 ენერგოსისტემაში დამატებითი ΔP_1 ჭარბი სიმძლავრის გაჩენის შემთხვევაში ელექტროგადაცემის ხაზზე სიმძლავრის გადადინება გაიზრდება P_{a1} სიდიდემდე, რომელსაც დიაგრამაზე შეესაბამება 2 წერტილი. რეჟიმის გადასვლა 1 წერტილიდან 2 წერტილში ხასიათდება $\delta_{\text{დატ}}$ კუთხის გაზრდით δ_{a1} კუთხის მნიშვნელობამდე და შესაბამისად გენერატორების როტორების მიერ კინეტიკური ენერგიის დაგროვებით. ამიტომ, δ_{a1} კუთხესთან (წერტილი 2) მიახლოებისას როტორების მოძრაობა არ ჩერდება და კუთხე კვლავ აგრძელებს გაზრდას მანამ სანამ არ დაიხარჯება მათ მიერ დაგროვილი კინეტიკური ენერგია. თუ ამ დროს კუთხე გადააჭარბებს $\delta_{\text{მაქს}}$ მნიშვნელობას, მოხდება მდგრადობის დარღვევა.

შესაძლებელი არის აგრეთვე სხვა შემთხვევაც, როცა ს1 ენერგოსისტემაში ჭარბი დამატებითი სიმძლავრე ΔP_2 იმდენად დიდია, რომ სიმძლავრე P_{a2} , რომელიც უნდა გადაიცეს მოცემული ხაზით, აღემატება $P_{\text{მაქს}}$. ასეთ დროს ადგილი აქვს მდგრადობის დარღვევას, ამიტომ ელექტროგადაცემის ხაზებზე სადაც შეიძლება ადგილი ჰქონდეს გადატვირთვებს ანუ სიმძლავრის მოზღვავენას, უნდა განხორციელდეს სპეციალური ავტომატიკა, რომელიც უზრუნველყოფს გადატვირთული ხაზის სწრაფ განტვირთვას.

ელექტროგადაცემის ხაზის გადასაცემი აქტიური სიმძლავრე და გენერატორების ე.მ.ძ-ს და მიმღები სისტემის ძაბვას შორის არსებული კუთხე იმყოფება ურთიერთდამოკიდებულებაში, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$P = \frac{E_\delta U_b}{\sum X} \sin \delta \quad (22.2)$$

ამიტომ, ხაზის გადატვირთვისას ან აქტიური სიმძლავრის მოზღვავენებისას, მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრის ასა-ს მოწყობილობა შეიძლება განხორციელდეს აქტიური სიმძლავრის სიდიდის კონტროლით ან მისი ექვივალენტური ენერგოსისტემების ე.მ.ძ-ს შორის არსებული კუთხის კონტროლით ან ხაზის თავსა და ბოლოში ერთსახელა ძაბვების ფაზური ძვრის კონტროლით.

ბ) ელექტროგადაცემის ხაზის განტვირთვისათვის ზემოქმედების შერჩევა

სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის ხაზის განტვირთვა შეიძლება განხორციელდეს ან დეფიციტურ ს2 ენერგოსისტემაში დატვირთვის გამორთვით (დ.გ); ან ჭარბ ს1 ენერგოსისტემაში გენერატორების გამორთვით (გ.გ); ან კიდევ ს1 ენერგოსისტემის გამოყოფით ელექტროგადაცემის ხაზზე და შესაბამისად, ს2

ენერგოსისტემის-შეზღუდულ დატვირთვაზე; ან აღნიშნული ზემოქმედებების შეთანწყობით.

ელექტროგადაცემის ხაზის განტვირთვის ხერხის დასაბუთებულად შერჩევისათვის საჭიროა შესწავლილი იქნას რომელი მათგანი და რა პირობებში მოითხოვს შედარებით მცირე ზემოქმედებას სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის ხაზზე გადადინების შემცირებისათვის დასაშვებ სიდიდემდე.

მაგალითად, დეფიციტურ ს2 ენერგოსისტემაში ΔP_2 სიდიდის დატვირთვის გამორთვით სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის ხაზზე გადადინების სიმძლავრე შემცირდება $\Delta P_{\text{ხაზ}}$. სიდიდით, იმ პირობით როცა სტატიზმები $S_{\text{ჯამ.1}} = S_{\text{ჯამ.2}}$, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\Delta P_{\text{ხაზ}} = \Delta P_2 \frac{P_1}{P_1 + P_2} \quad (22.3)$$

როცა, $P_1 = P_2$ მაშინ (22.3) გამოსახულებით ვღებულობთ, რომ $\Delta P_{\text{ხაზ}} = 0,5 \cdot \Delta P_2$ ამრიგად, როცა ენერგოსისტემების სიმძლავრეები არის თანაზომადი, დატვირთვის შემცირება ს2 ენერგოსისტემაში მაგალითად 100 მგვტ-ით იწვევს გადადინების შემცირებას მხოლოდ 50 მგვტ-ით. ეს აიხსნება იმით, რომ დატვირთვის გამორთვით ირღვევა პარალელურად მომუშავე ენერგოსისტემებს შორის გენერირებულ და მოხმარებულ სიმძლავრეებს შორის ბალანსი, რაც იწვევს სიხშირის აწევას. ამის გამო ორივე ენერგოსისტემაში დატვირთვის მარეგულირებელი ეფექტის გამო იზრდება მოხმარებული სიმძლავრე; ხოლო გენერატორების მიერ გენერირებული სიმძლავრე რეგულატორების ზემოქმედების შედეგად მცირდება.

მოხმარებული სიმძლავრის გაზრდა და გენერირებული სიმძლავრის შემცირება ს1 ენერგოსისტემაში იწვევს სისტემათაშორის ხაზზე გადადინების შემცირებას ანუ ახდენს სასარგებლო ქმედებას. იგივე ფაქტორები ს2 ენერგოსისტემაში იწვევს გადადინების გაზრდას.

რეზულტიური ეფექტი დამოკიდებული არის ენერგოსისტემების სიმძლავრეების თანაფარდობაზე და განისაზღვრება (22.3) ფორმულით. აღნიშნული გამოსახულების საშუალებით შეიძლება განისაზღვროს სისტემათაშორის ხაზზე გადადინების $\Delta P_{\text{ხაზ}}$ შემცირება ს1 და ს2 ენერგოსისტემების სიმძლავრეების სხვადასხვა თანაფარდობების შემთხვევაში. ასე მაგალითად, როცა $P_2 = 0,25 P_1$, მაშინ

$$\Delta P_{\text{ხაზ}} = \Delta P_2 \frac{P_1}{P_1 + 0,25 P_1} = 0,8 \Delta P_2$$

განხილულიდან გამომდინარეობს, რომ დეფიციტურ ენერგოსისტემაში დატვირთვის გამორთვა ითვლება ეფექტურ ზემოქმედებად, როცა სიმძლავრის გადაცემა წარმოებს მძლავრი ენერგოსისტემიდან სუსტ ენერგოსისტემაში. სიმძლავრეების სხვა თანაფარდობების დროს დატვირთვის გამორთვის ეფექტურობა მცირდება. ზემოქმედების აღნიშნული ხერხი გამოიყენება მხოლოდ მაშინ, როცა მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრა სხვა ხერხის გამოყენებით შეუძლებელია.

სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის ხაზზე მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრისათვის სიმძლავრის გადადინების შემცირება შეიძლება უზრუნველყოფილი იქნას ს1 ენერგოსისტემაში გენერატორების გამორთვის ან ტურბინების სწრაფი განტვირთვის გზით. ამ დროს, როგორც პირველ შემთხვევაში, ირღვევა პარალელურად მომუშავე ს1 და ს2 ენერგოსისტემებში გენერირებულ და მოხმარებულ სიმძლავრეებს შორის ბალანსი, რაც იწვევს სიხშირის დაწევას. აღნიშნული იწვევს დატვირთვის სიმძლავრის შემცირებას და ელ. სადგურებში გენერირებული სიმძლავრის გაზრდას ტურბინების ბრუნვის სიხშირის რეგულატორების ზემოქმედებით.

ს2 ენერგოსისტემაში სიმძლავრის მოხმარების შემცირება და გენერირებული სიმძლავრის გაზრდა იწვევს სისტემათაშორის ხაზზე სიმძლავრის გადადინების შემცირებას ანუ ახდენს სასარგებლო ქმედებას. იგივე ფაქტორები ს1 ენერგოსისტემაში იწვევს გადადინების გაზრდას.

რეზულტიური ეფექტი დამოკიდებული არის პარალელურად მომუშავე ენერგოსისტემების სიმძლავრეების თანაფარდობაზე და სტატიზმების ტოლობის პირობებში $S_{\chi\alpha\beta 1} = S_{\chi\alpha\beta 2}$ განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta P_{\text{ხაზ}} = \Delta P_1 \frac{P_2}{P_1 + P_2} \quad (22.4)$$

(22.4) გამოსახულებიდან გამომდინარეობს, რომ ს1 ენერგოსისტემაში გენერატორების გამორთვის (ან ტურბინის განტვირთვის) ეფექტურობა მით უფრო მაღალია, რაც უფრო მცირეა მისი სიმძლავრე ს2 ენერგოსისტემასთან შედარებით.

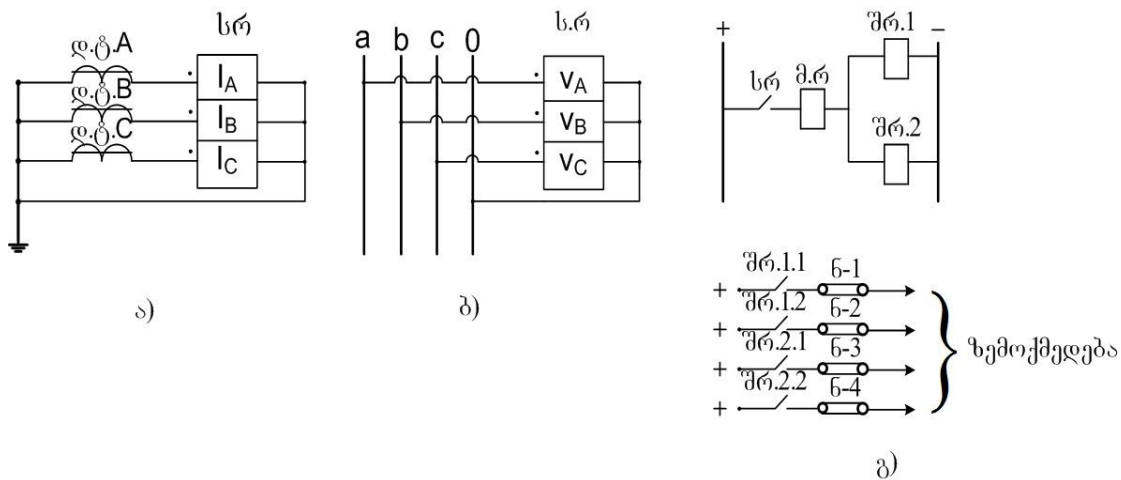
სისტემათაშორის ელექტროგადაცემის ხაზზე ს1 ენერგოსისტემიდან ს2 ენერგოსისტემაში სიმძლავრის გადადინების შემცირების მე-3 ღონისძიებას წარმოადგენს ს1 ენერგოსისტემის კვეთში გაყოფა, რომელიც უზრუნველყოფს სისტემათაშორის ხაზზე განსაზღვრული სიმძლავრის გამოყოფას. კონკრეტული პირობებიდან გამომდინარე ენერგოსისტემის გაყოფის დროს შესაძლებელი არის ენერგოსისტემის გამოყოფილ ნაწილში გენერატორის გამორთვა ხაზზე გადადინების შემცირებისათვის. აგრეთვე ენერგოსისტემის ძირითად ნაწილში თუ წარმოიქმნება ჭარბი გენერაცია, ბალანსის შენარჩუნების მიზნით შესაძლებელია საჭირო გახდეს გენერატორის გამორთვა. აღნიშნული ხერხის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ს1 და ს2 ენერგოსისტემებს შორის პარალელური მუშაობის შეწყვეტა და მისი აღდგენისათვის საჭირო ოპერაციების ჩატარების აუცილებლობა.

ზემოთ განხილულიდან ჩანს, რომ დატვირთვის გამორთვა, გენერატორის გამორთვა (ან ტურბინის განტვირთვა) და ენერგოსისტემის გაყოფა დაიყვანება გენერირებულ და მოხმარებულ სიმძლავრეებს შორის ბალანსის დარღვევამდე და ენერგოსისტემებში სიხშირის აწევამდე ან დაწევამდე.

გენერირებულ და მოხმარებულ სიმძლავრეებს შორის ბალანსის დარღვევის თავიდან აცილება ან გარკვეულ წილად შემცირება შესაძლებელია თუ ერთდროულად მოხდება ზემოქმედება ს2 ენერგოსისტემაში (დეფიციტური) დატვირთვის

გამორთვაზე. ორი ზემოქმედების ასეთ ერთობლივად გამოყენებას ეწოდება ბალანსირებული მოქმედება.

გ) აქტიური სიმძლავრის მოზღვაგებისას ასა-ს მოწყობილობის სქემები. აქტიური სიმძლავრის მოზღვაგებისას ავტომატიკა ხორციელდება ისეთ ელექტროგადაცემის ხაზებზე რომლებიც მიდრეკილი არიან გადატვირთვებისადმი. ნახ. 22.6-ზე ნაჩვენებია არის ავტომატიკის სქემა, რომელშიც აქტიური სიმძლავრის მოზღვაგების აღმოჩენა და ფიქსაცია განხორციელებული არის ერთი აქტიური სიმძლავრის სამფაზა რელეს საშუალებით. აღნიშნული აქტიური სიმძლავრის რელე მაჩვენებელი (მრ) რელეს გავლით და გამომავალი შუალედური (შრ1 და შრ2) რელეების საშუალებით მოქმედებს გენერატორის ან გენერატორების ჯგუფის გამორთვაზე და ელ სადგურების სალტეების გაყოფაზე. სიმძლავრის რელეზე მიყვანილი არის ხაზის დენის ტრანსფორმატორიდან (დტ) ფაზური დენები და სალტის ან ხაზის ძაბვის ტრანსფორმატორიდან ფაზური ძაბვები.

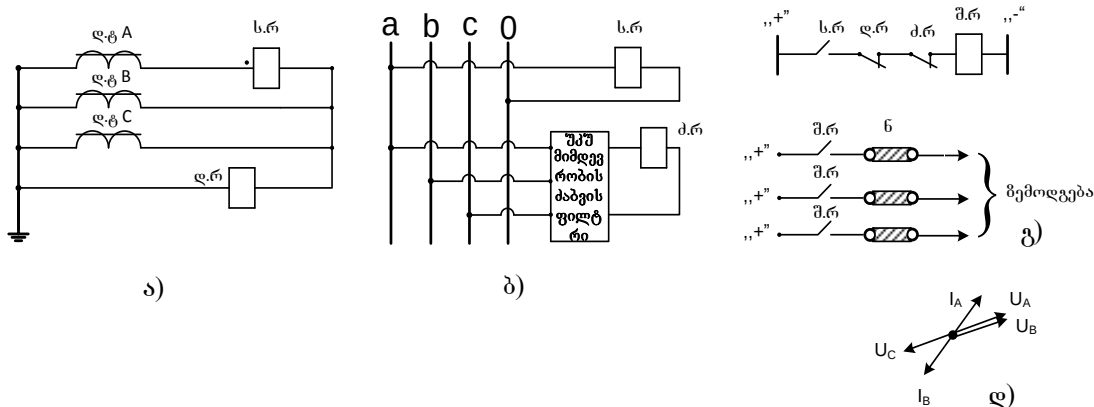


ნახ. 22.6 აქტიური სიმძლავრის მოზღვაგების ავტომატიკის სქემა აქტიური სიმძლავრის სამფაზა რელეს გამოყენებით. (ა) ცვლადი დენის წრედი; (ბ) ცვლადი ძაბვის წრედი; (გ) მუდმივი ოპერატიული დენის წრედი.

აქტიური სიმძლავრის რელეს მოძრავი სისტემის მბრუნავი მომენტის მახასიათებელს აქვს შემდეგი სახე:

$$P_{\phi} = K \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\phi} \quad (22.5)$$

აქტიური სიმძლავრის მოზღვაგებისას ავტომატიკის სქემას ერთფაზა აქტიური სიმძლავრის რელეს გამოყენებით გააჩნია ზოგიერთი თავისებურება. ერთფაზა აქტიური სიმძლავრის რელემ, რომელიც ჩართული არის ფაზურ დენზე და ძაბვაზე შეიძლება იმუშაოს მცდარად არასიმეტრიული მოკლე შერთვების დროს, მაგალითად ნახ. 22.7-ზე ნაჩვენებია სიმძლავრის რელე.

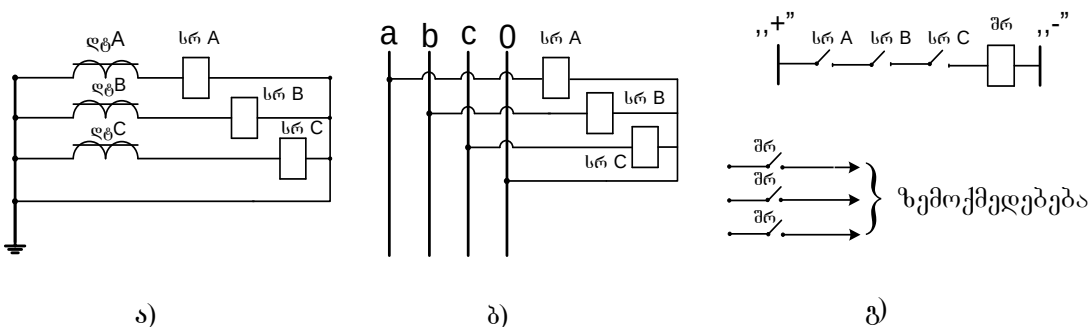


ნახ. 22.7 სიმძლავრის მოზღვავეებისას ავტომატიკის სქემა ერთფაზა აქტიური სიმძლავრის ერთი რელეს გამოყენებით. (ა) ცვლადი დენის წრედი; (ბ) ცვლადი ძაბვის წრედი; (გ) მუდმივი ოპერატიული დენის წრედი; (დ) ორფაზა მ.შ-ის დროს რელეზე მიყვანილი დენების და ძაბვების ვექტორული დიაგრამა.

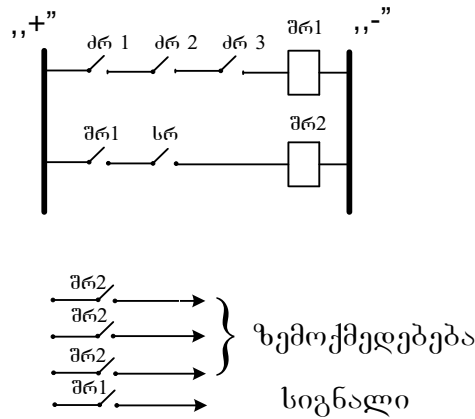
როგორც ნახ. 22.7-ზე მოყვანილი ვექტორული დიაგრამიდან ჩანს „A“ და „B“ ფაზებს შორის ორფაზა მეტალური მოკლე შერთვის დროს დენის I_A და ძაბვის U_A ვექტორები ფაზით იმდენად ახლოს არიან ერთმანეთთან, რომ აქტიური სიმძლავრის რელე იმოქმედებს მაქსიმალური მგრძნობიარობის პირობების მახლობლობაში. იმის გამო, რომ მოკლე შერთვის დროს დენი მნიშვნელოვნად იზრდება, სიმძლავრის რელე იმოქმედებს „A“ ფაზის ძაბვის შემცირების მიუხედავად $U_A = 0,5 U_{ფ}$.

ასა-ს სქემის არასწორი მოქმედების აღმოფხვრის მიზნით სქემაში გამოყენებული არის ძაბვის (მრ2) რელე, რომელიც მიერთებული არის უკუმიმდევერობის ძაბვის ფილტრზე და ნულოვანი მიმდევრობის დენის (დრ) რელე; აღნიშნული რელეების მუშაობის შედეგად, არასიმეტრიული მოკლე შერთვის დროს, ასა-ს სქემა გამოდის მოქმედიდან.

აქტიური სიმძლავრის მოზღვავეებისას ავტომატიკის სქემა ერთფაზა აქტიური სიმძლავრის რელეების გამოყენებით ნაჩვენებია არის ნახ. 22.8-ზე. აღნიშნულ სქემაში გამოყენებული არის სამი ერთფაზა აქტიური სიმძლავრის რელე, რითაც გამორიცხულია სქემის მცდარი მუშაობა არასიმეტრიული მოკლე შერთვების დროს.



ნახ. 22.8 სიმძლავრის მოზღვავეებისას ავტომატიკის სქემა სამი ერთფაზა აქტიური სიმძლავრის რელეს გამოყენებით. (ა) ცვლადი დენის წრედი; (ბ) ცვლადი ძაბვის წრედი; (გ) მუდმივი ოპერატიული დენის წრედი.



ნახ. 22.9 აქტიური სიმძლავრის მოზღვავეებისას ავტომატიკის სქემა, მინიმალური ძაბვის ბლოკირებით.

რელეები გაწყობილი არიან ერთი და იგივე დანაყენზე და ჩართული არიან ფაზურ დენზე და ფაზურ ძაბვაზე, ხოლო მათი კონტაქტები შეერთებული არიან მიმდევრობით.

ნახ. 22.8-ზე ნაჩვენები ასა-ს სქემა განახორციელებს აუცილებელ ზემოქმედებას მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ერთდროულად მუშაობენ აქტიური სიმძლავრის რელეები სრA, სრB და სრC; აღნიშნული კი შესაძლებელი არის სამივე ფაზაში აქტიური სიმძლავრის გაზრდისას რელეს დანაყენის სიდიდემდე. ნებისმიერი მიზეზით ერთი ან ორი რელეს მუშაობის შემთხვევაში სქემა არ მოქმედებს.

აქტიური სიმძლავრის მოზღვავეებისას ზოგიერთ შემთხვევაში გამოიყენება ავტომატიკის მოწყობილობები, რომლებიც რეაგირებენ ორ პარამეტრზე: სიმძლავრე და ძაბვა. ასეთი მოწყობილობების მუდმივი დენის წრედის სქემა ნაჩვენები არის ნახ. 22.9-ზე.

მინიმალური ძაბვის რელეები მრ1, მრ2, მრ3 ჩართული არიან ხაზურ ძაბვებზე U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} და მათზე განხორციელებული არის $U_{რ.ა}=0,8\pm 0,9U_{ნომინ.}$; ძაბვის სიმეტრიულად შემცირებისას რელეს დანაყენის სიდიდემდე ისინი მოდიან მოქმედებაში და შუალედური მრ1 რელეს გავლით მუდმივ ოპერატიულ დენს აწვდიან სამფაზა სიმძლავრის (სრ) რელეს კონტაქტს. თუ აღნიშნული მომენტისათვის ხაზში სიმძლავრე აღემატება სიმძლავრის (სრ) რელეს დანაყენს ავტომატიკა იმოქმედებს ელექტროგადაცემის ხაზის განტვირთვაზე;

აქტიური სიმძლავრის მოზღვავეებისას ზემოთ განხილული ავტომატიკის მოწყობილობების ერთ საფეხურიანი (სიმძლავრის საფეხური) სქემების გარდა გამოიყენება ავტომატიკის სქემები სიმძლავრის ორი საფეხურით. აქტიური სიმძლავრის მოზღვავეებისას ავტომატიკის ორ საფეხურიანი სქემა შედგება სიმძლავრის ორი რელესაგან, რომლებიც გაწყობილი არიან სხვადასვა დანაყენებზე.

სიმძლავრის მოზღვავეებისაგან ავტომატიკის სქემებში აქტიური სიმძლავრის რელეს ამუშავების დანაყენი საიმედოდ უნდა იყოს განრიდებული ნორმალურ რეჟიმში გადადინების სიმძლავრის უდიდესი დასაშვები მნიშვნელობისაგან, რომელც განისაზღვრება (22.1) გამოსახულებით და უზრუნველყოს მოქმედების საჭირო

მგრძნობიარობა გადადინების სიმძლავრის P_{max} მაქსიმალური (ზღვრული) მნიშვნელობის დროს, როცა $\delta = 90^\circ$ -ს.

პირველი პირობის შესაბამისად ამუშავების სიმძლავრის მნიშვნელობა ტოლი უნდა იყოს:

$$P_{ამუშ} = \frac{K_{იმედ} \cdot P_{დასაშ}}{K_{დაბ}} \quad (22.6)$$

სადაც $K_{იმედ} = 1,05 \div 1,1$ არის განრიდების იმედიანობის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს რელეს და ანგარიშების ცდომილებებს; $K_{დაბ} \geq 0,85$ არის აქტიური სიმძლავრის რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი.

მეორე პირობის შესაბამისად მგრძნობიარობის კოეფიციენტი განისაზღვრება, როგორც

$$K_{მგრ} = \frac{P_{max.სარემონტო}}{P_{ამუშავების}} \quad (22.7)$$

სადაც $P_{max.სარემონტო}$ არის შესუსტებული სარემონტო რეჟიმში საკონტროლო კვებში სიმძლავრის მაქსიმალური მნიშვნელობა, როცა $\delta = 90^\circ$.

მგრძნობიარობა ითვლება დამაკმაყოფილებლად როცა $K_{მგრ} > 1.2$; ნახ. 22.6÷22.9-ზე ნაჩვენები ავტომატიკის მოწყობილობების სქემების ღირსებად ითვლება მათი სიმარტივე და სწრაფმოქმედება.

22.6 ელექტროგადაცემის ხაზის გამორთვისას მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრის ავტომატიკა (მდაა)

ა) ზოგადი მოთხოვნები

როგორც აღნიშნული იყო ელექტროგადაცემის ხაზის გამტარუნარიანობის მაქსიმალურად გამოყენების მიზნით, საჭირო არის გატარდეს ყველა შესაძლო ზომები მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრისათვის, ნორმალური რეჟიმის მკვეთრი და უეცარი დარღვევის შემთხვევაში.

ყველა ელექტროგადაცემის ხაზისათვის მდგრადობის ამაღლების უზრუნველყოფის მთავარ საშუალებას წამოადგენს მოკლედ შერთვის სწრაფი გამორთვა, რომელიც განხორციელებული არის სწრაფმოქმედი დაცვებით და სწრაფმოქმედი ამომრთველებით. 500 კვ ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზებზე მოკლედ შერთვის გამორთვის სრული დრო შეადგენს $0,08 \div 0,12$ წმ-ს.

მაგრამ, მხოლოდ ერთი სწრაფი გამორთვის საშუალებით შეუძლებელი არის უზრუნველყოფით ელექტროგადაცემის ხაზების მდგრადობის საჭირო დონე, რადგანაც მდგრადობის დარღვევა შეიძლება გამოწვეული იყოს სხვა მიზეზებით, რომელსაც არავითარი კავშირი არ აქვს მოცემული ხაზის დაზიანებასთან. ამიტომ,

ელექტროგადაცემის მდგრადობის უზრუნველყოფა შესაძლებელი არის მხოლოდ ღონისძიებების კომპლექსით, მათ შორის სპეციალური ავტომატიკის დადგმით.

როგორც ცნობილია მდგრადობა დამოკიდებული არის მოკლედ შერთვის სახეებზე, ადგილზე და ხანგრძლივობაზე; ავარიის წინა რეჟიმში ელექტროგადაცემის ხაზის დატვირთვაზე და ავარიის შემდგომი რეჟიმის პირობებზე.

თითოეული, მითითებული ნიშნებიდან, ახასიათებენ ავარიის ცალკეულ მხარეს, მაგრამ ვერ გამოავლენენ მის სიმძიმეს და მოსალოდნელ შედეგებს. ასე მაგალითად, ავარიის წინა რეჟიმში მცირედ დატვირთულ ხაზზე ყველაზე მძიმე მოკლე შერთვაც საშიშროებას არ წარმოადგენს; მაგრამ იგივე ავარიამ დიდი დატვირთვის დროს შეიძლება გამოიწვიოს დინამიკური მდგრადობის დარღვევა.

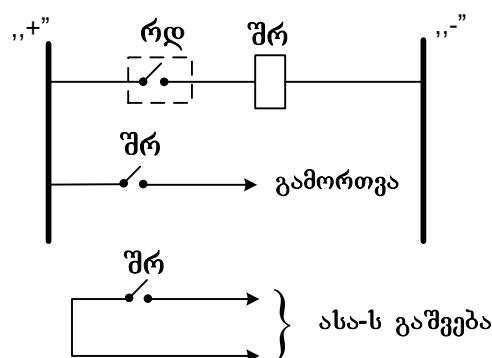
უფრო სრულად ავარიის სიმძიმე და მოსალოდნელი შედეგები განისაზღვრება ზემოთ მითითებული ნიშნების ერთობლიობით. ამ დროს რაც უფრო მეტი ნიშანი იქნება გათვალისწინებული მით უფრო მეტი სიზუსტით იქნება გამოვლენილი ავარიის ხასიათი, აგრეთვე მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრისათვის ასა-ს ზემოქმედების აუცილებლობა და მოცულობა.

მდგრადობის დარღვევის აღმოფხვრის ასა-ს მოწყობილობები აღნიშნული ფუნქციების შესასრულებლად, დანიშნულებისაგან დამოკიდებულებით თავის თავში შეიცავენ:

1. ერთი ან რამდენიმე გამშვი ორგანოს, რომლებიც გამოავლენენ და აფიქსირებენ ელექტროგადაცემის ხაზის ან სხვა მოწყობილობის გამორთვას.
2. მართვადი დოზირებული ავტომატური ზემოქმედების ორგანოს, რომელიც აკონტროლებს ელსადგურის ან გენერატორების ჯგუფის ჯამურ დატვირთვას, ავარიის წინა რეჟიმში ელექტრო გადაცემის ხაზებზე სიმძლავრეების გადადინებას, მოკლედ შერთვის ხანგრძლივობას, პირდაპირი მიმდევრობის ძაბვის დაწევის სიღრმეს ან მოკლედ შერთვის დროს აქტიური სიმძლავრის მყისი შემცირებას.

ბ) რელეური დაცვის მუშაობის დროს მოქმედი ხაზის გამორთვის გამომვლენი და ფიქსირების გამშვი ორგანო.

სქემა მოცემული არის ნახ. 22.10-ზე.



ნახ. 22.10 ასა-ს მოწყობილობის გაშვების სქემა.

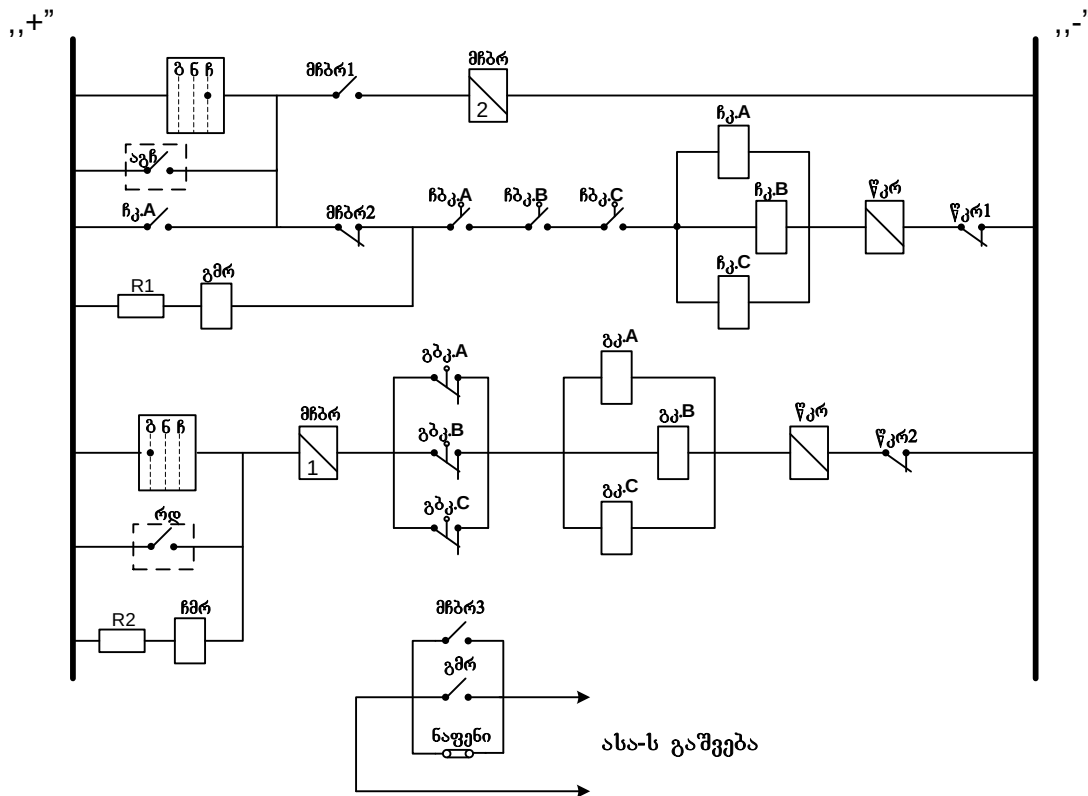
ასა-ს გამშვი ორგანოდ გამოყენებული არის ხაზის დაცვის გამომავალი შუალედური შრ რელე. რ.დ-ს და შრ-ს ამუშავებისას ხაზის გამორთვაზე იმპულსის გაგზავნასთან ერთად იმპულსი გაიგზავნება ასა-ს გაშვებაზე. რელეური დაცვის გამომავალი შრ შუალედური რელედან იმპულსის გამოყენება უზრუნველყოფს ავარიის ორი ნიშნის გამოვლენას: მოკლედ შერთვის წარმოქმნის და ხაზის მომდევნო გამორთვის ფაქტი. ეს ხერხი არის ძალიან მარტივი და საიმედო. ასა-ს რელეური დაცვიდან გაშვების სქემის ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ სქემა არ მუშაობს როცა ხაზი გამოირთვება არა რელეური დაცვის მოქმედებით; მაგალითად ხაზის ამომრთველის შეცდომით ან თვითნებური გამორთვა, აგრეთვე ხაზის ცალმხრივად გამორთვა მოპირდაპირე მხარეს. სქემა არ იმახსოვრებს ხაზის გამორთვის ფაქტს, რადგანაც მოკლედ შერთვის გამორთვის შემდეგ რელეური დაცვა და მისი გამომავალი შუალედური რელე ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში. გარდა ამისა შრ რელეს მოკლე დროით მუშაობის შემთხვევაში სქემამ შეიძლება უარი თქვას მოქმედებაზე.

გ) ხაზის ამომრთველის გამორთვის დროს მოქმედი გამორთვის გამომვლენი და ფიქსირების გამშვი ორგანო

სქემა ნაჩვენები არის ნახ. 22.11-ზე. აღნიშნულ სქემაში, ნახ. 22.10-ზე განხილულ სქემასთან შედარებით გამომვლენ ორგანოდ გამოყენებული არის არა დაცვის გამომვალ რელე, არამედ მართვის სქემაში ამომრთველის მრავალჯერადი ჩართვისაგან ბლოკირების (მჩბრ) რელეს კონტაქტები და გამორთული მდგომარეობის რელე (გმრ).

(მჩბრ) რელეს აქვს ორი გრაგნილი. ერთი მათგანი, დენური ჩართული არის გამორთვის კოჭის მიმდევრობით, ამიტომ ამომრთველის გამორთვაზე ბრძანების გაცემის დროს, ან ხელით ან რელეური დაცვიდან, იმუშავებს (მჩბრ) რელე და შეკრავს კონტაქტს ასა-ს გაშვების წრედში. შესაბამისად ასა-ს გაშვება (მჩბრ)-დან უფრო უნივერსალურია, ვიდრე რელეური დაცვის გამომავალი (შრ) რელედან (ნახ. 22.10).

მაგრამ, ამომრთველის გამორთვის შემდეგ (მჩბრ) რელე, ისევე როგორც რელეური დაცვის გამომავალი შუალედური (შრ) რელე, ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში. ამიტომ, გამორთული ამომრთველის მდგომარეობის ფიქსირებისათვის, მანამ სანამ ამომრთველი იმყოფება ამ მდგომარეობაში, (მჩბრ) რელეს კონტაქტების პარალელურად ჩართული არის (გმრ) რელეს კონტაქტები (ნახ. 22.11). ამომრთველის ჩართულ მდგომარეობაში ყოფნის დროს, მისი დამხმარე (გბკ) კონტაქტები შეკრულია, ხოლო (ჩბკ) კონტაქტები არის გახსნილი. ამიტომ, (გმრ) რელე გაუდენურებულია (უდენო პაუზა) და მისი კონტაქტი ასა-ს გაშვების სქემაში გახსნილია. ამომრთველის გამორთვის დროს დამხმარე კონტაქტები, (ჩბკ) შეიკვრება, შესაბამისად იმუშავებს (გმრ) რელე და შეკრავს ასა-ს გაშვების წრედს.

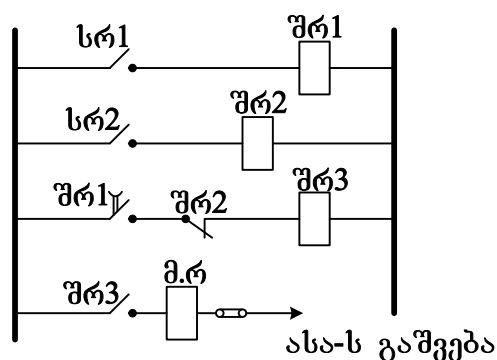


ნახ. 22.11 ასა-ს გაშვების სქემა ამომრთველის მართვის სქემის მზრ და გმრ რელეების საშუალებით.

დ) აქტიური სიმძლავრის გაქრობის დროს ხაზის გამორთვის გამომვლენი და ფიქსირების გამშვით ორგანო

მოწყობილობის სქემა, რომელიც გამოავლენს და აფიქსირებს ელ. გადაცემის ხაზში აქტიური სიმძლავრის გაქრობის მომენტს, მოცემული არის ნახ. 22.12-ზე.

სქემის ძირითად ელემენტებს წარმოადგენენ აქტიური სიმძლავრის რელეები სრ1, სრ2, სხვადასხვა დანაყენით, რომლებიც ჩართული არიან ხაზის დენის ტრანსფორმატორის და ხაზის ან სალტის ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორად წრედებში. (ცვლადი დენის და ძაბვის წრედები ნახაზზე ნაჩვენებია არ არის).



ნახ. 22.12 სიმძლავრის მყისურად მოხსნის დროს ასა-ს მოწყობილობის გაშვების სქემის მოქმედების პრინციპი.

რეჟიმში როცა გადაცემის ხაზში გადაედინება აქტიური სიმძლავრე, რომელიც მეტია სრ1 და სრ2 სიმძლავრის რელეების დანაყენებზე, აღნიშნული რელეები იმყოფებიან მუშა მდგომარეობაში, მათი კონტაქტები შეკრულია, შრ1 შუალედური რელეს კონტაქტი შეკრულია და შრ2 შუალედური რელეს კონტაქტი არის გახსნილი.

ხაზის გამორთვის შემთხვევაში ერთი ან ორივე მხრიდან, ერთდროულად გაქრება ხაზში აქტიური სიმძლავრე და ორივე სიმძლავრის რელე, დაბრუნდება რა საწყის მდგომარეობაში, გახსნიან შრ1 და შრ2 შუალედური რელეების გრაგნილების წრედებს. შრ2 შუალედური რელე სწრაფმოქმედია, ხოლო შრ1 შუალედურ რელეს გაჩნია $0,1 \pm 0,15$ წმ დროის დაყოვნება დაბრუნებაზე. ამიტომ, შრ2 შუალედური რელე, ჩამოვარდება სწრაფად, შეკრავს შრ3 შუალედური რელეს წრედს ჯერ კიდევ შეკრული შრ1 რელეს კონტაქტების გავლით. შრ3 რელე იმუშავებს და გასცემს ბრძანებას ასა-ს სქემის გაშვებაზე. შრ1 რელე დროის დაყოვნების გასვლის შემდეგ გახსნის თავის კონტაქტს. ამრიგად, განხილული სქემა მუშაობს და ახორციელებს ასა-ს მოწყობილობის გაშვებას იმ პირობით, რომ შრ2 შუალედური რელე შეკრავს თავის კონტაქტს მანამ, სანამ გაიხსნება შრ1 შუალედური რელეს კონტაქტი.

სრ1 სიმძლავრის რელეს ამუშავების სიმძლავრის სიდიდე აიღება ხაზში სიმძლავრის გადადინების იმ მნიშვნელობის შესაბამისად, რომლის დროსაც ხაზის ავარიულად გამორთვის თანმხლებია ასა-ს მოქმედება მდგრადობის დარღვევის თავიდან აცილებისათვის. სრ2 სიმძლავრის რელეს დანაყენი უნდა იყოს ნაკლები სრ1 სიმძლავრის რელეს დანაყენზე და მეტი გვირგვინის მოვლენაზე ხაზში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგის სიდიდეზე.

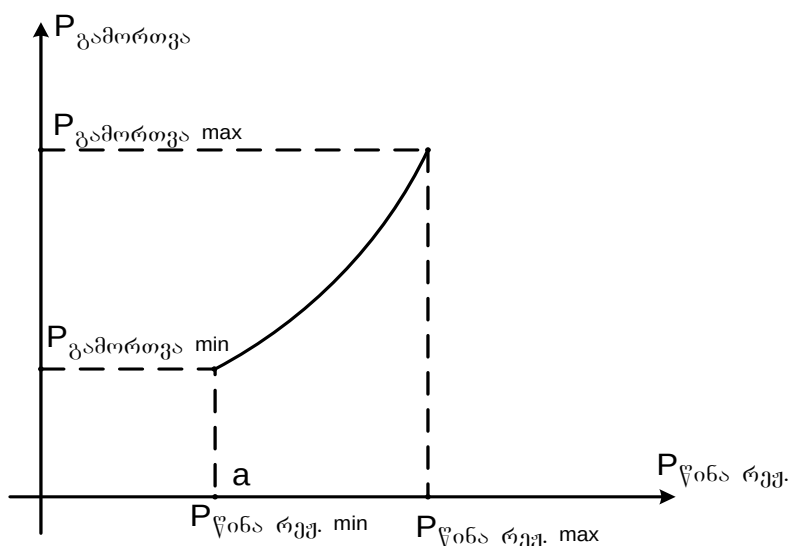
ვინაიდან სრ1 რელეს ამუშავების სიმძლავრე გაცილებით მეტია სრ2 რელეს ამუშავების სიმძლავრეზე, ხაზის მდორედ განტვირთვის დროს პირველად კონტაქტს გახსნის სრ1 რელე, ხოლო შემდეგ დროის დაყოვნებით $\Delta t = 0,1 \pm 0,15$ წმ გახსნის კონტაქტს შრ1 რელე რითაც გამშვი ორგანო გამოდის მოქმედებიდან. თუ ახლა, დატვირთვის შემდგომი შემცირებისას გახსნის კონტაქტს სრ2 სიმძლავრის რელე, ასა-ს სქემის გაშვება არ განხორციელდება.

ამრიგად ელ. გადაცემის ხაზის ნორმალურად განტვირთვის დროს შრ1 შუალედური რელე ასწრებს გამოიყვანოს მოქმედებიდან გამშვი ორგანო მანამ, სანამ იმუშავებს შრ2 შუალედური რელე. მაგრამ რეჟიმის მკვეთრად შეცვლის დროს თუ ხაზის დატვირთვა შემცირდება სრ1 რელეს დანაყენიდან სრ2 რელეს დანაყენამდე დროის მონაკვეთში, რომელიც ნაკლებია შრ1 რელეს დაბრუნებაზე დროის დანაყენზე, მაშინ შეიძლება გამშვი ორგანომ იმოქმედოს მცდარად.

ე) დოზირებული ავტომატური ზემოქმედება.

გამშვი ორგანოს მოქმედება, რომელიც გამოავლენს და აფიქსირებს ელექტროგადაცემის ხაზის გამორთვას, წარმოადგენს აუცილებელ მაგრამ ჯერ კიდევ არა საკმარის პირობას ასა-ს მოქმედებისთვის. მაგალითად ეგზ2 ხაზის გამორთვისას (ნახ. 22.2) თუ განხორციელდება უშუალოდ გამშვი ორგანოდან ზემოქმედება ელ.

სადგურის გენერატორების გამორთვაზე, მაშინ მოსალოდნელია ზედმეტი გამორთვები, რომლებიც არ არის გამოწვეული აუცილებლობით, ორჯაჭვიანი ელექტროგადაცემის ხაზის უმნიშვნელოდ დატვირთვის რეჟიმებში, როცა ჰესის სალტებთან ახლოს მოკლედ შერთვის შემთხვევაშიც კი ერთი ჯაჭვის გამორთვა არ იწვევს მდგრადობის დარღვევას. ფუნქციონალური დამოკიდებულება $P_{\text{გამ}}=f(P_{\text{წინა,რეჟ}})$ საჭირო გამოსართავ სიმძლავრესა და წინა რეჟიმში ელექტროგადაცემის ჯამურ დატვირთვას შორის დგინდება სხვადასხვა დატვირთვების დროს მთელი რიგი დინამიკური მდგრადობის ანგარიშების ჩატარების გზით და შეიძლება მიახლოებით წარმოდგენილი იქნას მახასიათებლით, რომელიც გამოსახული არის ნახ. 22.13-ზე. მახასიათებლიდან ჩანს, რომ ელექტროგადაცემა I-ს ხაზებზე (ეგბ1 და ეგბ2) ჯამური დატვირთვის დროს (ეგბ1 და ეგბ2) წინა რეჟიმში $P_{\text{წინა,რეჟ}} < P_{\text{წინა,რეჟ, min}}$. (ნულიდან a წერტილამდე ნახ. 22.13) მდგრადობა შენარჩუნებულია ასა-ს გენერატორების გამორთვაზე ზემოქმედების გარეშე.

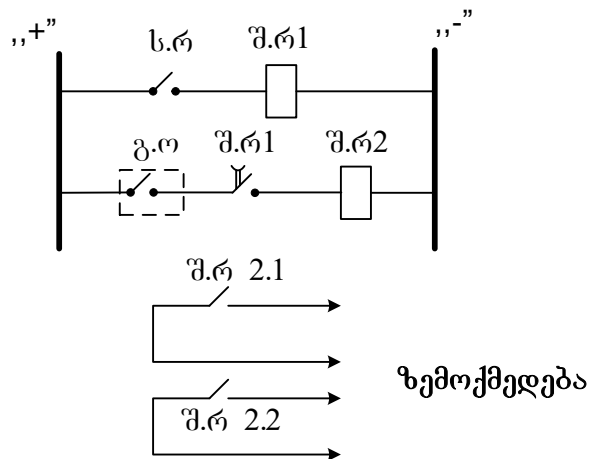


ნახ. 22.13 ეგბ 2-ზე მშ-ს და გამორთვის დროს ავარიის შემდგომ რეჟიმებში მდგრადობის შენარჩუნებისათვის გამოსართავ $P_{\text{გამ}}$ სიმძლავრისა და წინა რეჟიმში ჯამურ დატვირთვას შორის დამოკიდებულების მახასიათებელი.

$P_{\text{წინა,რეჟ}} > P_{\text{წინა,რეჟ, min}}$. დატვირთვის დროს საჭირო არის ასა-ს ზემოქმედება გენერატორების გამორთვაზე და მით უფრო მეტი, რაც უფრო დიდი არის $P_{\text{წინა,რეჟ}}$. მაქსიმალური ზემოქმედება $P_{\text{გამ, max}}$ არის საჭირო $P_{\text{წინა,რეჟ, max}}$ –ს დროს.

წინა რეჟიმის კონტროლის ორგანოს უმარტივესი სქემა წარმოდგენილი არის ნახ. 22.14-ზე.

სქემის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს აქტიური სიმძლავრის (სრ) რელე. იგი ჩართული არის საკონტროლო კვეთის ჯამურ სიმძლავრეზე (ნახ. 22.2-ს შემთხვევაში ელექტროგადაცემა I-ს ხაზების ეგბ 1 და ეგბ 2 ჯამურ სიმძლავრეზე) და გაწყობილი არის დანაყენზე $P_{\text{წინა,რეჟ, min.}}=P_{\text{ამუშ.}}$.



ნახ. 22.14 სიმძლავრის მიხედვით წინა რეჟიმის ერთსაფეხურიანი კონტროლის სქემის მოქმედების პრინციპი. ს.რ- სიმძლავრის რელე; გ.ო- გამშვი ორგანო.

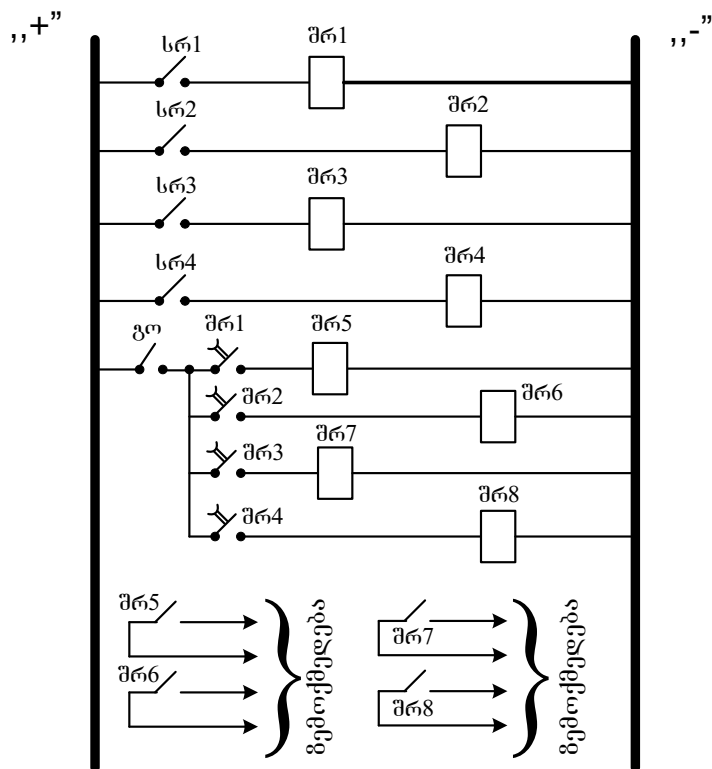
როცა, საკონტროლო კვებში გადადინების სიმძლავრე ტოლია ან მეტი არის სიმძლავრის სრ რელეს დანაყენზე, ეს უკანასკნელი იმყოფება მუშა მდგომარეობაში და შესაბამისად შეკრული არიან სრ რელეს და შუალედური შრ1 რელეს კონტაქტები. თუ ამ დროს მოხდება კონტროლირებადი ეგზ ხაზის გამორთვა იმუშავებს გამშვი (გო) ორგანო და შრ1 რელეს კონტაქტის გავლით აღიგზნება შრ2 შუალედური რელე და მოახდენს გათვალისწინებულ ზემოქმედებას გენერატორის გამორთვაზე.

როცა კვებში გადადინების სიმძლავრე ნაკლები არის (სრ) რელეს დანაყენზე გაიხსნება მისი კონტაქტი, შედეგად დაბრუნდება შრ1 შუალედური რელე და გახსნის კონტაქტს გამშვი (გო) ორგანოს წრედში. ამრიგად ასა აღმოჩნდება გამოყვანილი მოქმედებიდან.

შუალედურ შრ1 რელეს გააჩნია დროის დაყოვნება დაბრუნებაზე დაახლოებით 0,2 წმ, იმისათვის რომ აღმოიფხვრას წრედის გახსნის შემთხვევა, თუ მოკლედ შერთვის დროს სიმძლავრის რელე გახსნის თავის კონტაქტს ხანმოკლე დროით.

აღნიშნული სქემის ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ $P_{წინა.რეჟ. min.}$ სიმძლავრის დანაყენზე მეტი ნებისმიერი სიდიდის დატვირთვის დროს ასა-ს მოწყობილობა მოახდენს ერთი და იგივე ზემოქმედებას გენერატორების გამორთვაზე. ამიტომ იმისათვის, რომ მაქსიმალური სიდიდის სიმძლავრის გადადინების დროს, რომელსაც შეესაბამება მახასიათებელზე $P_{წინა.რეჟ. max.}$, არ დაუშვათ მდგრადობის დარღვევა საჭირო არის ასა-ს მოწყობილობა გაწყობილი იყოს $P_{გამ. max}$ შესაბამის მაქსიმალურ ზემოქმედებაზე.

უფრო სრულყოფილი წინა რეჟიმის კონტროლის მოწყობილობა, რომელიც წინა რეჟიმის პროპორციულად უზრუნველყოფს ავტომატურ დოზირებულ ზემოქმედებას თავის თავში შეიცავს აქტიური სიმძლავრის მაქსიმალურ რელეს ამუშავების სხვადასხვა დანაყენით, როგორც ეს ნაჩვენებია არის ნახ. 22.15-ზე.



ნახ. 22.15 მრავალსაფეხურიანი წინა რეჟიმის კონტროლის ორგანოს პრინციპული სქემა.

ასეთი წინა რეჟიმის კონტროლის ორგანოს საშუალებით უზრუნველყოფილი არის ასა-ს ავტომატური საფეხურებიანი დოზირებული ზემოქმედება. მაგრამ საფეხურების რაოდენობის გაზრდას მივყევართ სქემაში მონაწილე რელეების რაოდენობის გაზრდამდე და სქემის გართულებამდე. ამიტომ პრაქტიკულად გამოიყენება წინა რეჟიმის კონტროლის მოწყობილობა ორი-ოთხი საფეხურით.

ვ) მოკლე შერთვის სიმძლავრის გათვალისწინება

წინა რეჟიმში სიმძლავრის კონტროლით დოზირებული ავტომატური ზემოქმედების განხილული ხერხი პრაქტიკაში ფართოდ არის გამოყენებული მისი შედარებით სიმარტივის გამო და წინა რეჟიმის კონტროლის მოწყობილობის ჩვეულებრივი სერიული წარმოების რელეებით განხორციელების შესაძლებლობების გამო.

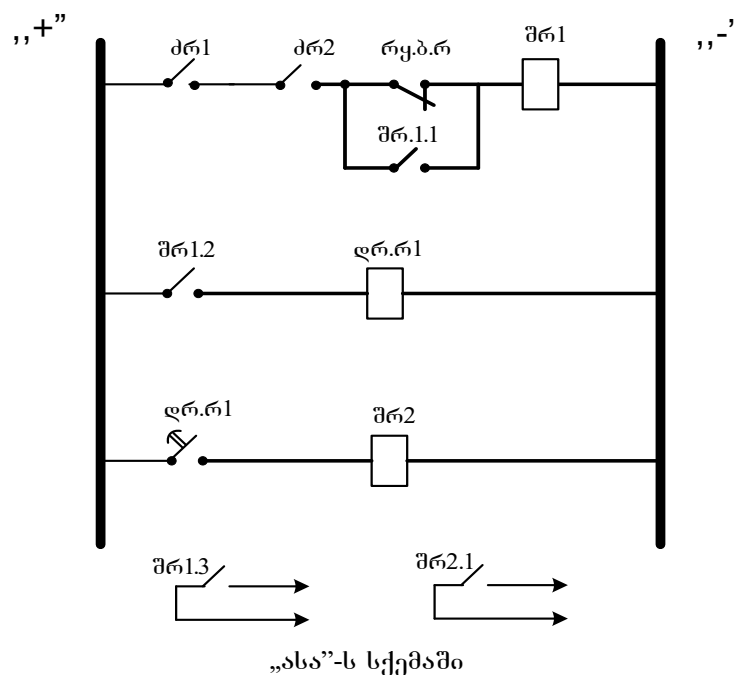
აღნიშნული ხერხის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ დოზირება ხორციელდება მხოლოდ ერთი პარამეტრით, რომელიც ითვალისწინებს წინა რეჟიმს, მაგრამ არ ითვალისწინებს აღმრული მოკლე შერთვის სიმძიმეს. ამიტომ ასა, ასეთი წინა რეჟიმის კონტროლის მოწყობილობით, გადადინების სიმძლავრის უცვლელი მნიშვნელობის დროს ერთი და იგივე ინტენსიურობით განახორციელებს ზემოქმედებას, როგორც ყველაზე მძიმე ავარიის დროს-სამფაზა მოკლე შერთვა ეგზ1 ხაზზე სადგურის სალტებთან ახლოს (ნახ. 22.2), ისე შედარებით მსუბუქი ერთფაზა მოკლედ შერთვის დროს ელ. სადგურებიდან დაშორებულ წერტილში. პირველ შემთხვევაში ასა-ს მოწყობილობამ უნდა იმოქმედოს მაქსიმალური ინტენსიურობით,

რაც გამოიწვევს ზედმეტ ზემოქმედებას შედარებით მსუბუქი ავარიის დროს. ამიტომ რიც შემთხვევებში კონტროლის მოწყობილობის დამატებით იდგმება მოკლე შერთვის სიმძიმის ფიქსირების სპეციალური ორგანო.

მოკლე შერთვის დროს ავარიის სიმძიმეს ყველაზე უფრო ახასიათებს აქტიური სიმძლავრის მყისურად მოხსნის სიდიდე და მოკლე შერთვის ხანგრძლივობა, რომელიც დამოკიდებული არის რელეური დაცვის მოქმედების და ამომრთველის გამორთვის დროის სიდიდეებზე.

პროექტირების პრაქტიკაში ფართო გავრცელება ჰპოვა სქემებმა, რომლებიც რეაგირებენ მოკლე შერთვის დროს პირდაპირი მიმდევრობის ძაბვის შემცირებაზე, რაც ირიბად, აგრეთვე ახასიათებს აქტიური სიმძლავრის მყისურად მოხსნას. იმავდროულად ეს სქემები აფიქსირებენ მოკლე შერთვის გამორთვის ხანგრძლივობას, რაც კიდევ უფრო ზრდის ასა-ს დოზირებული ზემოქმედების სიზუსტეს.

ნახ.22.16-ზე წარმოდგენილი არის პირდაპირი მიმდევრობის ძაბვის შემცირების და მოკლე შერთვის გამორთვის ხანგრძლივობის გამოვლენის და ფიქსირების ერთსაფეხურიანი ორგანოს გამარტივებული პრინციპიული სქემა.



ნახ. 22.16 პირდაპირი მიმდევრობის ძაბვის შემცირების და მოკლე შერთვის გამორთვის ხანგრძლივობის გამოვლენის და ფიქსირების ერთსაფეხურიანი ორგანოს გამარტივებული პრინციპიული სქემა. რყ.ბ.რ-რყევეებისაგან ბლოკირების რელე.

გამშვი ორგანოებს წარმოადგენენ ფილტრული ძაბვის რელეები მრ1 და მრ2; ძაბვის წრედებში უწყსრიგობის დროს სქემის არასწორი მოქმედების თავიდან აცილების მიზნით მრ1 და მრ2 ძაბვის რელეები მიერთებული არიან სხვადასხვა ძაბვის ტრანსფორმატორებზე, ხოლო მათი კონტაქტები შეერთებული არიან მიმდევრობით. პირდაპირი მიმდევრობის ძაბვის შემცირების დროს მრ1 და მრ2 ძაბვის რელეების დანაყენამდე და მათი მუშაობის შედეგად ძაბვის ქვეშ დგება

შუალედური შრ1 რელე რყევებისაგან ბლოკირების რელეს შეკრული კონტაქტების გავლით. რყევისაგან ბლოკირების მოწყობილობა უკუმიმდევრობის დენით გაშვებით გათვალისწინებული არის იმისათვის რომ, სქემამ იმუშაოს მხოლოდ მოკლე შერთვის დროს და არ იმუშაოს რყევებისა და სხვა მიზეზით ძაბვის შემცირების დროს.

იმუშავებს რა, შრ1 შუალედური რელე, დააშუნტებს რყევებისაგან ბლოკირების რელეს კონტაქტს, გაუშვებს დრ.რ1 დროის რელეს და შრ1.3 კონტაქტით მოამზადებს ასა-ს სქემაში წრედს, რომლის შეკვრაც მიაწინებს, რომ წარმოქმნილ მოკლე შერთვას თან ახლავს პირდაპირი მიმდევრობის ძაბვის საშიშ სიდიდემდე შემცირება.

მოკლე შერთვის გამორთვის ხანგრძლიობის გამოვლინება და დაფიქსირება განხორციელებული არის დრ.რ1 დროის რელეს საშუალებით, რომლის გაშვება ხდება შრ1.2 კონტაქტით და ახდენს შრ2 შუალედურ რელეზე ზემოქმედებას. თუ მოკლე შერთვის გამორთვა ხდება სწრაფმოქმედი დაცვით, მაშინ დრ.რ1 და შრ2 რელეები ვერ ასწრებენ მუშაობას. თუ მოკლე შერთვის ხანგრძლიობა აღემატება სწრაფმოქმედი დაცვის მოქმედების დროს (0,2 წმ-მდე ამომრთველის გამორთვის ჩათვლით), მაშინ იმუშავებენ დრ.რ1 და შრ2 რელეები და მოამზადებენ ასა-ს სქემიდან დამატებითი ზემოქმედების წრედებს.

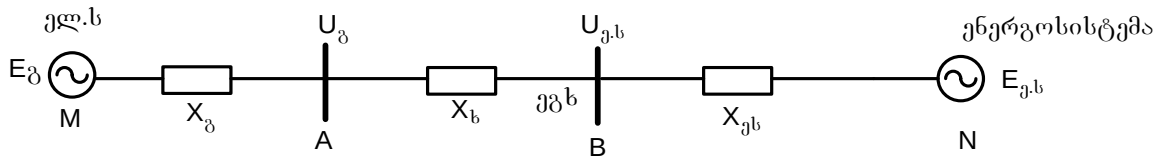
ამრიგად სქემის მუშაობის დროის დაყოვნება უნდა იყოს განრიდებული სწრაფმოქმედი დაცვის მოქმედების და ამომრთველის გამორთვის დროის დაყოვნებისაგან ($0,12 \div 0,2$).

მოკლე შერთვის სიმძიმის გამოვლენის და ფიქსირების ორგანოები შეიძლება იყოს ერთი ან მრავალსაფეხურიანი. მოკლე შერთვის სიმძიმის მრავალსაფეხურიანი ორგანოს გამოყენებისას დოზირების სიზუსტე იზრდება, მაგრამ ამავე დროს რთულდება სქემა.

22.7 ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ავტომატიკა (არლა)

22.7.1 ასინქრონული რეჟიმის ნიშნები

ნორმალურ რეჟიმში გენერატორები, რომლებიც ჩართული არიან პარალელურ მუშაობაში, მუშაობენ სინქრონულად. სინქრონული რეჟიმი ხასიათდება იმით, რომ ყველა გენერატორის ე.მ.ძ-ებს აქვთ ერთნაირი სიხშირე და შესაბამისად, მათი ვექტორები ბრუნავენ ერთნაირი კუთხური სიჩქარით. ელ. სადგურის ასინქრონული რეჟიმი ენერგოსისტემასთან შეფარდებით, ან ერთი ენერგოსისტემის მეორე ენერგოსისტემასთან შეფარდებით, წარმოიქმნება პარალელური მუშაობის მდგრადობის დარღვევის დროს. გარდა ამისა, ასინქრონული რეჟიმი შეიძლება წარმოიქმნას ელ. სადგურის ენერგოსისტემასთან დამაკავშირებელი ხაზის ასინქრონულად ჩართვის დროს. ასინქრონულ რეჟიმს თან ახლავს ქვემოთ განხილული მოვლენები და ნიშნები.



ნახ. 22.17 ელ. სადგურის მიმღებ ენერგოსისტემასთან მუშაობის ექვივალენტური სქემა.

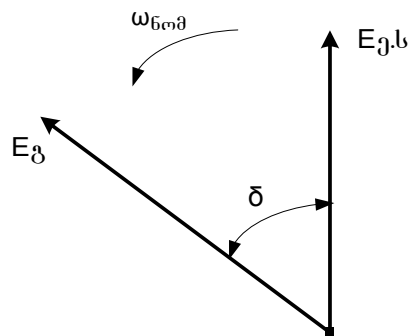
1. არასინქრონულ ემდ-ებს შორის კუთხის პერიოდული ცვლილება. ნახ. 22.17-ზე ნაჩვენებია არის ელ. სადგურის მიმღებ ენერგოსისტემასთან დამაკავშირებელი ელექტროგადაცემის ხაზით მუშაობის ექვივალენტური ჩანაცვლების სქემა.

E_g გენერატორების ე.მ.ძ-ს და $E_{g,b}$ ენერგოსისტემის ე.მ.ძ-ს შორის რეზულტიური წინაღობა ტოლი არის ცალკეული ელემენტების წინააღობების ჯამის

$$X_{რეზ} = X_g + X_b + X_{g,b} \quad (22.8)$$

გამარტივების მიზნით მიღებული არის ყველა ელემენტების წინააღობები სუფთად რეაქტიულად.

ნორმალურ რეჟიმში ელსადგურის ე.მ.ძ-ს ვექტორები ბრუნავენ სინქრონული კუთხური სიჩქარით $\omega_{ნომ}$ და მათ შორის კუთხე δ (ნახ. 22.18) პროპორციულია ელექტროგადაცემის ხაზით გადაცემული აქტიური სიმძლავრის.



ნახ. 22.18 სინქრონული მუშაობის დროს გენერატორის და ენერგოსისტემის ე.მ.ძ-ს ვექტორული დიაგრამა.

პარალელური მუშაობის მდგრადობის დარღვევა ხასიათდება ელსადგურიდან მიმღებ სისტემაზე გადაცემული აქტიური სიმძლავრის შეწყვეტით, და იმის გამო რომ ტურბინის სიმძლავრე დარჩა უცვლელი, ტურბინის და გენერატორის ბრუნვის სიჩქარის გაზრდით. ენერგოსისტემაში მიმდინარეობს საწინააღმდეგო პროცესი: წარმოიქმნება აქტიური სიმძლავრის დეფიციტი და ენერგოსისტემაში მომუშავე გენერატორები ამცირებენ ბრუნვის სიხშირეს. ამიტომ ენერგოსისტემის ე.მ.ძ-ს სიხშირე იწყებს შემცირებას. შედეგად ელსადგურის და მიმღები სისტემის ე.მ.ძ-ს ვექტორები იწყებენ ბრუნვას სხვადასხვა სიხშირით. ბრუნვის სიხშირეების სხვაობას ანუ ელექტრული სიხშირეების სხვაობას ეწოდება სრიალი.

$$\omega_{სრ(s)} = \omega_g - \omega_{g,b} \quad (22.9)$$

$$f_{sr(s)} = f_{\delta} - f_{j.s} \quad (22.10)$$

სადაც ω_s და f_s – არის სრიალის კუთხური სიჩქარე და სიხშირე; ω_{δ} და f_{δ} – არის გენერატორის ე.მ.ძ-ს კუთხური სიჩქარე და სიხშირე; $\omega_{j.s}$ და $f_{j.s}$ – არის ენერგოსისტემის ე.მ.ძ-ს კუთხური სიჩქარე და სიხშირე.

ჩვეულებრივად სრიალს გამოსახავენ ჰერცებში ან პროცენტებში ნომინალური სიხშირიდან:

$$f_s\% = (f_s/f_{\text{ნომ.}}) \cdot 100 = 2 f_s \quad (22.11)$$

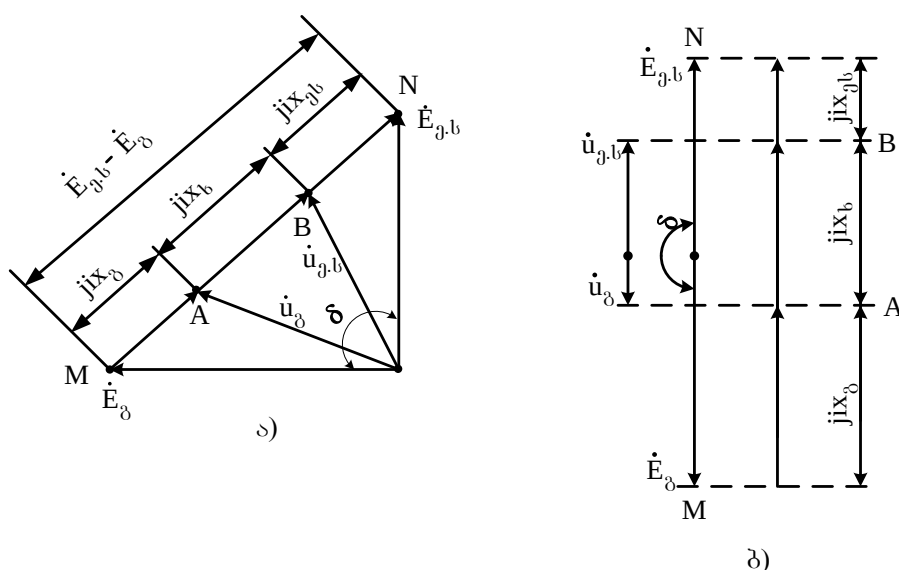
სადაც $f_{\text{ნომ.}}$ – არის ნომინალური სიხშირე (50 ჰერცი).

ამრიგად ასინქრონული სვლის პირველ სახასიათო ნიშანს წარმოადგენს არასინქრონული ე.მ.ძ-ებს შორის კუთხის პერიოდული ცვალებადობა სრიალის სიხშირით ნულიდან 360° -მდე.

2. ძაბვის პერიოდული ცვალებადობა (რხევა). განვიხილოთ ასინქრონულ რეჟიმში ელექტროგადამცემის სახასიათო წერტილებში ძაბვის ცვლილების პროცესი. ჩავთვალოთ, რომ $\dot{E}_{j.s}$ ვექტორი არის უძრავი, ხოლო $\dot{E}_{\delta}$ ვექტორი ბრუნავს $\dot{E}_{j.s}$ ვექტორის მიმართ ბრუნვის სიხშირით, რომელიც შეესაბამება f_s სრიალის სიხშირეს და ე.მ.ძ-ში რიცხობრივად ტოლია ანუ $\dot{E}_{\delta} = \dot{E}_{j.s}$.

მაგალითისათვის განვიხილოთ მომენტი, როცა $\dot{E}_{\delta}$ ვექტორი წინ უსწრებს $\dot{E}_{j.s}$ ვექტორს 90° -ით. (ნახ. 22.19 ა). MN ვექტორი, რომელიც არის $\dot{E}_{\delta}$ და $\dot{E}_{j.s}$ ვექტორების ბოლოების შემაერთებელი, წარმოადგენს ამ ე.მ.ძ-ის სხვაობას. რიცხობრივად ე.მ.ძ-ის სხვაობა ტოლი არის X_{δ} , X_b და $X_{j.s}$ წინააღობებში ძაბვის ვარდნის ჯამის, მათში I დენის გავლის დროს:

$$\dot{E}_{j.s} - \dot{E}_{\delta} = jI X_{\delta} + jI X_b + jI X_{j.s} \quad (22.12)$$



ნახ. 22.19 ემძ-ების და ელექტროგადამცემის ძაბვების ვექტორული დიაგრამა ნახ. 22.17-ს მიხედვით (როცა $E_{j.s} = E_{\delta}$); (ა) როცა კუთხე $\delta=90^\circ$ -ს; (ბ) როცა კუთხე $\delta=180^\circ$ -ს.

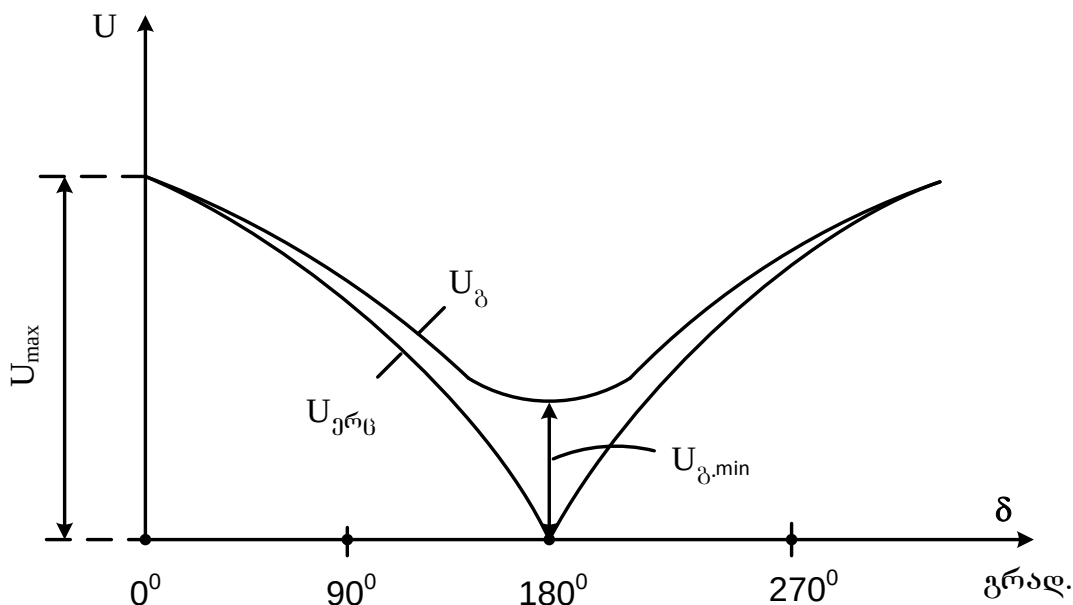
აღნიშნული ძაბვის ვარდნების დატანით MN ვექტორის წრფეზე, მივიღებთ A და B წერტილებს, რომლებიც შეესაბამებიან ელსადგურის სალტეებს და მიმღები ენერგოსისტემის სალტეებს. შესაბამისად OA და OB ვექტორები წარმოადგენენ ელსადგურის სალტეებზე $\dot{U}_\delta$ ძაბვის და მიმღები ენერგოსისტემის სალტეებზე $\dot{U}_\delta$ ძაბვის ვექტორებს.

$\dot{E}_\delta$ ვექტორის შემდგომი მობრუნებისას $\dot{E}_{\delta, \text{ს}}$ ვექტორის მიმართ $\dot{U}_\delta$ და $\dot{U}_{\delta, \text{ს}}$ ძაბვები იცვლებიან. ვექტორული დიაგრამიდან ჩანს, რომ $\dot{E}_\delta$ და $\dot{E}_{\delta, \text{ს}}$, ე.მ.ძ-ბის ვექტორებს შორის კუთხის მნიშვნელობის დროს $\delta=180^\circ$, ძაბვის $\dot{U}_\delta$ და $\dot{U}_{\delta, \text{ს}}$ ვექტორები იკავებენ ახალ მდებარეობას და იცვლებიან სიდიდით.

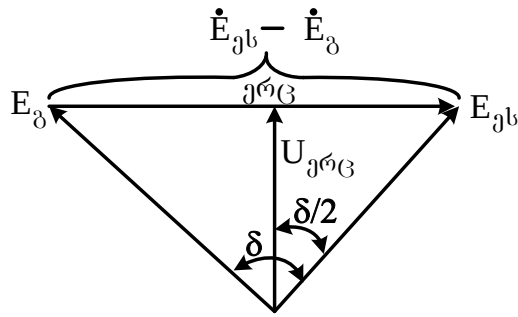
შეიძლება ითქვას, რომ $\dot{E}_\delta$ და $\dot{E}_{\delta, \text{ს}}$ ვექტორებს შორის კუთხის ცვალებადობის გამო ძაბვები ელექტროგადაცემის სხვადასხვა წერტილებში პერიოდულად იცვლება მაქსიმალური მნიშვნელობიდან მინიმალურ მნიშვნელობამდე.

ნახ. 22.20-ზე მაგალითის სახით ნაჩვენებია არის $\dot{U}_\delta$ ძაბვის ცვლილების გრაფიკი ელსადგურის სალტეებზე ასინქრონული რეჟიმის ერთი ციკლის (პერიოდის) განმავლობაში. განსახილველ ელექტროგადაცემის სქემაზე არის სახასიათო წერტილი, რომელშიც ძაბვა $\delta=180^\circ$ კუთხის დროს მცირდება ნულამდე. აღნიშნულ წერტილს ეწოდება ელექტრული რხევის ცენტრი (ე.რ.ც). ელექტრული რხევის ცენტრში ძაბვის ცვლილების ხასიათი აგრეთვე ნაჩვენებია არის ნახ. 22.20-ზე.

ძაბვა ერც-ში ე.მ.ძ-ბის ტოლობის დროს ($\dot{E}_\delta=\dot{E}_{\delta, \text{ს}}$) δ კუთხის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის შეიძლება განისაზღვროს ვექტორული დიაგრამის საფუძველზე, რომელიც ნაჩვენებია არის ნახ. 22.21-ზე. როცა $\dot{E}_\delta = \dot{E}_{\delta, \text{ს}} = E$ ე.რ.ც მდებარეობს $\dot{E}_\delta - \dot{E}_{\delta, \text{ს}}$ ვექტორის შუაში. ამიტომ, ერც-ში ძაბვის ვექტორი $\dot{U}_{\text{ერც}}$ δ კუთხეს ყოფს ორ ტოლ ნაწილად.



ნახ. 22.20 ძაბვის ცვალებადობა ასინქრონული რეჟიმის პროცესში. როცა ($\dot{E}_\delta=\dot{E}_{\delta, \text{ს}}$); U_δ – ძაბვა A ელსადგურის სალტეებზე; $U_{\text{ერც}}$ – ძაბვა ელექტრული რხევის ცენტრში.



ნახ. 22.21 ერვ-ში ძაბვის განსაზღვრის ვექტორული დიაგრამა, როცა $\dot{E}_\delta = \dot{E}_{ეს}$.

შესაბამისად შეიძლება დავწეროთ:

$$U_{ერვ} = E \cos \delta/2 \quad (22.13)$$

აღნიშნული დიაგრამიდან განისაზღვრება ე.მ.ძ-ის სხვობა:

$$(\dot{E}_{ეს} - \dot{E}_\delta)/2 = E \cdot \sin \delta/2 \quad (22.14)$$

საიდანაც

$$(\dot{E}_{ეს} - \dot{E}_\delta) = 2E \sin \delta/2 \quad (22.15)$$

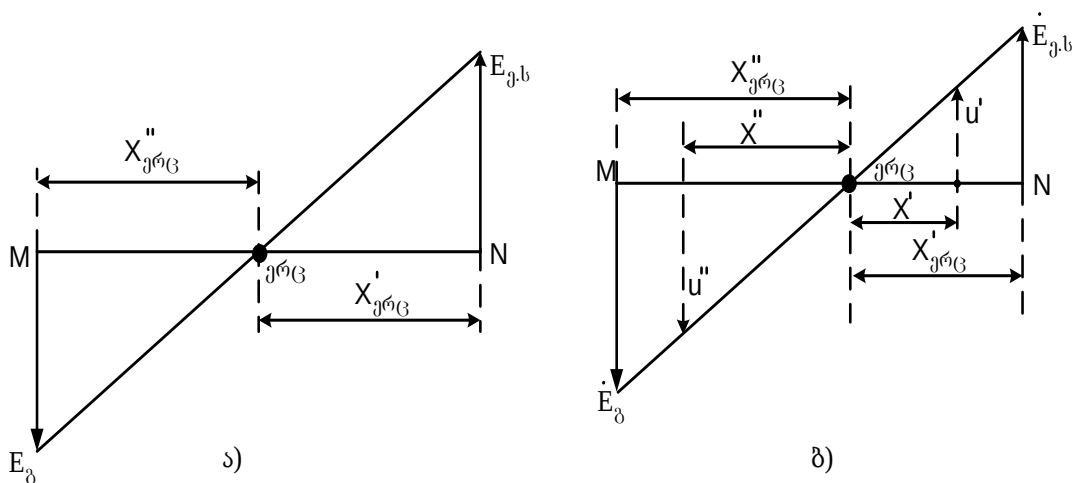
ე.მ.ძ-ს ტოლობის პირობებში $E_\delta = E_{ეს}$ წინააღობები $X'_{ერვ}$ და $X''_{ერვ}$ ერვ-მდე ორივე ე.მ.ძ-დან ერთნაირია (ნახ. 22.22 ა) და ტოლია

$$X'_{ერვ} = X''_{ერვ} = (X_\delta + X_{ეს} + X_{ეს})/2 = X_{რეზ}/2 \quad (22.16)$$

როცა, ე.მ.ძ-ბი არ არიან ტოლი $E_\delta \neq E_{ეს}$, მაშინ ერვ-ს ორივე მხარეს წინააღობები დებულობენ სხვადასხვა მნიშვნელობებს და ისინი განისაზღვრებიან შემდეგი ფორმულებით (ნახ. 22.22 ბ):

$$E_{ეს} \text{ ე.მ.ძ-დან } X'_{ერვ} = X_{რეზ} \cdot E_{ეს} / (E_\delta + E_{ეს}) \quad (22.17)$$

$$E_\delta \text{ ე.მ.ძ-დან } X''_{ერვ} = X_{რეზ} \cdot E_\delta / (E_\delta + E_{ეს}) \quad (22.18)$$



ნახ. 22.22 ელექტრული რხევის ცენტრის მდებარეობა. (ა) როცა $\dot{E}_\delta = \dot{E}_{ეს}$; (ბ) როცა $\dot{E}_\delta > \dot{E}_{ეს}$.

ძაბვა ელექტროგადაცემის ნებისმიერ წერტილში, როცა $\delta=180^\circ$ განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებებით (ნახ. 22.22 ბ):

$$U' = E_{\text{გ.ს}} X' / X'_{\text{ერც}} \quad (22.19)$$

$$U'' = E_{\text{გ.}} X'' / X''_{\text{ერც}} \quad (22.20)$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ ასინქრონული რეჟიმის დროს ერთმანეთის მიმართ ბრუნავს არა მარტო ე.მ.ძ-ბის ვექტორები, არამედ ყველა ძაბვის ვექტორები, რომლებიც მდებარეობენ ერც-ს სხვადასხვა მხარეს.

ამრიგად ასინქრონული რეჟიმის მეორე სახასიათო ნიშანს წარმოადგენს ელექტროგადაცემის ყველა წერტილში ძაბვების პერიოდული ცვალებადობა (რხევა) სრიალის სიხშირით. ამ დროს ელექტრული რხევის ცენტრში ძაბვა, როცა $\delta=180^\circ$, ტოლი ხდება ნულის.

3. დენის პერიოდული ცვალებადობა (რხევა). ელექტროგადაცემის ელემენტებში გამავალი დენი ასინქრონულ რეჟიმში

$$I_{\text{ა.რ}} = E_{\text{გ.ს}} - E_{\text{გ.}} / X_{\text{რეზ}} \quad (22.21)$$

თუ აღნიშნულ გამოსახულებაში შევიტანთ (22.15) ფორმულიდან $(\dot{E}_{\text{გ.ს}} - \dot{E}_{\text{გ.}})$ მნიშვნელობას, როცა ე.მ.ძ-ბი $\dot{E}_{\text{გ.ს}} = \dot{E}_{\text{გ.}}$, მივიღებთ

$$I_{\text{ა.რ}} = 2E / X_{\text{რეზ}} \cdot \sin \delta / 2 \quad (22.22)$$

(22.22) გამოსახულებიდან ჩანს, რომ ასინქრონული რეჟიმის დენი დამოკიდებული არის ელექტროსისტემის ე.მ.ძ-ს და ელექტროსადგურის ე.მ.ძ-ს შორის არსებულ δ კუთხეზე. დენი $I_{\text{ა.რ}}$ ტოლი არის ნულის, როცა $\delta = 0^\circ$ და $\delta = 180^\circ$.

ასინქრონული რეჟიმის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა, როცა ე.მ.ძ-ბი $E_{\text{გ.}} = E_{\text{გ.ს}}$, განისაზღვრება ფორმულით:

$$I_{\text{ა.რ max}} = 2E / X_{\text{რეზ}} \quad (22.23)$$

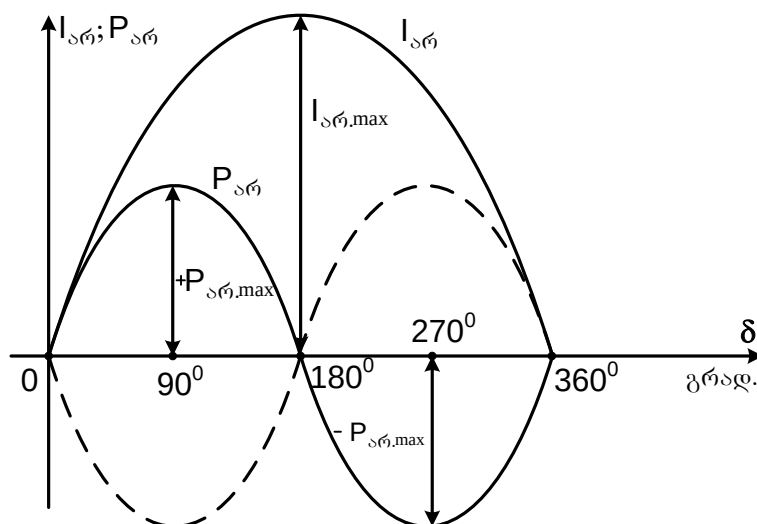
ასინქრონული რეჟიმის დენის δ კუთხეზე დამოკიდებულების დიაგრამა ნაჩვენებია არის ნახ. 22.23-ზე.

როცა ე.მ.ძ-ბი არ არის ტოლი ($E_{\text{გ.}} \neq E_{\text{გ.ს}}$) ასინქრონული რეჟიმის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა ($\delta = 180^\circ$) განისაზღვრება ფორმულით (22.21). ამ დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ $\delta = 180^\circ$ დროს ე.მ.ძ-ბის სხვაობა ტოლი არის (ნახ. 22.24)

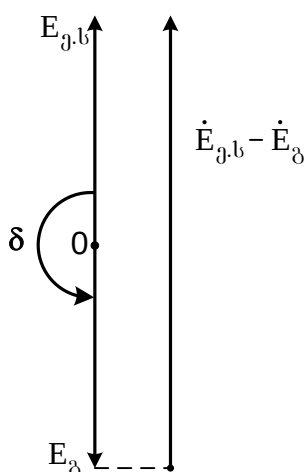
$$\dot{E}_{\text{გ.ს}} - \dot{E}_{\text{გ.}} = \dot{E}_{\text{გ.ს}} - (-\dot{E}_{\text{გ.}}) = \dot{E}_{\text{გ.ს}} + \dot{E}_{\text{გ.}} \quad (22.24)$$

$E_{\text{გ.}}$ ე.მ.ძ წინ ნიშანი მიწუსი გვიჩვენებს, რომ $\dot{E}_{\text{გ.}}$ ვექტორი მიმართული არის $\dot{E}_{\text{გ.ს}}$ ვექტორის საწინააღმდეგოდ.

თუ (22.24) გამოსახულებიდან ე.მ.ძ-ს მნიშვნელობას შევიტანთ (22.21) გამოსახულებაში, მივიღებთ ასინქრონული რეჟიმის დროს დენის მაქსიმალური მნიშვნელობის განსაზღვრის ძირითად ფორმულას, რომელსაც ადგილი აქვს როცა $\delta=180^\circ$.



ნახ. 22.23 ასინქრონული რეჟიმის დროს დენის და აქტიური სიმძლავრის δ კუთხეზე (ე.მ.ძ-ებს შორის) დამოკიდებულების დიაგრამა.



ნახ. 22.24 ე.მ.ძ-ბის ვექტორული დიაგრამა, როცა $\delta=180^\circ$

$$I_{\delta r \max} = E_g + E_\delta / X_{\text{რეზ}} \quad (22.25)$$

ამრიგად ასინქრონული რეჟიმის სახასიათო ნიშანს წარმოადგენს დენის პერიოდული ცვალებადობა (რხევა) სრიალის სიხშირით ელექტროგადაცემის ყველა ელემენტში, რომლებიც ერთმანეთთან აკავშირებენ ასინქრონულ ე.მ.ძ-ებს.

4. აქტიური სიმძლავრის პერიოდული ცვალებადობა (რხევა).

აქტიური სიმძლავრის დამოკიდებულება δ კუთხისაგან გამოისახება (22.2) ფორმულით, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ ასინქრონული რეჟიმის დროს ძაბვის და დენისაგან განსხვავებით, რომლებიც დამოკიდებული არიან ნახევარი კუთხისაგან $\delta/2$, აქტიური სიმძლავრე დამოკიდებული არის სრულ კუთხეზე δ . ამიტომ ასინქრონული რეჟიმის დროს აქტიური სიმძლავრის პერიოდული ცვალებადობა ხდება სრიალის ორმაგი სიხშირით. ნახ. 22.23-ზე ნაჩვენები არის დიაგრამა, რომელიც ახასიათებს აქტიური სიმძლავრის დამოკიდებულებას δ კუთხეზე. აღნიშნული

დიაგრამიდან ჩანს, რომ ასინქრონული რეჟიმის ერთი ციკლის (პერიოდის) განმავლობაში არასინქრონული ე.მ.ძ-ში ერთმანეთის მიმართ ასრულებენ ერთ სრულ ბრუნს 360° -ით; $\delta=0^\circ$ -დან $\delta=180^\circ$ -მდე აქტიურ სიმძლავრეს აქვს ერთი ნიშანი და $\delta=90^\circ$ -ზე აღწევს მაქსიმუმს; $\delta=180^\circ$ -დან აქტიური სიმძლავრე $P_{ა.რ}$ იცვლის ნიშანს და $\delta=180^\circ$ -დან $\delta=360^\circ$ -მდე აქვს საწინააღმდეგო ნიშანი, ხოლო $\delta=270^\circ$ -ზე აღწევს მაქსიმუმს. ფიზიკურად ეს ნიშნავს, რომ რხევის პირველ ნახევარ პერიოდში ელსადგურის გენერატორები მუშაობენ გენერატორულ რეჟიმში, ხოლო მეორე ნახევარ პერიოდში-ძრავულ რეჟიმში. ამიტომ ასინქრონული რეჟიმის ერთი პერიოდის განმავლობაში საშუალო აქტიური სიმძლავრე ძალზე მცირეა; შესაბამისად ელსადგური, რომელიც გამოვიდა სინქრონიზმიდან სიმძლავრეს არ გასცემს.

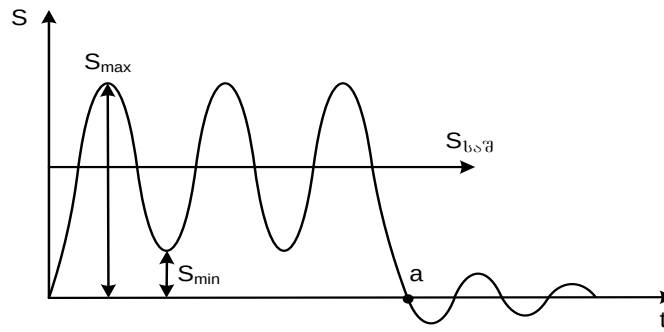
თუ ელსადგურის გენერატორის ე.მ.ძ-ს სიხშირე მეტი არის ენერგოსისტემის ე.მ.ძ-ს სიხშირეზე, მაშინ პირველ ნახევარპერიოდში აქტიურ სიმძლავრეს აქვს დადებითი, ხოლო მეორე ნახევარპერიოდში უარყოფითი ნიშანი (მთლიანი ხაზი ნახ. 22.23-ზე). თუ E_g -ს სიხშირე ნაკლები არის $E_{გ.ს}$ -ის სიხშირეზე, მაშინ აქტიურ სიმძლავრეს პირველ ნახევარპერიოდში ექნება უარყოფითი, ხოლო მეორე ნახევარპერიოდში დადებითი ნიშანი (დიაგრამაზე წყვეტილი ხაზი ნახ. 22.23).

ამრიგად ასინქრონული რეჟიმის მეოთხე სახასიათო ნიშანს წარმოადგენს გენერატორის აქტიური სიმძლავრის პერიოდული ცვალებადობა სრიალის ორმაგი სიხშირით.

22.7.2 ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ხერხები

ზემოთ განხილულიდან ჩანს, რომ ასინქრონულ რეჟიმს თან ახლავს ძაბვის ღრმად შემცირება, განსაკუთრებით ელექტრული რყევის ცენტრში, რყევის დიდი დენების გადინება, რომლებმაც შეიძლება გადააჭარბოს მოკლე შერთვის დენების მნიშვნელობებს და აქტიური სიმძლავრის რყევა; ყველაფერი ეს ითვლება მუშაობის ნორმალური რეჟიმის სერიოზულ დარღვევად, რომელიც საშიშია მოწყობილობებისათვის და ელექტროენერგიის მომხმარებლებისათვის. ასინქრონული რეჟიმი უნდა იყოს შეზღუდული ორი-სამი ციკლით. ასინქრონული რეჟიმის ზღვრული დასაშვები ხანგრძლივობა შეადგენს 15-30 წმ-ს. აღნიშნული პერიოდის განმავლობაში უნდა მოხდეს სინქრონიზმის აღდგენა. თუ არ მოხდა სინქრონიზმის აღდგენა, მაშინ ენერგოსისტემები, რომელთა შორისაც აღიძრა ასინქრონული რეჟიმი, უნდა გაიყოს წინასწარ დადგენილ ადგილებში.

ასინქრონული რეჟიმი შეიძლება იყოს მდგრადი და არამდგრადი. არამდგრადი ასინქრონული რეჟიმის დროს რესინქრონიზაცია ხდება სპეციალური ზომების გატარების გარეშე. ტურბინის ბრუნვის სიხშირის რეგულატორების ზემოქმედების შედეგად სრიალი არ რჩება უცვლელად, არამედ ირხევა საშუალო მნიშვნელობის მიმართ მაქსიმალური S_{max} მნიშვნელობიდან მინიმალური S_{min} მნიშვნელობამდე (ნახ. 22.25).



ნახ. 22.25 ასინქრონული რეჟიმის და რესინქრონიზაციის დროს გენერატორების სრიალის ცვლილების ხასიათი (a წერტილი- სინქრონიზმში შეტაცების მომენტი).

$$S_{\text{საშ}} = (S_{\text{max}} + S_{\text{min}}) / 2 \quad (22.26)$$

რესინქრონიზაცია ხდება სიხშირეების ტოლობის მომენტში, როცა სრიალის მრუდი მიაღწევს ან გადაკვეთს დროის ღერძს, რადგანაც აღნიშნულ მომენტში სრიალი ტოლი არის ნულის და შესაბამისად, გენერატორების ე.მ.ძ-ბის ვექტორების ბრუნვის სიხშირე ტოლი არის ენერგოსისტემის ე.მ.ძ-ბის ვექტორების ბრუნვის სიხშირის. სინქრონიზმში შეტაცების პროცესს ჩვეულებრივად თან ახლავს სინქრონული რყევები.

სრიალის დამყარებულ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც რესინქრონიზაცია ხდება სპეციალური ზომების გატარების გარეშე, ეწოდება კრიტიკული სრიალი. მიახლოებით კრიტიკული სრიალის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$S_{\text{კრიტ.}} = 0,0565 / \sqrt{T_{j \text{ ექვ}}}$$

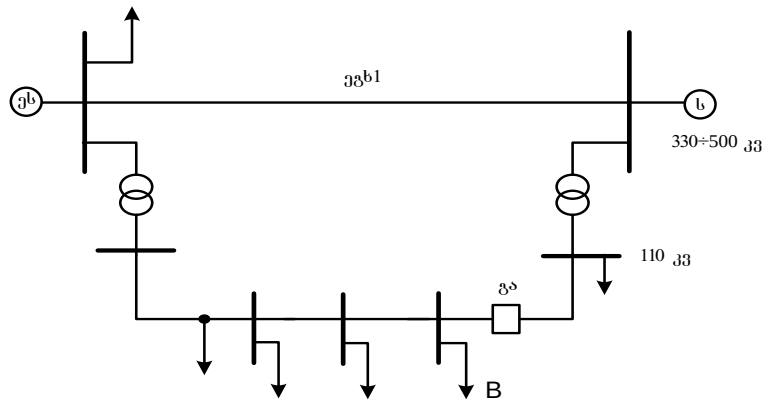
$$T_{j \text{ ექვ}} = T_{j1} \cdot T_{j2} / (T_{j1} + T_{j2})$$

სადაც $T_{j \text{ ექვ}}$ - არის მექანიკური ინერციის ექვივალენტური მუდმივა; T_{j1}, T_{j2} - ენერგოსისტემის მექანიკური ინერციის მუდმივებია.

ამრიგად, სინქრონიზაცია უზრუნველყოფილია, როცა $S_{\text{საშ}} < S_{\text{კრიტ.}}$.

მდგრადი ასინქრონული რეჟიმის დროს რესინქრონიზაციის უზრუნველყოფისათვის, აგრეთვე არამდგრადი ასინქრონული რეჟიმის დროს რესინქრონიზაციის დაჩქარებისათვის საჭირო არის გატარდეს ღონისძიებები, რომლებიც მიმართული იქნება ასინქრონულად მომუშავე ენერგოსისტემის ნაწილების სიხშირეების გათანაბრებისაკენ.

რიგ შემთხვევებში წარმოიქმნება პირობები, როცა რესინქრონიზაცია ან საერთოდ შეუძლებელია ან, შეიძლება განხორციელდეს მნიშვნელოვანი სიდიდის განტვირთვის შესრულების შემდეგ. ასეთი შემთხვევის მაგალითი განხილული არის ნახ. 22.26-ზე. მძლავრი ელსადგური დაკავშირებული არის ენერგოსისტემასთან ეგზ1 ელექტროგადაცემის ხაზით ნომინალური ძაბვით 330÷500 კვ, რომელსაც გააჩნია დიდი გამტარუნარიანობა. გარდა ამისა ელსადგური მიმღებ სისტემასთან დაკავშირებული არის 110 კვ ძაბვის გამანაწილებელი ქსელით, რომლის გამტარუნარიანობა გათვლილი არის მხოლოდ მასზე მიერთებულ მომხმარებლებზე.



ნახ. 22.26 ქსელის სქემა, რომელშიც ასინქრონული რეჟიმის წარმოქმნამდე გამოყენებული არის წინასწარი ავტომატური გაყოფა. გა-გამყოფი ავტომატიკა.

ეგხ1 ხაზის გამორთვის დროს, აღიმკრება ასინქრონული რეჟიმი, რადგანაც დიდი სიმძლავრე, რომელიც გადაეცემოდა ეგხ1 ხაზით, შეუძლებელი არის გადაიცეს სუსტი გამანაწილებელი ქსელით.

რესინქრონიზაცია და ელსადგურის მდგრადი პარალელური მუშაობის განხორციელება 110 კვ-ის ძაბვის ქსელით პრაქტიკულად შეუძლებელია, რადგანაც გამანაწილებელი ქსელის დიდი წინაღობის გამო სინქრონიზმი დატვირთვის რხევების დროსაც კი დაირღვევა.

ასეთ პირობებში, ასინქრონული რეჟიმის წარმოქმნამდე და გავითარებამდე, საჭირო არის განხორციელდეს წინსწრებით 110 კვ ძაბვის ქსელის ავტომატური გაყოფა, მაგალითად B წერტილში, დატვირთვის უმეტესი ნაწილის ელსადგურზე გამოყოფით.

ამრიგად გვაქვს ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ორი ხერხი-რესინქრონიზაცია და ენერგოსისტემის გაყოფა. ეს ოპერაციები, როგორც წესი, ტარდება ავტომატურად ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის მოწყობილობების საშუალებით.

22.7.3 ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ავტომატიკის სქემები და პრინციპები

ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ავტომატიკის მოწყობილობის სქემა შედგება ორი ნაწილისაგან-გამომვლენი და ლოგიკური. გამომვლენი ნაწილი, რომელიც ითვლება ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ავტომატიკის გამშვ ორგანოდ, რეაგირებს ასინქრონული რეჟიმის ერთი ან ორ ნიშანზე და ლოგიკურ ნაწილთან ერთად, რომელიც განსაზღვრავს ასინქრონული რეჟიმის მიმდინარეობის ხასიათს, ახორციელებს აუციელებელ ქმედებებს.

ა) არლა-ს მოწყობილობა, რომელიც მოქმედებს ასინქრონული რეჟიმის პირველ ციკლში. ყველაზე მარტივად არლა-ს მოწყობილობა შეიძლება განხორციელდეს

მყისური მოქმედების დენური რელეს (დ.რ) გამოყენებით, რომელიც ჩართული არის ფაზურ დენზე (ნახ. 22.27).

დენური რელეები იმუშავებენ დენის გაზრდის დროს, რომელიც გამოწვეული არის ელექტროგადაცემის ბოლოებში დაბევბს შორის δ კუთხის ზრდით და შეკრავენ ამომრთველის გამორთვის წრედს, რითაც განხორციელდება ასინქრონულად მომუშავე ენერგოსისტემების გაყოფა.

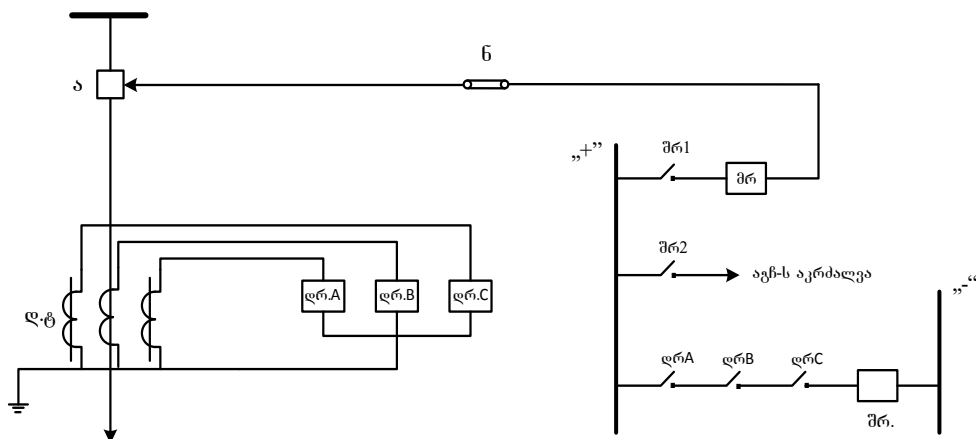
ერთფაზა და ორფაზა მოკლე შერთვების დროს, რომლებსაც თან ახლავს დენის ზრდა, არლა-ს სქემის არასწორი მოქმედების აღმოფხვრის მიზნით სქემაში გამოყენებული არის სამი დენის რელე, რომლებიც ჩართული არიან თითოეული ფაზის დენზე. დენის რელეების კონტაქტები შეერთებული არიან მიმდევრობით. მიუხედავად ამისა სქემა მაინც მოქმედებს არასწორად სამფაზა მოკლედ შერთვის დროს, ასინქრონული აგზ-ს დროს და სინქრონული რეჟიმის დროს დენების გაზრდის გამო სამივე ფაზაში ერთდროულად.

ნახ. 22.27-ზე ნაჩვენებია არლა-ს მოწყობილობის სქემა ძირითადად გამოიყენება ისეთი ქსელების გაყოფისათვის, რომლებიც ანალოგიურია ნახ. 22.26-ზე ნაჩვენები ქსელის. ნორმალურ რეჟიმში, როცა 110 კვ-ის დაბვის ქსელში გაედინება დატვირთვის დენები, არლა-ს დენური რელეების კონტაქტები გახსნილია. ეგზ-1 გადაცემის ხაზის გამორთვის დროს 110 კვ დაბვის ქსელში დენი მყისურად იზრდება, რის გამოც იმოქმედებს არლა-ს მოწყობილობა და B წერტილში მოახდენს ქსელის გაყოფას. აღნიშნულის შედეგად აღმოიფხვრება ასინქრონული რეჟიმის განვითარება.

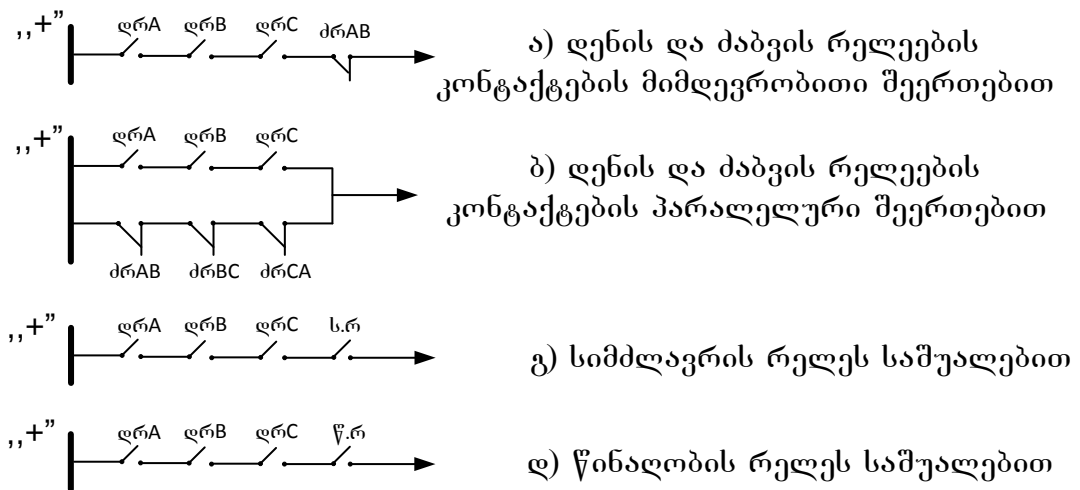
ნახ. 22.27-ზე ნაჩვენებ არლა-ს სქემაში დენური რელეების ამუშავების დენი განრიდებული არის იმ მაქსიმალური დენის მნიშვნელობისაგან, რომელმაც შეიძლება გაიაროს ხაზში დატვირთვის რეჟიმში:

$$I_{\text{ამუშ.}} = (1,2 \div 1,3) I_{\text{დატ. max}} \quad (22.27)$$

არლა-ს დენური რელეების მგრძნობიარობის კოეფიციენტი მოწმდება დაბევბს შორის $\delta=180^\circ$ კუთხის დროს არსებულ ასინქრონული რეჟიმის დენზე.



ნახ. 22.27 მყისური მოქმედების არლა-ს პრინციპიული სქემა, რომელიც რეაგირებს დენის გაზრდაზე.



ნახ. 22.28 არლას მოწყობილობის გამომვლენი ორგანოების სქემები.

$$K_{\text{მგრძ.}} = I_{\text{ა.რ.}} / I_{\text{ამუშ.}} \quad (22.28)$$

მგრძნობიარობის კოეფიციენტი უნდა იყოს $K_{\text{მგრძ.}} \geq 1,4 \div 1,5$.

თუ (22.28) ფორმულით განსაზღვრული მგრძნობიარობის კოეფიციენტი მეტი არის ორზე, მაშინ მიზანშეწონილი არის გაიზარდოს დენური რელეების ამუშავების დენის სიდიდე.

არლა-ს აღნიშნული სქემის ძირითად ნაკლს წარმოადგენს დენური რელეს ამუშავების დენის დატვირთვის მაქსიმალური დენისაგან განრიდების და ერთდროულად მგრძნობიარობის კოეფიციენტის უზრუნველყოფის პირობების შესრულების დროს წარმოქმნილი პრობლემები.

არლა-ს სქემის მგრძნობიარობისა და არჩევითობის ამაღლებისათვის გამოყენებული არის გამომვლენი ორგანოები, რომლებიც ნაჩვენებია არის ნახ. 22.28-ზე.

ნახ. 22.28 ა-ზე ნაჩვენებ სქემაში დრA, დრB, დრC დენის რელეების კონტაქტების მიმდევრობით ჩართული არის მინიმალური ძაბვის რელეს ძრAB კონტაქტები რომელიც ჩართული არის ერთ-ერთ ხაზურ ძაბვაზე (AB). ასეთი სქემა საშუალებას იძლევა დენური რელეები განვარიდოთ დატვირთვის დენის არა მაქსიმალური მნიშვნელობიდან, არამედ დატვირთვის ნომინალური დენისაგან. ანუ ფორმულაში (22.27) $I_{\text{დატ. max}}$ -ის ნაცვლად შევიტანოთ $I_{\text{დატ. ნომ}}$; ამ დროს ხაზში მაქსიმალური დატვირთვის დენის გავლის შემთხვევაში შესაძლებელია დენის რელეებმა შეკრას კონტაქტები, მაგრამ არლა-ს არასწორ მოქმედებას ადგილი არ ექნება, რადგანაც მინიმალური ძაბვის რელეს კონტაქტები იქნება გახსნილი.

არლა-ს სქემა ასეთი გამომვლენი ორგანოთი შეიძლება გამოყენებული იქნას ისეთ ქვესადგურებში, რომლებიც ახლოს არიან განლაგებული ერც-თან, სადაც ასინქრონული რეჟიმის დროს ადგილი აქვს ძაბვის მნიშვნელოვნად შემცირებას.

მინიმალური ძაბვის რელეს ამუშავების ძაბვის სიდიდე შეირჩევა ფორმულით:

$$U_{\text{ამუშ.}} = U_{\text{მინ}} / 1,2 \div 1,3 \quad (22.29)$$

სადაც, $U_{\text{მინ}}$ - არის ექსპლოატაციის მინიმალური ძაბვა ქვესადგურის საღტეებზე.

მინიმალური ძაბვის რელეს მგრძნობიარობის კოეფიციენტი განისაზღვრება ქვესადგურის სალტებზე ნარჩი ძაბვის მიხედვით, როცა ასინქრონულ ე.მ.ძ-ებს შორის კუთხე $\delta=180^\circ$, შემდეგი ფორმულით:

$$K_{\text{გრძ}} = U_{\text{ამუშ}} / U_{\text{ნარჩი}} \quad (22.30)$$

და უნდა იყოს $K_{\text{გრძ}} \geq 1,4 \div 1,5$.

ნახ. 22.28 ბ-ზე ნაჩვენებ არლა-ს სქემაში მინიმალური ძაბვის რელეების კონტაქტები ერთმანეთთან შეერთებული არიან მიმდევრობით და პარალელურად არიან ჩართული დენის რელეების კონტაქტებთან. ასეთი სქემა შეიძლება გამოყენებული იქნას მგრძნობიარობის კოეფიციენტის ამაღლებისათვის, როცა შესუსტებულ რეჟიმებში დენის რელეების მგრძნობიარობა აღმოჩნდება არასაკმარისი. ძაბვის რელეს ამუშავების ძაბვა გამოითვლება (22.29) და (22.30) ფორმულებით, ხოლო ამუშავების დენი (22.27) და (22.28) ფორმულებით.

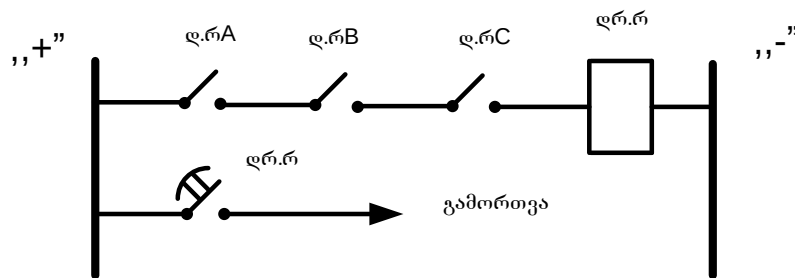
ნახ. 22.28 გ-ზე ნაჩვენებ სქემაში არლა-ს მოწყობილობის მუშაობა დატვირთვის დენის გადინების დროს აღმოფხვრილი არის სიმძლავრის რელეს საშუალებით, რომლის ჩამკეტი კონტაქტი ჩართული არის დენის რელეს კონტაქტების მიმდევრობით. სიმძლავრის მიმართულების სრ რელე, რომელიც ჩართული არის I_A ფაზურ დენზე და U_{AC} ხაზურ ძაბვაზე რეაგირებს აქტიური სიმძლავრის მიმართულებაზე. იგი ჩართული არის ისე, რომ მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში მისი კონტაქტი არის გახსნილი. აღნიშნულის გამო არლა-ს სქემის მოქმედება აღმოფხვრილია მაშინაც კი თუ ასეთ რეჟიმში შეიკვრება დენური რელეების კონტაქტები.

ასინქრონული რეჟიმის დროს იმუშავებს სიმძლავრის მიმართულების რელე და უზრუნველყოფს არლა-ს სწორ მუშაობას ასინქრონული რეჟიმის პირველ ციკლში, როცა ასინქრონული ე.მ.ძ-ებს შორის კუთხე აღემატება 180° -ს.

დენური რელეების ამუშავების დენი შეირჩევა (22.27) ფორმულით აქტიური სიმძლავრის მიმართულების გათვალისწინებით.

ნახ.22.28დ-ზე ნაჩვენებ სქემაზე დენური რელეების კონტაქტების მიმდევრობით ჩართული არის მიმართულებიანი წინაღობის რელეს კონტაქტი (წ.რ); მიმართულებიანი წინაღობის რელეც აღმოფხვრის არლა-ს სქემის არასწორ მუშაობას მაქსიმალური დატვირთვის დენის გადინების დროს და გარდა აღნიშნულისა, ზღუდავს არლა-ს სქემის მოქმედების ზონას, რაც რიგ შემთხვევაში აუცილებელი არის სელექციურობის უზრუნველყოფისათვის.

ნახ. 22.27-ზე და ნახ. 22.28-ზე ნაჩვენები არლა-ს სქემების ნაკლს წარმოადგენს მათი არასწორი მოქმედების შესაძლებლობა სამფაზა მოკლე შერთვის დროს, არასინქრონული აგჩ-ს დროს და სინქრონული რეგების დროს. რიგ შემთხვევებში როცა ასეთი არასწორი მოქმედება დაუშვებელია, არლა-ს სქემაში შეტანილი არის დაყოვნების ფაქტორი დროის რელეს გამოყენებით (ნახ. 22.29) სქემის დროს დაყოვნება შეადგენს დაახლოებით 0,4 წმ-ს, რაც უზრუნველყოფს მომიჯნავე ხაზების სწრაფმოქმედი დაცვებიდან განრიდებას.



ნახ. 22.29 არლა-ს მოწყობილობის პრინციპიული სქემა მოქმედების დროის დაყოვნებით.

22.7.4 არლა-ს მოწყობილობა ასინქრონული რეჟიმის ციკლების დათვლით

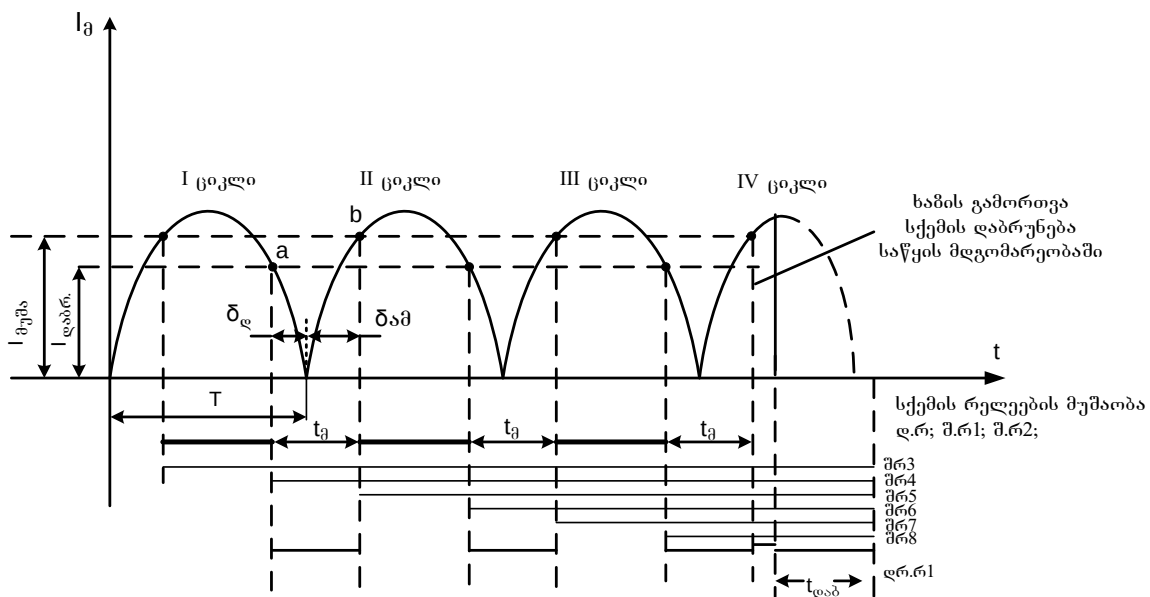
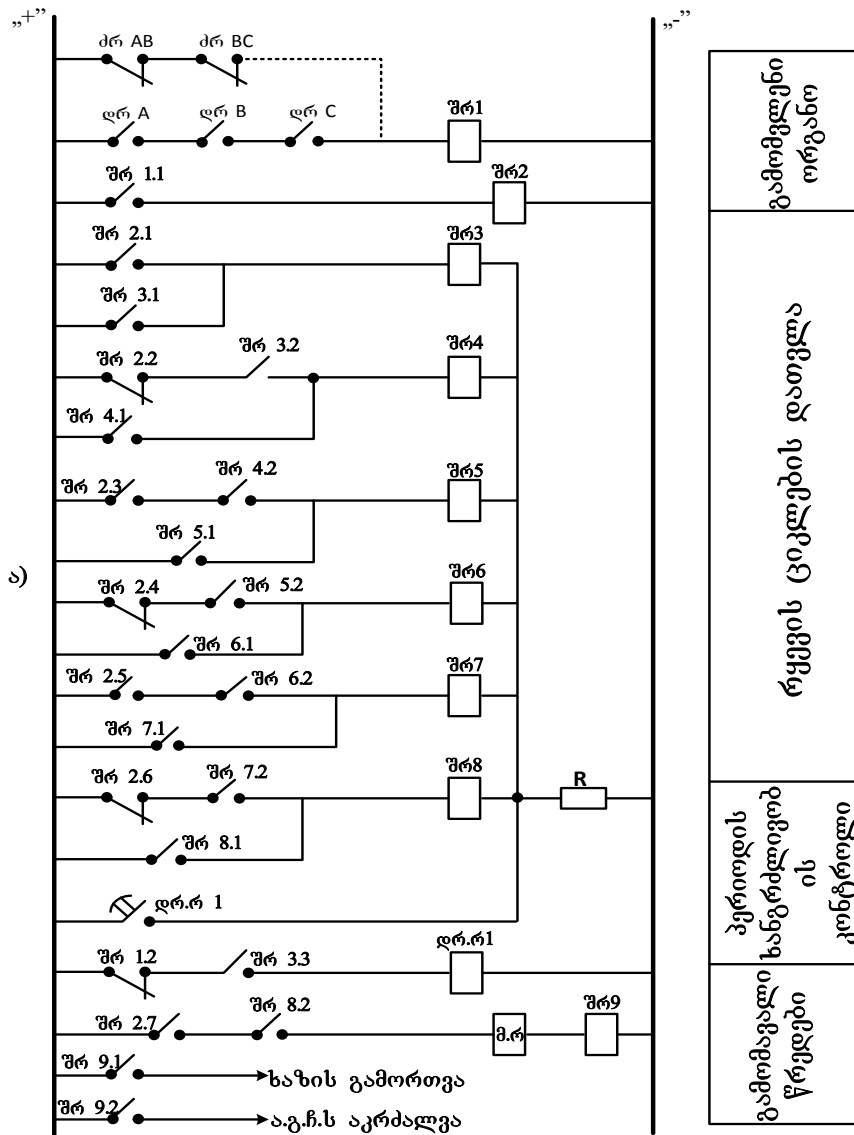
ასინქრონული რეჟიმის ციკლების დათვლით არლა-ს მოწყობილობის ერთ-ერთი ყველაზე მარტივი სქემა ნაჩვენებია არის ნახ. 22.30 ა-ზე.

გამომვლენ ორგანოდ გამოყენებული არის დენის რელეები, რომლებიც ჩართული არიან ფაზურ დენებზე, ხოლო კონტაქტები დრ. A, დრ. B, და დრ. C შეერთებული არიან მიმდევრობით.

ასინქრონული რეჟიმის დენის პულსაციის ტაქტში რომლის ცვლილების ხასიათი ნაჩვენებია არის ნახ. 22.30 ბ-ზე, მუშაობენ და ბრუნდებიან საწყის მდგომარეობაში დენის დ.რ რელეები, აგრეთვე შუალედური შრ1 და შრ2 რელეები, რომლებიც წარმოადგენენ დენის რელეების განმამოკრებლებს.

შრ3-შრ8 შუალედური რელეები წარმოადგენენ რყევის ციკლის დამთვლელებს. შრ1 და შრ2 რელეების ყოველი მუშაობის და დაბრუნების დროს თანმიმდევრობით იმუშავებენ და მუშაობის შემდეგ თვითშეკავდებიან შუალედური რელეები შრ3-შრ8 (მუშაობის დროს შრ3, შრ5, შრ7, ხოლო დაბრუნების დროს შრ4, შრ6, შრ8. ამრიგად განხორციელდება ასინქრონული რეჟიმის ციკლების დათვლა. მას შემდეგ რაც სქემა დაითვლის წინასწარ მოცემული ციკლების რაოდენობას (ნახ. 22.30 ა-ზე სამი) მომდევნო, მეოთხე ციკლში იმუშავებს გამოსავალი შუალედური რელე შრ9.

ასინქრონული რეჟიმის შეწყვეტის შემდეგ სქემის დაბრუნება განხორციელებული არის დრ.რ1 დროის რელეს საშუალებით, რომლის კონტაქტი აშუნტებს შრ3 – შრ8 შუალედური რელეების გრაგნილებს, რის გამოც ისინი ბრუნდებიან საწყის მდგომარეობაში. დროის დრ.რ1 რელე გაეშვება დროის t_a შუალედში, როცა დენური რელეები ბრუნდებიან საწყის მდგომარეობაში და ირიბად აკონტროლებს ასინქრონული რეჟიმის პერიოდების T ხანგრძლივობას. დროის t_a შუალედის აღრიცხვა ხდება დენის შემცირების დროს დენური რელეების დაბრუნების მომენტიდან (a წერტილი) დენის გაზრდის დროს დენური რელეების ხელახლა ამუშავების მომენტამდე (წერტილი b). აღნიშნულ წერტილებს შეესაბამება $t_{ამუშ.}$ და $t_{დაბ.}$ კუთხეების განსაზღვრული მნიშვნელობები, რომლებითაც შეიძლება გამოვსახოთ დროის $t_{შუალ.}$ შუალედი:



ნახ. 22.30 (ა) ასინქრონული რეჟიმის ციკლების დათვლით არლა-ს მოწყობილობის პრინციპული სქემა; (ბ) ასინქრონული რეჟიმის დენის ცვლილების დიაგრამა და სქემის რელეების მუშაობის თანმიმდევრობა, როცა $t_{მუშა} > t_{დამ}$.

$$t_{\text{მუშა}} = T/360 (\delta_{\text{დაბ}} + \delta_{\text{ამუშ.}})$$

თუ აღნიშნულ გამოსახულებაში შევიტანთ $\delta_{\text{დაბ.}} = K_{\text{დაბ.}} \cdot \delta_{\text{ამუშ.}}$ მნიშვნელობას, მივიღებთ:

$$t_{\text{მუშა}} = T/360(1 + K_{\text{დაბ.}}) \cdot \delta_{\text{ამუშ.}} \quad (22.31)$$

ამუშავეების $\delta_{\text{ამუშ.}}$ კუთხე განისაზღვრება შემდეგნაირად. ფორმულებით (22.22) და (22.23) პოულობენ, რომ ასინქრონული ე.მ.ძ-ებს შორის δ კუთხის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის დენის მნიშვნელობა ტოლი არის:

$$I_{\text{არ.}} = I_{\text{არ. max}} \sin \delta/2 \quad (22.32)$$

შესაბამისად ასინქრონული რეჟიმის დენის მნიშვნელობა, რომლის დროსაც მუშაობენ დენური რელეები, ტოლი არის:

$$I_{\text{არ. ამუშ.}} = I_{\text{არ. max}} \sin \delta_{\text{ამუშ.}}/2 \quad (22.33)$$

აქედან

$$\sin \delta_{\text{ამუშ.}}/2 = I_{\text{არ. ამუშ.}} / I_{\text{არ. max}} \quad (22.34)$$

ფორმულა (22.34)-ით ნახევარი კუთხის სინუსის $\sin \delta/2$ გამოთვლით, განსაზღვრავენ ნახევარ კუთხეს $\delta/2$ გრადუსებში, ხოლო შემდეგ სრულ δ კუთხეს. კუთხის ამ მნიშვნელობას შეიტანენ (22.31) ფორმულაში გამოთვლიან $t_{\text{მუშა}}$ დროის შუალედის ხანგრძლივობას. გამოსახულების (22.31) მარჯვენა ნაწილში ყველა სიდიდეები, გარდა T – სიდიდისა, წარმოადგენენ უცვლელ პარამეტრებს. თუ ავღნიშნავთ

$$K = (1 + K_{\text{დაბ.}}) \delta_{\text{ამუშ.}} / 360$$

მივიღებთ:

$$t_{\text{მუშა}} = K \cdot T \quad (22.35)$$

გამოსახულება (22.35) გვიჩვენებს, რომ დროის $t_{\text{მუშა}}$ შუალედი პროპორციული არის ასინქრონული რეჟიმის T პერიოდის. თუ პერიოდის ხანგრძლივობა ისეთი არის, რომ დროის $t_{\text{მუშა}}$ შუალედი ნაკლები არის დროის დრ.რ1 რელეს დანაყენზე ($t_{\text{მუშა}} < t_{\text{დრ.რ1}}$), მაშინ იგი გაეშვება დროის a მომენტში, მაგრამ დროის b მომენტისათვის ვერ მოასწრებს მუშაობას და ციკლების დამთვლელი, იმუშავებს რა ბოლომდე, მოახდენს ზემოქმედებას გამოსავალ შუალედურ შრ9 რელეზე. თუ პერიოდის ხანგრძლივობა ისეთი არის, რომ დროის $t_{\text{მუშა}}$ შუალედი ტოლი ან მეტი არის დროის დრ.რ1 რელეს დანაყენზე, მაშინ დენური რელეების პირველი დაბრუნების დროს, a წერტილში, იმუშავებს დრ.რ1 რელე და დააშუქტებს შრ3-შრ8 რელეების გრაგნილებს, რითაც შეაჩერებს ციკლების დამთვლელის მუშაობას. ამრიგად დროის დრ.რ1 რელეს დანაყენის შერჩევით შეიძლება უზრუნველვყოთ ასინქრონული რეჟიმის ლიკვიდაციის ავტომატიკის მუშაობა ენერგოსისტემის გაყოფაზე ისეთი სრიალის

პირობებში, რომლის დროსაც რესინქრონიზაცია შეუძლებელია. აღნიშნული დროის რელეს საშუალებით ხორციელდება სქემის დაბრუნება საწყის მდგომარეობაში.

დენის რელეების ამუშავების დენის სიდიდე განრიდებული არის დატვირთვის დენისაგან, რომელიც გამოითვლება (22.27) ფორმულით.

თუ არლას მოწყობილობა განთავსებული არის ელექტრული რყევის ცენტრთან ახლოს, მაშინ გამომვლენ ორგანოდ მიზანშეწონილი არის გამოყენებული იქნას მინიმალური ძაბვის რელეები, რომლის ჩართვის წრედი ნაჩვენები არის წყვეტილით ნახ. 22.30 ა-ზე.

აღნიშნული სქემის ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ შეუძლებელი არის მიღწეულ იქნას სინქრონული რყევების დროს საიმედო განრიდება. აგრეთვე სქემების ნაკლს წარმოადგენს ის რომ შეუძლებელი არის გამოვლენილი იქნას ასინქრონული ე.მ.ძ-დან რომელს აქვს უფრო მაღალი სიხშირე.

ნახ. 22.31 ა-ზე წარმოდგენილი არის არლა-ს მოწყობილობის კომბინირებული გამომვლენი ორგანოს პრინციპიალური სქემა, რომელიც რეაგირებს აქტიური სიმძლავრის ნიშნის და დენის სიდიდის პერიოდულ ცვლილებაზე.

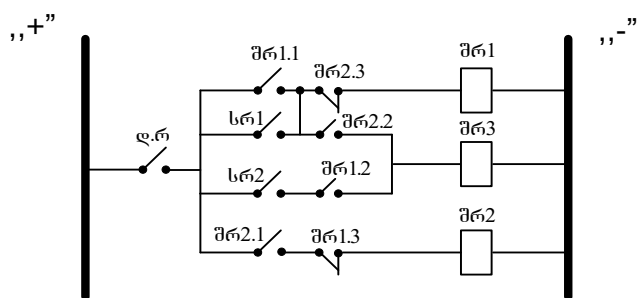
როგორც ზემოთ იყო განხილული აქტიური სიმძლავრის ნიშნის და დენის სიდიდის პერიოდული ცვლილება წარმოადგენს ასინქრონული რეჟიმის წარმოქმნის ყველაზე მკაფიოდ გამოხატულ ნიშანს.

ნახ. 22.23-ზე ნაჩვენები დიაგრამიდან გამომდინარეობს, რომ აქტიური სიმძლავრე იცვლის ნიშანს $\delta=180^\circ$ კუთხის დროს, როცა ასინქრონული რეჟიმის დენი აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

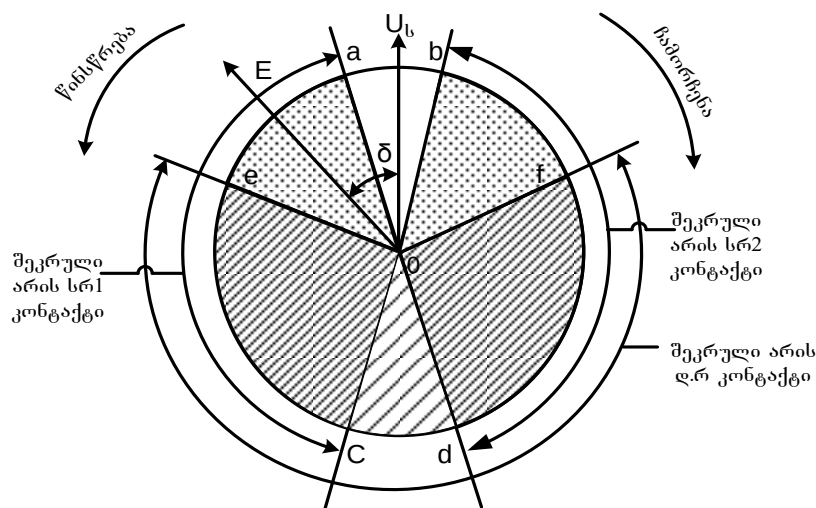
გამომვლენი ორგანოს სქემაში (ნახ. 22.31 ა) გამოყენებული არის ასინქრონული რეჟიმის წარმოქმნის ორივე ნიშანი. გამომვლენი ორგანო შედგება: დენის დ.რ რელესაგან, რომელიც ჩართული არის A ფაზის I_A დენზე; ორმხრივი მოქმედების სიმძლავრის მიმართულების რელესაგან ორი კონტაქტით სრ1 და სრ2, რომელიც ჩართული არის იგივე ფაზის დენზე I_A და ხაზურ ძაბვაზე U_{AC} ; სამი სწრაფმოქმედი შუალედური რელესაგან შრ1, შრ2, შრ3;

დიაგრამაზე (ნახ. 22.31 ბ) ნაჩვენები არის დენის რელეს და სიმძლავრის რელეს მუშაობის ზონები. aoc წრფეებით შემოსაზღვრული სექტორი, წარმოადგენს სიმძლავრის მიმართულების რელეს მოქმედების ზონას სრ1 კონტაქტის შეკვრაზე. bod წრფეებით შემოსაზღვრული სექტორი, წარმოადგენს სიმძლავრის მიმართულების რელეს მოქმედების ზონას სრ2 კონტაქტის შეკვრაზე. დაშტრიხული სექტორი შემოსაზღვრული eof წრფეებით წარმოადგენს დენის რელეს მოქმედების ზონას. ამ სექტორის ზღვრებში დრ დენის რელეს კონტაქტი შეკრულია.

სქემა მუშაობს შემდეგნაირად: თუ ავარიის წინა ნორმალურ რეჟიმში ელსადგურის ე.მ.ძ-ს E_δ ვექტორი წინ უსწრებს ენერგოსისტემის U_δ ძაბვის ვექტორს δ კუთხით და იმყოფება aoc სექტორში, მაშინ სრ1 სიმძლავრის რელეს კონტაქტი შეკრულია. მაგრამ, რადგანაც დრ რელეს კონტაქტი გახსნილია, სქემა არ მუშაობს.



ა)



ბ)

ნახ. 22.31 „არლა“-ს მოწყობილობის კომბინირებული გამომვლენი ორგანოს პრინციპიული სქემა, რომელიც რეაგირებს აქტიური სიმძლავრის ნიშნის და დენის სიდიდის პერიოდულ ცვლილებაზე. (ა)პრინციპიული სქემა; (ბ) რელეს მუშაობის დიაგრამა.

თუ ასეთ დროს აღიმკვრება ასინქრონული რეჟიმი, რომლის დროსაც E_b ე.მ.ძ-ს სიხშირე იქნება მეტი U_s ძაბვის სიხშირეზე, მაშინ E_b დაიწყებს გადაადგილებას U_s ვექტორის მიმართ წინსწრების მხარეს. როცა E_b ვექტორი მიაღწევს eo წრფეს, იმუშავებს დრ რელე და სრ1 კონტაქტის გავლით, რომელიც ჯერ კიდევ შეკრულია და შრ2.3 შეკრული კონტაქტის გავლით შეკრავს შრ1 რელეს გრაგნილის წრედს. შრ1 რელე იმუშავებს და ახორციელებს შემდეგ ქმედებებს: შრ1.1 კონტაქტით თვითშეკავდება, შრ1.2 კონტაქტით ამზადებს შრ3 რელეს გრაგნილის წრედს, შრ1.3 კონტაქტით გახსნის შრ2 რელეს გრაგნილის წრედს. როცა შემდგომი მოძრაობით E_b ვექტორი მიაღწევს oc წრფეს, სრ1 კონტაქტი გაიხსნება, მაგრამ შრ1 რელე რჩება მუშა მდგომარეობაში (იგი თვითშეკავდება შრ1.1 კონტაქტით).

როცა E_b ვექტორი მიაღწევს od წრფეს, შეიკვრება სრ2 კონტაქტი და ადრე შეკრული შრ1.2 კონტაქტის გავლით მიაწვდის ოპერატიულ დენს შრ3 რელეს გრაგნილს, რის გამოც იგი იმუშავებს. შემდგომი მოძრაობით E_b ვექტორი ჯერ მიაღწევს of წრფეს, სადაც ხდება დრ რელეს დაბრუნება ხოლო შემდეგ ib წრფეს სადაც გაიხსნება სრ2 კონტაქტი. დრ რელეს დაბრუნებით, აგრეთვე ბრუნდებიან საწყის

მდგომარეობაში შრ1 და შრ3 რელები. შრ2 რელე აღნიშნულ ციკლში არ მუშაობდა. ასინქრონული რეჟიმის მომდევნო ციკლებში სქემა მუშაობს ანალოგიურად.

თუ აღიძვრება ასინქრონული რეჟიმი, როცა E_b ვექტორის სიხშირე ნაკლებია S_b ვექტორის სიხშირეზე, მაშინ E_b ვექტორი გადაადგილდება S_b ვექტორის მიმართ ჩამორჩენის მხარეს. ამ დროს იმუშავებენ შრ2 და შრ3 რელები, ხოლო შრ1 რელე არ იმოქმედებს.

ზემოთ განხილულიდან ჩანს, რომ ასინქრონული რეჟიმის ყველა ციკლის დროს მუშაობს შრ3 რელე, E_b ვექტორის ბრუნვის მიმართულების მიუხედავად. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ შრ3 რელე მუშაობს მაშინ როცა E_b ვექტორი გადადის $\delta=180^\circ$ კუთხეს, ანუ როცა ადგილი აქვს ასინქრონულ რეჟიმს. E_b ვექტორის სინქრონულ რყევებზე, δ კუთხის ცვლილების ზღვრებში 0° -დან 180° -მდე, განსახილველი გამომვლენი ორგანო არ რეაგირებს.

ზემოთ განხილულიდან აგრეთვე ჩანს, რომ ასინქრონული რეჟიმის ყოველ ციკლში, E_b ვექტორის S_b ვექტორის მიმართ ბრუნვის მიმართულებისაგან დამოკიდებულებით, მუშაობს რელე შრ1 ან რელე შრ2.

ამრიგად ნახ. 22.31-ზე ნაჩვენები გამომვლენი ორგანო არა მარტო აფიქსირებს ასინქრონული რეჟიმის წარმოქმნის ფაქტს, არამედ აგრეთვე გამოავლენს მის ხასიათს. აღნიშნულის გამო განხილული გამომვლენი ორგანო შეიძლება გამოყენებული იქნას დიფერენცირებული ზემოქმედებისათვის.

22.8 სიხშირის აწევის შეზღუდვის ავტომატიკა (საშა)

დატვირთვის მიერ მოხმარებული სიმძლავრის მყისურად შემცირებისას მოქმედებაში მოდიან ტურბინის ბრუნვის სიხშირის რეგულატორები, რომლებიც რეაგირებენ რა ორთქლის ტურბინების მარეგულირებელ სარქველებზე ან ჰიდროტურბინების მიმართ აპარატებზე, ამცირებენ მათ მიერ განვითარებულ სიმძლავრეს მანამ, სანამ არ აღდგება ნორმალური სიხშირე.

ორთქლის ტურბინების ბრუნვის სიხშირის რეგულატორები მოქმედებენ საკამაოდ სწრაფად, ამიტომ აქტიური სიმძლავრის მყისურად შემცირებისას ტურბოგენერატორების ე.მ.ძ-ს სიხშირე გაიზრდება უმნიშვნელოდ და სწრაფად აღდგება. მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბრუნვის სიხშირის $10\pm 12\%$ -ით გაზრდამ შეიძლება გამოიწვიოს სერიოზული დაზიანებები, ტურბოგენერატორები ბრუნვის სიხშირის რეგულატორების გარდა აღჭურვილი არიან სპეციალური დამცავი მოწყობილობებით, რომელსაც ეწოდება უსაფრთხოების ავტომატი. თუ დატვირთვის მყისურად შემცირებისას ბრუნვის სიხშირის რეგულატორი ვერ უზრუნველყოფს ბრუნვის სიხშირის შენარჩუნებას დასაშვებ დონეზე, მაშინ ბრუნვის სიხშირის 10% -ით გაზრდისას უსაფრთხოების ავტომატი ჩაკეტავს ტურბინაში ორთქლის მიწოდებას.

ჰიდროტურბინების ბრუნვის სიხშირის რეგულატორები და რეგულირების მთელი სისტემა მოქმედებენ ნელა, ამიტომ დატვირთვის მყისურად შემცირებისას

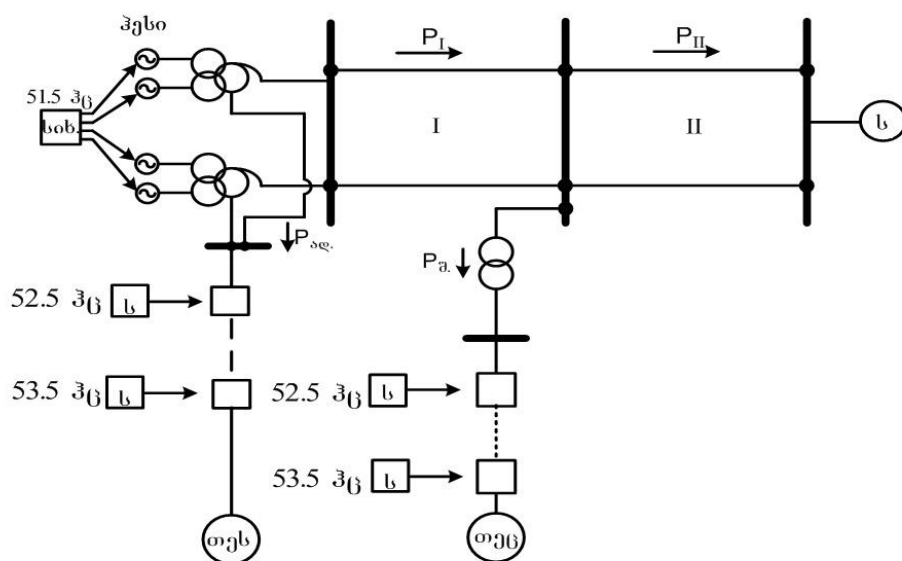
მანამ, სანამ თავს იჩენს რეგულატორების მოქმედება ჰიდროგენერატორების ბრუნვის სიხშირე და შესაბამისად მათი ე.მ.ძ-ს სიხშირემ შეიძლება მიაღწიოს ნორმალური სიხშირის 120-140%-ს. ჰიდროგენერატორების ამ განსაკუთრებულობამ შეიძლება არასასურველი პირობების დროს გამოიწვიოს პარალელურად მომუშავე ორთქლის ტურბინების, აგრეთვე ელექტრული ძრავების და ამძრავი მექანიზმების „გაქცევა“.

განხილული საშიში მოვლენის აღმოფხვრისათვის გამოიყენება სპეციალური სიხშირის აწევის ავტომატური შეზღუდვა.

ნახ. 22.32-ზე მოცემული არის ელექტროგადაცემის სქემა, რომლითაც ს ენერგოსისტემას გადაეცემა ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრე. ელექტროგადაცემის სქემა შედგება ორი უბნისაგან I და II; ელექტროგადაცემასთან დაკავშირებული არიან ადგილობრივი და შუალედური ენერგოსისტემები, რომლებშიც მუშაობენ თბური ელექტროსადგურები.

II უბანზე ელექტროგადაცემის ხაზების ავარიულად გამორთვის შემთხვევაში მოხდება ნაწილობრივი სიმძლავრის მყისური შემცირება სიდიდით P_{II} რასაც თან ახლავს ჰესზე და მასთან დაკავშირებულ ენერგოსისტემაში სიხშირის აწევა.

I უბანზე ელექტროგადაცემის ხაზების ავარიულად გამორთვის შემთხვევაში მოხდება მნიშვნელოვანი P_I სიდიდით სიმძლავრის მყისური შემცირება, რასაც თან ახლავს სიხშირის სწრაფად და მნიშვნელოვანი სიდიდით აწევა. როგორც ჰიდროელექტროსადგურის ისე თბოელექტროსადგურის გენერატორები გაზრდიან ბრუნვის სიხშირეს, რაც მათთვის მეტად საშიშია. ორთქლის ტურბინებზე უსაფრთხოების ავტომატების მოქმედება, მოცემულ შემთხვევაში ვერ აღმოფხვრიან ბრუნვის სიხშირის მომატებას, რადგანაც ორთქლის მიწოდების ჩაკეტვის შემდეგ გენერატორები გადადიან სინქრონული ძრავების რეჟიმში და ბრუნავენ ჰიდროგენერატორების ე.მ.ძ-ს სიხშირის შესაბამისი ბრუნვის სიხშირით.

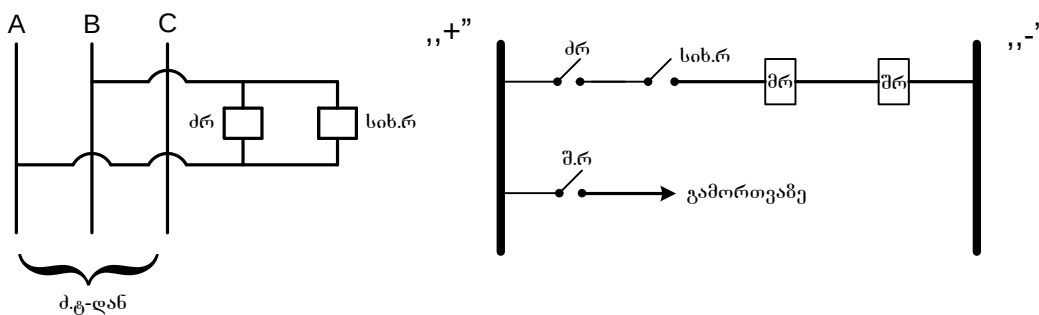


ნახ. 22.32 მძლავრ ჰესთან დაკავშირებულ ენერგოსისტემებში სიხშირის აწევის შეზღუდვის ავტომატიკის მოწყობილობების განლაგების სქემა.

ორთქლის ტურბინების „გაქცევისაგან“ დაცვის მიზნით, დირექტიული მასალების შესაბამისად, საჭირო არის ენერგოსისტემაში დაიდგას სპეციალური სიხშირის აწევის შეზღუდვის ავტომატური მოწყობილობები.

სიხშირის აწევის შეზღუდვის ავტომატური მოწყობილობები მოქმედებენ თეს-ების ავტონომიური დატვირთით გამოყოფაზე. იმედიანობის ამაღლების მიზნით დადგმული არის სიხშირის აწევის შეზღუდვის ორი მოწყობილობა სხვადასხვა ქვესადგურებში, როგორც ეს ნაჩვენებია არის ნახ. 22.32-ზე.

ნახ. 22.33-ზე ნაჩვენებია არის სიხშირის აწევის შეზღუდვის ავტომატიკის მოწყობილობების სქემა. სქემის გამომვლენ ორგანოს წარმოადგენს სიხშირის აწევის რელე.



ნახ. 22.33 სიხშირის აწევის შეზღუდვის ავტომატიკის პრინციპული სქემა.

სიხ.რ რელეს კონტაქტის მიმდევრობით ჩართული არის მინიმალური ძაბვის ძ.რ რელეს კონტაქტი, რომელიც შეკრული არის ძაბვის არსებობის დროს და გაიხსნება მისი არარსებობის ან შემცირების შემთხვევაში.

სიხშირის აწევის შემთხვევაში რელეს დანაყენის სიდიდემდე იგი იმოქმედებს და შუალედური შ.რ კონტაქტის შეკვრით გაგზავნის იმპულსს ამომრთველების გამორთვაზე, რითაც განხორციელდება თეს-ის გამოყოფა ჰეს-დან. ავტომატიკა მუშაობს დროის დაყოვნების გარეშე.

ძაბვის მნიშვნელოვნად შემცირების დროს შეიძლება სიხშირის აწევის რელემ ხანმოკლე დროით შეკრას თავისი კონტაქტი. ასეთ შემთხვევაში ავტომატიკის არასწორად მოქმედების აღმოფხვრის მიზნით გათვალისწინებული არის მინიმალური ძაბვის ძ.რ რელე, რომელიც ძაბვის შემცირებისას თავისი კონტაქტების გახსნით ოპერატიულ დენს უხსნის სიხ. რ. რელეს კონტაქტებს. ძ.რ რელეს ამუშავების ძაბვა მიღებული არის $0,7U_{ნომ}$ სიდიდის ტოლი.

განსახილველ შემთხვევებში თეს-ის გამოყოფა არღვევს ენერგოსისტემის მუშაობის რეჟიმს და წარმოადგენს ორთქლის ტურბინების „გაქცევისაგან“ დაცვის უკიდურეს ზომას. ამიტომ ავტომატიკის ზედმეტად მუშაობის თავიდან აცილების მიზნით მისი დანაყენი აიღება არანაკლებ 52 ჰც; დანაყენის ზედა ზღვარი შეადგენს 53,5 ჰც-ს.

სიხშირის აწევის შეზღუდვის განხილული ავტომატიკა იდგმება არამხოლოდ ენერგოსისტემების ქვესადგურებში, არამედ ჰიდროელექტროსადგურებშიც. იგი შესრულებული არის ისეთივე სქემით, როგორც ეს ნაჩვენებია არის ნახ. 22.33-ზე და მუშაობის შემთხვევაში მოქმედებს ჰიდროსადგურის გენერატორების ნაწილის გამორთვაზე. ჰეს-ზე განხორციელებული ავტომატიკის დანაყენი აიღება ტოლი $51 \div 51,5$ ჰც.

22.9 ძაბვის ამაღლების შეზღუდვის ავტომატიკა (ძაშა)

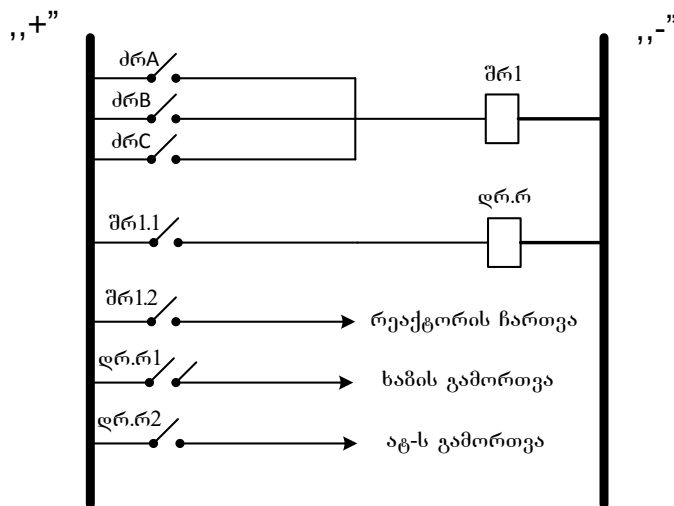
მაღალი ძაბვის (მაგ. 500 კვ) გრძელი ელექტროგადაცემის ხაზის ერთი მხრიდან გამორთვის შემთხვევაში, ხაზის მიერ გენერირებულმა რეაქტიულმა (ტევადურმა) სიმძლავრემ შეიძლება გამოიწვიოს ძაბვის მნიშვნელოვანი აწევა როგორც გამორთული ხაზის ბოლოში, ისე ქვესადგურის სალტეებზე, საიდანაც ხაზი არის ძაბვის ქვეშ. ძაბვის აწევის სიდიდე დამოკიდებული არის სისტემის X_{Σ} რეაქტანსზე, ხაზის X_L ინდუქტიურ წინააღობაზე და X_C ტევადურ წინააღობაზე. რაც უფრო მცირე არის სისტემის X_{Σ} რეაქტანსი, ანუ რაც უფრო მძლავრი არის სისტემა, მით უფრო მცირედ აიწევს ძაბვა ხაზის ერთი მხრიდან გამორთვის დროს. ხაზის დანარჩენი ორი პარამეტრი დამოკიდებული არის ხაზის სიგრძეზე. რაც უფრო დიდი არის ხაზის სიგრძე, მით უფრო დიდი არის ხაზის X_L წინააღობა და მცირე არის X_C წინააღობა და მით უფრო მეტად აიწევს ძაბვის სიდიდე, როგორც გამორთული ხაზის ბოლოში, ისე ქვესადგურის სალტეებზე.

გადაძაბვები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ხაზის ერთი მხრიდან გამორთვის დროს, განსაკუთრებით საშიში არის ქვესადგურის ელექტრული დანადგარებისათვის; ამიტომ მათი შეზღუდვისათვის გრძელი ელექტროგადაცემის ხაზებზე დადგმული არის სპეციალური აპარატები- მშენებელი რეაქტორები, რომლის დანიშნულებაც ხაზის ტევადური წინააღობის გაკომპენსირება, აგრეთვე გამოყენებული არის ძაბვის აწევის შეზღუდვის ავტომატიკა (ძაშა).

„ძაშა“-ს გამართივებული სქემა მოცემული არის ნახ. 22.34-ზე. ავტომატიკა დადგმული არის ისეთ ქვესადგურებში, სადაც ელექტრული დანადგარები შეიძლება აღმოჩნდნენ ამაღლებული ძაბვის ქვეშ, ხაზის ერთი მხრიდან გამორთვის შემთხვევაში. „ძაშა“-ს მოწყობილობის გამშვ ორგანოდ გამოყენებული არის სამი მაქსიმალური ძაბვის რელე, რომლებიც ჩართული არიან ფაზურ ძაბვებზე. ამუშავების ძაბვის დანაყენი განისაზღვრება ფორმულით

$$U_{\text{ამ}} = U_{\text{ექსპ.მაქს.}} \cdot K_{\text{მარაგი}} / K_{\text{ა.ტ.}} \cdot K_{\text{დაბრ.}} \quad (22.36)$$

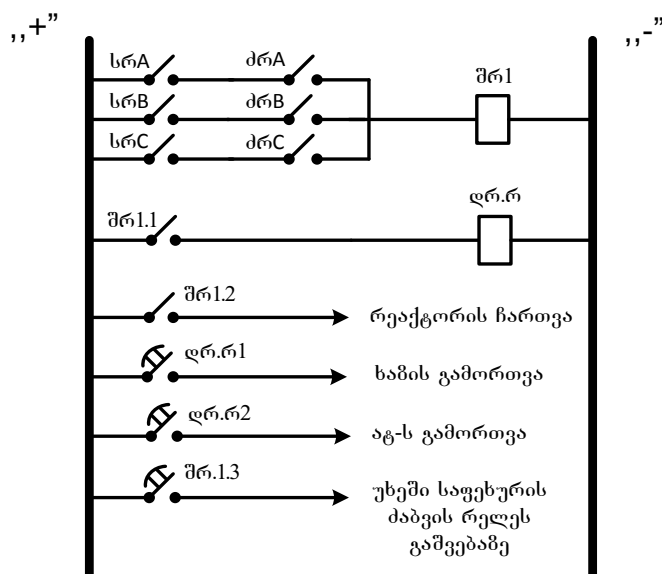
სადაც $U_{\text{ექსპ.მაქს.}}$ – არის ქვესადგურის სალტეებზე ძაბვის შესაძლო მაქსიმალური ამაღლება ხანმოკლე დროით ექსპლუატაციის პირობებში; $K_{\text{მარაგი}} = 1,1$ - არის მარაგის კოეფიციენტი; $K_{\text{დაბრ.}}$ – არის რელეს დაბრუნების კოეფიციენტი; $K_{\text{ა.ტ.}}$ – ძაბვის ტრანსფორმაციის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.



ნახ. 22.34 „ძაშა“-ს მოწყობილობის პრინციპიული სქემა.

განსახილველი ავტომატიკა ზოგადად ანხორციელებს შემდეგ ქმედებებს: პირველი, დროის დაყოვნების გარეშე ჩართავს მშუნტავ რეაქტორს; მეორე, დროის დაყოვნებით გამორთავს ხაზს, რომელიც წარმოადგენს ამაღლებული ძაბვის წყაროს; და მესამე, დროის დაყოვნებით გამორთავს ავტოტრანსფორმატორს, რომელიც მიერთებული არის ქვესადგურის სალტებზე ან გაგზავნის იმპულსს აურმ-ის გაშვებაზე.

ნახ. 22.34-ზე ნაჩვენები „ძაშა“-ს სქემა გამოიყენება ისეთ ქვესადგურებზე სადაც ძაბვის ამაღლების წყაროს შეიძლება წარმოადგენდეს მხოლოდ ერთი ხაზი. ქვესადგურებზე, რომლის სალტებიდანაც გადის რამდენიმე გრძელი ელექტროგადაცემის ხაზი და თითოეული მათგანი შეიძლება წარმოადგენდეს ძაბვის ამაღლების წყაროს, გამოიყენება „ძაშა“-ს უფრო რთული სქემა.



ნახ. 22.35 „ძაშა“-ს მოწყობილობის პრინციპიული სქემა ხაზის რეაქტიული სიმძლავრის მიმართულების და სიდიდის კონტროლით.

ეს სქემა წინა სქემისაგან განსხვავდება რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი რელეების არსებობით. რეაქტიული სიმძლავრის რელეები, რომლებიც ჩართული არიან ფაზურ დენზე და ფაზურ ძაბვაზე, აფიქსირებენ რეაქტიული სიმძლავრის სიდიდეს და მიმართულებას და ნებართვას აძლევენ ავტომატიკას იმოქმედოს მხოლოდ იმ ხაზის გამორთვაზე, რომელშიც რეაქტიული სიმძლავრე მიმართული არის ქვესადგურის სალტეებისაკენ და აქვს განსაზღვრული მნიშვნელობა.

„ძაშა“-ს სქემებში გამოყენებული არის ერთფაზა ინდუქციური სიმძლავრის რელეები რომლებსაც აქვთ მბრუნავი მომენტის მახასიათებელი:

$$M_{\text{მბრ}} = K \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \sin \phi_{\phi} \quad (22.37)$$

სრ რელეს მაქსიმალური მგრძნობიარობის კუთხე ტოლი არის $90 \pm 2^\circ$.

თუ ნორმალურ რეჟიმში ხაზით, რომელზეც დადგმული არის „ძაშა“-ს მოწყობილობა, გადაიცემა სუფთად აქტიური სიმძლავრე, სიმძლავრის რელეს მოძრავი სისტემის მბრუნავი მომენტი, რომელსაც აქვს სინუსოიდური მახასიათებელი, ტოლი იქნება ნულის. იმისათვის, რომ სიმძლავრის რელეს მოძრავ სისტემას შეექმნას უმნიშვნელო სამუხრუჭო მომენტი, ახდენენ რელეს მაქსიმალური მგრძნობიარობის კუთხის ცვლილებას $10-15^\circ$ -ით ან ერთ ან მეორე მხარეს ისე, რომ დატვირთვის დენის ვექტორმა ყოველთვის შექმნას სამუხრუჭო მომენტი.

რეაქტიული სიმძლავრის რელეს ამუშავების სიმძლავრე განისაზღვრება „ძაშა“-ს საიმედოდ მუშაობის პირობის მიხედვით ხაზის მოპირდაპირე მხრიდან გამორთვის და მეორე ბოლოში, სადაც დადგმული არის „ძაშა“-ს მოწყობილობა, ძაბვის აწევის შემთხვევაში $U_{\text{ამუშავების}}$ ძაბვის სიდიდემდე, ფორმულით:

$$Q_{\text{ამუშავების}} = Q_{\text{ცხაზი}} / K_{\text{მგრძ}} \quad (22.38)$$

სადაც $K_{\text{მგრძ}} = 1,4-1,5$ არის მგრძნობიარობის კოეფიციენტი.

ხაზის რეაქტიული (ტევადური) სიმძლავრე $U_{\text{ამუშ.}}$ ტოლი ძაბვის სიდიდის დროს გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{\text{ცხაზი}} = U_{\text{ამუშ.}}^2 bL \quad (22.39)$$

სადაც b – არის ხაზის კუთრი ტევადური გამტარობა ($1/\text{ომი.კმ}$); L – არის ხაზის სიგრძე (კმ).

რიგ შემთხვევებში გრძელი ელექტროგადაცემის ხაზებზე მშუნტავი რეაქტორით გამოყენებული არის ორსაფეხურიანი „ძაშა“-ს მოწყობილობა. მგრძნობიარე საფეხური შესრულებული არის ისე, როგორც განხორციელებული იყო ზემოთ და აქვს დანაყენი $115 \div 130\%$ მაქსიმალური საექსპლუატაციო ძაბვის და მოქმედებს დროის დაყოვნებით. უხეშ საფეხურს აქვს უფრო მაღალი ამუშავების ძაბვის დანაყენი ($130 \div 150\%$), მაგრამ მოქმედებს ხაზის გამორთვაზე უმცირესი დროის დაყოვნებით ($0,15-0,2$ წმ). აღნიშნული საფეხურის დანიშნულებაა ფერორეზონანსული ხასიათის გადაძაბვების ლიკვიდაცია. ორთავე საფეხურისათვის გამოყენებული არის ერთი და იგივე რეაქტიული სიმძლავრის რელეები.