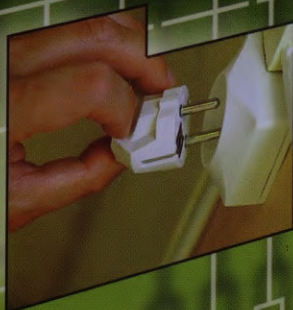
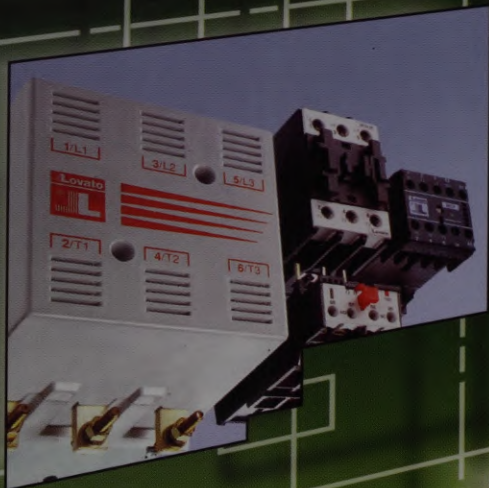


Zemsprieguma elektriskie aparāti

Otrais papildinātais izdevums



JUMAVA



THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
540 EAST 57TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637

349017

2008-5
L 3

L
6

Andris Baltiņš, Arvīds Kanbergs, Skaidrīte Miesniece

Zemsprieguma elektriskie aparāti

Otrais papildinātais izdevums

Mācību līdzeklis

Atļāvusi lietot Latvijas Republikas
izglītības un zinātnes ministrija
profesionālajai izglītībai

JUMAVA

UDK 621.3 (075.8)
Ba 408

Arņa Rožkalna
vāka mākslinieciskais
noformējums

Arņa Rožkalna vāka mākslinieciskais noformējums

LATVIJAS
NACIONĀLĀ
BIBLIOTĒKA

0308006817

ISBN 978-9984-38-311-8

© SIA "J.L.V.", izdevums latviešu
valodā, 2007

© Arnis Rožkalns, mākslinieciskais
noformējums, 2007

PRIEKŠVārDS

Lielāko daļu elektroenerģijas sadala un patērē zemsprieguma tīklos (spriegums līdz 1000 V), jo ap 90% lietotāju atbilst šim spriegumam. Nav tādas elektrotehnikas nozares, kurā varētu iztikt bez komutācijas, vadības un aizsardzības aparātiem; tie ir plaši izplatīti. Tāpēc grāmata "Zemsprieguma elektriskie aparāti" noderēs visu novirzienu elektrotehnikas studentiem un arī inženiertehniskajiem darbiniekiem. Šajā grāmatā galvenokārt apskatīti kontaktaparāti: gan pašreiz ekspluatācijā esošie, gan strauji ienākošie Rietumu firmās ražotie. Bezkontakta aparāti (uz pusvadītāju bāzes) apskatīti tajos gadījumos, kad vadības un aizsardzības shēmas praktiski nav realizējamas bez to lietojuma. Plašāk tie tiks apskatīti grāmatas II daļā. Grāmata "Zemsprieguma elektriskie aparāti" ir uzrakstīta kā mācību līdzeklis šādu kursu apgūšanai: zemsprieguma elektriskie aparāti; automātiskās vadības sistēmu aparāti un elektriskie aparāti. Ievadā dota zemsprieguma elektrisko aparātu klasifikācija un to lietojums.

Pirmajā nodaļā apskatīti svarīgākie teorētiskie jautājumi, kas saistīti ar elektriskajiem aparātiem. Pārējās nodaļas veltītas konkrētām zemsprieguma aparātu grupām: to darbības principiem, uzbūvei, lietošanai un izvēlei. Katras nodaļas beigās ir aparātu izvēles piemērs un jautājumi paškontrolei. Aparātu izvēlei nepieciešamās tabulas atrodamas pielikumā. Tur dota arī īsa grāmatā lietoto terminu vārdnīca četrās valodās, kas palīdzēs izmantot dažādu firmu katalogus. Ievadu, 1. nodaļas 1. un 3. sadaļu, 8. nodaļu sarakstījusi *Dr. sc. ing.* S. Miesniece; 1. nodaļas 2. sadaļu, 4. un 7. nodaļu sarakstījis *Dr. sc. ing.* A. Kanbergs; 2., 3., 5. un 6. nodaļu — sertificēts inženieris A. Baltiņš; bet 1. nodaļas 4. sadaļu un 9. nodaļu — *Dr. sc. ing.* A. Kanbergs un *Dr. sc. ing.* S. Miesniece. Grāmatas zinātniskā redaktore — *Dr. sc. ing.* S. Miesniece.

Autori izsaka pateicību recenzentam sertificētam inženierim J. Jansonam un visiem pārējiem, kas piedalījās grāmatas sagatavošanā.

Piezīmes un priekšlikumus šīs grāmatas satura uzlabošanai lūdzam sūtīt *Dr. sc. ing.* S. Miesniecei, RTU Enerģētikas un elektronikas fakultātē, Kronvalda bulvārī 1, Rīgā, LV-1010.

SATURS

Priekšvārds	3
Saturs	4
Ievads	6
1. GALVENIE FIZIKĀLIE PROCESI ELEKTRISKAJOS APARĀTOS	13
1.1. Elektrisko aparātu silšana	14
1.2. Elektrodinamiskie spēki	36
1.3. Elektriskais loks un tā dzēšana	42
1.4. Elektriskie kontakti	61
2. SLĒDŽI	83
2.1. Svirlēdži	83
2.2. Paketslēdži	86
2.3. Slēdži V/333	88
2.4. Slēdži "Dilos"	89
2.5. Slēdži "Fulos"	89
2.6. Apgaismošanas instalācijas slēdži	90
3. REZISTORI, KONTROLLERI, REOSTATI	92
3.1. Rezistori	92
3.2. Kontrolleri	96
3.3. Reostati	98
4. KOMANDAPARĀTI	105
4.1. Definīcija, lietošana	105
4.2. Iedalījums	105
4.3. Spiedpogas	106
4.4. Komandkontrolleri	110
4.5. Pozīciju pārslēdži	112
4.6. Krustslēdži	113
4.7. Tumbleri	114
4.8. Drošības troses slēdži	114
4.9. Gala un ceļa slēdži (pozīcijaslēdži)	116
4.10. Mikroslēdži	124
4.11. Komandaparātu izvēles principi un piemērs	127
5. DROŠINĀTĀJI	131
5.1. Uzbūve un darbības princips	131
5.2. Drošinātāju konstrukcija	134

5.3. Ātrdarbīgie drošinātāji	142
5.4. Drošinātāju izvēle	145
6. AUTOMĀTSLĒDŽI	150
6.1. Definīcija, galvenās prasības, darbības princips	150
6.2. Automātslēdžus raksturojošie parametri	153
6.3. Automātslēdžu klasifikācija	154
6.4. Maksimālās strāvas automātslēdži	157
6.5. Noplūdes strāvas jeb diferenciālās aizsardzības automātslēdži	166
6.6. Minimālās strāvas un minimālā sprieguma automātslēdži	167
6.7. Magnētiskā lauka dzēšanas automātslēdži	168
6.8. Automātslēdžu izvēle	170
6.9. Automātslēdža izvēles piemērs	171
7. KONTAKTORI	173
7.1. Definīcija, lietošana	173
7.2. Iedalījums	173
7.3. Uzbūve, darbības princips	174
7.4. Līdzstrāvas kontaktori	176
7.5. Maiņstrāvas kontaktori	184
7.6. Kontaktori paaugstinātas frekvences ķēdēm	190
7.7. Maiņstrāvas vakuumpontaktori un herkonkontaktori	192
7.8. Hibrīdkontaktori	194
8. AUTOMĀTISKĀS VADĪBAS RELEJI	197
8.1. Definīcija, raksturlikne, galvenie parametri	197
8.2. Iedalījums	201
8.3. Releju uzbūves pamatprincipi	201
8.4. Elektromagnētiskie releji	202
8.5. Laika releji	207
8.6. Termoreleji	210
8.7. Mehānisko lielumu releji	215
8.8. Herkonu releji	218
8.9. Releju tehniskie dati. Izvēle	224
9. ELEKTRODZINĒJU PALAIDES UN AIZSARDZĪBAS APARĀTI	227
9.1. Magnētiskie palaidēji	227
9.2. Asinhron dzinēju avārijas režīmu aizsargaparāti	234
9.3. Bezkontakta elektroniskie aizsargaparāti	242
9.4. Magnētisko palaidēju izvēle	258
Pielikumi	265
Izmantotā literatūra	342

IEVADS

Elektriskie aparāti ir elektrotehniskas ietaises, ko izmanto elektrisko ķēžu ieslēgšanai un izslēgšanai, elektroenerģijas pārveidotāju, patērētāju un sadales iekārtu kontrolei, mērījumiem, aizsardzībai, vadībai un regulēšanai. Tie aptver ļoti plašu sadzīvē, rūpniecībā un enerģētikā lietotu iekārtu loku. Lielāko daļu elektroenerģijas sadala un patērē zemsprieguma tīklos (ar spriegumu līdz 1000 V), jo ap 90% patērētāju atbilst šim spriegumam.

Elektriskos aparātus klasificē pēc dažādiem kritērijiem: pēc to uzdevuma (galvenās veicamās funkcijas), pēc lietojuma, darbības principa, strāvas veida, konstruktīvajām īpatnībām u. c. Visizplatītākā ir klasifikācija pēc veicamā uzdevuma, kas iedala aparātus piecās grupās.

1. Komutācijas aparāti, kas paredzēti elektrisko ķēžu ieslēgšanai un izslēgšanai. Pie šīs grupas pieder svirslēdži, paketslēdži, automātslēdži, drošinātāji. Šai grupai raksturīgs samērā neliels ieslēgšanas un izslēgšanas operāciju skaits laika vienībā.

2. Palaides un regulēšanas aparāti, kas paredzēti elektrisko mašīnu vai citu elektroenerģijas patērētāju palaidei, strāvas un sprieguma regulēšanai. Pie šīs grupas pieder kontrolleri, kontaktori, palaiđēji, rezistori un reostati. Šai grupai raksturīgas biežas ieslēgšanas un izslēgšanas operācijas, kas var sasniegt 3600 operāciju stundā un pat vairāk.

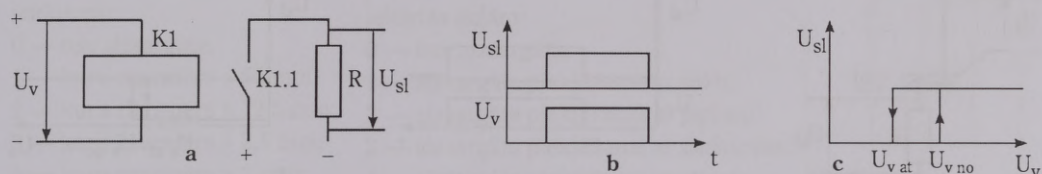
3. Aparāti noteiktu elektrisko un neelektrisko parametru kontrolei. Pie šīs grupas pieder releji un signāldevēji. Ja, laideni mainoties ieejas (kontrolējamam) parametram, notiek lēcienveidīga izejas parametra maiņa un relejs ar savu izpildorgānu (kontaktiem) iedarbojas uz automātiskās vadības shēmu, tad tas ir automātiskās vadības sistēmu relejs. Bet, ja tas iedarbojas uz komutācijas aparātu, tad ir aizsardzības relejs (plašāk tos apskata releju aizsardzības kursā). Signāldevēji kalpo neelektrisku parametru pārveidošanai elektriskos, piemēram, spiediena, temperatūras, pārvietojuma. Ja to izejas parametrs mainās laideni, tad tas ir mēriekārtu signāldevējs, bet, ja lēcienveidīgi, tad — automātiskās vadības iekārtu signāldevējs.

4. Regulējošie aparāti, kas paredzēti kāda parametra regulēšanai pēc iepriekš noteikta likuma, vai arī tā noturēšanai nemainīgā līmenī. Pie šīs grupas pieder pastiprinātāji, dažādi pārveidotāji, stabilizatori.

5. Asinhrondzinēju aizsardzības aparāti, kas paredzēti drošai elektrisko dzinēju palaidei pat ar lielām palaiđes strāvām, bet aizsargā tos no ilgstošām nelielām pārslodzēm un citiem avārijas režīmiem. Pie šīs grupas pieder dažādi aizsardzības releji, fāzjutīgie, pozistoru un daudzfunkciju elektroniskie aizsardzības aparāti.

Vadības aparātu izpildāmās loģiskās funkcijas nosaka to vietu klasifikācijas skalā. Sarežģītas elektriskās shēmas veido liels skaits dažādu elektrisko aparātu, un katrs no tiem izpilda kādu no vienkāršām loģiskām pamatfunkcijām — ķēdes atslēgšanu (vadības atkārtojumu), ķēdes pārtraukšanu (vadības inversiju), reaģēšanas laika aizturi, atmiņu vai to kombināciju, vienlaikus veicot arī jaudas pastiprinātāja vai izejas ķēžu sadalītāja funkcijas.

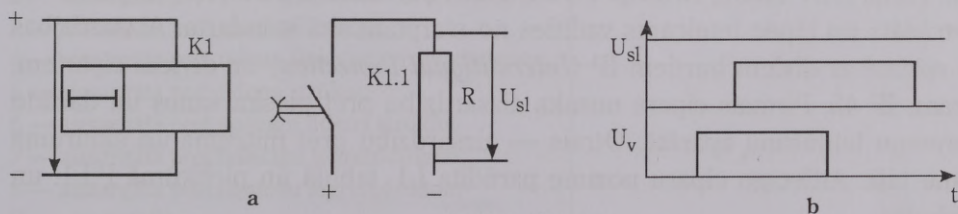
Iepriekš minētās pamatfunkcijas var realizēt gan kontaktaparāti, gan bezkontaktaparāti. Funkciju realizēšanas piemēri ilustrēti I.1. un I.2. attēlā.



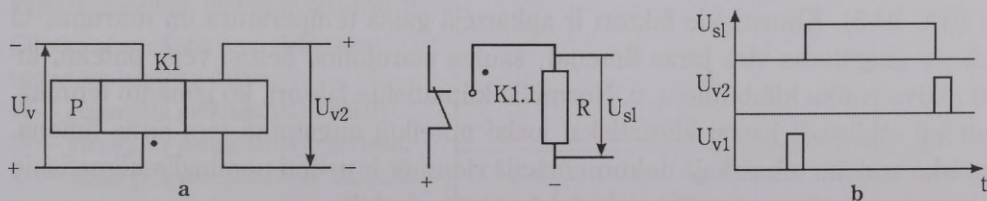
Atkārtojums



Inversija



Laika aizture



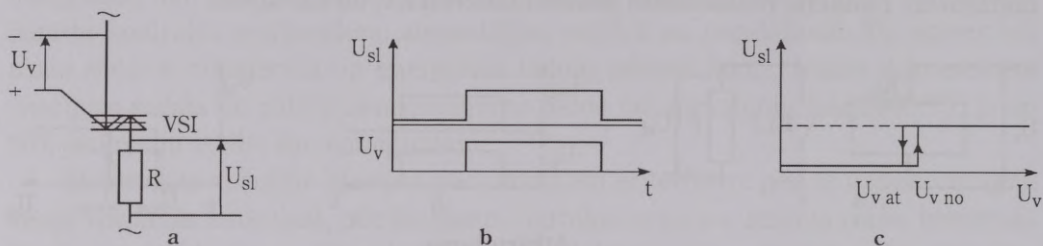
Atmiņa

I.1. att. Atkārtojuma, inversijas, laika aiztures un atmiņas funkciju realizēšana ar elektromagnētiski darbināma komutācijas kontaktaparāta palīdzību

a — elektriskā shēma; b — ciklogramma; c — releja raksturliktne; U_v — vadības ķēdes spriegums; U_{vno} — nostrādes spriegums; U_{sl} — izejas slodzes spriegums; U_{vat} — atgriezes spriegums

Tajos parādīto atkārtojuma funkciju realizēšanas pamatatsķirības: bezkontakta variantā galvaniski saistītas vadības un slodzes ķēdes, slodzes ķēdē eksistē neliels tukšgaitas signāls, izteikti šaura releja raksturliknes cilpa (tuvas $U_{v\ no}$ un $U_{v\ at}$ vērtības).

Bezkontakta komutācijas funkcijas var izpildīt arī magnētiskie pastiprinātāji releja režīmā, optroni un līdzīgi aparāti, kuros vadības un slodzes ķēdes ir galvaniski atdalītas.



I.2. att. Atkārtojuma funkcijas realizēšanas piemērs ar simistora palīdzību (bezkontakta komutācijas variants)

a — elektriskā shēma; b — ciklogramma; c — releja raksturlikne

Elektrisko aparātu aizsardzības pakāpi atkarībā no apkalpojošā personāla iespējamās saskares ar strāvu vadošām daļām un apkārtējās vides iedarbības nosaka starptautiskais standarts IEC 529, ar kuru ir saskaņoti atsevišķu valstu standarti (piemēram, Vācijā DIN 40050; Krievijā ГOCT 14254-80). Latvijā atsevišķs standarts vēl nav izstrādāts un tāpēc ieteicams vadīties no starptautiskā standarta. Aizsardzības pakāpi apzīmē ar diviem burtiem IP (*International Protection*) un diviem cipariem, piemēram, IP 43. Pirmais cipars nosaka aizsardzību pret pieskaršanos un dažādu svešķermeņu iekļūšanu aparātā. Otrais — aizsardzību pret mitruma un šķidrums iekļūšanu tajā. Attiecīgo ciparu nozīme parādīta I.1. tabulā un pielikumā P.I.1. un P.I.2. tabulās.

Klimatisko un mehānisko faktoru iedarbību arī reglamentē starptautiskie standarti (IEC 34-5). Klimatiskie faktori ir apkārtējā gaisa temperatūra un mitrums, tā spiediens (augstums virs jūras līmeņa), saules starojums, lietus, vējš, putekļi, ķīmiski aktīvu tvaiku klātbūtne u. c. Normālie klimatiskie faktori, ko izmanto tehnikā, ir noteikti atbilstoši katrai klimatiskai joslai noteiktā augstumā virs jūras līmeņa. Elektrisko aparātu tehniskajā dokumentācijā vienmēr ir uzdoti nominālie klimatiskie faktori, kas nodrošina normālu elektriskā aparāta darbību.

Atkarībā no klimatisko faktoru iedarbības visa zemeslode ir sadalīta 6 makroklimatiskos rajonos. I.2. tabulā dotais iedalījums attiecas uz sauszemi, upēm un ezeriem (jūrām ir citi noteikumi).

IP koda klasifikācija un nozīme

		IP	2	3	C	W
Iekārtu korpusa aizsardzības veida simboliskie apzīmējumi		}	}	}	}	}
Pirmais raksturotājskaitlis						
Iekārtas aizsardzība pret cietu svešķermeņu iekļūšanu:	Cilvēku aizsardzība pret piekļūšanu bīstamām iekārtas daļām:	}	}	}	}	}
0 — nav aizsargāta;	0 — nav aizsargāta;					
1 — kuru caurmērs > 50 mm;	1 — aizsargāta piekļūšanai ar roku;	}	}	}	}	}
2 — kuru caurmērs > 12,5 mm;	2 — aizsargāta piekļūšanai ar pirkstu;					
3 — kuru caurmērs > 2,5 mm;	3 — aizsargāta piekļūšanai ar darbarīku;	}	}	}	}	}
4 — kuru caurmērs > 1 mm;	4 — aizsargāta piekļūšanai ar stiepli;					
5 — putekļ aizsargāta;	5 — tas pats;	}	}	}	}	}
6 — putekļblīva;	6 — tas pats;					
X — nav noteikta.	X — nav noteikta.	}	}	}	}	}
Otrais raksturotājskaitlis						
Iekārtas aizsardzība pret bojājumbīstamu ūdens iekļūšanu:		}	}	}	}	}
0 — nav aizsargāta;						
1 — aizsargāta pret vertikāli kritošiem pilieniem;		}	}	}	}	}
2 — aizsargāta pret 15° leņķi kritošiem pilieniem;						
3 — aizsargāta pret smalkpilieniem;		}	}	}	}	}
4 — aizsargāta pret ūdens šļakatām visos virzienos;						
5 — aizsargāta pret ūdens strūklu;		}	}	}	}	}
6 — aizsargāta pret spēcīgu ūdens strūklu;						
7 — aizsargāta pret islaicīgu iegremdēšanu;		}	}	}	}	}
8 — aizsargāta pret ilgstošu iegremdēšanu;						
X — nav noteikta.		}	}	}	}	}
Papildapzīmējumi (lietojami fakultatīvi)						
Cilvēku aizsardzība pret piekļūšanu bīstamām iekārtas daļām:		}	}	}	}	}
A — aizsargāta piekļūšanai ar roku;						
B — aizsargāta piekļūšanai ar pirkstu;		}	}	}	}	}
C — aizsargāta piekļūšanai ar darbarīku;						
D — aizsargāta piekļūšanai ar stiepli.		}	}	}	}	}
Paplašinātājpazīmējumi (lietojami fakultatīvi)						
H — augstsprieguma iekārtas;		}	}	}	}	}
M — iekārtas kustība ūdensdrošības pārbaudes laikā;						
S — iekārtas nekustība ūdensdrošības pārbaudes laikā;		}	}	}	}	}
W — atkarībā no laika apstākļiem.						

Zemeslodes makroklimatiskie rajoni

Aparāti makroklimatiskiem rajoniem	Apzīmējumi		
	Burtu		Ciparu
	Starptautiskais	Krievu	
Mērenam klimatam	N	Y	0
Mērenam aukstam klimatam	NF	YXЛ	1
Mitram tropiskam klimatam	TH	TB	2
Sausam tropiskam klimatam	TA	TC	3
Sausam un slapjam tropiskam klimatam	T	T	4
Visiem makroklimatiskiem rajoniem uz sauszemes, izņemot rajonus ar ļoti aukstu klimatu	U	0	5

Jāatceras, ka elektriskā aparāta darbību ietekmē arī atmosfēras spiediens, tāpēc tehniskajos dokumentos uzrāda, kādam augstumam virs jūras līmeņa tas paredzēts.

Elektrisko aparātu izgatavotājrūpniecības saskaņā ar standartiem veic to mehāniskās stiprības pārbaudes (triecienizturību, vibrāciju izturību, mehāniskās slodzes pārbaudi uz aparāta izvadiem) un nosaka mehāniskās Izturības Klasi [IK]. Slodžu rakstura sadalījums dots I.3. tabulā.

Elektriskiem aparātiem izvirzītās prasības ir ļoti dažādas un atkarīgas no aparāta uzdevuma, ekspluatācijas apstākļiem, nepieciešamā drošuma utt. Tomēr ir virkne prasību, kas attiecas uz visiem elektriskajiem aparātiem.

1. Nominālā darba režīmā aparāta strāvu vadošās daļas nedrīkst pārsniegt pieļaujamo temperatūru. Īsslēguma režīmā caurplūstošā īsslēguma strāva nedrīkst izsaukt aparāta bojājumus.

2. Aparātiem, kas paredzēti biežai elektrisko ķēžu ieslēgšanai un izslēgšanai, jābūt ar lielu dilumizturību.

3. Aparātu kontaktiem, ar kuriem paredzēts atslēgt īsslēguma strāvu, jābūt atbilstošiem šim darba režīmam.

4. Elektrisko aparātu izolācijai jāiztur ekspluatācijā iespējamie pārspriegumi, ņemot vērā izolācijas īpašību pazemināšanos putekļu, mitruma u. c. faktoru ietekmē.

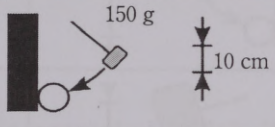
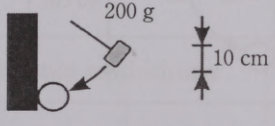
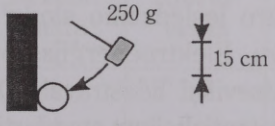
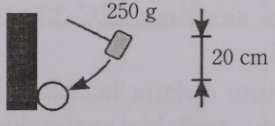
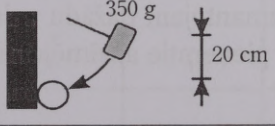
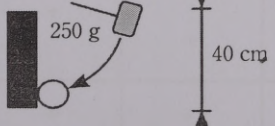
5. Automātiskās vadības sistēmu aparātiem jābūt ar augstu darba drošumu, jo shēmās ir ļoti daudz aparātu, kas samazina visas sistēmas drošumu.

6. Aparāta masai, gabarītiem, cenai un laikam, kas vajadzīgs to uzstādīšanai un kontrolei ekspluatācijā, jābūt minimālam.

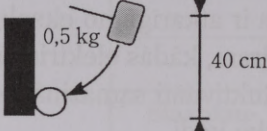
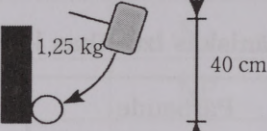
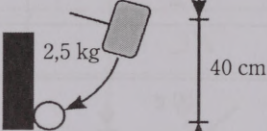
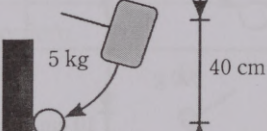
Tā kā šo prasību ievērošana ir atkarīga no ekspluatācijas apstākļiem, izvēloties elektriskos aparātus, jābūt skaidram, kādās elektriskās ķēdēs tie tiks izmantoti. Piemēram, ķēdēs ar palielinātu induktivitāti samazinās komutācijas aparātu spēja kvalitatīvi ieslēgt un atslēgt elektrisko ķēdi.

I.3. tabula

Mehāniskās izturības klases

IK	Pārbaude	Slodze*
1	2	3
00	-	nav
01		0,15 J
02		0,20 J
03		0,37 J
04		0,50 J
05		0,70 J
06		1 J

* Slodzi raksturo trieciena enerģija, J.

1	2	3
07		2 J
08		5 J
09		10 J
10		20 J

Lietošanas kategorija raksturo ieslēdzamo slodzi un nosaka, kā tā ietekmēs aparāta kontaktu nominālo strāvu. Elektroenerģijas patērētājus iedala kategorijās atsevišķi maiņstrāvai (AC) un atsevišķi līdzstrāvai (DC) ar cipariem, kas norāda kategorijas grupu. Tās atbilst starptautiskajiem standartiem: kontaktoriem IEC 158-1, palaidējiem IEC 292-1-4, vadības slēdžiem IEC 337-1 un 337-1A, elektromagnētu vadībai IEC 947-5. Sk. P.I.3. tabulu.

Lai atvieglotu grāmatā ievietoto shēmu lasīšanu, P.I.4. – P.I.6. pielikumā doti elektrisko aparātu un to elementu grafiskie apzīmējumi. Tā kā Latvijā vēl nav izstrādāti vienoti apzīmējumi un izmantojam dažādu valstu katalogus, salīdzināšanai doti arī atšķirīgie dažādās valstīs pieņemtie apzīmējumi.

1. GALVENIE FIZIKĀLIE PROCESI ELEKTRISKAJOS APARĀTOS

Lielākajā daļā elektrisko aparātu novērojamas tādas fizikālas parādības, kas izsauc to sasilšanu līdz ļoti augstai temperatūrai, elektrodinamisko spēku iedarbību starp strāvu vadošām daļām un elektriskā loka rašanos starp kontaktiem to atslēgšanas procesā. Tā kā elektriskie kontakti ir elektrisko aparātu visnedrošākais mezgls, tiem jāveltī pastiprināta uzmanība. Fizikālie procesi katrā no apskatītajām aparātu grupām apkopoti 1.1. tabulā. Šo procesu apskatam veltīta grāmatas pirmā nodaļa.

1.1. tabula

Fizikālie procesi elektriskajos aparātos

Aparātu grupa	Konstruktīvais izpildījums			Fizikālie procesi		
	Kontaktu	Bezkon- taktu	Hibrīd- veida	Silšana	Elektris- kais loks	Elektro- dinamis- kie spēki
Komutācijas aparāti	+	+	+	+	+	+
Palaišanas-regulē- šanas aparāti	+	+	+	+	+	+
Kontroles aparāti	+	+	+	+	+	-
Asinhronzināju aizsardzības aparāti	+	+	+	+	+	-
Regulējošie aparāti	-	+	-	+	-	+

1.1. ELEKTRISKO APARĀTU SILŠANA

1.1.1. PIEĻAUJAMĀS TEMPERATŪRAS

Lai nodrošinātu ilgstošu elektriskā aparāta ekspluatāciju, tā temperatūra nedrīkst pārsniegt noteiktu lielumu, ko sauc par pieļaujamo temperatūru. Šo lielumu nosaka standarti. Izšķir pieļaujamo temperatūru ilgstošā režīmā un isslēguma režīmā. Tā kā isslēgums ir īslaicīgs (mazāks par 5 s) un reti notiekošs, isslēguma režīmā pieļaujamā temperatūra ir divas trīs reizes lielāka nekā ilgstošā režīmā. Pieļaujamā temperatūra ir atkarīga no izmantotā materiāla: izolācija nedrīkst mainīt savas elektriskās un mehāniskās īpašības. Tāpēc visi izolācijas materiāli ir sadalīti siltumizturības klasēs pēc pieļaujamās temperatūras (1.2. tab.).

1.2. tabula

Elektroizolācijas materiālu siltumizturības klases

Klase	Pieļaujamā temperatūra, °C	Elektroizolācijas materiālu raksturojums
Y	90	Nepiesūcināti un elektroizolējošā šķidrumā neiegremdēti šķiedrvielu materiāli no celulozes un zīda
A	105	Piesūcināti vai elektroizolējošā šķidrumā iegremdēti šķiedrvielu materiāli no celulozes un zīda
E	120	Sintētiskās organiskās plēves
B	130	Ar organiskām saistvielām piesūcināti materiāli no vizlas, azbesta vai stikla šķiedras
F	155	Ar sintētiskām saistvielām piesūcināti materiāli no vizlas, azbesta vai stikla šķiedras
H	180	Ar silīcijorganiskām saistvielām piesūcināti materiāli no vizlas, azbesta vai stikla šķiedras
C	Vairāk par 180	Bez saistvielām izmantoti materiāli: vizla, stikls, kvarcs, keramiskie materiāli

Metāla konstrukcijām pieļaujamo temperatūru nosaka materiāla mehāniskā izturība. Kontaktiem — temperatūra, kurā sākas to intensīva oksidēšanās. Elektriskā aparāta temperatūru ietekmē arī apkārtējās vides temperatūra ϑ_0 . No drošības apsvērumiem aparāti aprēķināti darbam $\vartheta_0 = 40^\circ\text{C}$. Aparāta temperatūra

$$\vartheta = \vartheta_0 + \theta$$

kur θ — aparāta virstemperatūra, ko rada elektriskās strāvas iedarbība.

Zemsprieguma elektrisko aparātu elementu pieļaujamās virstemperatūras dotas 1.3. tabulā.

1.3. tabula

**Zemsprieguma elektrisko aparātu pieļaujamās virstemperatūras
(apkārtējās vides temperatūrai $+40^\circ\text{C}$)**

Aparāta elementa nosaukums	Energosadales aparāti (S1)*		Vadības sistēmu aparāti (S1, S2, S3)*	
	Gaisā	Transformatoru eļļā	Gaisā	Transformatoru eļļā
1	2	3	4	5
Komutējošie kontakti galvenajās ķēdēs				
a) vara	55	40	65 (1,2)	65 (1)
b) ar sudraba galvanisku pārklājumu	(3)	50	(3)	65
c) kontaktplāksnītes no sudraba vai metālkeramikas	(4)	50	(4)	65
	80	50	80 (2)	65
Palīgķēžu kontakti ar sudraba kontaktplāksnītēm				
Ciešie kontaktsavienojumi aparātā (izņemot lodētos un metinātos)				
a) no vara un tā sakausējumiem, alumīnija bez aizsargpārklājuma	55	50	55	55

* Režīmu raksturojumu sk. 1.1.9. nodaļā.

1	2	3	4	5
b) no vara un tā sakausējumiem, alumīnija, tērauda ar aizsargpārklājumu (metālu, kas nodrošina labāku pārejas pretestību nekā varš)	65	50	65	65
c) no vara un tā sakausējumiem, tērauda ar sudraba aizsargpārklājumu	95	50	60	65
Elektromagnētu spoles ar izolāciju, kas atbilst				
A klasei	65	60	80	60
E klasei	80	60	90	60
B klasei	90	60	100	60
F klasei	110	–	120	–
H klasei	130	–	140	–

Piezīmes

(1) Ilgstošā darba režīmā (S1) virstemperatūra nedrīkst pārsniegt +55 °C.

(2) Dotā virstemperatūra pārtraukumaini cikliskā režīmā (S3) nedrīkst palielināties, ja uz kontaktiem parādās elektriskais loks.

(3) Temperatūru ierobežo blakus esošo detaļu termoizturība, ja sudraba pārklājumu nesagrauj elektriskais loks un mehāniskais nodilums. Pretējā gadījumā šos kontaktus apskata tāpat kā bez pārklājuma.

(4) Temperatūru ierobežo blakus esošo detaļu termoizturība, bet tā nedrīkst pārsniegt +200°C.

1.1.2. JAUDAS ZUDUMI ELEKTRISKAJOS APARĀTOS

Katrā vadītājā, pa kuru plūst strāva I , laika sprīdī dt izdalās siltuma enerģija Q , ko aprēķina pēc Džoula–Lenca likuma.

$$Q = P dt = K_p I^2 R dt,$$

kur P — jauda, kas izdalās vadītājā, W ,

$R = \rho l/q$ — vadītāja omiskā pretestība, Ω ,

- ρ — īpatnējā pretestība, $\Omega \cdot m$,
 l — vadītāja garums, m,
 q — vadītāja šķērsriezuma laukums, m^2 ,
 K_p — papildu koeficients, kas ievēro pretestības palielināšanos maiņstrāvas gadījumā.

$$K_p = K_t \cdot K_v > 1,$$

- kur K_t — tuvuma efekta koeficients,
 K_v — virsmas efekta koeficients.

Virsmas efektu rada mainīgais magnētiskais lauks, kas aptver vadu, pa kuru plūst maiņstrāva, un inducē tajā EDS pretējā virzienā nekā pieslēgtais spriegums. Tā kā vada centrālos slāņus šķeļ lielāka magnētiskā plūsma nekā malējos, vada centrā pret-EDS būs lielāks nekā ārējos slāņos. Tas veicina strāvas blīvuma samazināšanos vada centrā un palielināšanos uz vada virsmas. Tāpēc arī to sauc par **virsmas efektu**.

$$K_v \equiv f, 1/\rho, \mu, d,$$

- kur f — maiņstrāvas frekvence, Hz,
 μ — materiāla magnētiskā caurlaidība, H/m,
 d — vada diametrs, m.

Augstu frekvenču un lielu strāvu gadījumā virsmas efekta dēļ iesaka lietot cauruļveida vadus.

Tuvuma efektu rada divu paralēlu vadu, pa kuriem plūst maiņstrāva, savstarpējā iedarbe. Viena vada magnētiskais lauks inducē pret-EDS otrā vadā. Atkarībā no tā, vai strāva vados plūst vienā virzienā vai pretējos, strāvas blīvums pieaug tālākos vai tuvākos vadu slāņos.

$$K_t \equiv f, 1/\rho, \mu, 1/d,$$

- kur l — attālums starp vadiem.

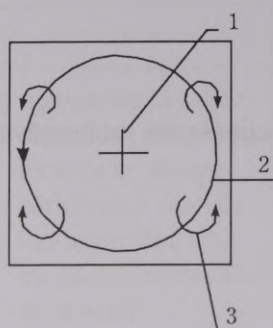
Ja $l \geq 6d$, tad $K_t \approx 1$ un to var neņemt vērā. Tātad, strāvai plūstot pa vadu, rodas t. s. elektriskie zudumi, kas izdalās siltuma veidā.

Tā kā elektriskajos aparātos ir detaļas no feromagnētiska materiāla, pa kurām noslēdzas magnetiskā plūsma, tajās rodas t. s. **magnētiskie zudumi** P_m . Tos rada materiāla pārmagnetizēšana (histerēzes zudumi P_h) un inducēto virpuļstrāvu radītie zudumi P_v . Tātad

$$P_m = P_h + P_v.$$

Virpuļstrāvas rada mainīga magnētiskā plūsma, kas magnētīvadā inducē EDS. Ja

030 800 6814



1.1. att. Virpuļstrāvu rašanās shēma

1 — pamatplūsma (vērsta pret lasītāju); 2 — virpuļstrāvas; 3 — virpuļstrāvu magnētiskā plūsma

magnētvids ir viengabala, pa to noslēdzas šī EDS radītā strāva (1.1. att.). Bez tam inducētā strāva rada magnētisko plūsmu, kas vienmēr vērsta pretēji pamatplūsmai, to samazinot.

Lai samazinātu virpuļstrāvas, magnētvidu izgatavo no savstarpēji izolētām 0,2–0,5 mm biežām plāksnītēm. Plāksnītes novietotas magnētiskās plūsmas virzienā un tādējādi virpuļstrāvu ceļā rada pārtraukumus (palielinās elektriskā pretestība!). Jo vairāk plāksnīšu, jo mazākas virpuļstrāvas.

Magnētiskos zudumus var aprēķināt pēc dažādām empīriskām formulām vai izmantojot eksperimentāli noteiktos īpatnējos zudumus $\sigma = f(B)$; W/kg:

$$P_m = \sigma G,$$

kur G — magnētvida masa, kg,

B — magnētiskā indukcija magnētvidā, T.

1.1.3. SILTUMATDEVE

Vienlaikus ar aparāta detaļu temperatūras paaugstināšanos notiek siltumatdeve no detaļas ar augstāku temperatūru uz detaļu ar zemāku temperatūru. Izšķir trīs siltumatdeves veidus: siltumvadāmība, konvekcija un izstarošana.

Siltumvadāmība ir materiāla īpašība atdot siltumu no vairāk sasīlušas vietas mazāk sasīlušai. Siltumvadāmība iespējama vienā detaļā vai arī starp detaļām, kas cieši saskaras. Siltumvadāmības ceļā laikā t atdoto siltuma daudzumu Q aprēķina pēc formulas:

$$Q = \lambda k \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{\delta} St,$$

kur λ — materiāla siltumvadāmības koeficients, W/(m·K),

$\vartheta_1 - \vartheta_2$ — temperatūru starpība siltumvadāmības ceļā, °C,

δ — detaļas biezums, caur kuru notiek siltumvadāmība, m,

S — detaļas šķērsriezuma laukums, m²,

t — silšanas laiks, s.

Siltumvadāmības koeficients λ skaitliski ir vienāds ar siltuma daudzumu, kas vienā sekundē iziet caur 1 m², ja temperatūras kritums ir 1 K/m. λ mēra W/(K·m). λ dažādiem materiāliem dots pielikumā P.1.1. tabulā.

Konvekcija. Gāze vai šķidrums, saskaroties ar sakarsēta ķermeņa virsmu, sasilst pie šīs virsmas. Gāzes vai šķidrums slāņi, kas tieši pieskaras virsmai, sasilst siltumvadāmības ceļā. Tie kļūst vieglāki par pārējiem un ceļas uz augšu, aiznesot sev līdzīgu saņemto siltumu. Šo procesu sauc par konvekciju.

Ja gāzes kustības ātrumu nosaka tikai tās blīvuma izmaiņa sasilstot, tad to sauc par dabīgo konvekciju.

Ja gāzes kustību rada piespiedu kārtā (ar ventilatoru vai sūkni), tad tā ir mākslīgā konvekcija.

Siltuma daudzums, ko ķermenis laikā t atdod konvekcijas ceļā, ir

$$Q = K_k (\vartheta_1 - \vartheta_2) S t,$$

kur K_k — konvekcijas siltumatdeves koeficients, $W/(m^2 \cdot K)$,

ϑ_1 — karstā ķermeņa temperatūra,

ϑ_2 — dzesējošās vides temperatūra,

S — siltumatdeves virsma, m^2 .

Konvekcijas siltumatdeves koeficients K_k ir vienāds ar to siltuma daudzumu, ko ķermenis atdod $1s$ no $1m^2$ virsmas, ja tās un apkārtējās vides temperatūru starpība ir $1K$. K_k ir atkarīgs no daudziem faktoriem: dzesējošās vides siltumietilpības, kustības ātruma un veida, ķermeņa un vides temperatūras, virsmas ģeometriskajiem izmēriem, tāpēc to visprecīzāk var noteikt eksperimentāli. Ir arī empīriskas formulas.

Siltuma izstarošana ir sakarsēta ķermeņa siltumatdeve citiem ķermeņiem, kas atrodas apkārtējā telpā. Tas notiek ar dažāda garuma elektromagnētisku viļņu palīdzību. Visintensīvāk siltumu pārnes infrasarkanie viļņi, mazāk — redzamās gaismas viļņi.

Siltuma daudzums, ko izstaro sakarsēts ķermenis laika vienībā (jauda)

$$P = \frac{Q}{t} = K_i \left[\left(\frac{\vartheta_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{\vartheta_2}{100} \right)^4 \right] S,$$

kur K_i — izstarošanas koeficients, $W/(m^2 \cdot K^4)$

ϑ_1 — sakarsētā ķermeņa temperatūra,

ϑ_2 — tā ķermeņa, kas saņem izstaroto siltumu, temperatūra.

Tā kā siltumatdeve no ķermeņa virsmas vienlaikus notiek gan konvekcijas, gan izstarošanas ceļā un grūti noteikt, kādu daļu sastāda katrs process, praktiskos aprēķinos izmanto vienotu siltumatdeves koeficientu K_T , ko nosaka eksperimentāli vai aprēķina ar empīriskām formulām. K_T mēra $W/(m^2 \cdot K)$ (sk. 1.4. un 1.5. tabulu). Tad ķermeņa atdoto siltuma daudzumu aptuveni aprēķina ar Ņūtona formulu:

$$P = K_T (\vartheta_1 - \vartheta_2) S = K_T \cdot \theta \cdot S.$$

Siltumatdeves koeficients dabīgās konvekcijas apstākļos

Siltumatdeves virsmas raksturojums	Gaisā	Eļļā
Apaļi vara stieņi, novietoti horizontāli, ar diametru 10–60 mm	1,3–3,5	–
Uz malas novietotas plakanas vara kopnes	6–9	–
Plāni krāsota vai lakota čuguna, tērauda vai dzelzs virsma	10–14	–
Jebkura lakota virsma	12–16	–
Eļļā iegremdēti porcelāna cilindri	–	50–150
Tinumi ar papīra izolāciju	10–12,5	25–36
Tērauda plākšņu pakete	10–12,5	70–90

1.1.4. VIENDABĪGA VADĪTĀJA SILŠANA ILGSTOŠĀ REŽĪMĀ

Ilgstošais jeb nostabilizējies režīms iestājas tad, kad, cik siltuma vadītājā izdalās, tik tiek atdots apkārtējai videi un vadītāja temperatūra nemainās vairāk par 2 K/h. Šādu stāvokli sauc par termisko līdzsvaru.

Ieslēdzot aparātu, šo režīmu tas sasniedz pakāpeniski: temperatūra mainās no apkārtējās vides temperatūras ϑ_0 līdz stabilai temperatūrai ϑ . Daļa vadītājā izdalītā siltuma sasilda pašu vadītāju, daļa tiek atdota apkārtējai videi. Lai noskaidrotu šo procesu, jāastāda siltuma bilances vienādojums

$$P dt = K_T S \theta dt + cG d\vartheta,$$

kur P — vadītāja izdalītā siltuma jauda, W; ($P = K_p I^2 R$);

$K_T S \theta dt$ — siltuma daudzums, ko vadītājs atdod apkārtējai videi (aprēķināts pēc Ņūtona formulas);

$cG d\vartheta$ — siltuma daudzums, kas paaugstina vadītāja temperatūru par ϑ ;

c — vadītāja materiāla siltumietilpības koeficients, Ws/(kg·K);

G — vadītāja masa, kg

Ja $\vartheta_0 = \text{const.}$ un, tā kā $\theta = \vartheta - \vartheta_0$, tad $d\theta = d\vartheta$. Ilgstošā režīmā $P = K_p I^2 R = \text{const.}$

Empīriskas formulas siltumatdeves koeficienta aprēķinam

Siltumatdeves koeficienta raksturojums	Formula
Nokrāsota taisnstūra kopne ar šķērsriezumu 120×10 mm, kas atrodas mierīgā gaisā un novietota uz malas	$K_T = 9,2 (1 + 0,9 \cdot 10^{-2} \theta)$
Nokrāsots apaļš vadītājs, novietots horizontāli mierīgā gaisā	$K_T = 10K_1 (1 + K_2 \cdot 10^{-2} \theta)$
Apaļa caurule ar diametru d, pa kuru plūst ūdens ar ātrumu w	$K_T = 1710w^{0,8}d^{0,2}(22 - \theta)^{0,4}$
Cilindriska spole ar sānu virsmas laukumu $10^{-4} < S < 10^{-2} \text{ m}^2$	$K_T = \frac{2,1[1 + 0,005(\vartheta - \vartheta_0)]}{\sqrt[3]{S}}$
Cilindriska spole ar sānu virsmas laukumu $10^{-2} < S < 0,5 \text{ mm}^2$	$K_T = \frac{3,6[1 + 0,005(\vartheta - \vartheta_0)]}{\sqrt[5]{S}}$

 K_1 un K_2 noteikšana

Vada diametrs, mm	0,3	10	40	80	200
$K_1, \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	4,5	2,24	1,11	1,08	1,02
$K_2, \text{ K}^{-1}$	1,7	1,14	0,88	0,75	0,68

Izdalot siltuma bilances vienādojuma abas puses ar $cG dt$, iegūst diferenciālvienādojumu:

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{K_T S \theta}{cG} = \frac{P}{cG},$$

kuru atrisina pie sākuma noteikumiem, ja $t = 0$, tad $\theta = 0$:

$$\theta = \frac{P}{K_T S} \left(1 - e^{-\frac{K_T S}{cG} t} \right).$$

Pēc šāda likuma mainās vadītāja virstemperatūra. Ja $t = \infty$, t. i., kad process ir nostabilizējies, $\theta = \text{const} = \theta_\infty$.

$$\theta_\infty = \frac{P}{K_T S} = \frac{K_p I^2 R}{K_T S}. \quad (1.1.)$$

Lielumu $\frac{cG}{K_T S} = T$ sauc par siltuma laika konstanti — tā skaitliski ir vienāda ar vadītāja siltumietilpības attiecību pret tā spēju atdot siltumu.

Līdz ar to silšanas vienādojuma atrisinājumu var pārrakstīt šādi:

$$\theta = \theta_\infty \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right).$$

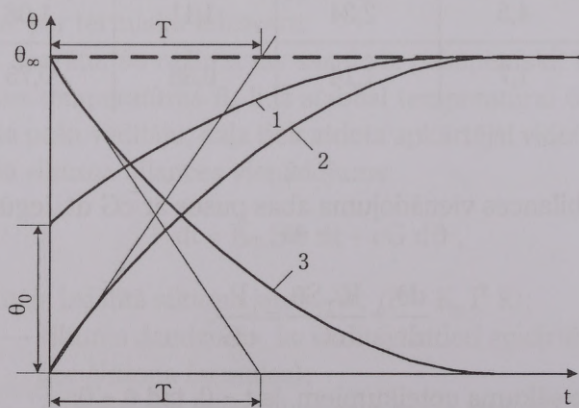
Grafiski šo vienādojumu attēlo eksponente 2 (1.2. att.).

Ja aparātu ieslēdz jau sasilušu, t. i., pie $t = 0$ un $\theta = \theta_0$, tad, atrisinot diferencālvienādojumu, iegūst

$$\theta = \theta_\infty \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \theta_0 e^{-\frac{t}{T}},$$

kas grafiski attēlots ar eksponenti 1.

Tātad ilgstošā režīmā vadītāja virstemperatūra θ_∞ nav atkarīga no tā sākuma temperatūras, bet tikai no strāvas stipruma.



1.2. att. Vadītāja silšanas process

1 — silšana no sākuma virstemperatūras θ_0 ; 2 — silšana, ja $\theta_0 = 0$; 3 — atdzišana

Ja vadītāja silšana notiek bez siltumatdeves apkārtējai videi, siltuma bilances vienādojums ir

$$P dt = c G d\theta,$$

un tā atrisinājums

$$\theta = \frac{P}{cG} t.$$

Tas ir taisnes vienādojums, kas iet kā pieskare eksponentei 2 (1.2. att.). Ja šajā vienādojumā ievieto $\theta = \theta_{\infty}$, tad

$$t = \frac{cG}{K_T S} = T.$$

Tātad T var noteikt grafiski, kā parādīts 1.2. attēlā, un **silšanas laika konstante ir laiks, kurā vadītājs sasilst līdz stabīlai virstemperatūrai, ja nenotiek siltumatdeve apkārtējai videi.**

Līdzīgi var noteikt, kā notiek vadītāja atdzišana, ja aparātu izslēdz. Tad $P dt = 0$ un siltuma bilances vienādojums ir

$$0 = K_T S \theta dt + c G d\theta.$$

Tā atrisinājums:

$$\theta = \theta_{\infty} e^{-\frac{t}{T}},$$

ja atslēgšanas brīdī $\theta = \theta_{\infty}$.

Grafiski tā ir krītoša eksponente 3 (1.2. att.), kas ir eksponentes 2 spoguļattēls.

1.1.5. VADĪTĀJA PIEĻAUJAMĀ STRĀVA

Izmantojot izteiksmi (1.1.) un pieņemot $\theta_{\infty} = \theta_{\text{pieļ.}}$, iegūst

$$I_{\text{pieļ.}} = \sqrt{\frac{\theta_{\text{pieļ.}} K_T S}{K_p R}}.$$

Ja apkārtējās vides temperatūra ϑ_0 atšķiras no nominālās ϑ_{0N} , sakarību starp faktiski pieļaujamo strāvu $I_{\text{pieļ.}}$ un apkārtējās vides temperatūru tuvināti var izteikt ar vienādojumu

$$\left(\frac{I_{\text{pieļ.}}}{I_{\text{pieļ.}N}} \right)^2 = \frac{\theta}{\theta_{\text{pieļ.}}} = \frac{\vartheta - \vartheta_0}{\vartheta_{\text{pieļ.}} - \vartheta_{0N}}. \quad (1.2.)$$

Pēc šīs izteiksmes var noteikt arī vadītāja temperatūru, ja zināma caur to plūstošā strāva vai strāva, kas sakarsē vadītāju līdz noteiktai temperatūrai.

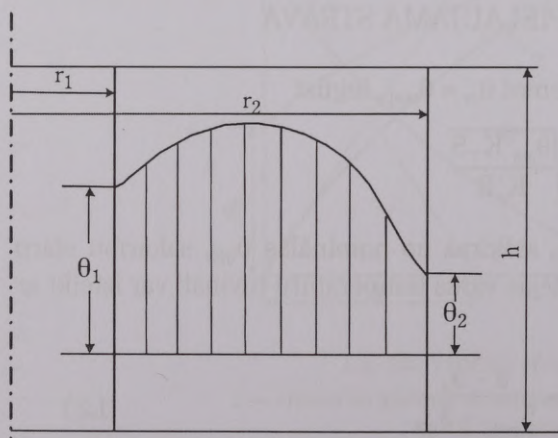
Elektriskajiem aparātiem un iekārtām izgatavotājrūpnīcas dod nominālo strāvu, ko attiecīgais aparāts vai iekārta spēj ilgstoši izturēt nominālos apstākļos (nominālā apkārtējās vides temperatūrā ar nominālo spriegumu un frekvenci). Aparāta nominālo strāvu nosaka, veicot eksperimentālā parauga silšanas pārbaudi nominālā režīmā.

Ja maksimālā apkārtējā gaisa temperatūra atšķiras no nominālās, aparāta pieļaujamo strāvu atrod pēc izteiksmes (1.2.). Taču pat ļoti zemā dzesējošā gaisa temperatūrā caur aparātu plūstošā aplēses strāva nedrīkst pārsniegt 130% no rūpnīcas dotās nominālās strāvas.

1.1.6. SPOĻU SILŠANA

Elektriskajos aparātos viens no galvenajiem siltuma avotiem ir spole. Tā diemžēl nav viendabīga, jo sastāv no izolētiem vadiem, izolācijas slāņiem, gaisa vai piesūcināmā materiāla, kam ir atšķirīgi siltumietilpības un siltumvadāmības koeficienti. Tā kā siltumam no spoles iekšējiem slāņiem vispirms jāizplūst uz ārējiem un tikai tad var notikt siltumatdeve apkārtējai videi, spoles iekšienē temperatūra ir augstāka nekā ārpusē (1.3. att.). Tās sadalījums pa spoles šķērsgriezumu ir nevienmērīgs. Arī siltumatdeve ir nevienāda: spoles galus sedz izolācijas materiāla karkass — tur siltumatdeve ir niecīga. Spoles vidū ir tērauda serde, kas maiņstrāvas gadījumā arī izdala siltumu, un spoles karkass.

Tātad galvenā siltumatdeve notiek no tās sānu virsmas. Turklāt vada pretestība ir atkarīga no tā temperatūras.



1.3. att. Temperatūras sadalījums spolē

$$R = R_0 (1 + \alpha \vartheta),$$

kur R_0 — vada pretestība pie temperatūras ϑ_0 , Ω ,

α — vada materiāla pretestības temperatūras koeficients (P.1.1. tab.), K^{-1} .

Tā kā spolē $I = \text{const}$, tad vietās, kur R lielāka, izdalās vairāk siltuma un temperatūra palielinās.

Tātad precīzi aprēķināt spoles virstemperatūru ir ļoti sarežģīts uzdevums. Aptuveni spoles vidējo virstemperatūru stabilā režīmā var aprēķināt ar papildinātu Ņūtona formulu

$$\theta_{xv} = \frac{I_0^2 R_0}{K_{Tv} S_{ekv} \left(1 + \alpha \frac{I_0^2}{K_{Tv} S_{ekv}} \right)},$$

kur I_0 un R_0 — strāva un pretestība aukstai spolei,

$S_{ekv} = S_{ār} + \beta_1 S_{iekš} + \beta_2 S_g$ — ekvivalentā siltumatdeves virsma, kas proporcionāla siltuma plūsmai caur spoles ārējo ($S_{ār}$), iekšējo ($S_{iekš}$) un gala (S_g) virsmu (šeit β_1 un β_2 — eksperimentāli noteikti koeficienti).

Līdzstrāvas kontaktoru un releju spolēm rekomandē šādas koeficientu β vērtības:

$$\beta_2 = 0,$$

$$\beta_1 = 0,9 \text{ — bezkarkasu spolēm ar bandāžu,}$$

$$\beta_1 = 1,7 \text{ — uz caurules uztitām spolēm,}$$

$$\beta_1 = 2,4 \text{ — tieši uz serdes uztitām spolēm.}$$

Ja nepieciešams aprēķināt spoles maksimālo un ārējās virsmas virstemperatūru θ_2 , var izmantot šādu formulu:

$$\theta_2 = \frac{P}{S_{ār} K_T}.$$

Ja pieņem, ka maksimālā temperatūra ir spoles iekšējai virsmai,

$$\theta_1 = \theta_{\max} = \theta_2 + \frac{P}{4\lambda_{ekv}} (r_2^2 - r_1^2) + \frac{P}{2\lambda_{ekv}} r_1^2 \ln \frac{r_1}{r_2},$$

kur $p = \frac{P}{h\pi(r_2^2 - r_1^2)}$ — jaudas zudumi spolē vienai tā tilpuma vienībai;

h, r_1, r_2 — spoles ģeometriskie izmēri (sk.1.3. att.);

λ_{ekv} — ekvivalentais siltumvadāmības koeficients.

Spolēm ar apaļiem vadiem

$$\lambda_{ekv} = 0,6\lambda_{iz} \frac{d}{2\delta};$$

bet ar taisnstūra vadiem

$$\lambda_{ekv} = \lambda_{iz} \frac{a}{a+2\delta} \cdot \frac{b+2\delta}{2\delta},$$

kur λ_{iz} — vada izolācijas materiāla siltumvadāmības koeficients;

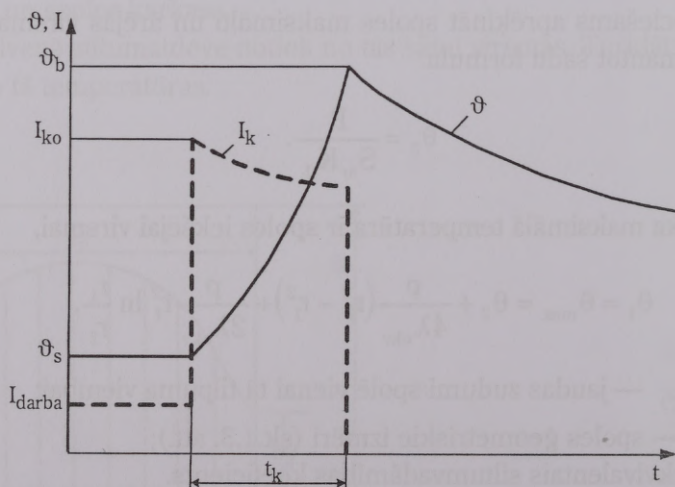
d — vada diametrs bez izolācijas;

a un b — vada malu garumi bez izolācijas;

δ — izolācijas biezums.

1.1.7. VIENDABĪGA VADĪTĀJA SILŠANA ĪSSLĒGUMA REŽĪMĀ

Īsslēgums parasti ilgst sekundes daļas un tikai izņēmuma kārtā dažas sekundes. Tā kā īsslēgumam raksturīga liela strāva ($10-20 I_N$), šajā īsajā laikā īsslēguma strāva vadītājos un aparātos izdala tik daudz siltuma, ka to temperatūra sasniedz lielas un bīstamas vērtības, kas var vairākkārt pārsniegt pieļaujamo temperatūru normālā režīmā.



1.4. att. Strāvu vadošo daļu temperatūras maiņa, plūstot caur tām īsslēguma strāvai

Bojātā elementa automātiska atslēgšana (ar automātslēdzi vai drošinātāju) pārtrauc īsslēguma strāvu, un sākas vadītāju un aparātu atdzišana (1.4. att.) atbilstoši to silšanas laika konstantēm T .

Tā kā siltumatdeve ir tikai 1–3% no izdalītā siltuma daudzuma, sastādot siltuma bilances vienādojumu, pieņem, ka visa enerģija aiziet vadītāja sasilšanai:

$$P dt = c G d\vartheta,$$

kur $P = i_k^2 K_p R$, i_k — īsslēguma strāvas momentānā vērtība;
vada masa $G = \gamma l q$; l , q — vada garums un šķērsriezums;
 γ — vada materiāla blīvums.

Temperatūras pieauguma likne nav lineāra, bet izliecas uz augšu. Tas notiek tādēļ, ka īsslēguma procesā strāvu vadošo daļu temperatūra sasniedz vairākus simtus grādu, kas izraisa šo daļu īpatnējās pretestības palielināšanos, bet tas savukārt pastiprina siltuma izdalīšanos. Īpatnējās pretestības un siltumietilpības atkarību no temperatūras nosaka

$$\begin{aligned}\rho &= \rho_0 (1 + \alpha\vartheta), \\ c &= c_0 (1 + \beta\vartheta),\end{aligned}$$

kur ρ_0 , c_0 — vada materiāla īpatnējā pretestība un siltumietilpība 0°C ;
 β — siltumietilpības temperatūras koeficients.

Aptuvenos aprēķinos ρ un c nosaka pieļaujamā temperatūrā īsslēguma režīmā. Tādējādi siltuma bilances vienādojums, ievietojot tajā attiecīgos lielumus un sadalot mainīgos, ir šāds:

$$\frac{i_k^2}{q^2} dt = \frac{\gamma}{K_p} \cdot \frac{c_0(1 + \beta\vartheta)}{\rho_0(1 + \alpha\vartheta)} d\vartheta \quad (1.3)$$

Lai šādu vienādojumu atrisinātu, jāizmanto tādas augstākās matemātikas metodes kā integrēšana. Aprēķinu var vienkāršot, ievēdot jēdzienu īsslēguma strāvas siltuma impulss B_k , ar ko saprot īsslēguma laikā izdalīto enerģiju vadītājā ar pretestību 1Ω . Vienādojuma (1.3.) labo pusi kā noteiktu temperatūras funkciju konkrētam vadītājam apzīmē ar $A(\vartheta)$. Tādā gadījumā vienādojumu var pierakstīt šādi:

$$\frac{B_k}{q} = A_b - A_s, \quad (1.4)$$

kur A_b — funkcijas $A(\vartheta)$ vērtība īsslēguma beigās, kad vadītāja virstemperatūra ir ϑ_b ;

A_s — funkcijas $A(\vartheta)$ vērtība īsslēguma sākumā, kad vadītāja virstemperatūra ir ϑ_s

Funkcija $A(\vartheta)$ atkarībā no temperatūras biežāk lietotiem materiāliem, ja sākuma nosacījums $\vartheta_s = 0$, dota 1.5.a attēlā.

Likņu ērtākas lietošanas labad funkcija $A(\vartheta)$ dota īpatnējā siltuma impulsa (B_k/q^2) parasti lietojamās vienībās, t. i., A^2 s/mm⁴. Sastādot līknes, nav ņemti vērā virsmas un tuvuma efekti ($K_p = K_v K_t = 1$).

Pēc līknēm, izmantojot izteiksmi (1.4.), var ērti noteikt vadītāja temperatūru īsslēguma beigās, ja zināma temperatūra īsslēguma sākumā (1.5.b att.).

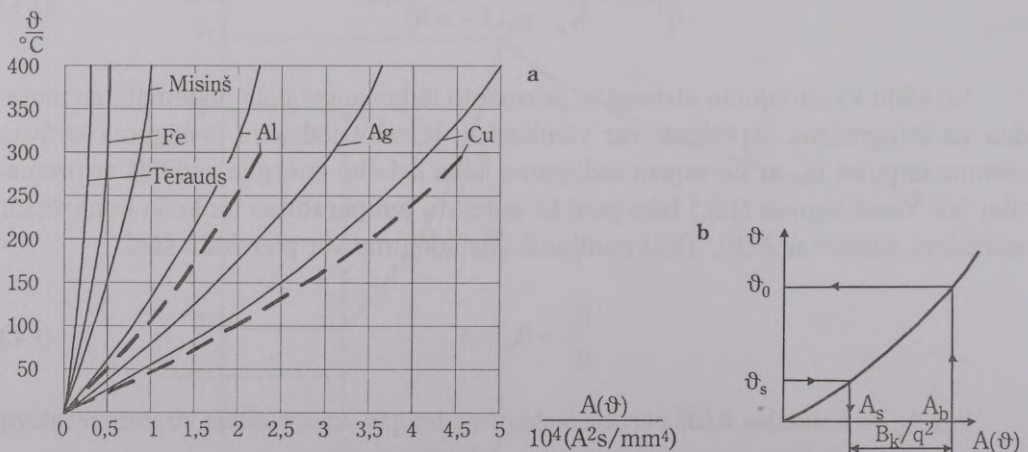
Uzdevumu var risināt arī otrādi: pieņemot $\vartheta_b = \vartheta_{k.piel}$, nosaka pieļaujamo siltuma impulsu dotā šķērsriezuma vadītājam vai minimāli pieļaujamo vadītāja šķērsriezumu dotā siltuma impulsa gadījumā. Vadītāja temperatūru īsslēguma sākumā aprēķina pēc izteiksmes (1.2.), zinot apkārtējās vides temperatūru ϑ_0 un slodzes strāvu I .

Līknes, kas 1.5.a attēlā parādītas ar nepārtrauktām līnijām, attiecas uz neizolētām kopnēm, vadiem un kabeļiem ar viendzīslu vadiem. Ar svītrlīnijām attēlotās līknes attiecas uz kabeļiem ar daudzdzīslu vadiem, kas piesūcinātas ar viskozu masu. Tā, aizpildot telpu starp vadu dzīslām, palielina kabeļa siltumietilpību un samazina temperatūru īsslēguma laikā.

Tā kā īsslēguma strāva mainās laikā pēc sarežģīta likuma, siltuma impulsa B_k precīza aprēķināšana ir darbietilpīga. Vienkāršākajā (un visizplatītākajā) gadījumā, kad var pieņemt, ka īsslēguma vietu baro bezgalīgas jaudas sistēma, siltuma impulsu var aprēķināt

$$B_k = I_{po}^2 (t_k + T_a),$$

kur I_{po} — īsslēguma strāvas periodiskās komponentes efektīvā vērtība pirmā perioda laikā kopš īsslēguma sākuma;



1.5. att. Vadītāja beigu temperatūras aprēķins īsslēguma režīmā

a — aplēses līknes; b — aplēses secība

- t_k — aizsardzības nostrādes laiks;
 T_a — īsslēguma strāvas aperiodiskās komponentes rimšanas laika konstante.

Tā kā parasti $t_k \gg T_a$, tad

$$B_k \approx I_{po}^2 t_k$$

Precīzus B_k aprēķinus var atrast [2] 65.–69. lpp.

1.1.8. STRĀVAS VADĪTĀJU UN APARĀTU ĪSLAICĪGĀ TERMOIZTURĪBA

Neraugoties uz procesa īslaicību, augstā temperatūra īsslēguma ķēdē var izraisīt nevēlamas sekas:

- metāla mehāniskās stiprības krasu samazināšanos (tas var kļūt mīksts un pat izkust);
- izolācijas izdegšanu;
- kontaktu sametināšanos.

Lai šie bojājumi nenotiktu, strāvu vadošo daļu silšanu īsslēguma režīmā normē, dodot īslaicīgi pieļaujamo temperatūru (sk. 1.7. tab.). Tās vērtība vadītājiem ir ievērojami lielāka par ilgstoši pieļaujamo temperatūru, jo metālu mehānisko īpašību pasliktināšanos, kontaktu koroziju un izolācijas novecošanu nosaka ne tikai temperatūras vērtība, bet arī silšanas laiks, kas īsslēguma gadījumā ir niecīgs.

Strāvas vadītāja vai aparāta spēju bez bojājumiem un, nepārsniedzot īslaicīgi pieļaujamo temperatūru, izturēt īsslēguma strāvas iedarbību sauc par tā termoizturību.

Tās pārbaudei jāaprēķina strāvu vadošo daļu temperatūras īsslēguma beigās ϑ_b (1.4. att.) un jāsalīdzina ar īslaicīgi pieļaujamo temperatūru īsslēguma režīmā $\vartheta_{kpieļ}$ (1.7. tab.).

1.7. tabula

Strāvu vadošo daļu īslaicīgi pieļaujamā temperatūra īsslēguma režīmā

Strāvu vadošā daļa	$\vartheta_{kpieļ}, ^\circ\text{C}$
1	2
Neizolētas vara kopnes un aparātu daļas	300
Neizolētas alumīnija kopnes un aparātu daļas	200

1	2
Kabeļi ar vara un alumīnija dzīslām un celulozes materiālu izolāciju līdz 10kV spriegumam	200
Kabeļi un izolēti vadi ar vara un alumīnija dzīslām: <ul style="list-style-type: none"> • ar gumijas vai polivinilhlorīda izolāciju • ar polietilēna izolāciju 	150 120

Termoizturības nosacījums ir

$$\vartheta_{k_{pieļ}} \geq \vartheta_b.$$

Lai nodrošinātu termoizturību, strāvu vadošo daļu izmēriem jābūt pietiekamiem un iespējami ātri jāatslēdz bojātais tīkla elements.

Vadītāju termoizturību bieži pārbauda tuvināti, pieņemot, ka $\vartheta_s = \vartheta_{pieļ}$, t. i., vadītājs pirms isslēguma slogots ar pieļaujamo strāvu un apkārtējās vides temperatūra ir nomināla. Ja $\vartheta_b = \vartheta_{k_{pieļ}}$, konkrētā tipa vadītājam vienādojuma (1.4.) labā puse pārvēršas par konstantu lielumu. Kvadrātsakne no šī lieluma nosaukta par **termoizturības koeficientu**:

$$c_{th} = \sqrt{A(\vartheta_{k_{pieļ}}) - A(\vartheta_{pieļ})}.$$

Piemēram, neizolētām alumīnija kopnēm un vadiem $c_{th} = 91 \text{ A s}^{0.5}/\text{mm}^2$, bet neizolētām vara kopnēm un vadiem $c_{th} = 167 \text{ A s}^{0.5}/\text{mm}^2$.

Šajā gadījumā vienādojums (1.4.) vienkāršojas un vadītāju minimāli pieļaujamo šķērsriezumu no termoizturības viedokļa $q_{th \min}$, mm^2 dotajam siltuma impulsam var noteikt pēc praksē bieži lietotas formulas

$$q_{th \min} = \frac{\sqrt{B_k}}{c_{th}}.$$

Aparātu termoizturību izgatavotājrūpnīcas raksturo ar diviem savstarpēji saistītiem lielumiem: termoizturības strāvu I_{th} un termoizturības laiku t_{th} . Aparātam laikā t_{th} jāiztur vismaz I_{th} liela strāva, nesakarstot virs $\vartheta_{k_{pieļ}}$ (sk. 1.7. tabulu). Ar termoizturības strāvu saprot konstantu maiņstrāvas efektīvo vērtību, ko izgatavotājrūpnīcas nosaka ar aprēķiniem un eksperimentālām pārbaudēm. Termoizturības laiks, kuram dod termoizturības strāvu, dažādiem aparātiem noteikts 0,5–10 s.

Aparātu termoizturības nosacījums ir

$$I_{th}^2 t_{th} \geq B_k,$$

kur $I_{th}^2 t_{th}$ — izgatavotājrūpnīcas garantētais siltuma impulss, ko aparāts spēj izturēt;

B_k — aplēses siltuma impulss aparāta uzstādīšanas vietā.

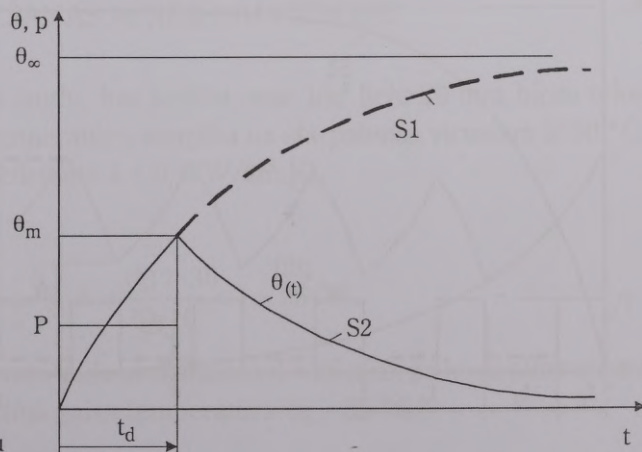
Ar nelieliem izņēmumiem termoizturība jāpārbauda visiem aparātiem un strāvas vadītājiem. Šī pārbaude nav nepieciešama, piemēram, aparātiem un vadītājiem ķēdēs, kas aizsargātas ar kūstošiem drošinātājiem vai automātslēdzīem. Termoizturība var būt noteicošs faktors tādu aparātu izvēlē, kuri uzstādīti mazjaudīgās ķēdēs ($I < 1000$ A) ar lielu išslēguma strāvu un tās plūšanas laiku.

1.1.9. ELEKTRISKO APARĀTU SILŠANA DAŽĀDOS DARBA REŽĪMOS

Elektroiekārtās izšķir 9 darba režīmus, kurus apzīmē S1–S9. Elektriskie aparāti un mašīnas var strādāt S1–S4 un S6 režīmā, bet pārējie attiecas tikai uz elektriskajām mašīnām.

S1 — ilgstošs režīms ar nemainīgu slodzi, kuras ilgums ir pietiekams aparāta termiskā līdzsvara sasniegšanai. Šis režīms sīkāk apskatīts 1.1.4. nodaļā.

S2 — īslaicīgs režīms ar nemainīgu slodzi, kuras ilgums nav pietiekams termiskā līdzsvara sasniegšanai un slodzei sekojošās pauzes ilgums ir tik liels, ka aparāta temperatūras izmaiņa attiecībā pret dzesētājaģenta temperatūru iekļaujas $\pm 2K$ grādu robežās. S2 režīmam raksturīgs, ka slodzes iedarbības laikā iekārtas temperatūra nepaspēj sasniegt stacionāro vērtību θ_∞ , bet slodzes pārtraukumā atdziest līdz apkārtējās vides temperatūrai (1.6. att.).



1.6. att. Silšanas process īslaicīgā režīmā (S2), salīdzinot ar S1 režīmu

Standarti nosaka slodzes ilgumu t_d : 10, 30, 60, 90 min. Lai iekārtu termiski pilnībā noslogotu, $\theta_{\text{pieļ}} = \theta_{\infty} = \theta_m$. Tātad īslaicīgā režīmā var palielināt elektriskā aparāta slodzi P tā, lai $\theta_{\infty} = \theta_m$. Tā kā maksimālā virstemperatūra [skat. (1.1.)]

$$\theta_m = \theta_{\infty} \left(1 - e^{-\frac{t_d}{T}} \right) \quad \text{un} \quad \theta_{\infty} = \frac{P_{\infty}}{K_T S},$$

slodzi var palielināt n reizes

$$n = \frac{P_{\text{issl}}}{P_{\infty}} = \frac{\theta R_T}{\theta_{\text{pid.}} R_T} = \frac{1}{1 - e^{-\frac{t_d}{T}}} > 1,$$

kur P_{issl} — īslaicīgā režīmā patērētā jauda,

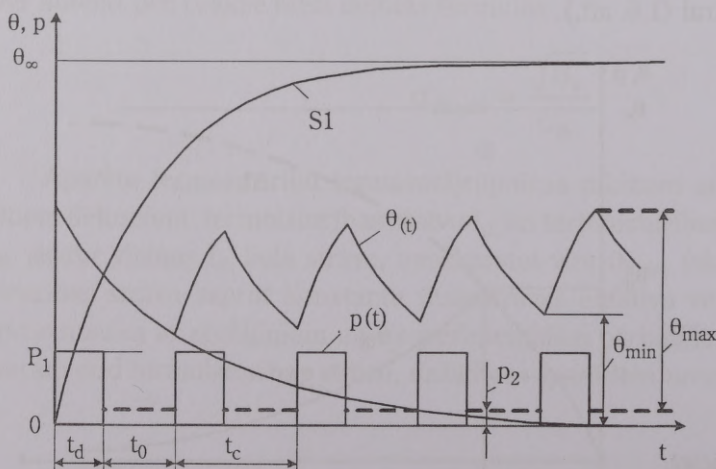
$R_T = \frac{1}{K_T S}$ — koeficients, kas raksturo siltuma plūsmas pretestību.

S3 — pārtraukumaini ciklisks režīms: aparāta režīms ar secīgiem identiskiem cikliem, no kuriem katrs ietver darbību ar nemainīgu slodzi un bezsprieguma miera stāvokli. Šim režīmam atbilst gadījums, kad palaides strāva jūtami neietekmē aparāta silšanu. S3 režīmā slodzes laikā aparāta temperatūra nesasniedz stacionāro vērtību, bet pauzes laikā nepaspēj atdzist līdz apkārtējās vides temperatūrai (1.7. att.).

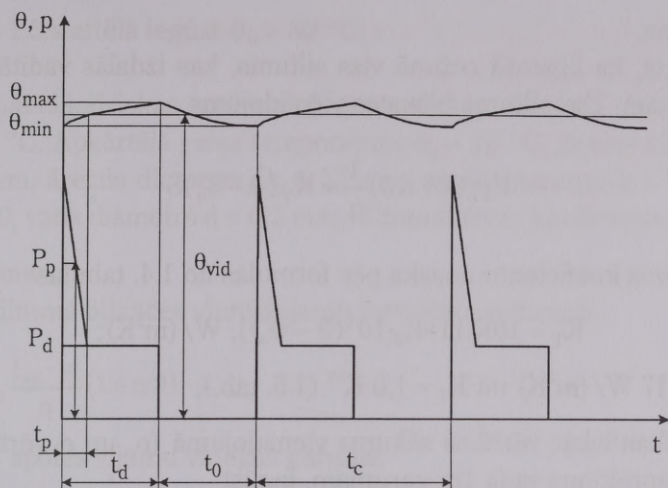
Šo režīmu raksturo pieslēguma ilgums, kas izteikts procentos

$$PI\% = \frac{t_d}{t_d + t_0} \cdot 100,$$

kur t_d — slodzes ilgums, t_0 — atslēguma ilgums. Standarti nosaka $PI\%$ vērtības: 15, 25, 40, 60% ar cikla $t_c = t_d + t_0$ laiku 10 min. 1.7. attēlā redzams, ka $\theta_{\text{max}} < \theta_{\infty}$, tātad arī šajā režīmā var palielināt iekārtas slodzi.



1.7. att. Silšanas process
S3 un S6 režīmā,
salīdzinot ar S1 režīmu



1.8. att. Silšanas process S4 režīmā

P_p — palaides vidējā jauda
 P_d — darba jauda
 t_p — palaides laiks

S4 — pārtraukumaini ciklisks režīms ar palaidi: aparāta režīms ar secīgiem identiskiem cikliem, no kuriem katrs ietver palaidi, darbību ar nemainīgu slodzi un bezsprieguma miera stāvokli (1.8. att.).

S6 — nepārtraukts ciklisks režīms: aparāta režīms ar secīgiem identiskiem cikliem, no kuriem katrs ietver darbību ar nemainīgu slodzi un tukšgaitu, bet neietver bezsprieguma miera stāvokli. S6 režīms no S3 atšķiras ar tukšgaitas strāvas esamību (1.7. att. punktētā līnija P_2). Šo režīmu, analogi S3, raksturo slodzes ilgums SI%.

1.1.10. SILŠANAS APRĒĶINU PIEMĒRI

1. Noteikt siltuma plūsmas jaudu, kas izplūst caur 1 m^2 lielu 20 mm biezu tekstolīta izolācijas starpsienu, ja temperatūru starpība uz starpsienas virsmām ir $30\text{ }^\circ\text{C}$. Tekstolīta siltumvadāmības koeficients $\lambda = 0,17\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Atrisinājums.

$$P = \lambda \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{\delta} \cdot S = \frac{0,17 \cdot 30}{20 \cdot 10^{-3}} \cdot 1 = 254\text{ W}.$$

2. Noteikt apaļa nokrāsota vara vada ar diametru $d = 25\text{ mm}$, pa kuru plūst strāva $I = 1000\text{ A}$, temperatūru. Apkārtējā gaisa temperatūra $\vartheta_0 = 35\text{ }^\circ\text{C}$.

Atrisinājums.

Izejam no tā, ka ilgstošā režīmā viss siltums, kas izdalās vadītājā, tiek atdots apkārtējam gaisam. Tad siltuma bilances vienādojums

$$I^2 \rho_0 (1 + \alpha \vartheta) \frac{1}{q} = K_T (\vartheta - \vartheta_0) S$$

Siltumatdeves koeficientu nosaka pēc formulas no 1.4. tabulas:

$$K_T = 10K_1 [1 + K_2 \cdot 10^{-2} (\vartheta - \vartheta_0)], \text{ W}/(\text{m}^2\text{K});$$

kur $K_1 = 1,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ un $K_2 = 1,0 \text{ K}^{-1}$ (1.5. tab.).

Ievietojot skaitliskās vērtības sākuma vienādojumā (ρ_0 un α vērtības sk. P.1.1. tab.) un veicot aprēķinus vada 1m garumam, iegūst

$$\begin{aligned} 1000^2 \cdot 1,62 \cdot 10^{-8} (1 + 0,00439) \frac{1 \cdot 4}{3,14 \cdot 25^2 10^{-6}} &= \\ = 10 \cdot 1,17 [1 + 10^{-2} (\vartheta - 35)] (\vartheta - 35) 3,14 \cdot 25 \cdot 10^{-3} & \end{aligned}$$

Atrisinot šo kvadrātvienādojumu, iegūst $\vartheta = 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Aprēķināt apaļa vara vada ar diametru $d = 20 \text{ mm}$ beigu temperatūru, ja pa vadu 1,5 s plūst strāva $I = 3200 \text{ A}$. Procesa sākumā vada temperatūra $\vartheta_s = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Siltumatdeves koeficients $K_T = 17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Atrisinājums.

1m gara vada gabala silšanas laika konstante

$$T = \frac{c\gamma q}{K_T S} = 1000\text{s},$$

kur c, γ no P.1.1. tabulas;

$$q = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$S = \pi d l.$$

Tā kā $t/T = 1,5 \cdot 10^{-3} < 0,1$, silšanas procesu var uzskatīt par adiabatisku (bez siltuma atdeves apkārtējai videi).

$$\frac{B_k}{q^2} = \frac{I^2 t}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)^2} = \frac{3200^2 \cdot 1,5}{(3,14 \cdot 100 \cdot 10^{-6})^2} = 1,56 \cdot 10^{16} \frac{\text{A}^2 \text{s}}{\text{m}^4}$$

No liknes 1.5.a attēlā iegūst $\vartheta_b = 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. Aprēķināt cilindriskas spoles pieļaujamo strāvu tā, lai tās virstemperatūra nepārsniegtu $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Apkārtējā gaisa temperatūra $\vartheta_0 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$. Spoles parametri: iekšējais $D_1 = 29 \text{ mm}$, ārējais diametrs $D_2 = 52 \text{ mm}$, spoles garums $L = 52 \text{ mm}$, vijumu skaits $w = 1970$, vada diametrs $d = 0,5 \text{ mm}$, siltumatdeves koeficients $14 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$.

Atrisinājums.

Izmanto siltuma bilances vienādojumu ilgstošam režīmam,

$$\text{kur } R = \rho_0 \frac{l_{\text{vid}} \cdot w}{q} (1 + \alpha \vartheta),$$

l_{vid} — spoles vijumu vidējais garums:

$$l_{\text{vid}} = \pi \frac{D_1 + D_2}{2},$$

q — vada šķērsgriezums $q = \pi d^2/4$;

$$S = \pi D_2 L.$$

Tad

$$I = \sqrt{\frac{K_T \theta \pi D_2 L d^2}{\rho_0 2(D_1 + D_2) w [1 + \alpha(\theta + \vartheta_0)]}},$$

kur no P.1.1. tabulas

$$\rho_0 = 1,62 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m},$$

$$\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}.$$

Ievietojot skaitliskās vērtības, iegūst $I_{\text{pieļ}} = 0,52 \text{ A}$.

Kontroljautājumi

1. No kā atkarīga elektriskā aparāta pieļaujamā temperatūra?
2. Kas ir virstemperatūra?
3. Kādi ir elektrisko aparātu silšanas cēloņi?
4. Kā notiek elektriskā aparāta siltumatdeve?
5. Kas ir silšanas laika konstante?
6. Kā notiek vadītāja silšanas process ilgstošā režīmā?
7. No kā atkarīga vadītāja pieļaujamā strāva?
8. Ar ko atšķiras spoles silšana no vadītāja silšanas?
9. Kas jāņem vērā, izvēloties aparātu darbam S3 un S2 režīmā?

10. Ar ko atšķiras vadītāja silšana išslēguma režīmā?
11. Kas ir siltuma impulss?
12. Kas nosaka vadītāja un aparāta termoizturību?
13. Kādi ir termoizturības nosacījumi?
14. Kādos režīmos var strādāt elektriskie aparāti?

1.2. ELEKTRODINAMISKIE SPĒKI

1.2.1. ELEKTRODINAMISKO SPĒKU DARBĪBA ELEKTRISKAJOS APARĀTOS

Elektrisko aparātu strāvu vadošo sistēmu veido vienā vai dažādās plaknēs novietotas dažādu garumu, konfigurāciju un šķērsriezumu detaļas. Caurplūstošās strāvas un tās radītā magnētiskā lauka mijiedarbības rezultātā rodas elektrodinamiskie spēki F_{ed} , kas cenšas šo sistēmu un to veidojošās detaļas deformēt. Saskaņā ar Ampēra likumu

$$F_{ed} = B I l \sin\beta, N,$$

kur B — ap vadītāju esošā magnētiskā lauka indukcija, T;

I — strāva vadītājā, A;

l — vadītāja garums, m;

β — indukcijas vektora leņķis attiecībā pret vadītāja ass līniju.

Savukārt ap vadītāju, pa kuru plūst strāva, veidojas magnētiskais lauks. Saskaņā ar Bio-Savāra-Laplasa likumu

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi a} I, T,$$

kur μ_0 — magnētiskā konstante ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m);

a — attālums no vadītāja ass līnijas, m;

I — strāva, A.

Šis likumsakarības ļauj noteikt F_{ed} vērtību vienkāršas konfigurācijas vadītāju sistēmā (piemēram, taisnam vadam viendabīgā magnētiskā laukā). Tāpēc speciālajā literatūrā [5] dotas F_{ed} aprēķina formulas sarežģītākām vadītāju konstrukcijām.

Ap vadītāju esošo magnētisko lauku var veidot arī citi avoti — blakus novietota vadītāju sistēma, elektromagnēti, pastāvīgie magnēti.

Elektrodinamiskie spēki veidojas arī starp vadītāju, pa kuru plūst strāva, un feromagnētisku ķermeni (tērauda durvīm, karkasiem, darbarīkiem u. c.). Bīstamas

vērtības F_{ed} var sasniegt išslēguma strāvu vai išlaicīgi lielas amplitūdas impulsveida strāvu darbības iespaidā.

Elektrodinamiskos spēkus lietderīgi izmanto elektrisko aparātu darbības procesā.

1. Komutācijas elektriskā loka izstiepšanai

$$F_{ed1/2} = I^2 \left(\ln \frac{8R}{r} - 0,75 \right) 10^{-7}, N,$$

kur $F_{ed1/2}$ — elektrodinamiskais spēks, kas cenšas pārraut riņķveida loka ķermeni;

R — riņķa rādiuss, m;

r — loka ķermeņa rādiuss, m.

2. Loka ievilkšanai lokdzēses kamerā.

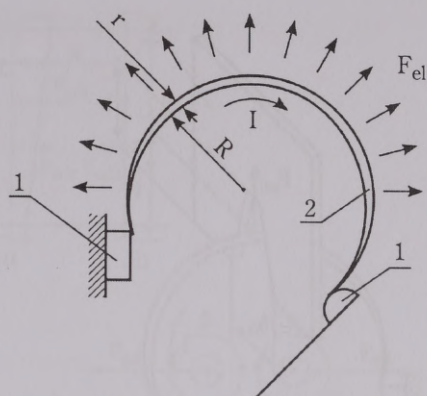
$$F_{ed} = B I l_1, N,$$

kur B — lokdzēses sistēmas pastāvīgo magnētu PM (vai lokdzēses spoles) radītā indukcija;

I — loka strāva, A;

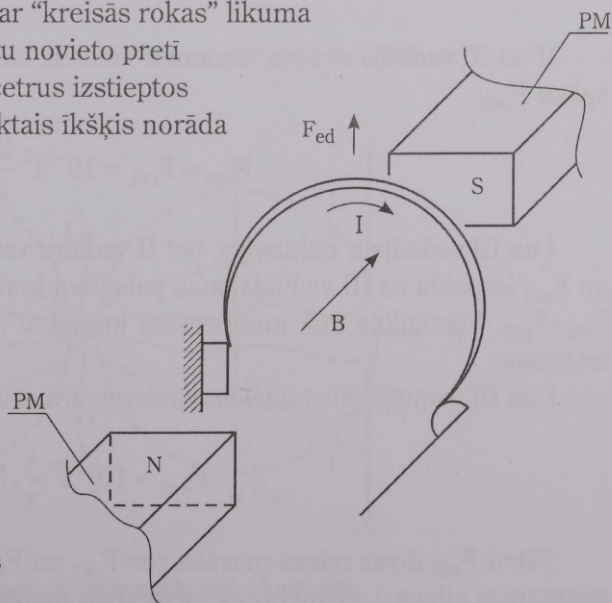
l_1 — loka posma garums, uz kuru iedarbojas lokdzēses magnētiskais lauks.

F_{ed} darbības virzienu nosaka ar "kreisās rokas" likuma palīdzību: ja kreisās rokas plaukstu novieto preti magnētiskajām spēka līnijām un četrus izstieptos pirkstus strāvas virzienā, tad atliektais īkšķis norāda elektrodinamiskā spēka virzienu.

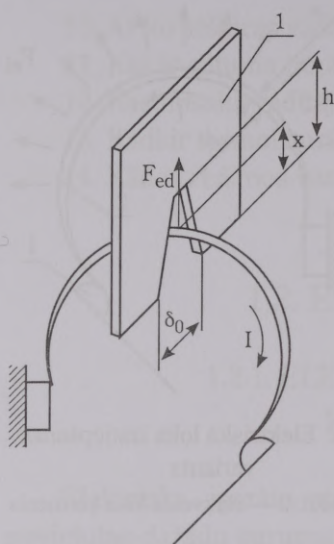


1.9. att. Elektriskā loka izstiepšanas variants

1 — kontakti; 2 — riņķveida loka ķermenis



1.10. att. Elektriskā loka pārvietošanās magnētiskā lauka iespaidā



1.11. att. Feromagnētiska ķermeņa iedarbība uz elektrisko loku.

1 — feromagnētiska plāksnīte

3. Elektriskā loka ievilkšanai dejonizācijas režģī.

$$F_{ed} = 2\pi \cdot 10^{-7} I^2 \frac{lh}{\delta_0(h-x)}, N,$$

kur l — lokdzēses kameras garums (sk. 1.27. att.);

x — loka ķermeņa atrašanās vieta plāksnītes izgriezumā;

h, δ_0 — plāksnītes izgriezuma raksturīgie izmēri.

Režģi veido vairākas plāksnītes, kuras izgatavo no feromagnētiska materiāla. Pretkorozijas aizsardzību var nodrošināt galvanisks vara pārklājums.

kontakta spiediena spēka palielināšanai. (1.12. att.)

I un II vadītājā strāvas virzieni ir pretēji, tādēļ vadītāji savstarpēji atgrūžas ar spēku F_{ed1} :

$$F_{ed1} = 10^{-7} I^2 \frac{2l}{a}, N.$$

II un III vadītājā strāvas virzieni ir vienādi, tādēļ vadītāji savstarpēji pievelkas ar spēku F_{ed3} :

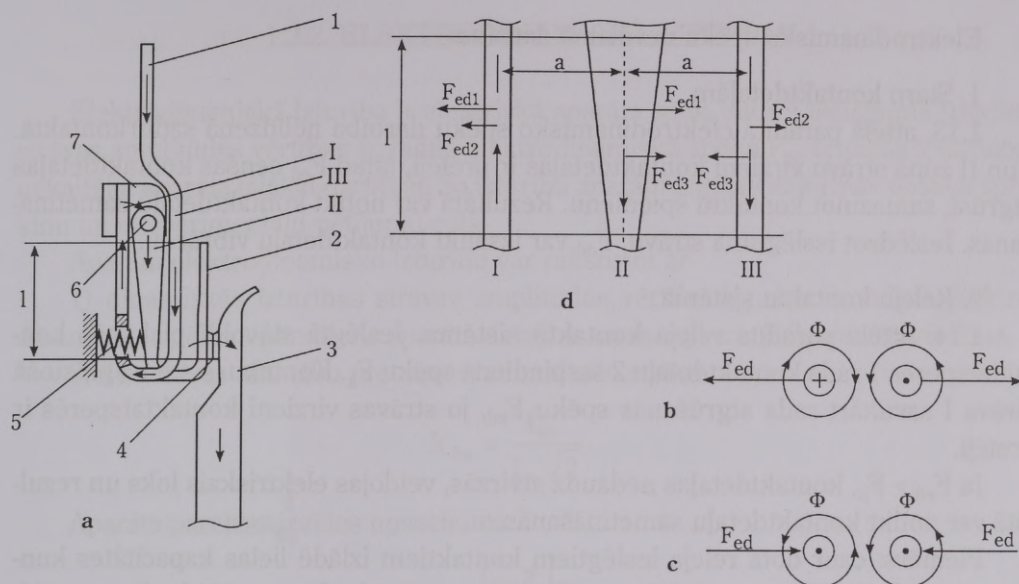
$$F_{ed3} = F_{ed1} = 10^{-7} I^2 \frac{2l}{a}, N.$$

I un III vadītājs ir nekustīgs, bet II vadītājs var ierobežoti pagriezties spēku F_{ed1} un F_{ed3} iespaidā uz III vadītāja pusi, palielinot kontakta spiediena spēku par vērtību $F_{ed1} + F_{ed3}$. Vienlaikus tiek kompensēts kontakta atgrūšanās spēks, novēršot sametināšanos.

I un III vadītājā plūst dažādu virzienu strāva un savstarpējās atgrūšanās spēks

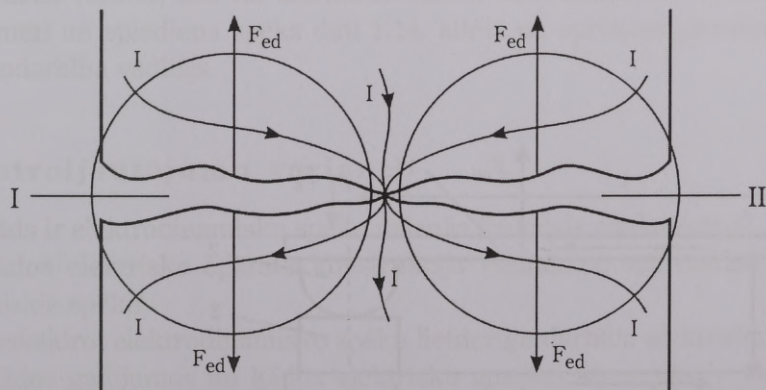
$$F_{ed2} = 10^{-7} I^2 \frac{l}{a}, N.$$

Tātad F_{ed2} divas reizes mazāks par F_{ed1} un F_{ed3} . Tā kā I un III vadītāji ir vienas nekustīgas cilpas 1 elementi ar pietiekošu mehānisko stiprību, to deformācija nenotiek.



1.12. att. Elektrodinamiskie spēki kontaktu sistēmā:

a — A3700 tipa lielstrāvas automātslēdža galveno kontaktu ķēdes elementu savstarpējais izvietojums, kur 1 — cilpas veida nekustīgs strāvas I vadītājs; 2 — šarnīrā 6 nostiprināta ierobežoti kustīgā kontakta U-veida pamatne; 3 — kustīgā kontakta pamatne; 4 — kontakt detaļas; 5 — kontaktatspere; 6 — šarnīrs; 7 — savienojuma mezgls; b — elektrodinamisko spēku F_{ed} darbība, ja blakus esošos vadītājos pretēji strāvas virzieni un ap vadītājiem noslēdzas magnētiskā plūsma Φ . Elektrodinamiskie spēki vadītājus savstarpēji atgrūž. c — ja vadītājos vienādi strāvas virzieni, elektrodinamiskie spēki vadītājus savstarpēji pievelk; d — kontaktu sistēmas posma I vadītājos I, II, III plūstošās strāvas I radīto elektrodinamisko spēku F_{ed1} , F_{ed2} un F_{ed3} darbības virzieni



1.13. att. Elektrodinamiskie spēki sadurkontaktā

Elektrodinamisko spēku nevēlamā darbība.

1. Starp kontaktdetaļām.

1.13. attēlā parādīta elektrodinamisko spēku darbība nelīdznā sadurkontaktā. I un II zonā strāvu virzieni kontaktdetaļās ir pretēji, tātad F_{ed} cenšas kontaktdetaļas atgrūst, samazinot kontaktu spiedienu. Rezultātā var notikt kontaktdetaļu sametināšanās. Ieslēdzot išslēguma strāvu, F_{ed} var izsaukt kontaktdetaļu vibrāciju.

2. Releju kontaktu sistēmā.

1.14. attēlā parādīta releja kontaktu sistēma. Ieslēgtā stāvoklī plakanās kontaktatsperes 1 rada kontaktdetaļu 2 saspiediena spēku F_k . Kontaktu sistēmā plūstošā strāva I savukārt rada atgrūšanās spēku F_{ed} , jo strāvas virzieni kontaktatsperēs ir pretēji.

Ja $F_{ed} > F_k$, kontaktdetaļas nedaudz atvirzās, veidojas elektriskais loks un rezultātā var notikt kontaktdetaļu sametināšanās.

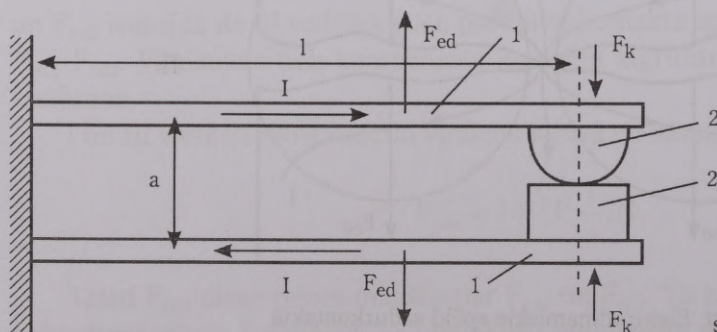
Piemērs: caur dotā releja ieslēgtiem kontaktiem izlādē lielas kapacitātes kondensatora lādiņu. Strāvas išlaicīga impulsa amplitūda $I_{max} = 100A$, $F_k = 1,2N$, $l = 45mm$, $a = 4mm$.

$$F_{ed} = 10^{-7} 100^2 \frac{2 \cdot 45}{4} = 0,025N$$

Un, tā kā $F_{ed} < F_k$, kontakti nesametinās.

Ja I_{max} sasniedz 800A, $F_{ed} = 1,44N$ un $F_{ed} > F_k$, kontakti sametinās.

Šādi nevēlami efekti praktiski novēroti lieljaudas zibspuldžu barošanas iekārtu releju kontaktu sistēmu darbībā.



1.14. att. Elektrodinamiskie spēki releja kontaktu sistēmā

1.2.2. ELEKTRODINAMISKĀ IZTURĪBA

Elektrodinamiskā izturība ir elektriskā aparāta spēja izturēt īsslēguma triecienstrāvas amplitūdas vērtības I_{tr} radītā elektrodinamiskā spēka F_{ed} impulsa iedarbību, nekaitējot aparāta tālākai darbībai. Šo izturību aparātu izgatavotājfirmas nosaka aprēķinu un eksperimentālu pētījumu ceļā.

Aparāta elektrodinamisko izturību var raksturot ar

- 1) dinamiskās izturības strāvas amplitūdas vērtību I_{din} , kuras radītie elektrodinamiskie spēki nepārsniedz aparāta detaļām un mezgliem pieļaujamās vērtības;
- 2) šīs strāvas attiecību pret aparāta nominālo strāvu

$$k_{din} = \frac{I_{din}}{I_N \sqrt{2}}.$$

Aparāta pareizas izvēles nosacījums

$$I_{din} \geq I_{tr},$$

$$\text{vai } \sqrt{2} I_N k_{din} \geq I_{tr},$$

kur I_{din} , k_{din} — firmas informācijā dotie aparāta parametri,

I_{tr} — īsslēguma brīdī aparātam caurplūstošās triecienstrāvas amplitūdas iespējamā vērtība, kuru nosaka pārejas procesu aprēķinu ceļā.

1.2.3. KONTROLUZDEVUMU VARIANTI

1. Aprēķināt un attēlot grafiski elektriskā loka izstiepšanas spēku atkarībā no loka rādiusa $F_{ed1/2} = f(R)$ (sk. 1.9. att.), ja dota strāvas vērtība un rādiusa izmaiņas.
2. Aprēķināt releja ieslēgtiem kontaktiem caurplūstošās strāvas impulsa amplitūdas kritisko vērtību, kas var izsaukt kontaktu sametināšanos. Kontaktu konfigurācija, izmēri un spiediena spēks doti 1.14. attēlā un aprēķina piemērā, vai arī tos norāda nodarbību vadītājs.

Kontroljautājumu varianti

1. Kāds ir elektrodinamisko spēku rašanās fizikālais pamatojums?
2. Kādos elektrisko aparātu konstrukciju elementos var rasties elektrodinamiskie spēki?
3. Paskaidrot elektrodinamisko spēku lietderīgo darbību elektriskajos aparātos.
4. Kādos gadījumos un kādos elektrisko aparātu konstrukciju elementos var rasties bīstamas elektrodinamisko spēku vērtības?
5. Kas ir elektriskā aparāta elektrodinamiskā izturība?

1.3. ELEKTRISKAIS LOKS UN TĀ DZĒŠANA

Elektriskajos aparātos, kuru uzdevums ir ieslēgt vai atslēgt elektriskās ķēdes, starp kontaktiem atslēgšanas procesā bieži rodas elektriskais loks. Tā kā katra elektriskā ķēde satur induktivitāti L un kapacitāti C , tajā uzkrājas elektriskā enerģija

$$W_e = \frac{1}{2} Li^2, \quad W_e = \frac{1}{2} Cu^2.$$

Šī enerģija izlādējas starp kontaktiem elektriskā loka vai dzirksteles veidā, kas izsauc kontaktdetaļu dilšanu un samazina aparāta resursu un drošumu.

1.3.1. PROCESI ELEKTRISKAJĀ LOKĀ

Elektriskais loks starp kontaktiem rodas, ja strāva un spriegums sasniedz noteiktu kritisko vērtību I_0 , U_0 , kas atkarīga no kontaktu materiāla, elektriskās ķēdes parametriem, apkārtējās vides u. c. faktoriem. 1.8. tabulā dotas I_0 un U_0 vērtības biežāk sastopamajiem kontaktu materiāliem.

1.8. tabula

Minimālās strāvas un sprieguma vērtības elektriskā loka uzturēšanai

Kontaktu materiāls	I_0 , A	U_0 , V
Varš	0,43	12,3
Sudrabs	0,4	12
Zelts	0,38	15
Platīns	0,9	17
Volframs	0,9	17

Elektriskā loka rašanās un degšana gaisa spraugā starp kontaktiem liecina par gaisa jonizāciju tajā. Parastos apstākļos gaiss ir labs izolators (lai caursistu 1cm gaisa spraugu, nepieciešams 30 kV spriegums). Lai gaiss kļūtu par vadītāju, tajā ir jārodas zināmu uzlādētu daļiņu (negatīvās — elektroni, pozitīvās — joni) koncentrācijai. Procesu, kurā no neitrālām daļiņām rodas brīvie elektroni un pozitīvie joni, sauc par **jonizāciju**.

Gāzes jonizāciju var izsaukt dažādu faktoru iedarbība, piemēram, gaismā, kosmiskais starojums, augsta temperatūra, elektriskais lauks u. c. Elektriskajos aparātos nozīmīgākie ir autoelektronu un termoelektronu emisija procesos pie elektrodiem (t. i., kontaktiem), un termiskā un triecienjonizācija procesos, kas noris loka kanālā.

Autoelektronu emisija ir elektronu izraušana no katoda (negatīvās polaritātes kontaktdetaļas — elektroda) spēcīga elektriskā lauka iedarbībā (10^5 V/cm un vairāk). Tā kā kontaktus atslēdzot sākuma momentā kontaktu atstarpe ir ļoti maza, elektriskā lauka sprieguma gradients var sasniegt pat 10^8 V/cm. Autoelektronu emisijas strāva ir maza, un tā ir pietiekama tikai elektriskā loka radišanai.

Termoelektronu emisija ir elektronu izraušanās no sakarsušas virsmas. Termoelektronu emisija sākas, ja negatīvās polaritātes kontakta (katoda) materiāla vārīšanās temperatūra pārsniedz 2200 °C. Katoda augstā temperatūra, atslēdzot kontaktus, attīstās pēdējā kontaktu saskaršanās vietā, kontaktam kūstot un izveidojoties šķidra metāla tiltiņam. Termoemisijas gadījumā strāvas blīvums atkarīgs no kontaktu materiāla un temperatūras. Arī termoemisijas strāva ir neliela un pietiekama tikai elektriskā loka radišanai, bet ne tā uzturēšanai. Parasti vienlaikus eksistē abi elektronu emisijas veidi.

Triecienjonizācija rodas, ja brīvajiem elektroniem ir pietiekams ātrums, lai, saduroties ar neitrālu daļiņu, to sašķeltu, t. i., jonizētu, tādējādi radot jaunu brīvo elektronu un pozitīvo jonu. Elektriskā lauka iespaidā tikko radies elektrons paātrinās un sašķel nākamo neitrālo daļiņu. Lai pastāvētu triecienjonizācija, starp kontaktiem ir jābūt pietiekamai potenciālu starpībai, ko sauc par jonizācijas potenciālu. Gāzēm (skābeklim, slāpeklim, ūdeņradim) tas ir 13–16 eV, bet metāla tvaikiem apmēram divreiz mazāks (varam — 7,7 eV). Protams, ne katrs elektrons savā ceļā sastop neitrālo daļiņu; tas ir atkarīgs no gāzes blīvuma.

Termojonizāciju izsauc neitrālo daļiņu (atomu) haotiskā kustība augstā temperatūrā (jo augstāka temperatūra, jo lielāks daļiņu kustības ātrums). Saduroties divām neitrālām daļiņām ar lielu ātrumu, tās jonizējas. Tā kā elektriskajā lokā temperatūra sasniedz 5000–10000 K un vairāk, ir iespējamāka termojonizācija nevis triecienjonizācija.

Vienlaikus ar jonizāciju notiek arī **dejonizācija**. Ja pārsvarā ir jonizācijas procesi, tad elektriskais loks progresē, attīstās. Ja procesi ir līdzsvarā, loks deg stabili. Ja pārsvaru ņem dejonizācija, tad loks dziest. Dejonizāciju nodrošina rekombinācija un difūzija.

Rekombinācijas procesā, sastopoties divām pretēji lādētām daļiņām, tās apvienojas un rodas neitrāla daļiņa. Tā kā elektriskajā lokā negatīvā lādiņa nesēji parasti ir elektroni ar lielu ātrumu, tad to savienošanās ar mazkustīgajiem pozitīvajiem joniem ir maz ticama. Parasti rekombinācija notiek ar neitrālo daļiņu palīdzību, kuras elektroni uzlādē (kad to ātrums ir nepietiekams triecienjonizācijai). Sastopoties šādai uzlādētai daļiņai ar pozitīvo jonu, notiek rekombinācija. Par negatīvā lādiņa

piesaistītāju kalpo arī lokdzēses kameras virsma. Kad tā ir uzlādējusies līdz potenciālam, kas spēj pievilkt jonus, "pielipušais" elektrons ar jonu veido neitrālu daļiņu.

Difūzija ir uzlādēto daļiņu pārvietošanās process no elektriskā loka apkārtējā vidē. To izsauc gan elektriskie, gan siltuma procesi. Lādēto daļiņu blīvums samazinās virzienā no loka centra uz perifēriju. Tāpēc rodas elektriskais lauks, kas liek tām pārvietoties no centra uz perifēriju un tālāk apkārtējā vidē. Tāpat darbojas arī temperatūras starpība lokā un apkārtējā vidē. No loka izdalījušās uzlādētās daļiņas apkārtējā vidē rekombinējas.

Ja elektriskais loks gaisā deg stabili, difūzijas loma ir niecīga. Tā kļūst ievērojama, ja loks atrodas gāzes plūsmā vai strauji pārvietojas lokdzēses kamerā. Ja lokdzēses kamera ir slēgta tipa vai ar šauru gaisa spraugu, dejonizācija notiek galvenokārt rekombinācijas ceļā.

Tāpat galvenais faktors, kas nodrošina elektriskā loka degšanu, ir tā augstā temperatūra (termojonizācija). Tāpēc, lai loku nodzēstu, tas intensīvi jāatdzesē. Šim nolūkam vispiemērotākās ir gāzes ar lielu siltumietilpību un siltumvadāmību. Piemēram, elegāze (SF_6).

1.3.2. LĪDZSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA VOLTAMPĒRU RAKSTURLĪKNES

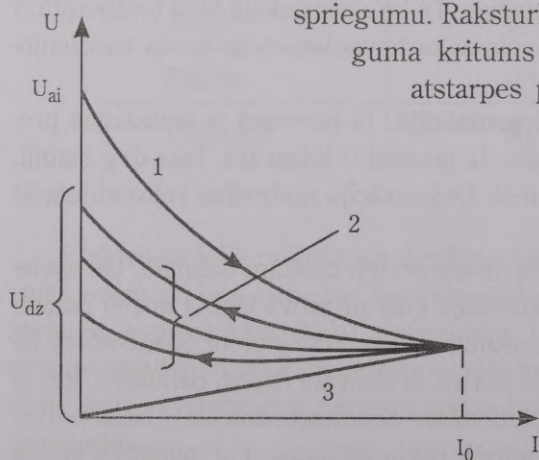
Sprieguma krituma atkarība no strāvas līdzstrāvas elektriskajā lokā (voltampēru raksturliķnes) parādīta 1.15. attēlā.

Raksturliķne 1 ir loka statiskā raksturliķne, t. i., sprieguma kritums mērīts pie noteiktām stabilām strāvas vērtībām, kad jonizācijas un dejonizācijas procesi ir līdzsvarā un lokam pievadītā enerģija ir vienāda ar tā atdoto enerģiju. Elektriskā loka

izlādes sākumam atbilst spriegums U_{ai} , ko sauc par aizdedzes

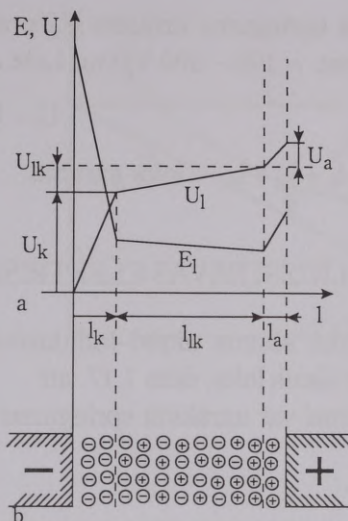
spriegumu. Raksturliķne ir krītoša — pieaugot strāvai, sprieguma kritums lokā samazinās. Tas nozīmē, ka loka

atstarpes pretestība samazinās straujāk nekā pie-



1.15. att. Līdzstrāvas elektriskā loka voltampēru raksturliķnes

1.16. att. Sprieguma krituma un sprieguma gradienta sadalījums pa līdzstrāvas elektriskā loka garumu



aug strāva. Ja strāvu no I_0 samazina ar dažādu ātrumu, iegūst likņu saimi 2, kas atrodas zem liknes 1. Tās ir loka dinamiskās raksturliknes. Jo ātrāk samazina strāvu, jo zemāk iet raksturlikne. Tas tāpēc, ka loka temperatūra un līdz ar to termojonizācijas process atpauzē no strāvas izmaiņas. Ja strāvu samazinātu līdz $I = 0$ bezgala ātri, iegūtu likni 3, jo loka pretestība paliktu nemainīga, bet $I = 0$. Tā ir robežlikne, ko praktiski iegūt nav iespējams.

Spriegumu U_{dz} , pie kura elektriskais loks nodziest, sauc par dzišanas spriegumu. Spriegums loka atstarpē pa loka garumu sadalās nevienmērīgi. 1.16. attēlā parādīts, kā mainās sprieguma kritums U_1 un sprieguma gradients E_1 pa loka garumu (sprieguma gradients ir sprieguma kritums lokā uz vienu tā garuma vienību). Kā redzams, loku var sadalīt trīs raksturīgās zonās, kurās U_1 un E_1 izmaiņa ir dažāda. Piekatoda un pieanoda zonā, kuru garums ir $\sim 10^{-4}$ cm, ir straujš sprieguma kritums: U_k — katoda sprieguma kritums, U_a — anoda sprieguma kritums, U_{lk} — sprieguma kritums loka kanālā. To lielums atkarīgs no kontaktu materiāla un apkārtējās gāzes. Parasti sprieguma kritums pie elektrodiem

$$U_e = U_k + U_a \approx 20 - 25V$$

un

$$E_e = E_k + E_a \approx 10^5 - 10^6 V/cm.$$

Relatīvi lielo sprieguma kritumu pie katoda rada tur esošais pozitīvais tilpuma lādiņš. Tā kā elektronu kustības ātrums ir daudz lielāks (~ 1000 reižu) nekā joniem, elektroni strauji pārvietojas no katoda anoda virzienā, bet katoda tuvumā paliek lēnīe pozitīvie joni, kas veido pozitīvo tilpuma lādiņu (1.16. att.). Tas palielina sprieguma gradientu un sprieguma kritumu U_k .

Tā kā elektriskā loka kanālu veido plazma, tad tajā sprieguma kritums ir mazs.

Loka kanālā sprieguma kritums U_{lk} praktiski ir tieši proporcionāls loka garumam, bet $E_1 = \text{const} \approx 100 - 200 \text{ V/cm}$. Līdz ar to sprieguma kritums elektriskajā lokā ir

$$U_1 = U_e + E_1 l_1, \quad (1.6.)$$

kur $l_1 = l_k + l_{lk} + l_a$ — loka garums.

1.3.3. LĪDZSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANAS NOTEIKUMI

Elektriskā shēma aktīvi-induktīvas slodzes atslēgšanai, kad uz kontaktiem rodas elektriskais loks, dota 1.17. att.

Šai shēmai var uzrakstīt spriegumu krituma vienādojumu

$$U = U_1 + iR + L \frac{di}{dt}, \quad (1.7.)$$

kur $L \frac{di}{dt}$ — sprieguma kritums induktivitātē, mainoties strāvai (pašindukcijas EDS).

Ja loks deg stabili un strāva nemainās, tad $\frac{di}{dt} = 0$ un

$$U = U_1 + iR.$$

Lai loks nodzistu, strāvai jāsamazinās, t. i., $\frac{di}{dt} < 0$ un

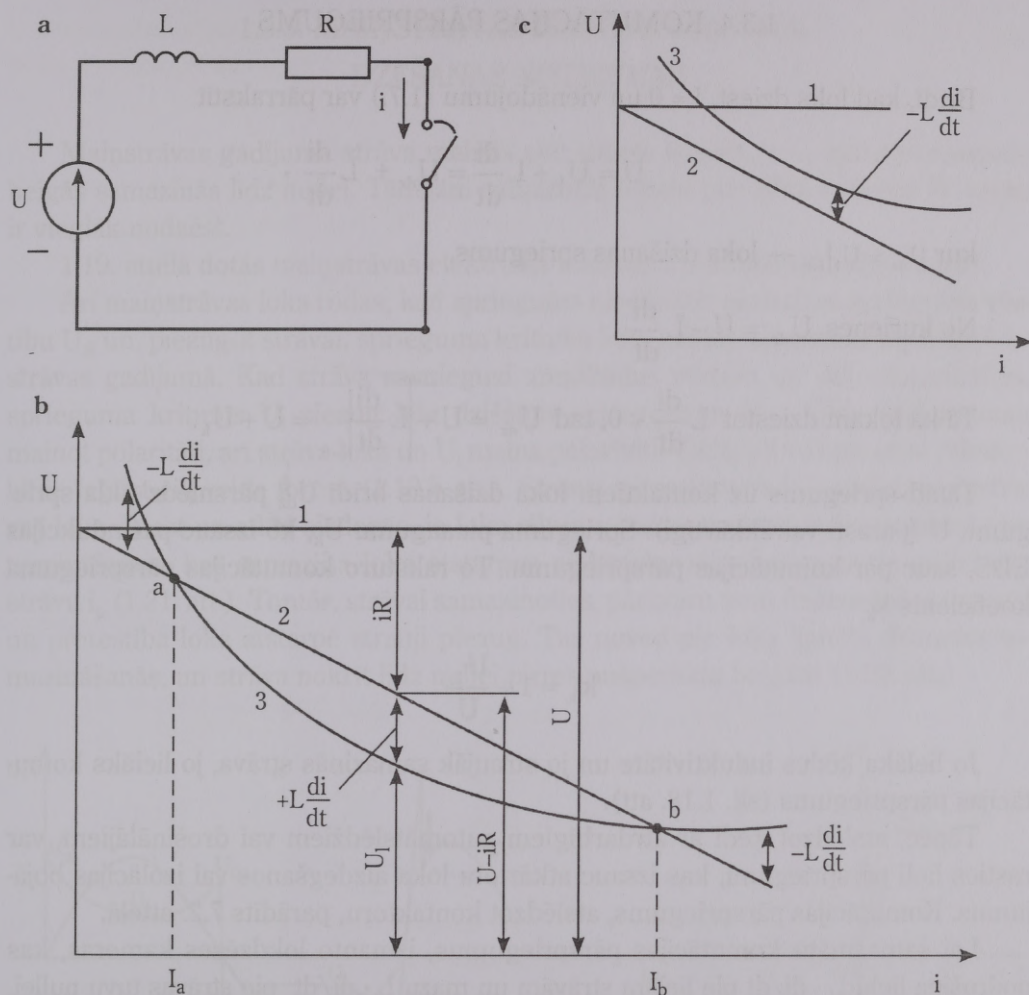
$$U_1 > U - iR. \quad (1.8.)$$

Tas nozīmē, ka sprieguma kritumam lokā jābūt lielākam par pievadīto spriegumu.

Grafiski (1.7.) risinājums parādīts 1.17.b att. Taisne 1 attēlo konstanto pieslēgto spriegumu U , taisne 2 — $(U - iR)$, ķēdes reostatraksturlikni, likne 3 — sprieguma kritumu lokā U_1 .

Zīmējuma vidusdaļā $(L \cdot di/dt) > 0$, tātad te strāva pieaug, līdz sasniedz I_b , kur $di/dt = 0$ un loks deg stabili. Ja $i > I_b$, tad $(di/dt) < 0$ un strāva samazinās līdz I_b , tātad raksturliķņu krustpunkts b ir loka stabilas degšanas punkts. Arī krustpunktā a $di/dt = 0$ un loks deg labili, bet pat nelielu strāvas svārstību gadījumā šis līdzsvars tiek izjaukts: ja $i > I_a$, tad $(L \cdot di/dt) > 0$ un strāva pieaug līdz I_b ; ja $i < I_a$, tad $(L \cdot di/dt) < 0$ un strāva samazinās līdz nullei un loks nodziest. Tātad krustpunkts a ir labils loka degšanas punkts.

Loks dziest, ja $i < I_a$. Lai loks nodzistu pie lielākām strāvām, punkts a jānobīda pa labi vai arī jāpanāk, ka likne 3 nekrusto taisni 2, t. i., loka voltampēru raksturliķne jāpaceļ augstāk, kā tas redzams 1.17.c attēlā, tad tiek izpildīts nosacījums (1.8.).



1.17. att. Līdzstrāvas loka dzēšanas noteikumi

Tātad līdzstrāvas elektriskais loks nodzisis, ja tā voltampēru raksturlikne atradīsies virs ķēdes reostatraksturliknes. Kā redzams no vienādojuma (1.6.), sprieguma kritumu lokā var palielināt divējādi: palielinot pieelektrodu sprieguma kritumu U_e vai izstiepjot loku (palielina l). Loka garumu, pie kura tā voltampēru raksturlikne pieskaras ķēdes reostatraksturliknei, sauc par loka kritisko garumu.

1.3.4. KOMUTĀCIJAS PĀRSPIEGUMS

Brīdī, kad loks dziest, $I = 0$ un vienādojumu (1.7.) var pārrakstīt

$$U = U_l + L \frac{di}{dt} = U_{dz} + L \frac{di}{dt},$$

kur $U_{dz} = U_l|_{i=0}$ — loka dzišanas spriegums.

$$\text{No kurienes } U_{dz} = U - L \frac{di}{dt}.$$

$$\text{Tā kā lokam dziestot } L \frac{di}{dt} < 0, \text{ tad } U_{dz} = U + \left| L \frac{di}{dt} \right|_{i=0} = U + U_k.$$

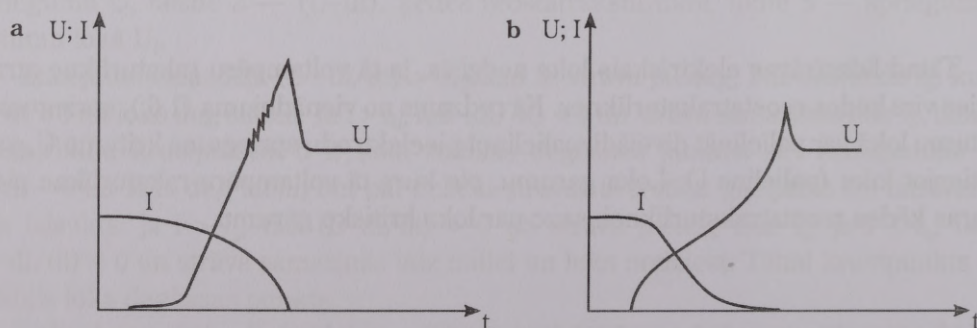
Tā tad spriegums uz kontaktiem loka dzišanas brīdī U_{dz} pārsniedz tīkla spriegumu U (parasti vairākkārtīgi). Sprieguma pieaugumu U_k , ko izsauc pašindukcijas EDS, sauc par komutācijas pārsriegumu. To raksturo komutācijas pārsrieguma koeficients k_k

$$k_k = 1 + \frac{U_k}{U}.$$

Jo lielāka ķēdes induktivitāte un jo straujāk samazinās strāva, jo lielāks komutācijas pārsriegums (sk. 1.18. att).

Tāpēc, atslēdzot ķēdi ar ātrdarbīgiem automātslēdzīem vai drošinātājiem, var rasties lieli pārsriegumi, kas izsauc atkārtotu loka aizdegšanos vai izolācijas bojājumus. Komutācijas pārsriegums, atslēdzot kontaktoru, parādīts 7.2. attēlā.

Lai samazinātu komutācijas pārsriegumus, izmanto lokdzēses kameras, kas nodrošina lielu $L \cdot di/dt$ pie lielām strāvām un mazu $L \cdot di/dt$ pie strāvas tuvu nullei. Relejos plaši izmanto arī R-C kontūrus un induktivitāti šuntējošas diodes (sk.7.8. att.).



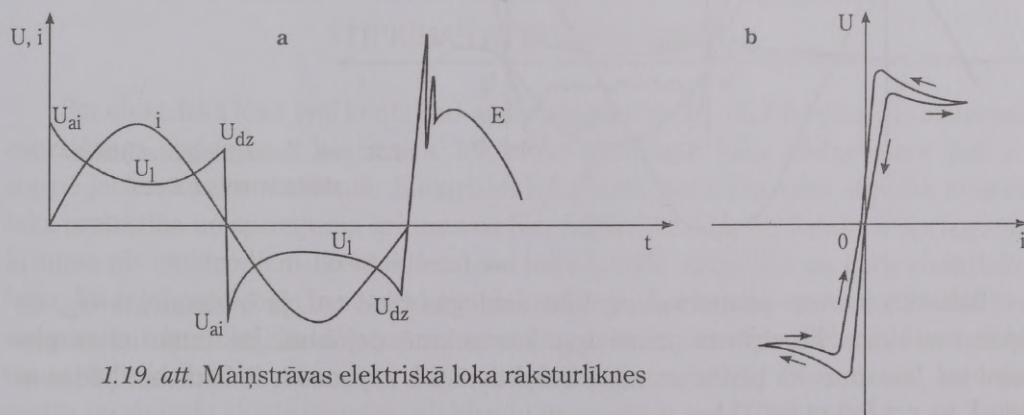
1.18. att. Sprieguma un strāvas oscilogrammas, atslēdzot lielu (a) un mazu (b) induktivitāti

1.3.5. MAINSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANAS NOTEIKUMI

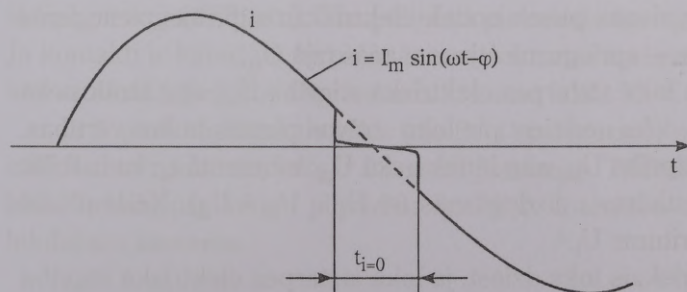
Mainstrāvas gadījumā strāva mainās pēc sinusa likuma, t. i., katra pusperioda beigās samazinās līdz nullei. Tādējādi samazinās lokam pievadītā enerģija W_1 un to ir vieglāk nodzēst.

1.19. attēlā dotas maiņstrāvas elektriskā loka raksturlieknes $i(t)$, $u(t)$ un $u(i)$.

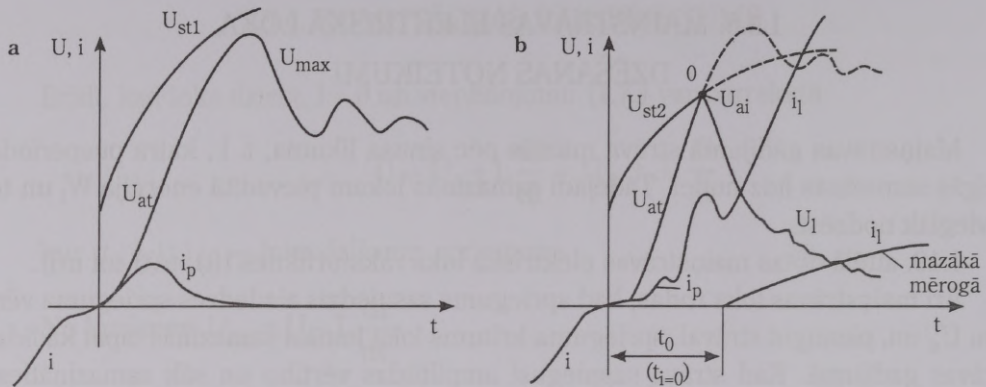
Arī maiņstrāvas loks rodas, kad spriegums sasniedzis aizdedzes sprieguma vērtību U_{ai} un, pieaugot strāvai, sprieguma kritums loka kanālā samazinās tāpat kā līdzstrāvas gadījumā. Kad strāva sasniegusi amplitūdas vērtību un sāk samazināties, sprieguma kritums U_1 pieaug līdz dzišanas spriegumam U_{dz} . Tikla spriegumam mainot polaritāti, arī strāva lokā un U_1 maina polaritāti. Tādējādi volt-ampēru raksturliekne iegūst cilpveida formu (1.19.b att.). Strāvai samazinoties līdz nullei, maiņstrāvas loks dziest un atkal aizdegas, jo loka siltuma inerces nodrošina termojonizācijas turpināšanos, kas samazina loka atstarpes elektrisko stiprību un uztur paliekošo strāvu i_p (1.21. att.). Tomēr, strāvai samazinoties, pārsvaru ņem dejonizācijas procesi un pretestība loka atstarpē strauji pieaug. Tas noved pie loka kanāla diametra samazināšanās, un strāva nokrīt līdz nullei pirms pusperioda beigām (1.20. att.).



1.19. att. Maiņstrāvas elektriskā loka raksturlieknes

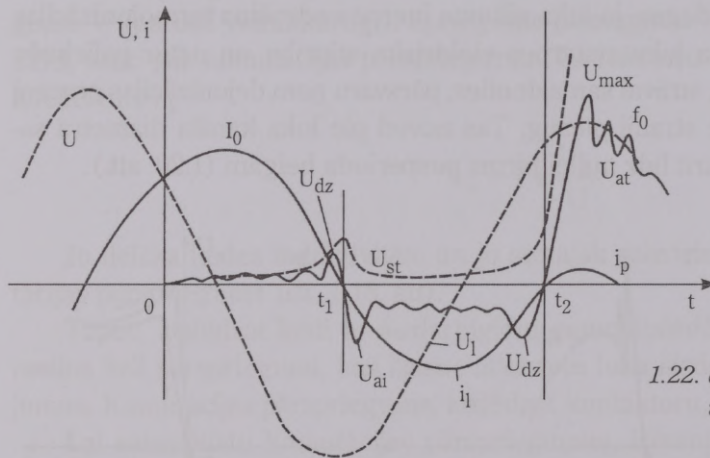


1.20. att. Strāvas izmaiņa pie $i = 0$



1.21. att. Procesi pēc momenta, kad $i = 0$:

a — loka dzišanas gadījumā, b — loka atkārtotas aizdegšanās gadījumā



1.22. att. Zemsprieguma ķēdes atslēgšanas process

Sākoties jaunam pusperiodam, loks aizdegas tikai tad, ja ir sasniegts U_{ai} , un tāpēc izveidojas bezstrāvas pauze $t_{i=0}$, kas sekmē dejonizācijas intensitātes pieaugumu. Jāatzīmē, ka ķēdēs ar mazu induktivitāti L šī pauze ir lielāka, bet ķēdēs ar lielu L — pat ļoti maza $0,1\mu s$.

Tādējādi, katru reizi strāvai samazinoties līdz nullei un atkal pieaugot, notiek divu procesu "sacensība": no vienas puses notiek elektriskās stiprības pieaugums loka atstarpē U_{st} , bet no otras — sprieguma atjaunošanās tajā U_{at} .

1.21. attēlā parādīts — ja loka atstarpes elektriskā stiprība U_{st1} aug ātrāk nekā spriegums uz kontaktiem U_{at} , loks nodziest pie loka strāvas pirmās nulles vērtības. Ja loka atstarpes elektriskā stiprība U_{st2} aug lēnāk nekā U_{at} , momentā t_0 , kas atbilst krustpunktam 0, notiek loka atkārtota aizdegšanās (te $U_{ai} = U_{at} = U_{st}$). Ķēdē plūdis strāva I_l , un būs sprieguma kritums U_l .

Tātad, maiņstrāvas elektriskais loks dziest, ja loka atstarpes elektriskā stiprība

ir lielāka par atjaunošanās spriegumu uz kontaktiem jebkurā laika momentā pēc brīža, kad $I = 0$

$$U_{st} > U_{at}$$

Zemsprieguma aparātos loka garums ir neliels un loka pretestība ir samērojama ar ķēdes pretestību, bet U_1 — ar tikla spriegumu U . Shematiski ķēdes atslēgšanas process parādīts 1.22. attēlā.

Pēc kontaktu atvēršanas momentā t_1 strāva pirmā pusperioda beigās samazinās līdz nullei. Loka atstarpes elektriskā stiprība U_{st} vēl ir nepietiekama, un notiek loka atkārtota aizdegšanās, kad U_{at} sasniedz U_{ai} vērtību.

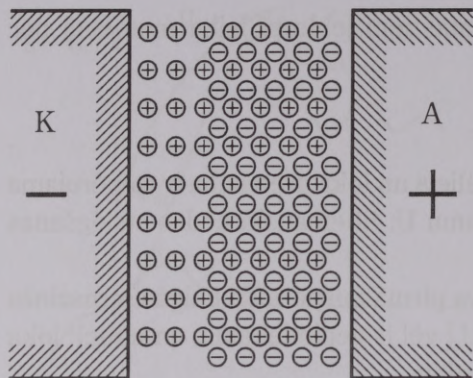
Otrā pusperiodā loka atstarpes pretestība pieaug, un tā ierobežo strāvu lokā i_p , kas veicina U_{st} pieaugumu. Tāpēc, otrreiz strāvai samazinoties līdz nullei, $U_{st} > U_{at}$ un loks dziest. Te var saglabāties paliekošā strāva i_p un radīt dažādus gāzes izlādes veidus.

Ar lokdzēses kameru palīdzību vēlams panākt, lai loks nodzistu, strāvai pirmo reizi samazinoties līdz nullei.

1.3.6. ELEKTRISKĀ LOKA ATSTARPES ELEKTRISKĀS STIPRĪBAS ATJAUNOŠANĀS

Par elektriskā loka (vai kontaktu) atstarpes elektrisko stiprību sauc šīs atstarpes caursišanas spriegumu, kas izsauc atkārtotu elektriskā loka aizdegšanos šajā atstarpē jebkurā laika momentā. Elektriskā loka atstarpes elektrisko stiprību nosaka loka pretestība un sprieguma kritums uz tās. Atkarībā no tā, vai lielāks ir sprieguma kritums pie elektrodiem (kontaktiem) vai loka kanālā, izšķir īsu un garu elektrisko loku. Īsā lokā noteicošie ir procesi pie elektrodiem. Apskatīsim procesu, kad strāva samazinās līdz nullei. Ja sākuma momentā kontakti ir auksti, notiek tikai autoelektronu emisija, bet termoemisija un termojonizācija nenotiek. Pieņemsim, ka loks sastāv no vienāda skaita negatīvo elektronu un pozitīvo jonu. Tā kā strāva $i = 0$, jauni elektroni no katoda neemitē, bet esošie pārvietojas uz anodu, un pozitīvais tīlpuma lādiņš pieaug (1.23. att.). Tas palielina piekatoda sprieguma kritumu pat līdz 300 V. Ja kontakti ir karsti un turpinās termoelektronu emisija, eksistē paliekošā strāva I_p , kas samazina piekatoda sprieguma kritumu līdz 150 V.

Ja ir garš elektriskais loks (pie liela sprieguma), noteicošie ir procesi loka kanālā. Lai to nodzēstu, loks ir intensīvi jāatdzēsē. Tādējādi no loka aizvadītā enerģija kļūst lielāka par lokam pievadīto enerģiju. Intensīvu dejonizāciju veicina dažādas lokdzēses kameras.



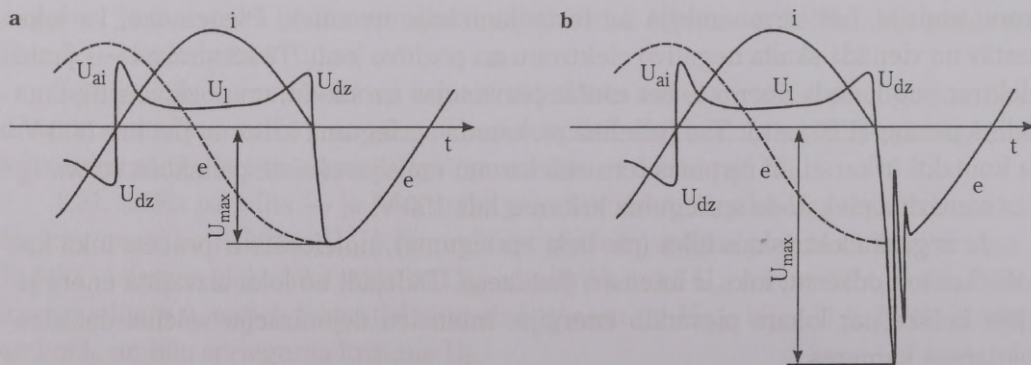
1.23. att. Process isā elektriskā lokā,
kad $i = 0$

1.3.7. SPRIEGUMA ATJAUNOŠANĀS UZ KONTAKTIEM

Kā redzams 1.22. att., loka dzišanas momentā spriegums uz kontaktiem ir vienāds ar dzišanas spriegumu U_{dz} . Tas no tīkla sprieguma laikā atpaliek par $\sim 90^\circ$. Tā kā ķēdē ar R, L, C spriegums nevar mainīties lēcienveidīgi, notiek pārejas process, līdz spriegums uz kontaktiem kļūst vienāds ar barošanas spriegumu. Pārejas process var būt vai nu aperiodisks (1.24.a att.), vai svārstību (1.24.b att.). Aperiodiska procesa gadījumā atjaunošanās spriegums nevar būt lielāks par barošanas avota EDS amplitūdas vērtību E_m . Svārstību procesa gadījumā atjaunošanās sprieguma maksimālā vērtība nepārsniedz $2E_m$. Svārstību frekvence ir atkarīga no ķēdes parametriem

$$f_{U_{at}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

un var sasniegt vairākus tūkstošus Hz, piemēram, elektromagnētu spolēs, dziņēju tīnumos. Viss pārejas process notiek 10–100 μs laikā.



1.24. att. Spriegumu atjaunošanās process uz kontaktiem

1.3.8. LĪDZSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANAS METODES

Lai nodzēstu līdzstrāvas loku, jāizpilda noteikums (1.8.), kur U_1 nosaka formula (1.6.). Līdzstrāvas gadījumā pieelektrodu sprieguma kritums U_e ir neliels un to palielināt ir sarežģīti. Tāpēc ir jāizstiepj loks (palielinās l_1) vismaz līdz tā kritiskajam garumam. Ja kontaktu atvērums ir lielāks par loka kritisko garumu, loks nodziest bez speciālām lokdzēses ierīcēm. Lai palielinātu loka garumu, izmanto tiltiņa kontaktus, kas veido divus ķēdes pārtraukumus. Tad pie kontaktu gājiena δ loks tiek izstiepts līdz 2δ .

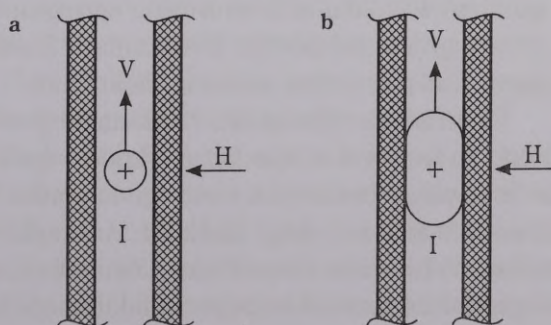
Ja nav iespējams mehāniski loku izstiept, to var izdarīt ar elektrodinamisko spēku palīdzību. Zināms, ka uz katru vadītāju, pa kuru plūst strāva (par tādu var uzskatīt elektrisko loku) un kas atrodas magnētiskajā laukā, darbojas elektrodinamiskais spēks. Tā virzienu var noteikt pēc kreisās rokas likuma. Šī spēka iespaidā loks tiek izstiepts (1.10. att.). Tas pārvietojas ar noteiktu ātrumu v , kas proporcionāls magnētiskā lauka intensitātei H un strāvai lokā I

$$v = k\sqrt{IH},$$

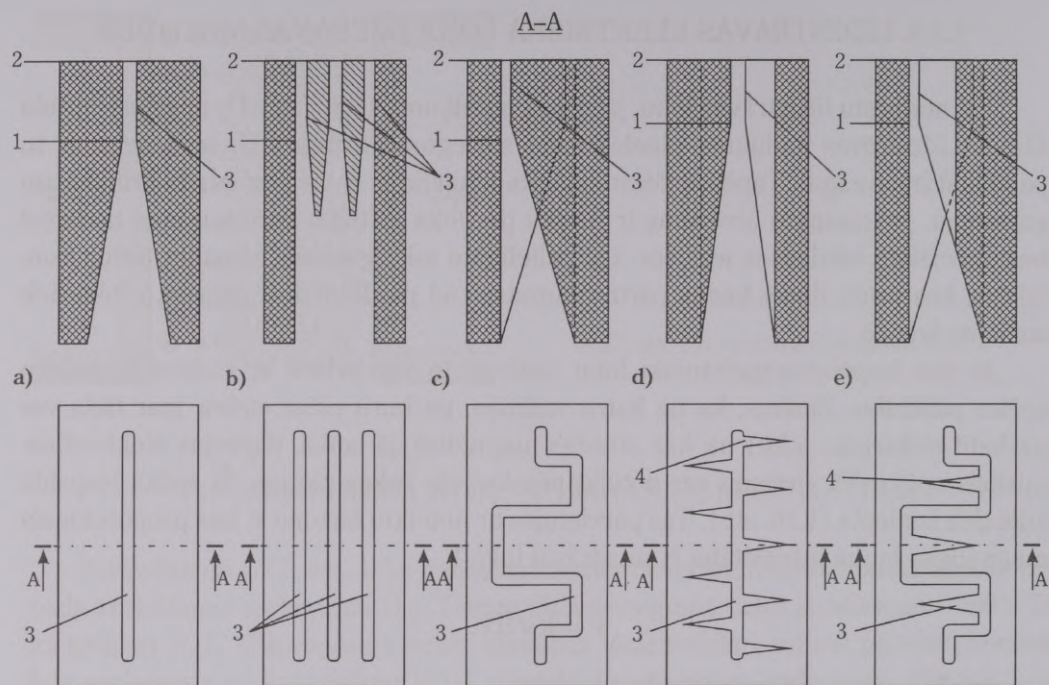
kur k — proporcionalitātes koeficients.

Šajā procesā vienlaikus palielinās sprieguma gradients E_1 , jo loks tiek dzesēts ar gaisa plūsmu. E_1 palielinās, arī intensīvi dejonizējot loku saskarsmē ar relatīvi aukstām lokdzēses kameras sienām.

Izmantojot visus šos faktorus, ir radītas efektīvas lokdzēses kameras. Izšķir kameras ar platu garenspraugu (1.25.a att.) un ar šauru garenspraugu (1.25.b att.). Par platu sauc spraugu, kuras platums ir lielāks par loka kanāla diametru, bet par šauru, ja loka kanāla diametrs lielāks par spraugas platumu. Kameras ar platu spraugu ierobežo loka degšanas telpu, bet neiespaido pašu procesu. Lai efektīvāk izmantotu kameras apjomu, izgatavo platspraugas kameras ar šķērssienām (sk. 7.2. att.). Ievelkot šādā spraugā loku ar elektrodinamisko spēku palīdzību, tas izliecas ap šķērssienām un, tā garumam pārsniedzot l_{kr} , dziest.



1.25. att. Elektriskais loks platā (a) un šaurā (b) garenspraugā



1.26. att. Lokdzēses kameras ar dažādas formas garspraugām

Kamerās 2 ar šauru spraugu loks tiek deformēts un notiek dejonizācija uz kameras sienām 1, un intensīva loka dzesēšana. Kameru spraugas 3 var būt ar ļoti dažādu konfigurāciju (1.26. att.).

Loku kamerā ieviek ar elektrodinamisko spēku palīdzību. Lai samazinātu aerodinamisko pretestību loka kustībai, sprauga sašaurinās pakāpeniski (1.26.a att.). Ja jādzēš lielas strāvas loks, izmanto kameru ar vairākām paralēlām garspraugām (1.26.b att.). Paralelie loki nepastāv ilgi, izņemot vienu pēdējo. Tā dzesēšanas noteikumi ir tādi paši kā kamerā ar vienu spraugu. 1.26.c att. parādīta kamera ar zigzag veida gaisa spraugu. Te mazā kameras tilpumā var panākt lielāku loka garumu. Tas nodrošina šai kamerai plašu lietojumu. Kamera ar garspraugu, ribām un paplašinājumiem 4 (1.26.d att.) nodrošina sprieguma gradienta palielināšanos. 1.26.e. att. kamerā apvienotas pēdējo divu kameru konstrukcijas: zigzag sprauga un paplašinājumi. Tas paaugstina kameras efektivitāti.

Elektrodinamisko spēku radīšanai nepieciešams, lai loks atrastos magnētiskajā laukā. To var iegūt ar speciālām lokpūtes spolēm, ko slēdz virknē vai paralēli ar kontaktiem, vai arī izmantojot pastāvīgo magnētu. Visplašāk izmanto virknē slēgto spoli, ko novieto zem nekustīgā kontakta. Ar magnētva da (tērauda plāksnītes pie kameras ārsienām) palīdzību magnētisko plūsmu novirza loka degšanas zonā. Spoles radītais magnētiskais lauks iedarbojas uz loku ar spēku

$$F = I H \delta,$$

kur I — strāva elektriskajā lokā,

$H = k I w$ — spoles radītā magnētiskā lauka intensitāte,

w — spoles vijumu skaits,

k — proporcionalitātes koeficients,

δ — kontaktu atvēruma.

Ievietojot F izteiksmē H vērtību

$$F = k I^2 w \delta.$$

Tātad virknē slēgta lokpūtes spole rada spēku, kura virziens nav atkarīgs no strāvas polaritātes (jo $F \propto I^2$). Spoles ampērvijumi jāizvēlas tā, lai nodrošinātu loka dzēšanu pie mazām strāvām (līdz 5A). Vai arī te jāpalielina kontaktu atvēruma δ . Virknes lokpūtes spoles izolācijas limeni nosaka tikai sprieguma kritums tīnumos, ko var nodrošināt ar gaisa spraugām starp vijumiem. Tā kā caur spoli plūst visa ķēdes strāva, tās izgatavošanai jāpatērē daudz vara.

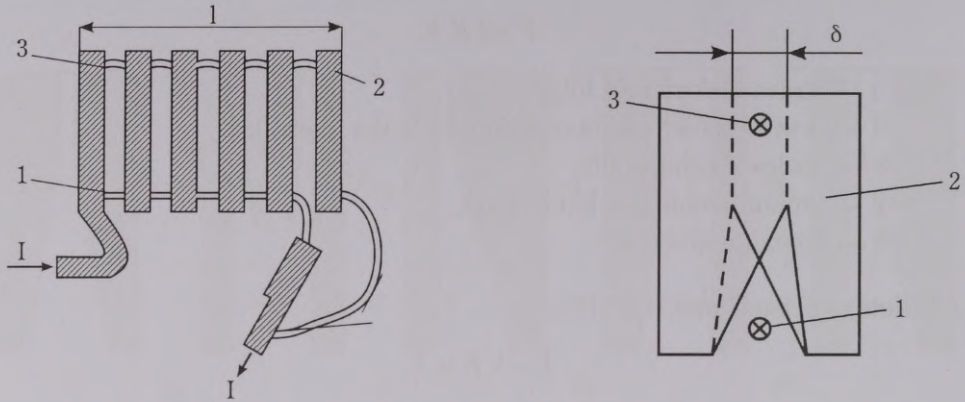
Ja lokpūtes spole slēgta paralēli, ko lieto ļoti reti, magnētiskā lauka intensitāte H nav atkarīga no strāvas I , bet to nosaka konstantais tīkla spriegums ($H = \text{const}$). Tāpēc paralēlā spole nodrošina drošu loka dzēšanu pie mazām strāvām. Tomēr tai piemīt virkne nopietnu trūkumu.

1. Elektrodinamiskā spēka, kas darbojas uz loku, virziens ir atkarīgs no strāvas polaritātes. Neievērojot strāvas polaritāti kontaktu ķēdē (uz kontaktu spailēm ir atzīmes “+” un “-”), notiks avārija — loks tiks virzīts pretējā virzienā, un aparāts var sadegt.
2. Īsslēguma gadījumā spoles barošanas avota spriegums samazinās un loka dzēšana notiek neefektīvi.
3. Lokpūtes spole attiecībā pret kontaktiem jāizolē pilnam tīkla spriegumam. Loka tuvums padara šādu konstrukciju nedrošu.

Ņemot vērā šos trūkumus, paralēlo lokpūtes spoli lieto tikai aparātos, kas paredzēti nelielu (5–10 A) strāvu atslēgšanai.

Konstantu magnētisko lauku lokdzēses kamerā var radīt arī ar pastāvīgo magnētu. Tas ekspluatācijā nepatērē enerģiju, dod ievērojamu vara ekonomiju, spoles nesilda kontaktus, konstrukcija ir droša. Vienīgi elektriskā loka temperatūras iespaidā pastāvīgais magnēts “noveco” (pavājinās tā magnētiskās īpašības).

Bieži pastāvīgo magnētu izmanto kombinācijā ar virknes lokpūtes spoli (sk. 7.4. att.). Līdzstrāvas elektriskā loka dzēšanai izmanto arī lokdzēses kameras ar feromagnētiska materiāla plāksnišu lokdzēses režģi (1.27. att.). Lai plāksnītes neapdegtu, tās pārklātas ar varu vai cinku. Loku šajā kamerā ievēl elektrokinamiskie spēki (sk. 1.11. att.). Režģī loks sadalās atsevišķos patstāvīgos lokos, kur katram ir



1.27. att. Dejonu režģa lokdzēses kamera

1 — loks pirms ieešanas režģi; 2 — feromagnētiska materiāla plāksnīte; 3 — loks sadalīts režģi
l — lokdzēses kameras garums

savs katods un anods ar atbilstošu pieelektrodu sprieguma kritumu U_e . Ja plāksnišu skaits režģī ir m , veidojas $(m-1)$ loks un kopējais sprieguma kritums tajos

$$U_l = U_e(m-1) + E_l l.$$

Lai loks nodzistu, jābūt $U_l > U_{at}$. Tātad, jo lielāks barošanas spriegums U , jo vairāk plāksnišu nepieciešams. Lai atvieglotu loka ievilkšanu režģī, plāksnītēm ir ķīļveida izgriezumi (1.11. un 1.27. att.). Lai loks neveidotu starp plāksnītēm šķidra metāla tiltiņu, minimālais attālums starp plāksnītēm $\delta_p > 2$ mm. Dzēšot lielas strāvas elektrisko loku, plāksnītes stipri sakarst un var pat sadegt. Tāpēc lokpūtes režģi lieto aparātos ar nelielu komutāciju biežumu (< 600 operāciju stundā).

1.3.9. MAIŅSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANA

1.3.9.1. ĪSA MAIŅSTRĀVAS LOKA DZĒŠANA

Zemsprieguma aparātos īsa maiņstrāvas loka dzēšanai visbiežāk izmanto lokpūtes režģa kameras (1.27. att.). Maiņstrāvas loka dzēšanai šajās kamerās ir savas īpatnības. Pēc kontaktu atvēršanās elektrodinamiskie spēki loku ievilk režģī un sadala $(m-1)$ daļās. $(m-1)$ īsa loka rašanās ķēdē samazina strāvu, jo palielinās sprieguma kritums tajos: $U_e (m-1)$. To izsauc pozitīvā tilpuma lādiņa pie katoda un piekatoda sprieguma krituma U_k palielināšanās (1.16. un 1.23. att.). Rezultātā strāva samazinās līdz nullei pirms pusperioda beigām. Tas veicina loka atstarpes elektriskās stiprības atjaunošanos (300V pie mazām strāvām, bet 70 V pie lielām) katrā loka daļā. Pateicoties tam, maiņstrāvas aparātu lokdzēses kamerās ir 7–8 reizes mazāk plāksnišu nekā līdzstrāvas aparātos.

1.3.9.2. GARA MAINSTRĀVAS LOKA DZĒŠANA

Lai nodzēstu garu maiņstrāvas loku, iedarbojas uz procesiem loka kanālā: intensīvi to dzesē, izstiepj, dejonizē. Šim nolūkam izmanto keramikas lokdzēses kameras ar virknē slēgtu lokpūtes spoli. Tā kā spoles radītais elektrodinamiskais spēks ir proporcionāls strāvas kvadrātam, uz maiņstrāvas loku darbojas nemainīga virziena spēks. Tā vidējā vērtība ir tāda pati kā līdzstrāvas gadījumā, ja līdzstrāva vienāda ar maiņstrāvas efektīvo vērtību. Tomēr tas ir pareizi tikai gadījumā, ja lokpūtes spoles magnētavadā nav zudumu. Tāpēc tas jāizgatavo plāksņots. Zudumi magnētavadā izsauc tā silšanu, kas paaugstina arī kontaktu temperatūru. Iespējami arī lieli pārspriegumi, ja strāva tiek pārtraukta pirms tās dabiskās samazināšanās līdz nullei. Tāpēc šādas lokdzēses kameras izmanto tikai kontaktoros, kas paredzēti smagiem komutācijas apstākļiem, ar vairāk nekā 600 komutācijas operācijām stundā.

Paralēlo lokpūtes spoli un pastāvīgo magnētu maiņstrāvas gadījumā nevar izmantot, jo elektrodinamiskais spēks, kas darbojas uz loku, periodiski maina virzienu. Tā kā loka garums ir atkarīgs no barošanas sprieguma, gara elektriskā loka dzēšana ir aktuāla augstsprieguma aparātos, kas apskatīta attiecīgā literatūrā [7., 8.].

1.3.10. ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANA VIDĒ AR PAAUGSTINĀTU SPIEDIENU

Loka kanāla vadāmība ir atkarīga no tā jonizācijas pakāpes. Pieaugot spiedienam, jonizācijas pakāpe samazinās. Tas noved pie sprieguma gradienta palielināšanās, jo, lai uzturētu lokā to pašu strāvu, jāpalielina spriegums.

Bez tam, palielinoties spiedienam, aug gāzes siltumvadāmība. Tas veicina loka dzesēšanu un sprieguma gradienta pieaugumu.

Eksperimentāli noteikts, ka abu šo procesu rezultātā sprieguma gradients, palielinoties spiedienam, mainās šādi:

$$E_p = E_0 p^k \cdot 10^{-k},$$

kur E_0 — sprieguma gradients pie normāla atmosfēras spiediena,

p — spiediens, Pa,

$k = 1/3$, ja loks deg stabili; $k = 0,5-1$, ja loks tiek dzēsts.

Augsts gāzes spiediens rodas slēgta tipa lokdzēses kamerās loka rašanās brīdī, kuras izmanto gan līdzstrāvas, gan maiņstrāvas loka dzēšanai. Plaši to izmanto kustošajos drošinātājos u. c. aparātos. Šeit visa elektriskajā lokā izdalītā enerģija tiek

atdota slēgtā kamerā esošai gāzei. Ja kameras sienīņas neizdala gāzi, spēkā ir šāda sakarība:

$$pV = 10^5 \cdot \frac{2}{3} W_1,$$

kur V — gāzes tilpums, cm^3 ,
 p — spiediens kamerā, Pa,
 W_1 — loka enerģija, J.

Rezultātā loku var nodzēst blīvi slēgtās neliela izmēra kamerās, kas nodrošina aparātu ugunsdrošu darbību.

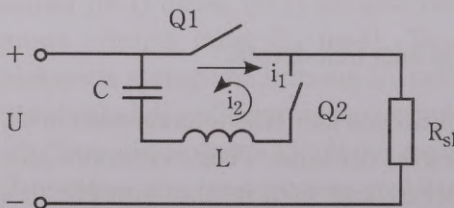
Ja kameras sienīņas izgatavotas no gāzģenerējoša materiāla (fibras, organiskā stikla u. c.), spiediens pieaug vēl straujāk. Tā kā izdalīto gāzu siltumietilpība un siltumvadāmība ir lielāka nekā gaisam, loka dzēšanas efektivitāte strauji palielinās. Tas nodrošina lielu strāvu (līdz 400 A) elektriskā loka dzēšanu neliela izmēra kamerās. Šo metodi plaši izmanto paketslēdžos u. c. aparātos.

1.3.11. ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANA VAKUUMĀ

Vakuamam ir augstas izolācijas un loka dzēšanas īpašības: tā caursišanas spriegums ir sešas reizes lielāks nekā gaisam. Pašreizējais tehnikas līmenis ļauj iegūt augstu vakuuma pakāpi ($1,33 (10^{-4} - 10^{-6})$ Pa) un ilgstoši saglabāt ekspluatācijas apstākļus.

Mainstrāvas gadījumā lokdzēses process ir šāds. Atverot kontaktus, vispirms uz tiem veidojas šķidra metāla tiltiņš, kas ļoti ātri sakarst un iztvaiko. Metāla tvaikos aizdegas elektriskais loks (loku, ko uztur metāla tvaiki, sauc par vakuuma loku). To raksturo mazais sprieguma kritums: $U_1 \approx 20-40$ V. Tikai pie ļoti lielām strāvām (10–100 kA) tas sasniedz 50–200 V. Jau pirmo reizi strāvai samazinoties līdz nullei, loks dziest. Tā kā lokdzēses vakuumkamerā un loka kanālā elektriski lādēto daļiņu blīvums ir krasi atšķirīgs, tad notiek strauja daļiņu difūzija no loka kanāla. Tas nodrošina ātru elektriskās stiprības atjaunošanos kontaktu atstarpē.

Lai vakuumā nodzēstu līdzstrāvas elektrisko loku, izmanto papildu L-C shēmu svārstību procesa radišanai (sk.1.28. att.). Caur vakuumslēdzi Q1 plūst strāva i_1 . Kad



1.28. att. Shēma līdzstrāvas loka atslēgšanai vakuumkamerā

atslēdz Q1, seko slēdža Q2 ieslēgšana un LC kontūrā plūst strāva i_2 , kas pretdarbojas strāvai i_1 . Rezultātā kādā momentā summārā strāva būs vienāda ar nulli un loks nodzisis. Pēc tam slēdzis Q2 atslēdzas.

Vakuumkameras izmanto vakuuma kontaktoros (7.19. att.).

1.3.12. APRĒĶINU PIEMĒRI

1.3.12.1.

Aprēķināt līdzstrāvas loka dzēšanas laiku, atslēdzot ķēdi ar induktivitāti $L = 10 \cdot 10^{-3}$ H ($L = 0,1 \cdot 10^{-3}$ H), ja spriegums uz kontaktiem pieaug par 30 V. Barošanas avota spriegums 400 V, ķēdes pretestība 2 Ω .

Atrisinājums

Strāva atslēdzamajā ķēdē

$$I = \frac{U_N}{R} = \frac{400}{2} = 200 \text{ A.}$$

Sprieguma izmaiņa, lokam dziestot

$$\Delta U = -L \frac{di}{dt} = 30 \text{ V.}$$

No kurienes

$$t_1 = -\frac{L}{\Delta U} \int_0^I di = \frac{LI}{\Delta U} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{30} \cdot 200 = 67 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Atbilde: loka dzēšanas laiks pie $L = 10 \cdot 10^{-3}$ H ir $t_1 = 67$ ms, bet pie $L = 0,1 \cdot 10^{-3}$ H $t_1 = 0,67$ ms, t.i., t_1 ir tieši proporcionāls L .

1.3.12.2.

Aprēķināt iespējamo pārspriegumu līdzstrāvas ķēdē, ja, to atslēdzot, elektriskais loks nerodas. Ķēdes induktivitāte $L = 1,5$ H, šuntēta ar kondensatoru, kura kapacitāte $C = 0,1$ μ F. Strāva ķēdē $I = 20$ A.

Atrisinājums

Ja neņem vērā spoles aktīvo pretestību, gaidāmo pārspriegumu U_k var aprēķināt, vadoties pēc apsvēruma, ka komutācijas laikā visa spoles elektromagnētiskā enerģija pāriet kondensatora elektrostatiskajā enerģijā

$$\frac{LI^2}{2} = \frac{CU_k^2}{2}.$$

No kurienes

$$U_k = I \sqrt{\frac{L}{C}} = 20 \sqrt{\frac{1,5}{0,1 \cdot 10^{-6}}} = 77500 \text{ V.}$$

Atbilde: komutācijas pārspriegums $U_k = 77500 \text{ V}$

1.3.12.3.

Aprēķināt maiņstrāvas loka nodzēšanai nepieciešamo lokdzēses režģa plāksniņu skaitu. Tīkla spriegums $U = 600 \text{ V}$, bet pietakoda sprieguma kritums $U_{o1} = 120 \text{ V}$. Lai loks droši nodzistu, jānodrošina loka atstarpes elektriskās stiprības straujš pieaugums: pēc $100 \mu\text{s}$ tai jāpalielinās 2 reizes (1.29. att.). Atjaunošanās spriegums mainās ar frekvenci $f_0 = 5000 \text{ Hz}$, un tā maksimālā amplitūda pārsniedz tīkla sprieguma amplitūdu 1,4 reizes.

Atrisinājums

Atjaunošanās sprieguma amplitūda

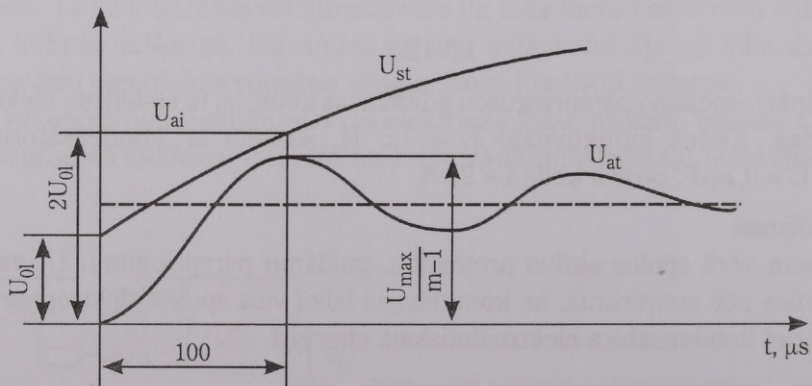
$$U_{\max} = 1,4 \sqrt{2} \cdot U = 1,4 \sqrt{2} \cdot 600 = 1190 \text{ V.}$$

Vienas spraugas elektriskā stiprība pēc $100 \mu\text{s}$

$$U_{o2} = 2U_{o1} = 2 \cdot 120 = 240 \text{ V.}$$

Atjaunošanās sprieguma pusperiods, ja tā frekvence f_0

$$\tau = \frac{1}{2f_0} = \frac{1}{2 \cdot 5000} = \frac{1}{10000} \text{ s} = 100 \mu\text{s.}$$



1.29. att. Spriegumu oscilogramma

Tātad pēc šī laika sprīža vienas spraugas elektriskā stiprība būs 240 V, bet atjaunošanās spriegums — 1190 V. Ievērojot 20% drošību un neņemot vērā sprieguma kritumu loka kanālā, var uzrakstīt

$$U_{\max} = 1,2U_{o2}(m-1).$$

No kurienes

$$m = 1 + 1,2 \frac{U_{\max}}{U_{o2}} = 1 + 1,2 \frac{1190}{240} = 7.$$

Atbilde: lokdzēses režģi nepieciešamas 7 plāksnītes.

Kontroljautājumi

1. Kādi ir elektriskā loka rašanās cēloņi?
2. Kā notiek jonizācijas process lokā?
3. Kā notiek dejonizācijas process lokā?
4. Ar ko atšķiras statiskā loka raksturlikne no dinamiskās?
5. Kas ir piekatoda sprieguma kritums? Cik liels tas ir līdzstrāvas un cik liels maiņstrāvas lokā?
6. No kā ir atkarīgs sprieguma kritums loka kanālā?
7. Kāds noteikums jāizpilda, lai nodzēstu līdzstrāvas loku? Kā to panākt?
8. Kā rodas komutācijas pārspriegums?
9. Kāds ir maiņstrāvas loka dzēšanas noteikums?
10. Kāpēc maiņstrāvas gadījumā pieaug piekatoda sprieguma kritums?
11. No kā atkarīgs sprieguma atjaunošanās process uz kontaktiem?
12. Kādas lokdzēses kameras izmanto līdzstrāvas loka dzēšanai?
13. Salīdzināt virknes lokpūtes spoli ar paralēlo lokpūtes spoli.
14. Kādos gadījumos izdevīgi lokpūtei izmantot pastāvīgo magnētu?
15. Salīdzināt līdzstrāvas un maiņstrāvas loka dzēšanas procesu dejonu režģa kamerā.
16. Kā notiek līdzstrāvas un maiņstrāvas loka dzēšana paaugstinātā spiedienā?

1.4. ELEKTRISKIE KONTAKTI

Elektriskais kontakts (turpmāk — kontakts) ir elektriskās ķēdes nepārtrauktības nodrošināšana strāvu vadošu ķermeņu saskarē. Latīņu valodā *contactus* — pieskāriens. Strāvas pāreja no viena ķermeņa otrā ir fizikāli sarežģīts process, kas

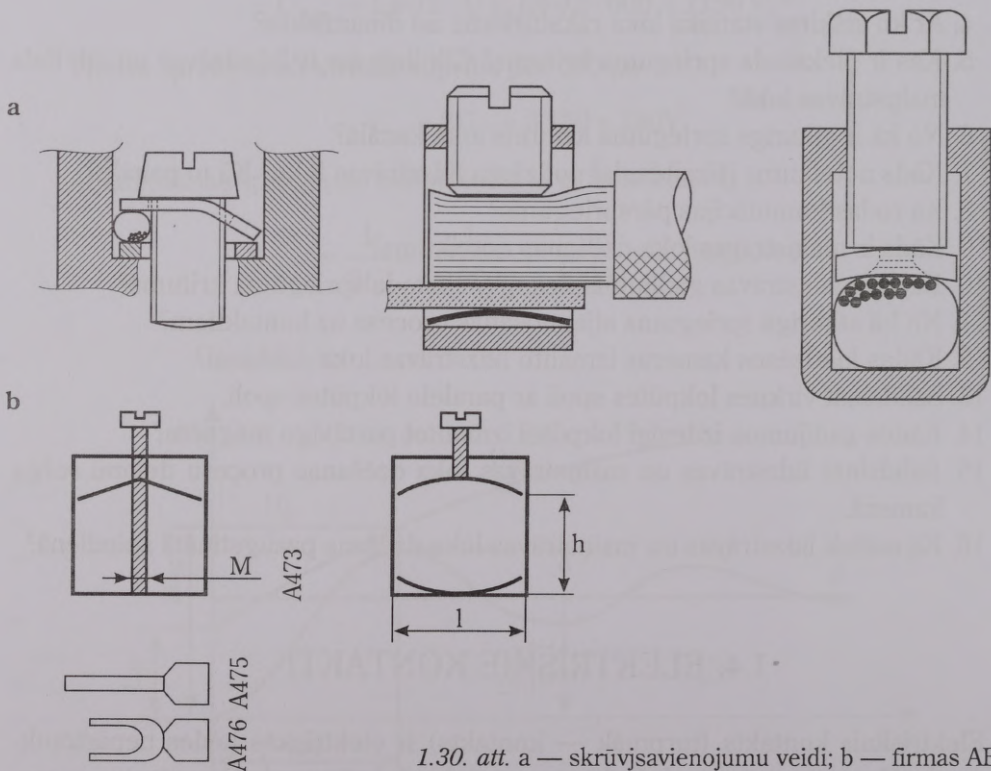
aptver gan tuneļvadāmības, gan silšanas, gan elektroķīmiskās parādības, gan Peltjē, Kolera un Tomsona efektus, kurus tuvāk apskata fizikas disciplinās. Tātad kontakts no vienas puses ir process, taču ar kontaktu saprot arī elektriskās ķēdes daļu, kura kalpo elektriskās strāvas komutēšanai un vadišanai.

1.4.1. KONTAKTU KLASIFIKĀCIJA

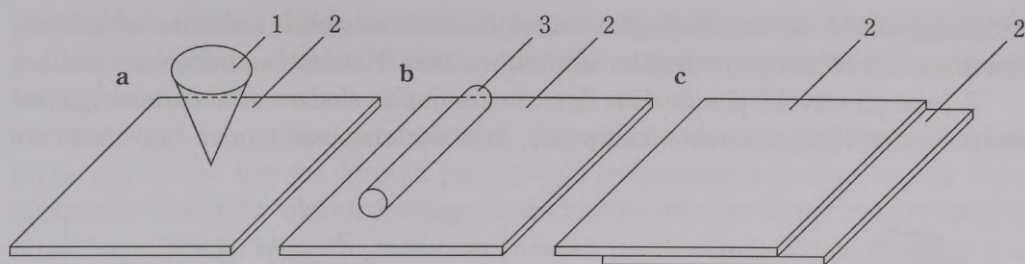
Elektriskajos aparātos izmanto trīs kontaktu veidus.

1. Nekustīgos neizjaucamos kontaktus (kontaktsavienojumus), ko izgatavo, vadītājus sametinot, salodējot, sakniedējot, savalcējot vai sapsesējot. Piemērs: 7.2. attēlā parādītais kontaktora lokdzēses sistēmas virknes spoles l un nekustīgā kontakta 4 savienojums, kustīgā kontakta 6 un lokanā strāvas pievada 7 savienojums.

2. Nekustīgos izjaucamos kontaktus (kontaktsavienojumus), ko izgatavo izmantojot skrūves vai atsperes, tā nodrošinot savienojumam nepieciešamo saspiediena spēku. Skrūvsavienojumu piemēri parādīti 1.30. un 7.14. attēlā.



1.30. att. a — skrūvsavienojumu veidi; b — firmas ABB termoreleju pieslēgspaiļu marķējums (M — vītnes izmērs, $h \times l$ — atveres izmēri)



1.31. att. a — punkta, b — līnijas, c — plaknes veida kontakti:
1 — konuss; 2 — plakne; 3 — cilindrs

3. Kustīgos komutējošos kontaktus, ko piespiež nekustīgiem kontaktiem vai atvirza no tiem elektriskā aparāta darbinātājs. Kontaktu pāri veidojošās detaļas sauc par kontaktdetaļām. Tās pievieno pamatnēm metinot, lodējot, kniedējot vai valcējot. Kontaktdetaļu konfigurācijas var realizēt punkta, līnijas vai plaknes veida kontaktu (sk. 1.31. att.).

Punktveida kontaktus izmanto mazjaudas un mikrorelejos, kur kontaktu spiediena un komutējamās strāvas vērtības ir nelielas. Tām pieaugot, jāizmanto līnijas vai plaknes veida kontakti. Minēto kontaktu veidu konstrukciju piemēri parādīti 1.32. attēlā, kā arī turpmākajās nodaļās apskatīto aparātu šķērzgriezumu attēlos. Atbilstoši izpildāmajām funkcijām kustīgos kontaktus iedala:

- 1) galvenajos kontaktos, kas nodrošina ilgstošu slodzes strāvas caurplūdi;
- 2) palīgkontaktos, kurus izmanto aparātu vadības, signalizācijas un bloķēšanas ķēžu komutēšanai (sk. 9.3. att.);

- 3) lokdzēses kontaktos, kas ieslēgti paralēli galvenajiem kontaktiem. Lokdzēses kontakti ieslēdzas pirms galveno kontaktu ieslēgšanas un atslēdzas pēc galveno kontaktu atslēgšanas, uztverot elektriskā loka iedarbību. Lokdzēses kontaktus izmanto lielgabarīta automātslēdžos galveno kontaktu darbības uzlabošanai un resursa palielināšanai. Šādas kontaktu sistēmas konstrukcijas piemērs redzams 1.36. i, j un 2.2. attēlā.

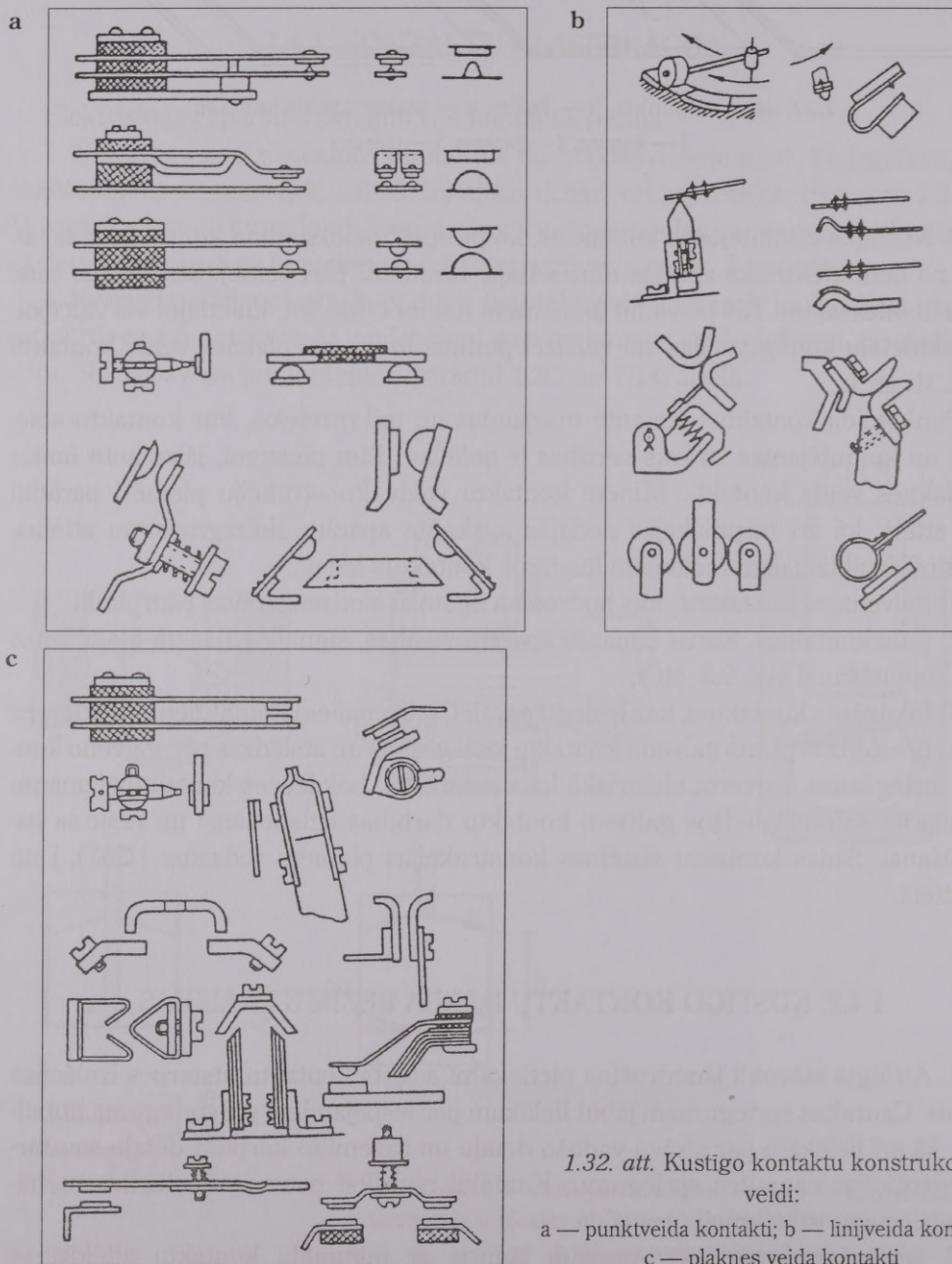
1.4.2. KUSTĪGO KONTAKTU DARBA REŽĪMU PRASĪBAS

1. Atslēgtā stāvoklī jānodrošina pietiekami augsts kontaktu atstarpes izolācijas līmenis. Caursītes spriegumam jābūt lielākam par iespējamiem pārsprieguma impulsiem, kā arī lielākam par strāvu vadošo detaļu un sazemēto korpusa detaļu savstarpējās izolācijas caursītes spriegumu. Kontakti nedrīkst patvarīgi ieslēgties mehānisku triecienu vai vibrāciju iespaidā.

2. Ieslēgšanas pārejas procesam jānoris ar minimālu kontaktu atlēkšanas

(vibrāciju) skaitu vai bez vibrācijām, kā arī jānodrošina stabila kontakta veidošanās, strauji samazinot pārejas pretestību līdz minimumam. Kontakti nedrīkst sametināties.

3. Ieslēgtā stāvoklī jānodrošina ilgstoša nominālās slodzes strāvas, īslaicīga pārslodzes vai īsslēguma strāvas caurplūde, kontaktdetaļu sasilumam nepārsniedzot



1.32. att. Kustīgo kontaktu konstrukciju veidi:

a — punktveida kontakti; b — linijveida kontakti;
c — plaknes veida kontakti

pieļaujamās vērtības. Kontakta pārejas pretestībai jābūt stabilai. Kontakti nedrīkst patvarīgi atslēgties mehānisku triecienu, vibrāciju vai elektrodinamisko spēku iespaidā, kā arī sametināties.

4. Atslēgšanas pārejas procesam (sk. 7.5. att.) jānodrošina pietiekami liels kontakta atvēršanās sākuma ātruma pieaugums, komutējamās strāvas strauja samazināšanās, elektriskā loka eksistēšanas laika un komutācijas pārsprieguma optimāla attiecība, minimāls kontakta materiālu zudums (nolietošanās), strauja kontakta atstarpes izolācijas līmeņa atjaunošanās.

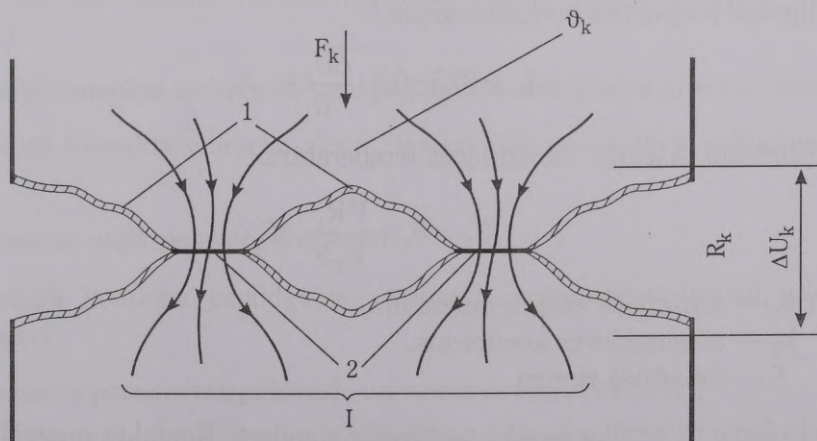
1.4.3. KONTAKTU GALVENIE PARAMETRI

1. Kontakta pārejas pretestība R_k .

1.33. attēlā parādīta kontakta veidošanās shēma. Strāvu vadošie laukumi veido tikai daļu no kontakta darba virsmas laukuma, un šī daļa ir atkarīga no kontakta spiediena, materiāla īpašībām un pārejas vietas sasiluma.

$$R_k = R_{kv} + R_{km} + R_{kp} = \frac{a}{F_k^b}, \Omega$$

kur R_{kv} — strāvu vadošā šķērsriezuma virsmas pretestība, R_{km} — materiāla pretestība, R_{kp} — plēvītes pretestība, F_k — kontakta spiediena spēks, a — kontakt detaļu materiālu raksturojošs koeficients (Cu–Cu pārim $a = 0,009-0,014 \Omega N$, Ag–Ag — $0,0006 \Omega N$), b — kontakta formu raksturojošs koeficients (sfēra–sfēra $b = 0,5$; cilindrs–plakne $b = 0,7$; plakne–plakne $b = 1,0$).



1.33. att. Kontakta veidošanās

1 — oksīdu un nosēdumu plēvītes; 2 — strāvas pārejas vietas; F_k — kontakta spiediena spēks; R_k — kontakta pārejas pretestība; I — strāva; ΔU_k — sprieguma kritums; θ_k — kontakta sasiluma temperatūra

R_k vērtību parasti lieljaudas aparātiem izsaka miliomos, jutīgiem mikrorelejiem — omos. Palielinot F_k , R_k samazinās.

2. Kontakta spiediena spēks.

F_k būtiski ietekmē R_k vērtību. Izjaucamos nekustīgos kontaktsavienojumos F_k nepieciešamo vērtību nodrošina pietiekams piespiedējskrūves pievilksšanas moments, kustīgajos kontaktos — pareizi izvēlēta kontaktu atstarpes raksturlikne (sk. 7.3. att.). Orientējoši var izmantot rokasgrāmatās dotās īpatnējā spiediena vērtības N/A, piemēram, kontaktoriem ar vara kontaktiem rekomendē $F_{kip} = 0,145-0,24$ N/A.

3. Sprieguma kritums kontakta pārejā ΔU_k .

$$\Delta U_k = I R_k, V.$$

Tas raksturo kontaktu stāvokli. Sasniedzot ΔU_k kritisko vērtību, pasliktinās kontaktu materiāla mehāniskās īpašības, var notikt sametināšanās.

1.9. tabula

$\Delta U_{k,kr}$ dažādiem kontaktu materiāliem

Materiāls	$\Delta U_{k,kr}$ V
Varš	0,09-0,13
Sudrabs	0,08-0,1
Platīns	0,22-0,4

4. Ilgstoši pieļaujamā kontaktu strāva I.

$$I_{\infty} = (0,5-0,8) \frac{\Delta U_{k,kr}}{R_k}, A;$$

5. Kontakta sasilumu raksturojošā temperatūra.

$$\vartheta_k = \vartheta_0 + \frac{I^2 R_k}{k_T S}, ^\circ C,$$

kur ϑ_0 — apkārtējās vides temperatūra,

k_T — siltumatdeves koeficients,

S — dzesējošā virsma.

Pieļaujamo ϑ_k vērtību nosaka pastāvošie standarti. Kontakta materiālam un tuvumā esošai izolācijai bīstamas ϑ_k vērtības var sasniegt, pasliktinoties kontaktu stāvoklim, t. i., dažādu cēloņu dēļ pieaugot R_k un ΔU_k vērtībām, kā arī pārslogojot kontaktus.

Augstāk minētie parametri raksturo gan kustīgos, gan nekustīgos kontaktsavienojumus. Taču kustīgo komutējošo kontaktu darba režīms ir daudz smagāks un sarežģītāks, tādēļ tā raksturošanai nepieciešami vēl citi parametri.

6. Īpatnējais kontaktu materiāla nolietojums ΔG_{ip} viena komutācijas cikla rezultātā.

Tas savukārt atkarīgs no daudziem citiem parametriem. Piemēram, līdzstrāvas kontaktora pozitīvās polaritātes KMKA10 m materiāla kontakta svara zudums 1 cikla rezultātā

$$\Delta G_{ip} = k(t_n - c), \text{ g,}$$

kur t_n — loka atbalsta punkta nekustības laiks uz kontakta virsmas,

k un c — empīriski koeficienti.

Konkrētā gadījumā ($U_N = 40\text{V}$, $I_N = 250\text{A}$, lokdzēses magnētiskā lauka indukcija $B_{dz} = 160 \cdot 10^{-4} \text{T}$, $t_n = 5 \text{ms}$, ķēdes laika konstante $T = L/R = 12 \text{ms}$, kontaktu materiāls KMKA10m) $\Delta G_{ip} = 6\mu\text{g} = 6 \cdot 10^{-6} \text{g}$.

7. Orientējošais komutācijas ciklu skaits (resurss) N .

Ja pieņem $\Delta G_{ip} = \text{const}$, tad

$$N = \frac{\sum \Delta G_{piel}}{\Delta G_{ip}},$$

kur $\sum \Delta G_{piel}$ — pieļaujamais summārais kontaktdetaļas svara zudums (ap 2/3 no sākotnējās masas).

Tomēr ekspluatācijas laikā ΔG_{ip} mainās. Ciklu skaita izmaiņas atkarību no slodzes elektrisko aparātu izgatavotājfirmas parasti dod nomogrammu veidā (sk.7.7. att.).

8. Kustīgā kontakta atvirzes ātruma pieaugums atslēgšanas procesa sākumā.

9. Kustīgā kontakta vibrāciju skaits, kontaktiem saskaroties ieslēgšanas procesā.

10. Kontaktu atstarpe atslēgtā stāvoklī.

11. Kustīgā kontakta papildgājiens kontakta spiediena radišanai, saspiežot kontaktatsperi.

12. Kontaktu pāra savstarpējā slide un velšanās saskares zonā.

13. Ieslēgšanas un izslēgšanas robežstrāva un robežjauca.

Izstrādājot konkurētspējīgus elektriskos aparātus, konstruktori veic sarežģītus minēto parametru savstarpējo variāciju un aparāta globālas optimizācijas aprēķinus.

1.4.4. KONTAKTU MATERIĀLI

Ideālam komutējošo kontaktu materiālam jābūt izturīgam pret elektriskā loka iedarbību (ar augstu kušanas temperatūru) un ar mazu īpatnējo elektrisko pretestību ρ .

1.10. tabula

Kontaktu pamatmateriālu īpašību salīdzinājums

Materiāls	Kušanas temperatūra ϑ_k , °C	Īpatnējā pretestība ρ , $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Cietība (pēc Brineļa) kG/mm^2
Sudrabs — Ag	961	0,016	25
Varš — Cu	1083	0,0182	35–38
Zelts — Au	1063	0,024	18,5
Volframs — W	3350	0,053	350
Platīns — Pt	1770	0,106	50
Palādijs — Pd	1555	0,107	60

No tabulā minētajiem datiem redzams, ka sudrabam ir vismazākā īpatnējā pretestība, arī oksīda plēvīte (apsūbējums), kas netraucē strāvas caurplūdi. Galvenais trūkums — zema kušanas temperatūra, tātad zema izturība pret elektriskā loka iedarbību. Savukārt ar augstu kušanas temperatūru un izturību pret elektriskā loka iedarbību izceļas volframs, taču tā īpatnējā pretestība ievērojami lielāka nekā sudrabam. Abu iepriekš minēto materiālu pozitīvās īpašības var sekmīgi izmantot, pulvertehnoloģijas ceļā veidojot hibrīdu — grūti kūstošu volframa režģi ar sudraba pildījumu. Grūti kūstošam režģim var izmantot arī kadmija oksīdu, niķeli, grafītu, bet pildījumam — varu. Minēto materiālu kombinācijas ļauj izgatavot kontaktus, kas ilgi kalpo un ir izturīgi pret sametināšanos. Vēl labākus rezultātus panāk, pildījumu veidojot mikroskopisku šķiedru veidā perpendikulāri kontaktu virsmai. Ņemot vērā ierobežotos sudraba resursus, tiek veikti pētījumi tā aizstāšanai ar palādiju. Vara kontaktus lieto lieljaudas kontaktoros un automātiskajos slēdžos, nodrošinot ieslēgšanas procesā kontaktu virsmu savstarpēju velšanos un slīdi vara oksīda slāniša likvidēšanai. Dārgmetālu — zelta un platīna — kontaktus lieto augstjutīgos mazjaudas relejos, kur ļoti mazs kontaktu spiediens. Kontaktu īpašības uzlabojas, sakausējot zeltu ar niķeli vai platīnu ar irīdiju. Volframu tīrā veidā lieto tikai mazjaudas zemsprieguma aparātos, nodrošinot lielu kontaktu spiedienu. Grafītu izmanto lieljaudas komutācijas aparātu lokdzēses kontaktiem augstās lokizturības dēļ.

Kontaktu īpašības nosaka ne tikai materiālu izvēle un kombinācijas, bet lielā mērā arī izgatavošanas tehnoloģija, kas ir firmas noslēpums.

1.4.5. KONTAKTU NOLIETOŠANĀS

Kontaktu nolietošanās saistīta ar ķīmiskiem, mehāniskiem un elektriskiem procesiem kontaktsavienojumos.

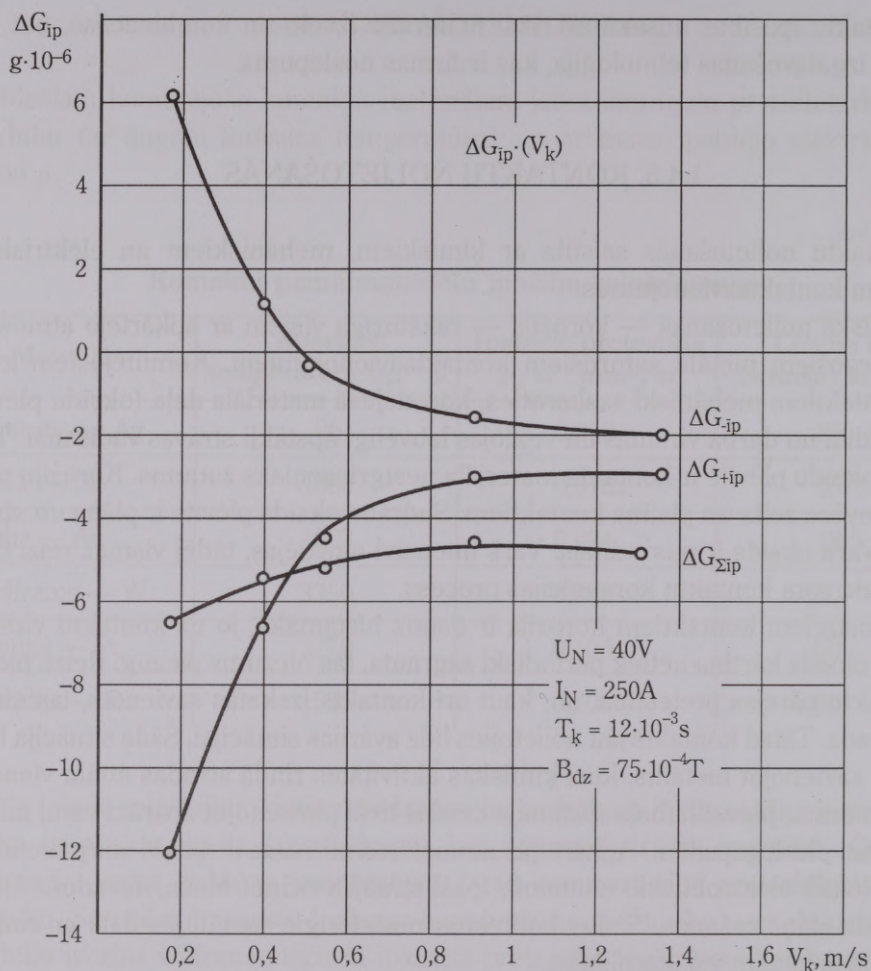
Ķīmiskā nolietošanās — korozija — raksturīga visiem ar apkārtējo atmosfēru saskarē esošiem metālu saturošiem kontaktsavienojumiem. Komutējošiem kustīgiem kontaktiem mehāniski saskaroties, korodējušā materiāla daļa (oksīdu plēvīte) tiek nobīdīta no darba virsmas un veidojas labvēlīgi apstākļi strāvas vadīšanai. Taču novāktā oksīdu plēvīte ir kontakta materiāla neatgriezenisks zudums. Koroziju praktiski nenovēro zelta un platīna kontaktiem. Sudraba oksīda plēvīte ir plāna un strāvu vadoša. Vara oksīds ir pusvadītājs. Varš intensīvi oksidējas, tādēļ vismaz reizi dienā naktī jāveic vara kontaktu komutācijas process.

Nekustīgiem kontaktiem korozija ir daudz bīstamāka, jo uz kontaktu virsmas radusies oksīda kārtiņa netiek periodiski sagrauta, tās biezums pieaug. Reizē pieaug arī kontaktu pārejas pretestība, un, kaut arī kontakts izskatās savienots, tas strāvu vairs nevada. Tātad kontakts jau nolietojies līdz avārijas situācijai. Šāda situācija bieži veidojas, savienojot metālus, kuri ķīmiskās aktivitātes rindā atrodas attālu viens no otra, piemēram, pievadkabeļa alumīnija dzīslas tieši pievienojot aparāta vara, misiņa vai bronzas pieslēgspailēm. Apkārtējās atmosfēras mitruma iespaidā starp metāliem veidojas lokāli elektrolītiskie elementi, īpaši strauji veicinot bieža, nevadoša alumīnija oksīda slāņa rašanos. Šādos kontaktos nesaderīgie metāli jāatdala ar cinkota tērauda paplāksnēm vai starplikām.

Kustīgo kontaktu mehānisku nolietošanos izsauc saslēgšanās triecieni, velšanās, slide. Mīkstāki kontaktmateriāli tiek pakāpeniski saplacināti.

Kustīgo kontaktu elektriska nolietošanās (erozija) ir elektriskā loka vai dzirksteļošanas iedarbības sekas komutācijas gaitā. Erozija ir kustīgo kontaktu nolietošanās noteicošais process. Šis process ir komplicēts un tajā darbojas vairāki gadījuma rakstura faktori, dažādas atgriezeniskās saites, ievērojami apgrūtinot procesa matemātisko modelēšanu. Līdzstrāvas gadījumā dažādas polaritātes kontaktdetaļas nenolietojas vienādi, notiek pat materiāla pārnese no vienas kontaktdetaļas uz otru, kā tas redzams 1.34. att. Šinī gadījumā kontakta atvirzīšanās ātrumam $v_k < 0,45$ m/s atbilst pozitīvās kontaktdetaļas īpatnējais masas zudums ($-\Delta G_{+ip}$), bet negatīvās kontaktdetaļas masas pieaugums ($+\Delta G_{-ip}$) notiek uz pozitīvās kontaktdetaļas rēķina.

Summārais īpatnējais materiāla zudums G_{ip} ir negatīvs visām v_k vērtībām, taču pieaug, samazinot v_k . Savukārt v_k samazinās, kontaktiem nolietojoties, kā arī šuntējot aparātu darbinātāju elektromagnētu spoles ar diodēm un mazas pretestības



1.34. att. Kontaktdetaļu ipatnējais nolietojums ΔG_{ip} atkarībā no kontaktu atslēgšanas ātruma v_k . ΔG_{+ip} — pozitīvās polaritātes kontaktam, ΔG_{ip} — negatīvās polaritātes kontaktam, T_k — komutējamās ķēdes laika konstante, B_{dz} — lokdzēses magnētiskā lauka indukcija

rezistoriem. Šuntēšana atvieglo vadības ķēdes kontaktu vai pusvadītāju elementu darbību, taču var būtiski palielināt paša aparāta kontaktu ipatnējo nolietojumu un samazināt kalpošanas ciklu skaitu (sk. 7.4.3. nodaļu).

Aparātu izgatavotājfirmas garantē noteiktu komutācijas ciklu skaitu (resursu), ievērojot aparāta ekspluatācijas noteikumus (komutējamās ķēdes parametrus, ciklu intensitāti, vadības shēmas īpatnības u. c.). Mainot šos noteikumus, rūpīgi jāanalizē komutācijas procesa izmaiņas, laikus novēršot iespējamās negatīvās sekas. Mūsdienās paredzētais ciklu skaits parasti pārsniedz 10^6 .

1.4.6. KONTAKTU DROŠUMS

Par kontaktu drošumu sauc to īpašību saglabāt savus parametrus (R_k, ϑ_k u.c.), uzdoto normu robežās ekspluatācijas laikā realizējot N komutācijas ciklus. Savukārt kontaktu atteice (bojājums) ir galveno parametru ievērojama novirze (R_k, ϑ_k pieaugums) līdz pat pilnīgam ķēdes pārtraukumam.

Drošuma kvantitatīvais mērs ir drošas darbības varbūtība garantētā ciklu skaita vai ekspluatācijas laika robežās.

$$p(N) = p(N_{dr} > N_{gar}),$$

$$p(t) = p(t_{dr} > t_{gar}),$$

kur $p(N), p(t)$ — drošuma funkcija,

N_{dr}, t_{dr} — drošas darbības ciklu skaits vai laiks,

N_{gar}, t_{gar} — garantētais ciklu skaits vai ekspluatācijas laiks.

Nedrošas darbības vai atteices varbūtība

$$q(N) = p(N_{dr} < N_{gar}),$$

kur $q(N)$ — atteices funkcija.

No varbūtības teorijas seko, ka

$$p(N) + q(N) = 1.$$

Citiem vārdiem, drošums ir varbūtība, ka kontaktu drošas darbības ciklu skaits N_{dr} būs lielāks par garantēto ciklu skaitu N_{gar} .

Dažādu kontaktu drošuma salīdzināšanai lietderīgi izmantot citu parametru — atteiču intensitāti λ , kuras mērvienība ir h^{-1} , t. i., $\frac{1}{h}$ stunda. Atteiču intensitāte ir varbūtība, ka laikā t droši strādājis kontakts nākamajā laika pieaugumā Δt nenostādās, t. i., nenodrošinās ķēdes komutāciju. Šo varbūtību attiecina pret izvēlētu t vērtību. Piemēram: lodētiem kontaktiem λ vidējā vērtība ir $0,004 \cdot 10^{-6}$, spraudkontaktiem — $0,17 \cdot 10^{-6}$, mikroreleju kontaktiem — $0,06 \cdot 10^{-6} h^{-1}$. Tātad drošākie ir lodētie kontakti, jo tiem ir vismazākā λ vērtība.

Ja $\lambda = \text{const}$, $p(t) = e^{-\lambda t}$, t. i., ekspluatācijas laikam pieaugot, drošums eksponenciāli samazinās, jo kontakti nolietojas.

Automātiskajā vadībā izmantojamo aparātu kontaktu komutējamās ķēdes var iedalīt divās raksturīgās grupās [10]: konvencionālās (tradicionālās) vadības ķēdēs (elektromagnētu spoles, dzinēju tinumi u. tml.) un elektronisko elementu (pusvadītāju, kapacitativo ieejas filtru, mikroshēmu) vadības ķēdēs. To galveno parametru — komutējamās strāvas un ķēdes sprieguma līmeņu robežas parādītas 1.35. attēlā.

Konvencionālās vadības ķēdes raksturo aktīvi induktīva slodze, samērā liela

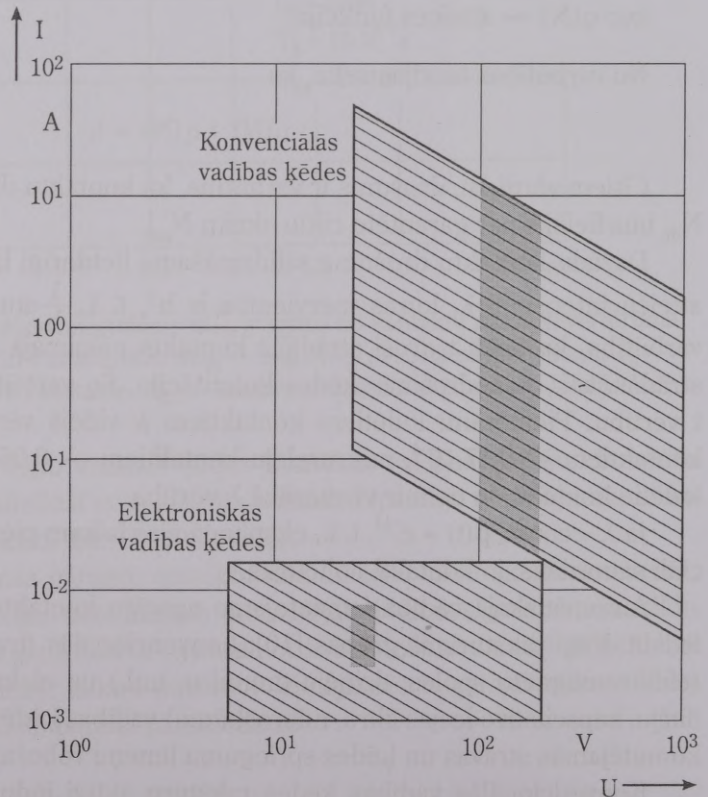
komutējamā strāva un elektriskā loka darbība komutācijas procesā, kā arī vadības ķēdēs pārsvarā pielietotais 230 V maiņspriegums.

Šinī gadījumā drošuma pamatjautājums ir kontaktu resurss un komutācijas spēja. Elektroniskās vadības ķēdes raksturo aktīva (omiska) vai aktīvi kapacitatīva slodze, relatīvi mazu strāvu bezloka komutācija, kā arī pārsvarā 24 V līdzsprieguma lietošana vadības ķēdēs.

Šinī gadījumā drošuma pamatjautājums ir kontaktu pārejas pretestības robežvērtība un stabilitāte. Piemērs [10]: loģiskā elementa ieejas loģiskajam stāvoklim "1" atbilst minimālais spriegums $U_{ie.min} = 13V$, ieejas strāva $I_{ie} = 4,6 \text{ mA}$. Iepriekšējās pakāpes izejas spriegums $U_{iz} = 17 \text{ V}$. Loģiskā elementa ieejas ķēdi komutējošā aparāta saslēgto kontaktu pieļaujamā pārejas pretestība

$$R_{k.piel} = \frac{U_{iz} - U_{ie.min}}{I_{ie}} = \frac{17 - 13}{4,6 \cdot 10^{-3}} = 870 \Omega.$$

Kontaktu pārbaudei (testēšanai) izmanto ķēdi ar barošanas līdzspriegumu $U = 17V$, slodzes strāvu $I = 5 \text{ mA}$. Kontaktiem jānodrošina $R_k \leq 800 \Omega$, lai būtu neliela rezerve. Šāda līmeņa R_k vērtības raksturīgas mikroreleju saslēgtiem kontaktiem, jo kontaktu spiediens ir niecīgs.



1.35. att. Automātiskās vadības shēmu signālvērtību izejas un signālvērtību ieejas ķēžu strāvu un spriegumu līmeņu robežas. Iekrāsots biežāk lietojamo līmeņu diapazons

Komutējošo kontaktu drošumu palielina

- palielinot kontaktu spiedienu,
- izmantojot plakanu kontaktvirsmu krustenisku rievošanu, veidojot daudzas paralēlas kontaktpārejas,
- izmantojot kontaktvirsmu savstarpējo slīdi,
- izmantojot paralēli darbojošos kontaktus,
- izmantojot slēgtelpas hermetizāciju (iekapselēšanu, sk. herkonus) u. c.

1.4.7. KONTAKTU STĀVOKĻA KONTROLE EKSPLUATĀCIJAS APSTĀKĻOS

Viens no galvenajiem kontaktu pārejas stāvokli raksturojošiem parametriem ir kontaktdetaļu sasilums. Kontaktu pārkaršana parasti ir pārejas pretestības pieauguma, strāvas pārslodzes vai komutāciju intensitātes pieauguma sekas.

Nekustīgo kontaktsavienojumu kontrolei izmanto

- dažādus kūstošus vai krāsu toni mainošus indikatorus,
- termovīziju, kas no attāluma ļauj precīzi noteikt sakarsušās detaļas un to sasiluma temperatūru,
- pārejas pretestības mērījumus.

Ja kontaktsavienojumā sākusies dzirksteļošana, tā var izsaukt tuvumā esošo sakaru, radio un televīzijas aparātūras darbības traucējumus.

Kustīgo kontaktsavienojumu kontrolei izmanto

- pārejas pretestības mērījumus,
- termovīziju,
- komutācijas pārejas procesa oscilogrammas.

Kontaktu nesaslēgšanās var būt arī citu aparāta mezglu bojājumu sekas.

1.4.8. KONTAKTU DARBĪBA ĪSSLĒGUMA APSTĀKĻOS

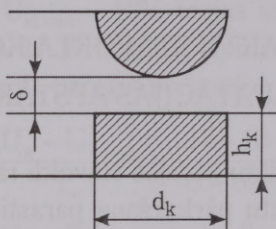
1.2. nodaļā apskatīta elektrodinamisko spēku veidošanās kontaktsavienojumā. Īsslēguma strāvas radītie elektromagnētiskie spēki cenšas kontaktdetaļas atvirzīt (sk. 1.13. att.), kas savukārt var radīt īsu, bet jaudīgu elektrisko loku un izkausēt kontaktdetaļas. Zemsprieguma aparātu konstrukcijās ir paredzēta šo spēku kompensācija (sk. 1.12. att.).

1.4.9. KONTAKTU PIELĀUJAMĀS STRĀVAS ORIENTĒJOŠA NOTEIKŠANA

Ja nav zināmi aparāta pasēs dati, kontaktu pieļaujamo strāvu var aptuveni noteikt, vadoties pēc izmēriem (sk. 1.11. un 1.12. tab.).

1.11. tabula

Releju sudrabsaturošo kontaktdetaļu izmēri



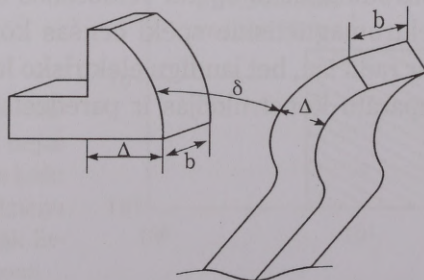
δ — kontaktu atstarpe,
 d_k — kontaktdetaļas diametrs,
 h_k — kontaktdetaļas biezums

I_{kont} , A	d_k , mm	h_k , mm	δ , mm
< 2	1-2	0,3-1	0,2-0,4
2-5	2-4	0,6-1,2	0,4-0,7
5-10	3-5	1,2-2,2	0,7-1,3

Pieļaujamo spriegumu nosaka strāvas veids un ķēdes laika konstante. Tuvāka informācija par to dota [4]. Piemēram: līdzstrāvas neinduktīvas slodzes strāvas komutēšanai ($I_{\text{kont}} < 2A$, $\delta = 0,2-0,4$ mm) līdzsprieguma vērtība 12-40 V.

1.12. tabula

Kontaktoru kontaktdetaļu izmēri



$I_{\text{kont}}, \text{ A}$	$b, \text{ mm}$	$\Delta, \text{ mm}$
50	10–15	3–4
100	15–20	4–5
150	20–25	6–8
300	25–30	8–10
600	36–42	10–12
800	40–45	12–14

Līdzsprieguma ķēdēm ar spriegumu 30–110 V kontaktu atstarpe $\delta = 2\text{--}3 \text{ mm}$, ar spriegumu 110–400 V $\delta = 3\text{--}7 \text{ mm}$.

1.4.10. HERKONS — HERMĒTISKS, MAGNĒTVADĀMS KONTAKTS

1.4.10.1. UZBŪVE UN DARBĪBAS PRINCIPS

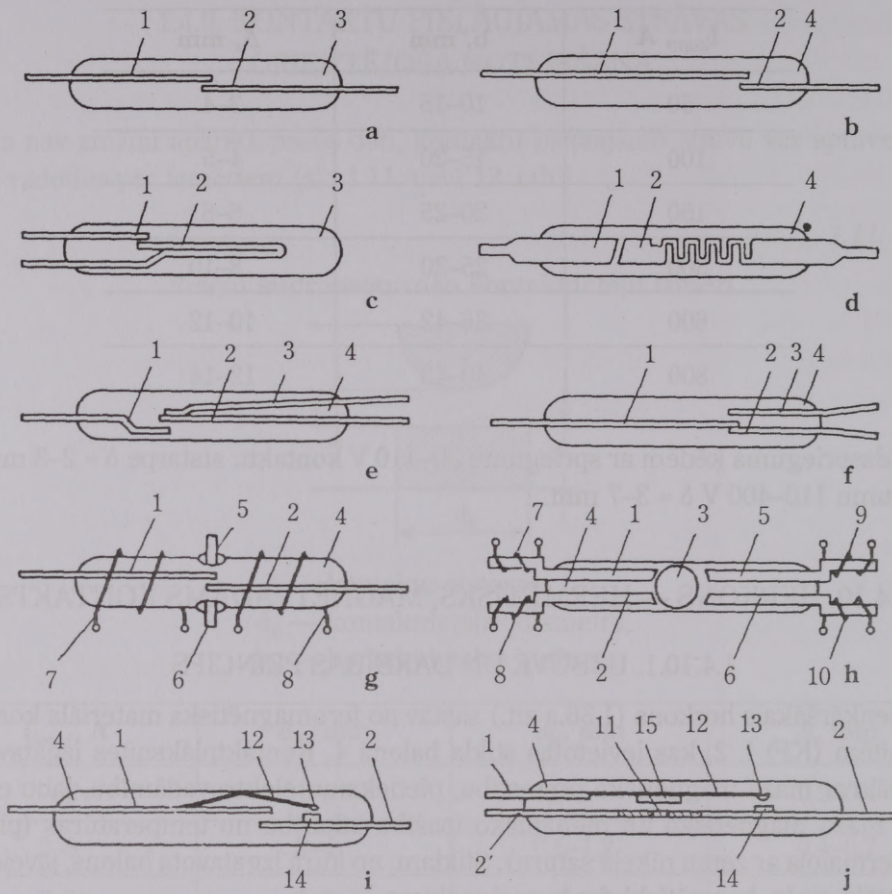
Vienkāršākais herkons (1.36.a att.) sastāv no feromagnētiska materiāla kontaktplāksnītēm (KP) 1, 2, kas ievietotas stikla balonā 4. Kontaktplāksnītes izgatavo no materiāla ar mazu magnētisko pretestību, pietiekamu elektrovadāmību, labu elastību, ar mazu magnētisko un mehānisko īpašību atkarību no temperatūras (piemēram, permaloja ar zemu niķeļa saturu). Stiklam, no kura izgatavots balons, jāveido ar KP metālu ciešs, hermētiski drošs savienojums.

Lai nodrošinātu dielektrisko stiprību, balonu zem spiediena ($0,4\text{--}0,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) piepilda ar inerti gāzi (slāpekli, vai tā maisījumu ar 3% ūdeņradi), vai arī balonā ir vakuums. Lai uzlabotu kontaktu elektrisko vadāmību, KP saskares virsmas galvaniskā ceļā speciālās vakuuma iekārtās ir pārklātas ar plānu zelta kārtiņu.

Ja herkonu novieto magnētiskā laukā, magnētiskā plūsma noslēdzas pa KP caur kontaktu atstarpi un magnētiskais spēks tās pievelk, tā saslēdzot kontaktus. Tiklīdz pārtrauc magnētisko plūsmu, KP elastīgās deformācijas radīto spēku iespaidā atgriežas sākuma stāvokli (kontakts atslēdzas). Magnētisko plūsmu herkona ieslēgšanai var radīt ar spoli, pastāvīgo magnētu vai jebkuru vadu, pa kuru plūst strāva. Tāpēc herkonu sauc arī par magnētvadāmu kontaktu.

Magnētiski vadāmo hermētisko kontaktu–herkonu priekšrocības:

- kontakti hermētiski atdalīti no apkārtējās vides;
- uzlaboti komutācijas apstākļi vakuumā vai inertā gāzē;
- liela jutība;
- ātrdarbība;
- mazi gabarīti un svars.

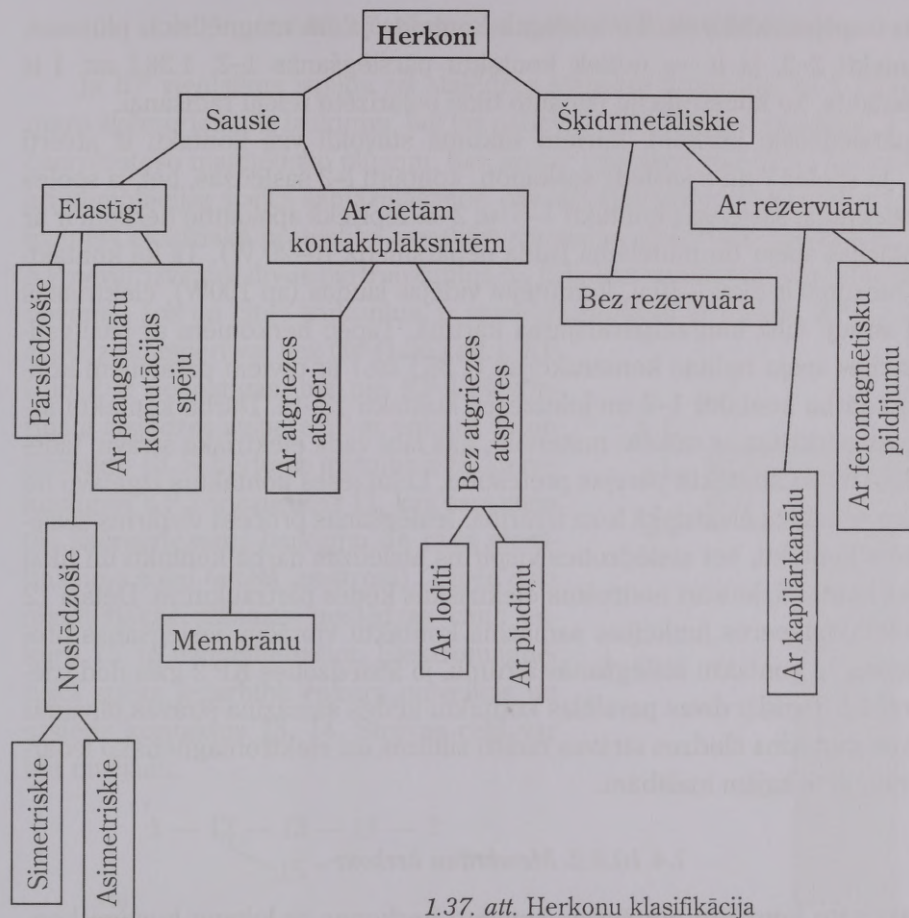


1.36. att. Herkonu konstrukcijas

a-d — ar ieslēdzošiem kontaktiem; e-h — ar pārslēdzošiem kontaktiem; i, j — palielinātas jaudas herkonu; 1-3, 5, 6 — kontaktplāksnītes; 4 — balons; 7-10 — spoles; 11 — caurums; 12 — atspere; 13, 14 — lokdzēses kontakti; 15 — enkurs

1.4.10.2. HERKONU KLASIFIKĀCIJA

Herkonu var būt ar saslēdzošiem vai pārslēdzošiem kontaktiem. Izšķir sausos (ar cietmetāla kontaktiem) un šķidrmetāliskos (kontakti sasalpināti ar šķidru metālu) herkonus. Herkonus var klasificēt arī atkarībā no komutējamās jaudas. Herkonu konstrukciju klasifikācija dota 1.37. attēlā.



1.37. att. Herkonu klasifikācija

1.4.10.3. HERKONU KONSTRUKCIJA

1.4.10.3.1. Elastīgie herkoni

Ja KP nostiprinātas stikla balonā kā elastīgas "konsoles", kas magnētiskā lauka iespaidā izliecas, iegūst elastīgos herkonus (1.36.a att.). Tie var būt simetriski (1.36.a att.) vai asimetriski (1.36.b att.). Simetriskajā konstrukcijā abas, bet asimetriskajā tikai garākā KP izpilda ne tikai magnētvasda un strāvas vadītāja funkcijas, bet arī atslēdzošās atsperes funkcijas. Līdz ar to kontaktmateriālam jābūt ar ļoti labu elastību. Asimetriskā konstrukcija ir sarežģītāka (garākā KP jānovieto zem leņķa atiecībā pret nekustīgo īsāko, lai, kontaktiem saslēdzoties, to virsmas būtu paralēlas. Toties pie viena un tā paša kontaktu atvērumsa asimetriskie herkoni ir īsāki.

Herkoni var būt ne tikai ar saslēdzošiem kontaktiem, bet arī ar pārslēdzošiem (1.36.e, f att.). Kaut arī to konstrukcija ir sarežģītāka, tiem ir daudz plašākas

funkcionālās iespējas. 1.36.e att. 2 ir kustīgais kontakts: ja nav magnētiskās plūsmas, saslēgti kontakti 2–3, ja ir — notiek kontaktu pārslēgšanās 1–2. 1.36.f att. 1 ir kustīgais kontakts. Šo konstrukciju izmanto tikai polarizēto releju radišanai.

Ir arī pārslēdzošie herkonī, kuriem sākuma stāvoklī visi kontakti ir atvērti (1.36.g att.). Ja spoles 7 un 8 saslēdz saskaņoti, kontakti 1–2 saslēdzas, bet, ja spoles slēgtas pretslēgumā, saslēdzas kontakti 1–5 un 2–6. Iepriekš apskatītie herkonī ir ar zemu komutācijas spēju (komutējamā jauda nepārsniedz 10–20 W). Tā kā kontakt-pārklājuma biezums ir tikai 1–10 μ , komutējot vidējas jaudas (ap 100W), elektriskās erozijas dēļ strauji dilst kontaktpārklājuma kārtiņa. Tāpēc herkonīem ar paaugstinātu komutācijas spēju radītas konstrukcijas (1.36.i att.) ar diviem paralēliem kontaktu pāriem: darba kontakti 1–2 un lokdzēses kontakti 13–14. Darba kontaktu saskares virsmas pārklātas ar mīkstu materiālu, kas labi vada elektrisko strāvu, tādējādi nodrošinot mazu kontaktu pārejas pretestību. Lokdzēses kontaktus izgatavo no volframa, kam ir augsta elektriskā loka izturība. Ieslēgšanas procesā vispirms saslēdzas lokdzēses kontakti, bet atslēdzoties vispirms atslēdzas darba kontakti un tikai tad lokdzēses kontakti, kas arī nodrošina elektriskās ķēdes pārtraukumu. Detaļa 12 izpilda arī kontaktatsperes funkcijas: samazina kontaktu vibrāciju ieslēgšanas procesā un palielina šo kontaktu atslēgšanās ātrumu, jo atslēdzoties KP 2 gals dod triecienu atsperei 12. Turklāt divas paralēlas kontaktu ķēdes samazina strāvas blīvumu kontaktos, kas samazina slodzes strāvas radīto siltuma un elektromagnētisko iedarbību uz KP magnētiskajām īpašībām.

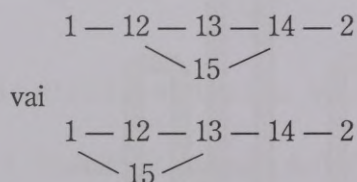
1.4.10.3.2. Membrānu herkonī

Lai samazinātu kontaktu vibrācijas, izmanto herkonus ar lokanu kustīgo kontaktu membrānas formā (1.38. att.).

Nekustīgais kontakts 1 ar stikla kausējumu 6 pievienots gredzenveida pamatnei 2, kurai starp gredzenveida starpliku 5 un vāku 3 piespiesta membrāna 4. Detaļas 1–5 ir no feromagnētiska strāvu vadoša materiāla. Membrānai ir centrālā daļa 8, kas ar tās ārmaļu 4 savienota ar sloksnītēm 9, 10, 11. Starplika 5 nodrošina nepieciešamo kontaktu atvēršanu (starp nekustīgā kontakta 1 galu un membrānas centrālo daļu 8). Vāks 3 ir piemētināts pamatnei 2, tādējādi nodrošinot herkonā hermētisku telpu. Magnētiskās plūsmas iespaidā membrānas centrālā daļa pievelkas pie kontakta 1, pārvarot sloksnišu 9, 10, 11 elastīgās deformācijas spēku. Iedobe 7 nodrošina magnētiskās indukcijas palielināšanos pārējā kontakta 1 daļā. Membrānu herkonu īpatnība ir tā, ka to kustīgais kontakts 8 nav ne ar ko jāsametina, tāpēc tā materiālu var izvēlēties, vadoties tikai pēc magnētiskajām, elektriskajām un mehāniskajām īpašībām.

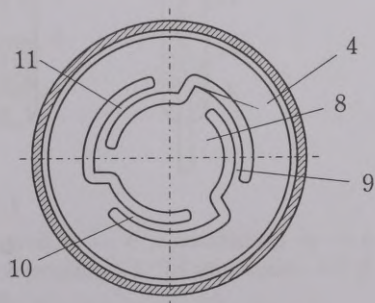
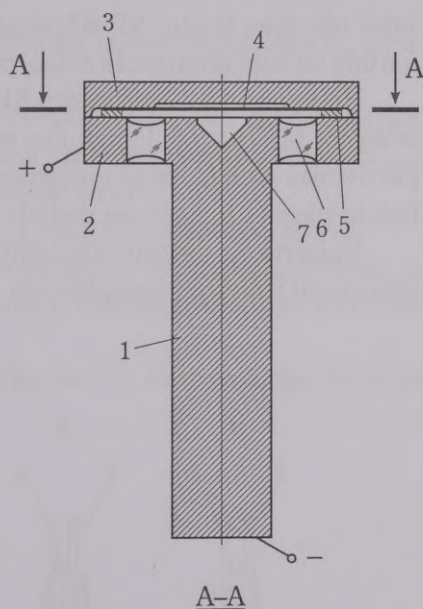
1.4.10.3.3. Herkoni ar cietām kontaktplāksnītēm

Ja KP vienlaikus izpilda arī atslēdzes atsperes funkcijas, tai ir jābūt lokanai ar mazu šķērsriezuma laukumu, bet tas palielina magnētisko pretestību, t. i., samazina caurplūstošo magnētisko plūsmu, kas izsauc kontaktu spiediena spēka un līdz ar to arī komutācijas spējas samazināšanos. Mazais šķērsriezuma laukums, relatīvi lielā īpatnējā elektriskā pretestība savukārt samazina elektrisko vadāmību. Ar lokanām KP nevar izveidot divus pārtraukumus uz fāzi, kas palielinātu komutācijas spēju. Lai novērstu šos un citus trūkumus, ir izveidoti herkoni ar cietām KP un ar atsevišķu atslēdzes atsperi vai bez tās (1.36.j att.). KP 1 un 2 ir nekustīgas, bet pie KP 1 piestiprināta atslēdzes atsperē 12 ar enkuru 15 un kontaktu 13. Šī herkona īpatnība ir tā, ka nekustīgajā KP 2 ir caurums 11, kas samazina tās šķērsriezuma laukumu un rada piesātinājuma zonu (attēlā iesvītrotā). Tāpēc daļa magnētiskās plūsmas noslēdzas caur enkuru 15, to uzmagnetizējot. Elektromagnētiskā spēka iedarbībā enkurs pievelkas un saslēdz kontaktus 13, 14. Strāvas ceļš var būt divējāds:



Analogas ir konstrukcijas ar diviem pārtraukumiem uz fāzi (darba kontakti un lokdzēses kontakti).

Centieni samazināt herkona gabarītus, vienlaikus palielinot tā komutācijas spēju, ir noveduši pie konstrukcijas bez atslēdzes atsperes (1.36.h att.). Šeit kustīgais kontakts ir feromagnētiska materiāla lodīte, kas pārklāta ar strāvu vadošu metālu un brīvi pārvietojas starp nekustīgām KP 1, 2 un 5, 6. Lai saslēgtu vai pārslēgtu kontaktus, izmanto uz KP izvadiem novietotas četras spoles (7, 8, 9, 10). Ja saskaņoti saslēgtas spoles 9, 10



1.38. att. Membrānu herkons

1 — nekustīgā KP; 2 — gredzenveida pamatne; 3 — vāciņš; 4 — membrāna; 5 — kalibrēta starplika; 6 — stikla sakašējums; 7 — urbums; 8 — membrānas centrālā daļa; 9, 10, 11 — membrānas sloksnītes

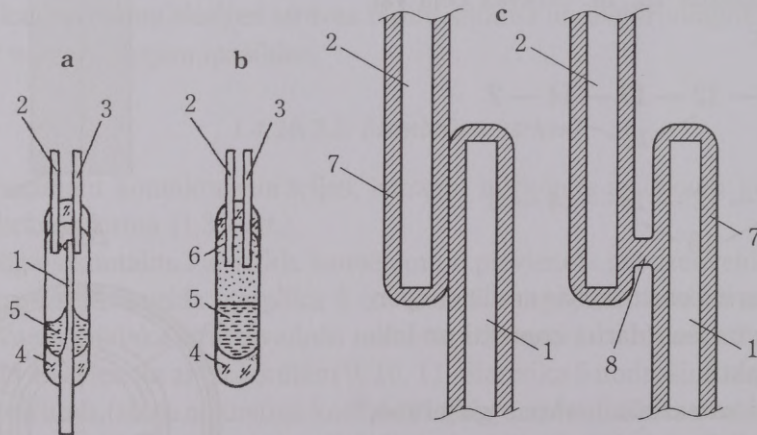
un uz tām padod spriegumu, lodīte saslēgs kontaktus 5, 6. Lai saslēgtu kontaktus 1, 2, jāatvieno spriegums spolēm 9, 10 un jāpieslēdz saskaņoti savienotām spolēm 7, 8.

1.4.10.3.4. Šķidrmetāliskie herkonī

Viena no iespējām novērst kontaktu vibrāciju ir šķidrmetāla kontakta izmantošana. Visbiežāk šim nolūkam izmanto dzīvsudrabu, kam ir pietiekama elektrovdāmība. 1.39. attēlā parādīti dzīvsudraba herkonī. Pārslēdzošā herkona (1.39.a att.) kustīgajā KP 1 ir kapilārs kanāls, pa kuru no balona 4 lejasdaļas paceļas dzīvsudrabs 5. Dzīvsudrabs sasalpina kontaktu saskares virsmas KP 1 ar KP 2 vai KP 3. Nostrādes brīdī trieciens izsauc KP vibrāciju (sk. 8. punktu no 8.8.5. daļas), bet dzīvsudraba kārtiņa uz kontaktvirsmas neļauj pārtrūkt strāvas ķēdei, kā tas redzams 1.39.c attēlā.

Herkonā 1.39.b attēlā starp KP 2, KP 3 un dzīvsudrabu 5 atrodas feromagnētisks izolējošs šķidrums 6. Parādoties magnētiskai plūsmai, feromagnētiskais šķidrums 6 pārvietojas uz leju, lai magnētiskai plūsmai būtu minimāla pretestība. Dzīvsudrabs tiek izspiests uz augšu un saslēdz KP 2, KP 3.

Jāatzīmē, ka dzīvsudraba kontakts ļauj samazināt kontaktu pārejas pretestību un ievērojami palielināt caurplūstošo strāvu.



1.39. att. Dzīvsudraba herkonī

a — ar kapilārkanālu; b — ar feromagnētisku pildījumu; c — kontaktu vibrācijas; 1 — kustīgā KP; 2, 3 — nekustīgās KP; 4 — balons; 5 — dzīvsudrabs; 6 — feromagnētiskais šķidrums; 7 — dzīvsudraba kārtiņa; 8 — metāliskais tiltiņš

1.4.11. KONTROLUZDEVUMU VARIANTI

1. Aprēķināt un attēlot kontaktu pārejas pretestības R_k atkarību no kontaktu spiediena spēka F_k , ja dots kontaktdetaļu materiāls un kontaktu forma.
2. Aprēķināt kontaktu spiediena spēku F_k un noteikt kontaktdetaļu izmērus līdzstrāvas kontaktora kontaktiem, ja dots kontaktdetaļu materiāls un slodzes strāva.
3. Aprēķināt un attēlot sprieguma krituma kontaktu pārejā ΔU_k atkarību no kontaktu spiediena spēka F_k , ja dots kontaktdetaļu materiāls, forma un slodzes strāva.
4. Aprēķināt un attēlot ilgstoši pieļaujamās slodzes strāvas kontaktos I_∞ atkarību no kontaktu spiediena spēka F_k .
5. Aprēķināt līdzstrāvas kontaktora kontaktu resursu N , ja dota kontaktdetaļas sākuma masa $G_{sāk}$ un pozitīvās kontaktdetaļas īpatnējais masas zudums ΔG_{+ip} .
6. Noteikt dotā releja kontaktu pieļaujamo ilgstošo strāvu.
7. Noteikt dotā līdzstrāvas kontaktora kontaktu pieļaujamo ilgstošo strāvu.
8. Aprēķināt mikroreleja kontaktu pieļaujamo pārejas pretestības R_k vērtību, ja dotas vadāmās mikroshēmas (loģiskā elementa) vadības sprieguma svārstību pieļaujamās robežas un vadības strāva.
9. Attēlot kontaktu drošuma funkcijas $p(t)$ atkarību no ekspluatācijas laika, ja dota atteiču intensitāte $\lambda = \text{const}$.

Kontroljautājumu varianti

1. Paskaidrot kontakta fizikālo būtību.
2. Kā klasificē kontaktus?
3. Kādi ir kontaktu veidi?
4. Kādas prasības izvirza nekustīgiem kontaktiem?
5. Kādas prasības izvirza kustīgiem kontaktiem?
6. Kādi ir kontaktu galvenie parametri?
7. No kā atkarīga kontaktu pārejas pretestība?
8. No kā atkarīgs kontaktu sasilums?
9. Kas nosaka kustīgo kontaktu resursu?
10. Kādām jābūt kontaktdetaļu materiālu īpašībām? Kādus materiālus lieto?
11. Paskaidrot kustīgo kontaktdetaļu mehāniskās un ķīmiskās nolietošānās procesu.
12. Kādēļ nedrīkst tieši savienot vara un alumīnija vadītājus?
13. Paskaidrot kustīgo kontaktdetaļu elektriskās nolietošānās procesu.
14. Paskaidrot kontaktu drošuma būtību.

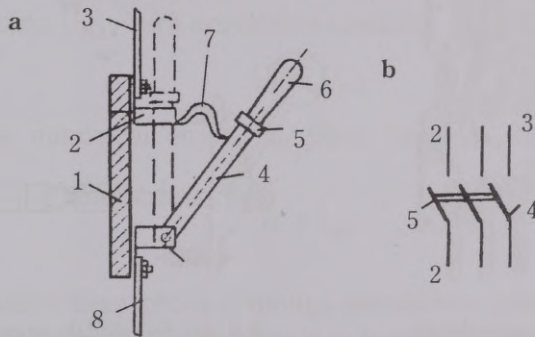
15. Kādas prasības izvirza kontaktiem elektroniskās vadības ķēdēs?
16. Kā kontrolē kontaktu stāvokli?
17. Kā orientējoši noteikt kontaktu pieļaujamo strāvu?
18. Kāda ir isslēguma strāvu iedarbība uz saslēgtiem kontaktiem?
19. Kas ir herkonī?
20. Kādas ir herkonu priekšrocības salīdzinot ar parastajiem kontaktiem?
21. Kā paaugstināt herkonu komutācijas spēju?
22. Kā samazināt herkonu kontaktplāksnišu vibrācijas?

2. SLĒDŽI

2.1. SVIRSLĒDŽI

2.1.1. NOZĪME UN DARBĪBAS PRINCIPS

Svirslēdzis ir vienkāršākais manuālais komutācijas aparāts. Svirslēdžus izgatavo līdz 660 V maiņspriegumam un līdz 440 V līdzspriegumam. Svirslēdzis sastāv no nekustīgā kontakta jeb kontaktligzdas un kustīgā, kuram ir nažveida forma (2.1. att.).

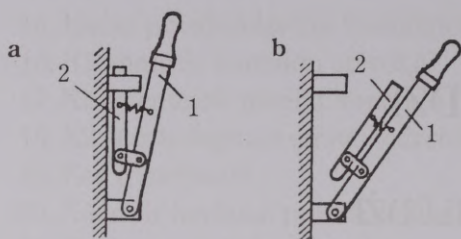


2.1. att. Svirslēdzis

a — atslēgšanas momentā; b — apzīmējums shēmās; 1 — izolācijas materiāla pamatne; 2 — kontaktligzda jeb nekustīgais kontakts; 3 — sprieguma pievads; 4 — kustīgais kontakts jeb nazis; 5 — izolācijas materiāla nažus savienojošā traversa; 6 — rokturis; 7 — elektriskais loks; 8 — elektroenerģijas lietotāja pievienotājvads

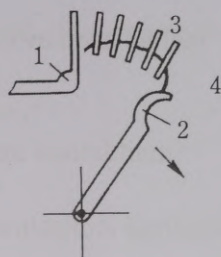
Parasti svirslēdžus novieto vertikāli tā, lai nekustīgais kontakts atrastos svirslēdža augšējā daļā, un tam pievieno sprieguma avotu. Apakšējā daļā pievieno elektroenerģijas lietotāju, lai atslēgtā stāvoklī kustīgais kontakts jeb nazis neatrastos zem sprieguma. Atslēdzot svirslēdzi, rodas elektriskais loks, kas bojā kontaktvirsmas. Lai samazinātu elektriskā loka nelabvēlīgo ietekmi, jāsamazina atslēgšanas laiks. Svirslēdži parasti uzstāda redzama pārtraukuma radišanai elektriskā ķēdē. Ja svirslēdzis paredzēts arī elektriskās slodzes atslēgšanai, tam uzstāda lokdzēses kontaktus. Lokdzēses kontakti un galvenie naži ir savstarpēji saistīti ar atsperi (2.2. att.).

Atslēdzot ķēdi, vispirms atslēdzas galvenais kontakts, lokdzēses kontakti paliek ieslēgti, bet atsperē izstiepijas. Kad galvenā naža attālums no nekustīgā kontakta palielinās, palielinās arī atsperes stiepes spēks. Kad galvenais nazis ir atslēgtā galējā stāvoklī, atsperes spēks ir pietiekami liels, lai momentāni atslēgtu lokdzēses kontaktus un ātri nodzēstu elektrisko loku.



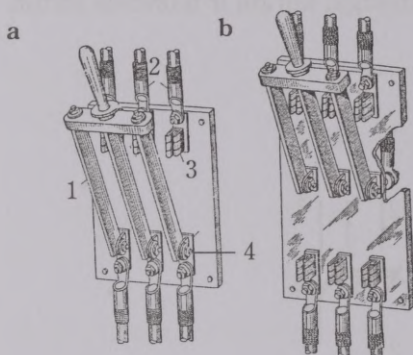
2.2. att. Svirlēdzis ar lokdzēses kontaktiem

a — galvenais nazis 1 atslēgts, lokdzēses nazis 2 ieslēgts; b — svirlēdzis atslēgtā stāvoklī



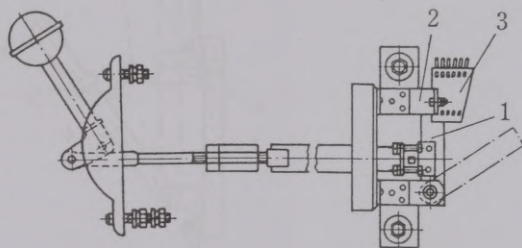
2.3. att. Svirlēdzis ar lokdzēses kameru

1 — nekustīgais kontakts; 2 — kustīgais kontakts; 3 — lokdzēses režģis; 4 — elektriskais loks



2.4. att. Svirlēdzis un pārslēdzis

a — svirlēdzis; b — pārslēdzis; 1 — kustīgie kontakti jeb naži; 2 — vadi no sprieguma avota; 3 — kontaktligzda jeb nekustīgais kontakts; 4 — elektroenerģijas lietotāja pievienojuma vada vietas



2.5. att. Svirlēdzis ar centrālo sviras piedziņu un lokdzēses kamerām

1 — kustīgā kontakta nazis; 2 — nekustīgie kontakti; 3 — lokdzēses kamera

Izgatavo dažādu konstrukciju svirlēdžus ar atšķirīgiem elektriskā loka dzēšanas paņēmieniem. Tā, piemēram, atslēdzot līdzstrāvas elektrisko ķēdi, caur svirlēdži plūstošā strāva rada magnētisko lauku, un uz elektrisko loku darbojas elektrodinamiskais spēks F , kas izstiepj elektrisko loku uz augšu, tātad pagarina un dzēš to (sk. 1. nod.). Ja naža garumu samazina, spēks F palielinās. Ja svirlēdži lieto līdzstrāvas elektroietaisēs, tā nazi izgatavo īsu, lai elektrodinamiskais spēks būtu pietiekami liels elektriskā loka dzēšanai. Ja līdzstrāva nepārsniedz 20–30 A, uzstāda svirlēdžus ar lokdzēses kontaktiem, bet lielāku līdzstrāvu atslēdz, samazinot naža garumu, bet tā, lai elektrisko loku varētu izstiept līdz tā kritiskajam garumam. Maiņstrāvas elektriskās ķēdēs svirlēdža naža garumu izvēlas atkarībā no termiskās un elektrodinamiskās izturības. Lai samazinātu svirlēdžu izmērus, loka dzēšanai un ierobežošanai uzstāda dzēškameras (2.3. att.).

Ja svirslēdzim apakšējā daļā uzstāda vēl otru nekustīgo kontaktligzdu sistēmu, tai var pievienot otru barošanas avotu vai otru elektroenerģijas lietotāju. Pirmajā gadījumā nažu izvadiem pieslēdz lietotāju, bet otrajā — sprieguma avotu (2.4.b. att.).

Šādas konstrukcijas svirslēdžus sauc par pārslēdzīem. Pārslēdžus var izmantot nelielas jaudas elektrodzinēju reversēšanai, barošanas rezervēšanai, elektrisko ķēžu pārslēgšanai.

Izgatavo vienpola, divpolu un trīspolu svirslēdžus. Rokturis var būt novietots priekšpusē vai sānos. Ja svirslēdzim ir sviras piedziņa (2.5. att.), rokturis var būt novietots gan priekšpusē, gan sānos.

2.1.2. SVIRSLĒDŽU IZVEĻĒ

Svirslēdžus izvēlas, ievērojot šādus nosacījumus.

1. Svirlēdža nominālam spriegumam U_N jābūt vienādam vai lielākam par tīkla nominālo spriegumu $U_{N,t}$, kurā svirslēdzis uzstādīts

$$U_N \geq U_{N,t}$$

2. Svirlēdža nominālai strāvai I_N jābūt vienāgai vai lielākai par aprēķina strāvu I_{apr}

$$I_N \geq I_{apr}$$

Vienfāzes maiņstrāvas ķēdēs divpolīgs svirslēdzis dzēš elektrisko loku, tāpēc var atslēgt elektrisko ķēdi, ja spriegums nav lielāks par 380 V, bet vienpolīgs svirslēdzis droši dzēš elektrisko loku, ja spriegums nav lielāks par 220 V, bet tad tam jābūt ar apvalku, citādi, ja svirslēdzim ir centrālais rokturis, elektriskais loks var iedarboties uz apkalpes personāla roku atslēgšanas brīdī.

Ja svirslēdzim atslēgšanas rokturis ir sānos vai izveidota sviras piedziņa un tas ir uzstādīts līdzstrāvas ķēdē, kuras nominālais spriegums ir 220 V, ar to var atslēgt strāvu, ne lielāku par $0,2I_N$. Ja svirslēdzis ir uzstādīts maiņstrāvas ķēdē, kuras nominālais spriegums ir 380 V, ar to var atslēgt strāvu ne lielāku par $0,3I_N$.

Līdzstrāvas 440 V ķēdes un 500 V vai 660 V maiņstrāvas ķēdēs ar svirslēdzi var pārtraukt elektrisko ķēdi, ja slodze atslēgta ar elektrisko aparātu, kas paredzēts slodzes atslēgšanai.

Ja svirslēdzim uzstādīta lokdzēses kamera, ar svirslēdzi var atslēgt līdzstrāvas ķēdi ar 440 V vai maiņstrāvas ķēdi līdz 500 V, ja strāva nepārsniedz $0,5I_N$. Ar svirslēdzi var atslēgt 220 V līdzstrāvas ķēdes un 380 V maiņstrāvas ķēdes, ja svirslēdzim ir lokdzēses kamera un strāva ķēdē nepārsniedz I_N (2.1. tab.).

Ja $U = 380$ V un $\cos \varphi = 0,8$, ar svirslēdzi var atslēgt nominālo strāvu I_N , bet, ja $\cos \varphi = 0,4$, var atslēgt strāvu ne lielāku par $0,5I_N$.

Svirlēdžu atslēgšanas strāvas

Līdzstrāva, aktīva slodze, $T = 0,0025$ s				Maiņstrāva, mazinduktīva slodze, $\cos\varphi = 0,8$			
$U_N = 220V$		$U_N = 400V$		$U_N = 380V$		$U_N = 500V$	
Bez lokdz. kameras	Ar lokdz. kameru	Bez lokdz. kameras	Ar lokdz. kameru	Bez lokdz. kameras	Ar lokdz. kameru	Bez lokdz. kameras	Ar lokdz. kameru
$0,2I_N$	I_N	$I_{atsl} = 0$	$0,5I_N$	$0,3I_N$	I_N	$I_{atsl} = 0$	$0,5I_N$

3. Svirlēdža normētai caurplūdes strāvas momentānai vērtībai i_d jābūt lielākai vai vienādai ar triecienstrāvu isslēguma vietā (pārbaudi izdara, ja $I_N > 100A$).

$$i_d \geq i_{tr},$$

kur $i_d = 2,55 I_d$; I_d — normēta pieļaujamās periodiskās caurplūdes strāvas efektīvā vērtība (dod izgatavotājrūpnīca).

4. Pārbaudi pēc termiskās izturības izdara, ja $I_N > 100$ A, pārbaudot vai

$$I_{th}^2 t_{th} \geq B_k,$$

kur $I_{th}^2 t_{th}$ — izgatavotājrūpnīcas garantētais siltuma impulss, ko svirlēdzis spēj izturēt;

B_k — siltuma impulss, kas aprēķināts svirlēdža uzstādīšanas vietā.

2.2. PAKETSLĒDŽI

Paketslēdzis ir komutācijas aparāts, kas paredzēts pārslēgumu veikšanai elektriskās ķēdēs. Tāpat kā svirlēdži, arī paketslēdži var atslēgt un ieslēgt elektrisko ķēdi. Tie var būt izgatavoti kā paketslēdži, ar tiem var veikt arī pārslēgumus tāpat kā ar zvaigznes-trīsstūra pārslēdžiem. Nekustīgie kontakti novietoti izolācijas materiāla paketēs, kuras viena virs otras nostiprinātas uz kopējas vārpstas (2.6. att.). Katra pakete veido vienu atsevišķu slēdzi, kuram ir nekustīgie kontakti 2, nostiprināti uz izolācijas materiāla, un kustīgie kontakti 3. Kustīgā kontakta naži piestiprināti kvadrātveida vārpstai. Vārpstas augšējā daļā nostiprināts rokturis 5. Ieslēgto un atslēgto stāvokli fiksē īpašs mehānisms. Kustīgam kontaktam piestiprinātas divas fibras plāksnītes, kas dzēš elektrisko loku atslēgšanas brīdī, tāpēc ar paketslēdžiem var komutēt lielākas strāvas nekā ar svirlēdžiem.

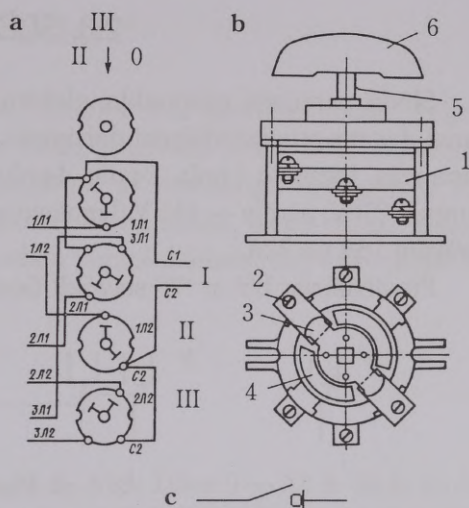
Salīdzinot ar svirslēdžiem, paketslēdžiem ir mazāki izmēri, tāpēc tos var novietot elektroietaisēs un tie jūtami nepalielina elektroietaisēs izmērus. Pateicoties atslēdzējatsperei, tie ir ātrdarbīgi. Paketslēdžu trūkumi: atslēgtā stāvoklī nerada redzamu elektriskās ķēdes pārtraukumu, ātri apdeg kontakti un tāpēc īsāks darbumūžs, bieži bojājas.

Paketslēdžus izvēlas, ievērojot tīkla nominālo spriegumu un strāvu paketslēdža uzstādīšanas vietā

$$U_N \geq U_{tN};$$

$$I_N \geq I_{apr.},$$

kā arī tā komutācijas spēju. Paketslēdžu komutācijas spēju raksturo iespēja pie U_N un $\cos \varphi = 0,35 \pm 0,5$ (maiņstrāvai) un laika konstante $T = 0,01$ s (līdzstrāvai) 50 reizes ieslēgt strāvu $I_{iesl} = 7 I_N$ un 5 reizes atslēgt strāvu $I_{atsl} = 3 I_N$. Resurss pie U_N un I_N atkarīgs no $\cos \varphi$ vai T un paketslēdža gabarīta (sk. 2.2. tab.).



2.6. att. Paketslēdzis

a — paketslēdža shēma dažādos stāvokļos; b — paketslēdža uzbūve; c — paketslēdža apzīmējums shēmā; 1 — izolācijas materiāla korpuss; 2 — nekustīgie kontakti; 3 — kustīgais kontaktnazis; 4 — fibras plāksnīte; 5 — vārpsta; 6 — rokturis

2.2. tabula

Paketslēdžu resurss

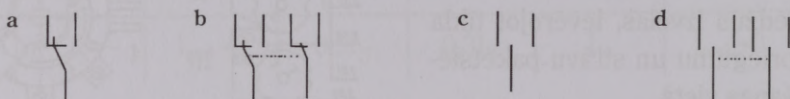
Shēmas parametri	I_N , A	Resurss
$\cos \varphi = 0,8$	1;3	15000
$T = 0,0025$ s	5	10000
$f = 400$ Hz	6;8;9	5000
$f = 50$ Hz	1;3	7500
līdz $\cos \varphi = 0,3$	5	5000
$T = 0,01$ s	6;8;9	2500

Ja pārslēdžus izmanto elektrodzinēju palaišanai, tinumu pārslēgšanai no zvaigznes slēguma trīsstūra slēgumā, uz paketslēdža vāka ir atzīmēti trīs stāvokļi, kas ir savstarpēji nobīdīti par 120° . Pakatslēdžu tehniskie dati doti P.2.2. tabulā.

2.3. SLĒDŽI V/333

Slēdži paredzēti gaismekļu, elektroapsildes, kā arī dzēsēšanas iekārtu pieslēgšanai. Izgatavoti uzstādišanai darbnīcās, noliktavās, veikalos, tirdzniecības centros, slimnīcās. Izgatavo 1-pola, 2-polu, 4-polu slēdžus. Vienpola slēdža nominālais spriegums ir 250V, pārējo — 415 V. Izgatavo ar signālspludzēm un bez tām, ar nominālām strāvām 16A un 32A.

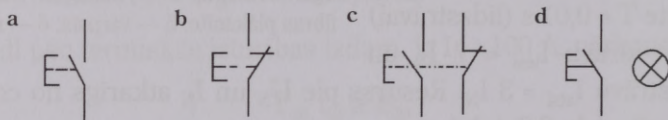
Pārslēdži var būt ar "0" stāvokli (iesl.-atsl.-iesl.) un bez tā (2.7. att.).



2.7. att. Pārslēdži $I_N = 16 \text{ A}$

a — V/333-035411; b — V/333-035423; c — V/333-035511; d — V/333-035521.

Vienpola slēdžus ar spiedpogu izgatavo arī kā slēdžus un kā pārslēdžus (2.8. att.).

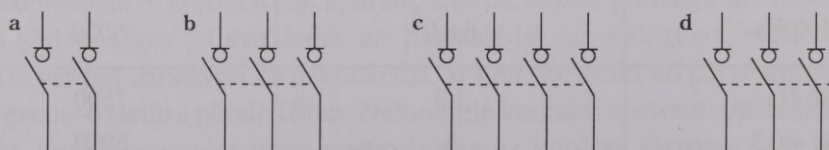


2.8. att. Vienpola slēdzis ar spiedpogu un viēpola pārslēdzis ar spiedpogu;

$I_N = 16 \text{ A}$, $U_N = 250 \text{ V}$.

a — V/333-035671; b — V/333-035681; c — V/333-035691; d — V/333-035771

Griežslēdži paredzēti visas ķēdes pieslēgšanai un elektrodzinēju komutēšanai ar strāvu līdz 63 A.



2.9. att. Griežslēdži

a — V/333-013732; b — V/333-013733; c — V/333-013734; d — V/333-013736

2.4. SLĒDŽI "DILOS"

"Dilos" slēdžus izgatavo strāvām no 16 A līdz 4000 A ar speciālas konstrukcijas pagriežamiem kontaktiem, un tie apmierina tādas tehniskas prasības kā redzamu kontaktu indikāciju, ātru ieslēgšanu un izslēgšanu ar neatkarīgu ieslēgšanas un izslēgšanas mehānismu. Lieto kā galveno slēdzi, darba slēdzi, ieejas slēdzi, izejas slēdzi, savienotājslēdzi, izmanto paneļu un sadaļu komplektēšanā. Izgatavo divpolu, trīspolu un četrpolu.

Grafiskais apzīmējums:



Strāvu diapozoni: Dilos 00 — 16 A, 25 A, 32 A, 40 A; Dilos 0 — 32 A, 40 A, 63 A; Dilos 1 — 40 A, 63 A, 80 A, 100 A, 125 A; Dilos 2 — 160 A, 200 A, 250 A, 315 A; Dilos 4 — 400 A, 500 A, 630 A; Dilos 6 — 800 A, 1000 A, 1250 A; Dilos 7 — 1600 A; Dilos 8 — 2000 A, 2500 A; Dilos 9 — 3150 A, 4000 A

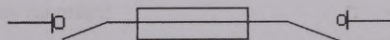
Atslēgtspēja: Dilos 0 — 15 kA, Dilos 00, Dilos 1, Dilos 2, Dilos H — 50 kA; Dilos 3, Dilos 4, Dilos 6, Dilos 7, Dilos 8, Dilos 9 — 100 kA.

Izplatītāko slēdžu un spiedpogu tehniskie dati doti P.2.3. un P.2.4. tabulās.

2.5. SLĒDŽI "FULOS"

Slēdzis "Fulos" izgatavots kā drošinātājs — slodzes atdalītājs, kuram virknē slēgti drošinātāji, kas kopā ar "Dilos" tipa slēdzi veido vienu veselumu. Drošinātājs, slodzes atdalītājs "Fulos" apmierina visas zemsprieguma instalācijas tehniskās prasības, nostrādā droši pēkšņa īsslēguma gadījumā jebkurā instalācijas punktā. Ir izveidota redzama kontaktu indikācija, nodrošinātas ātras ieslēgšanas un atslēgšanas operācijas ar neatkarīgu atslēgšanas un ieslēgšanas mehānismu. Lieto kā galveno slēdzi, darba slēdzi, ieejas slēdzi, izejas slēdzi.

Grafiskais apzīmējums:



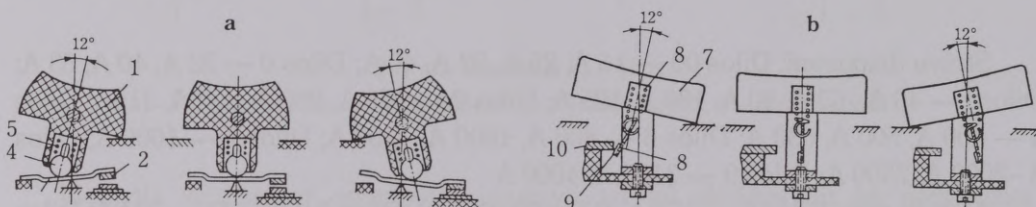
Nominālo strāvu diapozons: Fulos 000 BS A2 — 32 A, Fulos 000 BS A3 — 63 A; Fulos 00 BS A4 — 100 A; Fulos 1 BS B1-B2 — 200 A; Fulos 2 BS B1-B4 — 400 A; Fulos 3 BS C1-C3 — 800 A; Fulos 4 BS D1 — 1250 A.

Atslēgtspēja: Fulos 000 — 50 kA; Fulos 1, Fulos 2, Fulos 3, Fulos 4 — 100 kA.

2.6. APGAISMOŠANAS INSTALĀCIJAS SLĒDŽI

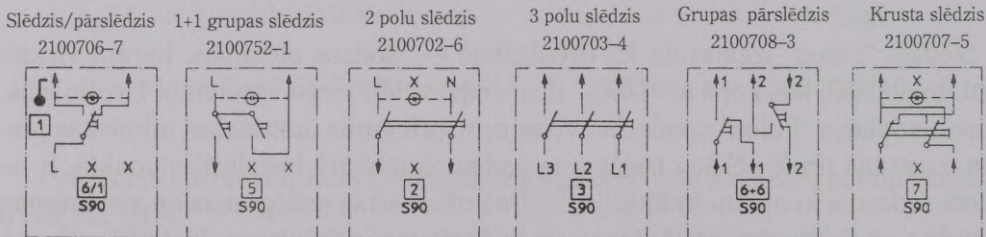
Biežāk lietotie ir divplecu ar piespiedējatsperi un vienpleca ar savilcējatsperi. Divplecu ar piespiedējatsperi slēdži (2.10. att.) lodīte 4 atspere 5 spēka iespaidā iedarbojas uz sviru 3. Sviras vienā galā piemetināts kustīgais kontakts 2 no tīra sudraba vai no metālkeramiskas sudrabu saturošas kompozīcijas. Ja nospiež taustiņu 1, notiek stāvokļu maiņa — kontakti saslēdzas vai atslēdzas.

Vienpleca slēdzis ar savilcējatsperi darbojas līdzīgi iepriekšējam slēdzim. Savilcējatspere 6 nostiprināta uz speciāla pārlecoša rāmīša 8, kas var būt iemontēts gan vertikāli, gan horizontāli. Ja atslēdzošā atspere ar rāmīti novietota horizontāli, slēdža izmēri ir mazāki.



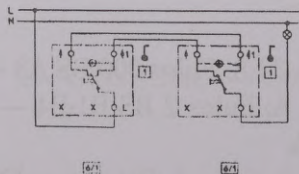
2.10. att. Apgaismošanas instalācijas slēdžu kinemātiskās shēmas

a — divplecu ar piespiedējatsperi; b — vienpleca ar savilcējatsperi; 1 — taustiņš; 2 — kustīgais kontakts; 3 — svira; 4 — atbalsta lodīte; 5 — piespiedējatspere; 6 — savilcējatspere; 7 — taustiņš; 8 — speciāls pārlecošs rāmītis; 9 — kustīgais kontakts; 10 — nekustīgais kontakts

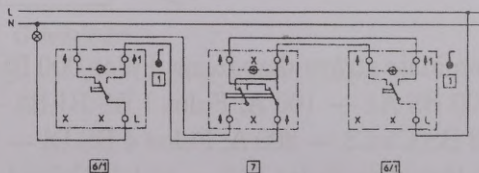


Apzīmējumi: L — fāzes pieslēgums; N — nulles vada pieslēgums; X — brīva pieslēguma spaile.

Apgaismojuma
ieslēgšana/atslēgšana
no divām vietām



Apgaismojuma
ieslēgšana/atslēgšana no
trijām un vairāk vietām



2.11. att. Slēdžu shēmas

Ja nospiež taustiņu 7, atspere pārvieto rāmi ar kustīgo kontaktu 9 vienā vai otrā galējā stāvoklī, saslēdzot vai atslēdzot kustīgo kontaktu 9 ar nekustīgo kontaktu 10.

Apgaismošanas instalācijas slēdžiem svarīgs ir arī dizains, kam izgatavotājfir-
mas pievērš lielu uzmanību. Jaunākajos slēdžos konstrukcija ir izveidota tā, lai at-
vieglotu montāžu, lai varētu veikt vissarežģītākos elektrisko ķēžu slēgumus. Rāmiša
konstrukcija nodrošina iespējamību koncentrēt visus nepieciešamos elektroinsta-
lācijas pieslēgumus vienā vietā. Kontaktligzdas ir mehāniski aizsargātas no nejaušas
pieskaršanās zem sprieguma esošām detaļām.

Pēdējā laikā plaši izmanto dažādus pusvadītājslēdžus: tiristoru slēdži-regula-
toru, kustības detektoru-slēdži, fotoslēdži utt. (sīkāk apskatīti 2. daļā).

Piemērs

Izvēlēties atdalošo slēdži trīsfāžu asinhronā elektrodzinēja barošanas ķēdē.
Elektrodzinēja nominālais spriegums $U_N = 380$ V, nominālā strāva $I_N = 8,62$ A.

Atbilde

Atdalošais slēdzis paredzēts sprieguma atslēgšanai elektriskās ķēdes elementu
remonta vai nomaiņas gadījumā.

No P.2.2. tabulas izvēlas 3-polu slēdži Dilos 00, kura nominālā strāva $I_N = 16$ A
un nominālais spriegums $U_N = 400$ V.

Kontroljautājumi

1. Kādam nolūkam izmanto slēdžus?
2. Kā slēdžus izmanto elektrodrošības nodrošināšanai?
3. Nosaukt slēdžu izvēles noteikumus!
4. Kā palielina slēdžu kontaktu atslēgšanas ātrumu?
5. Nosaukt svirslēdža galvenās sastāvdaļas!
6. Nosaukt paketslēdžu galvenās sastāvdaļas!
7. Kā elektriskās shēmās grafiski attēlo slēdžus?
8. Uzzīmēt shēmu gaismekļa ieslēgšanai no divām vietām.

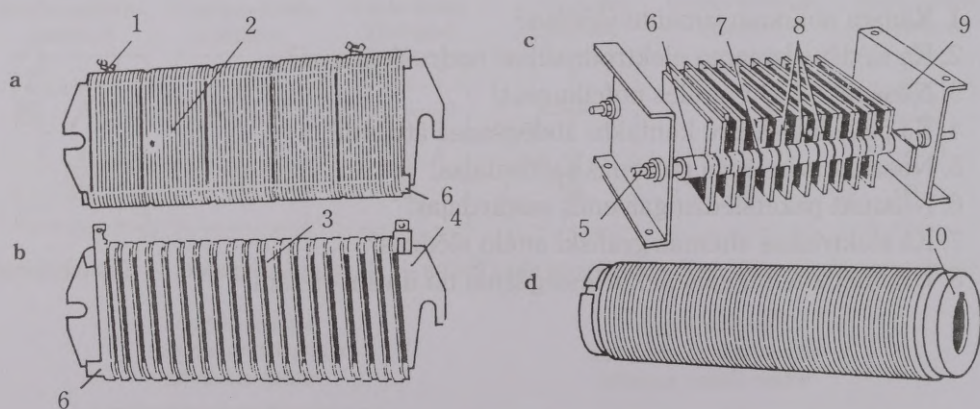
3. REZISTORI, KONTROLLERI, REOSTATI

3.1. REZISTORI

3.1.1. REZISTORU UZBŪVE

Rezistors (aktīvā pretestība) ir aparāts, ko izmanto strāvas stipruma izmaiņai elektriskā ķēdē. Rezistorus lieto dažādās elektriskās ķēdēs. Ja elektroenerģijas lietotājam jāpievada mazāks spriegums nekā barošanas avota spriegums, virknē ieslēdz balastrezistoru. Elektrisko mēraparātu ķēdē vajadzības gadījumā ieslēdz papildrezistoru. Līdzstrāvas elektrodzinēju bremzēšanas gadījumā enkura ķēdē ieslēdz bremzēšanas rezistoru. Ja no sprieguma atslēdz ierosmes tinumu, tinumā rodas pārspriegums, tāpēc paralēli tinumam ieslēdz izlādēšanās rezistoru. Elektriskās pretestību krāsnis elektroenerģijas pārveidošanai siltumenerģijā uzstāda rezistorus — sildelementus.

Rezistorus izgatavo no materiāla ar lielu īpatnējo omisko pretestību: konstantāna, manganīna, fehrala, nihroma, hromala u. c. Pēc konstrukcijas rezistorus iedala: bezkarkasa, uz siltumietilpīga karkasa, rāmņveida, čuguna lietie, tērauda štancētie.



3.1. att. Rezistori

a — uz tērauda rāmja uzvītās stieples rezistors; b — uz tērauda rāmja uzvītā lentes rezistors; c — lietais čuguna rezistors; d — uz karkasa uzvītās stieples rezistors; 1 — izvads; 2 — pretestības stieple; 3 — pretestības lentes rezistors; 4 — tērauda rāmis; 5 — izolēts stienis; 6 — paketes elementu izolators; 7 — starpelementu izolācijas starplika; 8 — čuguna rezistoru elementi; 9 — atbalsta statnis; 10 — cauruļveida porcelāna karkass

Bezkontakta rezistors ir no stieples vai lentes satīta spirāle (piem.: sildelements vecās elektriskās plītiņās). Zema darba drošuma dēļ bezkontakta rezistorus neiesaka lietot.

Rezistorus uz siltumietilpīga karkasa no stieples, kas uztīta uz izolācijas materiāla (keramikas, porcelāna vai šamota) caurules (3.1.d att.), pārklāj ar stiklveida emalju. Ja visa virsma pārklāta ar emalju, iegūst neregulējamu rezistoru, bet, ja atstāts apmēram 3 mm plats nepārklāts laukums visā rezistora garumā, kur var pievienot pārvietojamu kontaktu, iegūst regulējamu rezistoru. Emaljētos rezistorus izgatavo ar $R=1-50000\Omega$ jaudai 5–150 W. Šos rezistorus ļoti plaši izmanto radio tehnikā u. c. Rāmjveida rezistori (3.1.a un b att.) sastāv no tērauda rāmja, uz kura malām nostiprināti rievoti porcelāna izolatori. Tādējādi uzlabojas rezistora dzesēšana. Šos rezistorus izgatavo strāvai 10 A un vairāk.

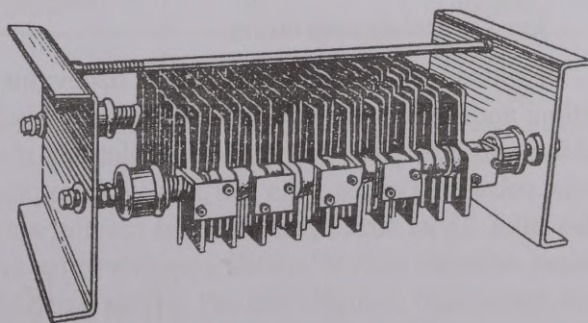
Čuguna lietos un tērauda štancētos rezistorus izgatavo kā zigzagveida plati (3.2. att.). Lai tērauda štancētie rezistori būtu mehāniski izturīgāki, zigzagveida lentei ir U-veida profils. Šādus rezistorus izgatavo strāvām 250–300 A. Lai iegūtu pietiekami lielu pretestību, rezistorus apvieno kastē (3.1.c un 3.3. att.).

Lieljaudas elektrodzinēju palaišanai strāvu ierobežošanai lieto zigzagveida čuguna plates (3.2. att.), kuras, samontējot kopā, izveido čuguna pretestību kasti (3.3. att.).

Rezistori jāizgatavo no materiāla, kas nodrošina ekspluatācijas prasības. Tā, piemēram, palaides reostatus sloģo īslaicīgi, tāpēc tiem nav vajadzīgs nosacījums saglabāt nemainīgu pretestību, mainoties temperatūrai. Turpretī rezistoriem, kuri strādā ilgstošā režīmā, pretestībai jā saglabājas konstantai, mainoties temperatūrai. Šādus rezistorus izgatavo no materiāla, kura pretestība nemainās, mainoties temperatūrai, piemēram, konstantāna.



3.2. att. Rezistors — zigzagveida čuguna plate



3.3. att. Čuguna rezistoru kaste

3.1.2. REZISTORU IZVĒLE

Rezistoru izvēle konkrētai shēmai balstās uz silšanas aprēķinu — lai darba laikā rezistors nesasiltu virs pieļaujamās temperatūras. Katalogos rezistoriem uzrāda pretestību un ilgstoši pieļaujamo strāvu vai patērēto jaudu. Rezistora ilgstoši pieļaujamā strāva $I_{r.p.}$ jāizvēlas tā, lai tā būtu lielāka vai vienāda ar elektriskās ķēdes aprēķina strāvu jeb darba strāvu

$$I_{r.p.} \geq I_d$$

Ja rezistors paredzēts darbam S3 režīmā, aprēķina ekvivalento ilgstošo strāvu, kuras siltumiedarbība vienāda ar reālās strāvas siltumefektu:

$$I_e = I_d \sqrt{\frac{1 - e^{-t_d/T_s}}{1 - e^{-t_d/\alpha T_s}}}$$

$$\alpha = \frac{t_d}{t_d + t_p},$$

kur α — pieslēguma ilgums,

T_s — silšanas laika konstante (skat. 1.2. att.),

t_d — sloģošanas laiks,

t_p — pauzes laiks, kad $I_d = 0$.

Tā kā parasti $t_d \ll T$, tad $I_e = I_d \sqrt{\alpha}$

Ja rezistors paredzēts darbam S6 režīmā, gadījumā, kad $t_d + t_p \ll T$, ekvivalento strāvu aprēķina pēc formulas:

$$I_e = \sqrt{\frac{I_d^2 t_d + I_p^2 t_p}{t_d + t_p}},$$

kur I_p — tukšgaitas strāva.

Elektrodzinēju palaišanas rezistoru uzdevums ir ierobežot palaišanas strāvu, vienlaikus nodrošinot noteikto palaišanas laiku. No silšanas viedokļa rezistoriem izvirza šādas prasības: palaišanas rezistors sasilst līdz pieļaujamai temperatūrai pēc trīskārtes palaišanas. Pauzes laiks starp atsevišķām palaidēm ir vienāds ar divkārtu palaišanas laiku. Tā kā strāva palaišanas laikā mainās, aprēķina ekvivalento strāvu I_e

$$I_e = \sqrt{\frac{\int_0^{t_d} i^2 dt}{t_d}} \approx \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n i_i^2 \Delta t_i}{t_d}},$$

kur Δt_i — laika intervāli, kādos sadalīts palaišanas laiks,

i_i — strāva laikā Δt_i ,

t_d — palaišanas laiks.

Līdzstrāvas dzinēju palaidei papildrezistoru izvēlas, lai palaides strāva 2–2,5 reizes nepārsniegtu nominālo strāvu I_N , tātad $I_{\text{pal}} = (2-2,5)I_N$. Papildrezistora pretestību R_{pap} aprēķina

$$R_{\text{pap}} \leq \frac{U_N}{I_{\text{pal}}} (R_a + R_{\text{p.p.}}),$$

kur R_a — dzinēja enkura pretestība, Ω ;

$R_{\text{p.p.}}$ — dzinēja papildpolu pretestība, Ω .

(R_a un $R_{\text{p.p.}}$ dati dzinēju katalogos, piem, P.9.5. tab.)

Ņemot vērā palaides procesa īslaicīgumu (dažas sekundes), palaides papildrezistoru izvēlas mazākai strāvai (katalogos I_N dota ilgstošam režīmam)

$$I_{\text{pap}} = I_{\text{pal}} \sqrt{1 - e^{-t_{\text{pal}}/T_s}},$$

kur I_{pal} — palaides papildrezistora nominālā strāva ilgstošam režīmam, A;

t_{pal} — palaides laiks, sekundēs (jāizvēlas);

T_s — rezistora silšanas laika konstante, sekundēs.

Ja katalogā nav dotas T_s vērtības, tās var izvēlēties no 3.1. tabulas. Ja izgatavotājrūpnīca katalogos norāda rezistoru īslaicīgi pieļaujamo strāvu vērtības (1, 2, 3–10 s), strāvu pārrēķins nav vajadzīgs.

3.1. tabula

Rezistoru silšanas laika konstantes T_s

Rezistoru konstrukcija	R_N, Ω	T_s, s
Kastveida rezistori ar fehrala elementiem	0,1–7	70–200
Stieplu elementi	2,8–8	132–282
	37–260	41–120
Lentveida elementi	0,2–1,9	52–180

Izvēloties rezistorus, jāņem vērā arī to slēguma shēma. Virknē slēgtiem rezistoriem jābūt ar vienādu ilgstoši pieļaujamo strāvu. Paralēli slēgtiem rezistoriem nepieciešams, lai to pretestības reizinājums ar ilgstoši pieļaujamo strāvu visiem rezistoriem būtu vienāds, t. i., sprieguma kritumiem jābūt vienādiem.

Piemērs

Aprēķināt rezistora pretestību maiņstrāvas kontaktora spoles ķēdē, ja kontaktoru nepieciešams pieslēgt līdzspriegumam $U_N = 110V$. Maiņstrāvas kontaktora

tehniskie dati: spoles nominālā strāva $I_{N.sp.} = 0,1A$, spoles spriegums $U_{sp} = 127V$, spoles pretestība $R_{sp} = 185\Omega$.

Atrisinājums

1. Ja spoli pieslēdz līdzspriegumam $U_N = 110V$, sprieguma zudums uz papild-rezistora spailēm

$$U_r = U_N - I_{N.sp.} R_{sp.} = 110 - 0,1 \cdot 185 = 91,5 V$$

2. Rezistora pretestība

$$R_r = \frac{U_r}{I_{N.sp.}} = \frac{91,5}{0,1} = 915\Omega$$

3. Rezistora jauda

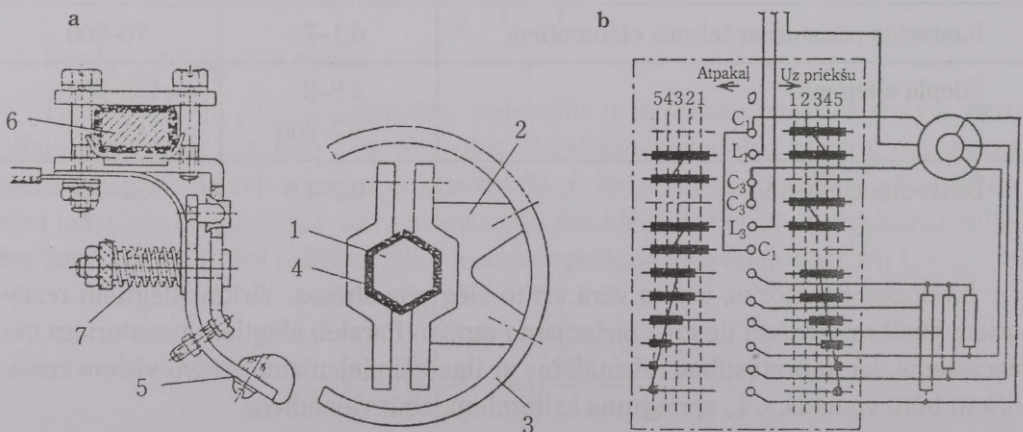
$$P = I^2 R = 0,1^2 \cdot 915 = 9,15 W$$

4. No tabulas P.3.1. izvēlas ПЭВ tipa rezistoru ar $P_N = 10 W$ un maināmu $R = 1,8 \cdot 10^3 \Omega$.

3.2. KONTROLLERI

Kontrollers ir manuāls komutācijas aparāts, kas nodrošina kontaktu pārslēgšanu pēc noteiktas programmas (3.4.b att.).

Kontrollerus lieto kopā ar rezistoru kasti līdzstrāvas un maiņstrāvas elektrodzinēju palaidei, griešanās virziena maiņai, rotācijas frekvences regulēšanai,



3.4. att. Kontrollera uzbūve un shēma asinhronā elektrodzinēja ar fāžu rotoru palaidei
a — uzbūve; b — palaišanas shēma; 1 — vārpsta; 2 — segmentu turētājs; 3 — segmentveida kustīgais kontakts; 4 — izolācija; 5 — nekustīgais kontakts; 6 — izolētais stienis; 7 — kontaktatspere

elektriskai bremsēšanai un apstādināšanai. Praksē lieto veltņkontrollerus un izciļņkontrollerus. Veltņkontrolleri ir divu tipu: ar slidkontaktiem un sadurkontaktiem. Izciļņkontrolleri ir regulējami un neregulējami.

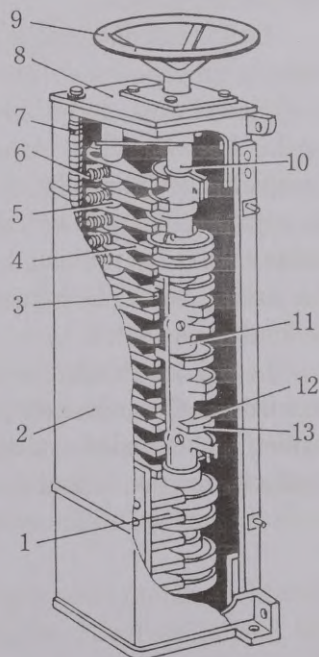
Griežot veltņkontrollera (3.5. att.) rokrieni 9, pagriež arī vārpstu 10 ar segmentiem 13, pie kuriem piestiprinātas kontaktplāksnītes. Tie kopā veido kustīgo kontaktu, kas noteiktā secībā saskaras ar kontaktiem 4.

Kontakti 4 nostiprināti uz nekustīgās traversas 5. Kontaktiem piestiprināta atspera 6, kas piespiež kustīgam segmentam kontaktsviras galu, radot pietiekamas kvalitātes kontaktu. Tā kā nekustīgais kontakts 4 slid pa segmenta 13 kontaktplāksnīti, to kalpošanas laiks nav liels, jo tie ātri nodilst.

Zem rokrieteņa vāka virspusē ir cipari, kas norāda, kādā stāvokli ir kontrolleris. Apvalks pasargā apkalpes personālu no nejaušas pieskaršanās kontrollera strāvu vadošām daļām. Kontakta 4 plāksnītes un segmentus 13 var apmainīt, ja darba laikā tie nodilst un neveido kvalitatīvu kontaktu.

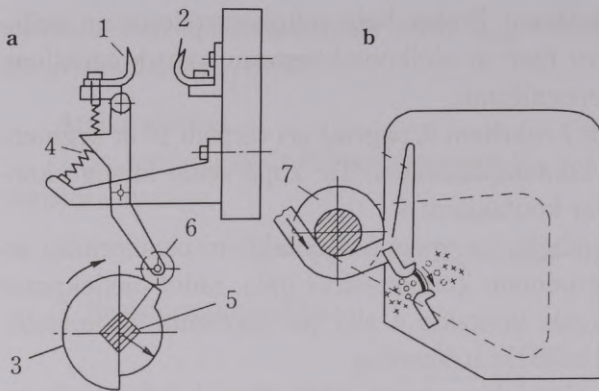
3.4. attēlā parādīta veltņkontrollera uzbūve un shēma, ko lieto asinhronā elektrodzinēja ar fāžu rotoru palaidei. Uz vārpstas 1 nostiprināts segmentu turētājs 2 ar kustīgiem kontaktiem segmenta 3 veidā. Segmenta turētājs izolēts no vārpstas ar izolācijas materiālu 4. Nekustīgais kontakts 5 novietots uz izolēta stieņa 6. Ja griež vārpstu 1, segments 3 saskaras ar nekustīgo kontaktu 5, tādā veidā saslēdzot elektrisko ķēdi. Atspera 7 nodrošina nepieciešamo kontaktspiedienu. Kontaktus var savienot dažādās kombinācijās, segmentiem ir dažāds garums, kas nodrošina to saskaršanos noteiktā secībā. Asinhronā elektrodzinēja ar fāžu rotoru palaišanas shēma dota 3.4.b att. Kontrollera nekustīgie kontakti apzīmēti ar burtiem C1, C3, L1, L3, bet kustīgie kontakti — segmenti apzīmēti ar biezām horizontālām līnijām. Savukārt segmentu savienojumi apzīmēti ar slīpām līnijām. Ja kontrolleris ir stāvokli "Uz priekšu", elektrodzinēja statora tinumu pieslēdz spriegumam, bet rezistori ieslēgti rotora tinumu ķēdē. Griežot kontrolleri, rotora ķēdē ieslēgtās pretestības pakāpeniski tiek samazinātas līdz nullei un rotora tinumi saslēgti isi.

Veltņkontrolleri var komutēt līdzstrāvas elektrodzinēju ķēdes līdz 45 kW jaudai un maiņstrāvas elektrodzinēju spēka ķēdes līdz 75 kW jaudai.



3.5. att. Veltņkontrollers

- 1 — azbestcements lokdzēses kameras starpsiena; 2 — apvalks; 3 — vara kontaktturētājs; 4 — nekustīgais kontakts; 5 — traversa; 6 — kontaktu atspera; 7 — savilcējtapskrūve; 8 — vāks; 9 — vadības rokrienis; 10 — vārpsta; 11 — izjaucams sajūgs; 12 — balstenis; 13 — segments (kustīgais kontakts)



3.6. att. Izciļņkontrollers

1 — kustīgais kontakts; 2 — nekustīgais kontakts; 3 — profilripa; 4 — svira; 5 — vārpsta; 6 — rullītis; 7 — lokdzēses spole

Veltņkontrolleriem pieļauj līdz 240 pārslēgumiem stundā, izciļņkontrolleriem — līdz 600 pārslēgumiem.

Izciļņkontrolleriem ir sadurveida kontaktu sistēma (3.6. att.), kas mazina to dilšanu un palielina darbmūžu. Kustīgam kontaktam 1 un nekustīgam kontaktam 2 ir vienāda forma, darba laikā tie neslid viens gar otru, bet saskaras ar pietiekami lielu spēku. Uz kontrollera vārpstas nostiprināta speciāla profila (ar izcilni) ripa 3. Atspere piespiež profilripai rullīti 6. Ja rullītis atrodas uz profilripas daļas ar lielāko rādiusu, kustīgais kontakts ir atvirzīts no nekustīgā kontakta. Ja rullītis atrodas uz profilripas daļas ar mazāko rādiusu, kustīgo kontaktu atspere piespiež nekustīgam kontaktam. Lai dzēstu elektrisko loku, kas rodas pārtraucot kontaktu, izveido lokdzēses kameru ar lokdzēses spoli 7.

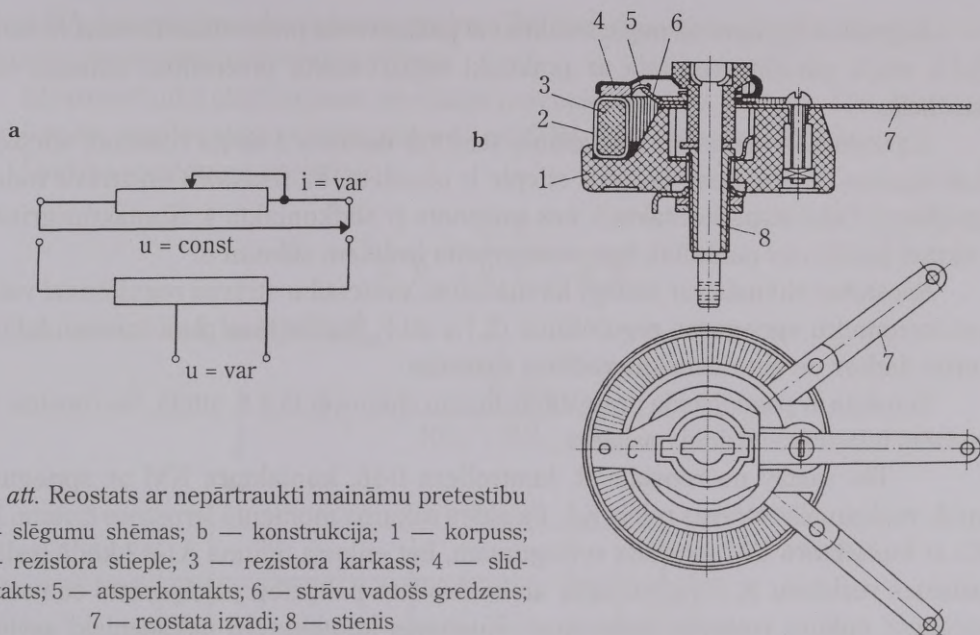
Ja strāva ir lielāka par kontrolleriem pieļaujamo strāvu, kontrolleri ieslēdz nevis elektrodzinēja spēka ķēdē, bet vadības ķēdē. Šādu kontrolleri sauc par komandkontrolleri, jo tas saslēdz vai atslēdz noteiktā secībā kontaktorus, kuri savukārt komutē spēka ķēdes (sk. 5. nod.).

3.3. REOSTATI

Rezistoru ar nepārtraukti vai pakāpeniski maināmu pretestību sauc par reostatu. Reostatus var izveidot, apvienojot rezistoru kastī ar kontrolleri.

Atkarībā no lietojuma izšķir šādus reostata veidus: palaišanas — līdzstrāvas un maiņstrāvas dzinēju palaišanai; palaišanas-regulēšanas — līdzstrāvas dzinēju palaišanai un rotācijas frekvences regulēšanai; ierosmes — strāvas regulēšanai līdzstrāvas un maiņstrāvas mašīnu ierosmes tīņos; slodzes vai balasta — papildpretestības regulēšanai shēmās, slodzes imitācijai laboratoriju pārbaudēs.

Pēc konstrukcijas izšķir vaļējos, aizsargātos, slēgtos, pushermētiskus un eļļas reostatus. Pēc reostatu materiāla: metāliskos (sk. 3.1. nod.), šķidrums un ogle



3.7. att. Reostats ar nepārtraukti maināmu pretestību
 a — slēgumu shēmas; b — konstrukcija; 1 — korpuss;
 2 — rezistora stieple; 3 — rezistora karkass; 4 — slid-
 kontakts; 5 — atsperkontakts; 6 — strāvu vadošs gredzens;
 7 — reostata izvadi; 8 — stienis

reostatus. Pēc dzesēšanas veida: ar gaisa dzesēšanu un šķidrums (eļļa vai ūdens) dzesēšanu. Gaisa dzesēšanu var izmantot visiem reostatu tipiem, bet šķidrums — tikai metāliskajiem reostatiem.

Reostatus izgatavo atbilstoši apkārtējās vides apstākļiem, kādos reostatiem jādarbojas. Sausās, normālās telpās var lietot vaļējos reostatus bez apvalka, kuriem ir laba ventilācija. Aizsargātiem reostatiem ir apvalks ar ventilācijas spraugām. Slēgtiem reostatiem ir apvalks bez ventilācijas spraugām, bet strāvu vadošās daļas nav aizsargātas no putekļiem, mitruma un gāzēm. Pushermētiskie reostati ir ar pastiprinātu blīvējumu. Eļļas reostatu strāvu vadošās daļas atrodas eļļā, un tās pasargātas no ūdens, tvaiku un gāzu iedarbības. Eksplozijas drošus reostatus izgatavo ar eļļas aizsardzību vai ar hermētiski slēgtu apvalku.

Šķidrums reostati sastāv no metāla tvertnes, kurā iegremdēti metāla elektrodi. Iegremdējot elektrodus elektrolīta šķīdumā (sodas šķīdums ūdenī vai ūdens) vai mainot to attālumu, izmainās reostata pretestība. Šķidrums reostatus nedrīkst lietot līdzstrāvas ķēdēs, jo elektrolīzes rezultātā uz katoda izdalās ūdeņradis, kas maisījumā ar gaisu noteiktā koncentrācijā var radīt sprāgstošu gāzi. Elektrolīta pretestību var mainīt, mainot sodas koncentrāciju ūdenī. Šķidrums reostata trūkumi: mainoties temperatūrai, jūtami mainās reostata pretestība, bet, ūdenim iztvaikojot, tvertnē rodas nosēdumi.

Ogļes reostatus izgatavo no ogļes diskām, kurus saspiež atsperes. Mainoties spiedienam, mainās kontaktu pārejas pretestība starp atsevišķiem diskām. Ogļes reostatus lieto sprieguma regulēšanai ģeneratora ierosmes ķēdē.

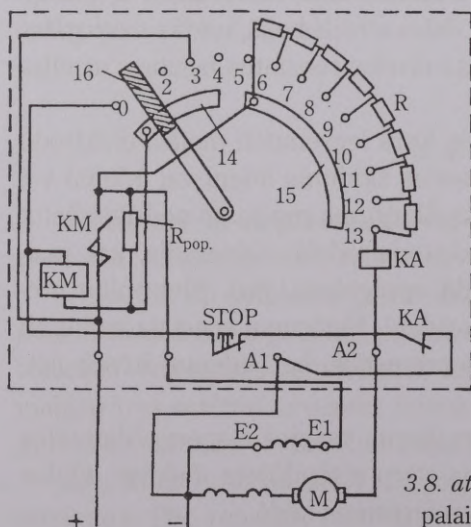
Reostatus izgatavo ar nepārtrauktu vai pakāpjveida pretestības lieluma izmaiņu. 3.7.b attēlā parādīta reostata ar praktiski nepārtrauktu pretestības izmaiņu konstrukcija.

Uz izolācijas materiāla (porcelāns, steatīts) karkasa 3 uztieta rezistora stieple 2. Lai vijumus izolētu vienu no otra, stieple ir oksidēta. Pa rezistoru un strāvu vadošo gredzenu 6 slid atsperkontakts 5, kas savienots ar slidkontakstu 4. Kontaktus griež ar rokturi (attēlā nav parādīts), kas piestiprināts izolētam stienim 8.

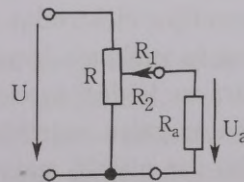
Reostatus shēmās var ieslēgt kā maināmu pretestību strāvas regulēšanai vai kā potenciometru sprieguma regulēšanai (3.7.a att.). Šīs shēmas plaši izmanto laboratoriju darbos un automātiskās vadības sistēmās.

Reostata ar pakāpjveida pretestības maiņu shēma dota 3.8. attēlā. Šis reostats paredzēts līdzstrāvas dzinēja palaidei.

Tas sastāv no reostata R, kontrollera 0-16, kontaktora KM ar sprieguma spoli, maksimālās strāvas releja KA. Palaides sākuma momentā ierosmes tīnumu E1-E2 ar kontaktoru KM pieslēdz spriegumam, bet enkura tīnuma A1-A2 ķēdē ieslēdz palaides rezistoru R. Tā pretestību ar kontrollera palīdzību pakāpeniski samazina, pieaugot enkura rotācijas frekvencei. Kustīgais kontakts 16 pakāpeniski savieno nekustīgos kontaktus 0-13 ar kopnēm 14-15, kuras savukārt ir saistītas ar elektrodzinēja ķēdi. Ja kontrollers ir stāvoklī 0, kontaktora KM spole ar kustīgo kontaktu 16 slēgta īsi, kontaktors atslēgts, elektrodzinējam spriegums nav pievadīts. Stāvoklī 3 spolei KM pievada spriegumu, kontaktors saslēdz savus kontaktus. Ierosmes tīnumam pievada pilnu spriegumu, bet enkura ķēdē ieslēgti palaides rezistori. Stāvoklī 13 palaides reostati vairs nav ieslēgti enkura ķēdē. Ja elektrodzinējs ir pārslogots (slodzes strāva $I_{sl} = (1,5-3) I_N$), nostrādā maksimālās strāvas



3.8. att. Līdzstrāvas dzinēja palaišanas reostata shēma



3.9. att. Potenciometra shēma

relejs KA, kas pārtrauc kontaktora spoles KM ķēdi. Reostatus izvēlas līdzīgi kā rezistorus, ņemot vērā to slēguma shēmu.

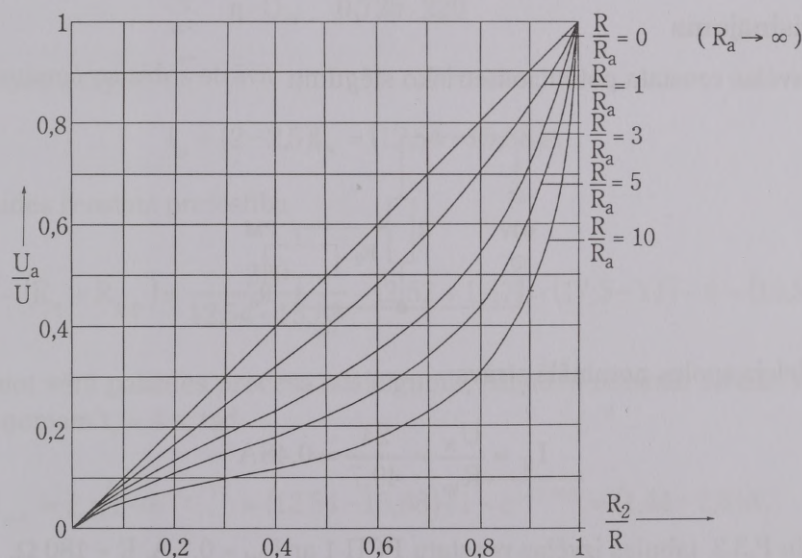
Elektrotehnikā plaši izmanto reostatus potenciometriskā slēgumā (3.9. att.), kas dod iespēju regulēt slodzes spriegumu U_a no 0 līdz barošanas spriegumam U .

Slodzes spriegumu aprēķina

$$U_a = U \frac{R_2 R_a}{R_1 R_2 + R_1 R_a - R_2 R_a},$$

vai, ņemot vērā, ka $R_1 = R - R_2$,

$$U_a = U \frac{R_2 R_a}{R R_2 + R R_a - R_2^2}.$$



3.10. att. Potenciometra spriegumu atkarība no pretestībām

Izmantojot potenciometru, jāseko, lai, slidkontaktam atrodoties stāvoklī, kad $R_1 \rightarrow 0$, nesadedgtu reostata malējie tinumi. Bojājums iespējams, ja $R_a \ll R$ un $I_a > I_{pielR}$. Tādēļ jāsalīdzina potenciometra un slodzes pretestības, kā arī potenciometra pieļaujamajai strāvai jābūt vienādai vai lielākai par slodzes un potenciometra šuntētās daļas (R_2) strāvu summu. Šī uzdevuma veikšanai pēdējo vienādojumu pārveido

$$\frac{U_a}{U} = \frac{1}{\frac{R}{R_a} - \frac{R_2}{R} \cdot \frac{R}{R_a} + \frac{1}{R_2/R}}.$$

Tas ļauj aprēķināt liknes $\frac{U_a}{U} = f\left(\frac{R_2}{R}\right)$ pie dažādām R/R_a vērtībām. Kā redzams

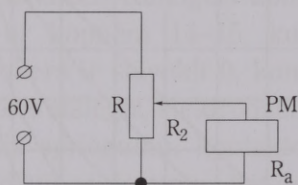
3.10. attēlā, jo lielāka attiecība R/R_a , jo nelineārākas liknes. Tāpēc praksē nav ieteicams izmantot potenciometru ar $R/R_a > 5$. Izmantojot šīs liknes, var atrast R_2 , ja zināms U , U_a , R (sk. 3.3.1. piemēru); vai arī U_a dažādos slidkontakta stāvokļos.

Piemērs

Izvēlēties reostatu laboratorijas darbam "Līdzstrāvas releja PM-3000 raksturliknes". Releja tehniskie dati: vadības ķēdes spriegums $U_N = 24$ V, spoles pretestība $R_{sp} = 49,7 \Omega$. Laboratorijas tīkla spriegums $U = 60$ V. Jāparedz strāvas regulēšana no 0 līdz I_N .

Atrisinājums

1. Izvēlas reostata potenciometrisko slēgumu



2. Releja spoles nominālā strāva

$$I_N = \frac{U_N}{R_{sp}} = \frac{24}{49,7} = 0,48 \text{ A}$$

3. No P.3.2. tabulas izvēlas reostatu PCII-1 ar $I_{piel} = 0,7$ A, $R = 180 \Omega$.

4. Pārbaude:

4.1. Atrod R_2 , izmantojot 3.10. attēla liknes

$$\frac{U_a}{U} = \frac{24}{60} = 0,4; \quad \frac{R}{R_a} = \frac{180}{49,7} = 3,6;$$

tad no līknēm $R_2/R = 0,7$, no kurienes $R_2 = 0,7R = 126 \Omega$.

4.2. Potenciometra ķēdes kopējā pretestība

$$R_{\Sigma} = R_1 + \frac{R_2 R_a}{R_2 + R_a} = (180 - 126) + \frac{126 \cdot 49,7}{126 + 49,7} = 89,6 \Omega.$$

4.3. Potenciometra ķēdes summārā strāva

$$I_{\Sigma} = \frac{U}{R_{\Sigma}} = \frac{60}{89,6} = 0,67 \text{ A} < I_{\text{Rpiel}} = 0,7 \text{ A}.$$

Piemērs

Izvēlēties līdzstrāvas dzinēja 2ПН90МУХЛ4 palaides reostatu. Dzinēja dati: (P.9.5. tab.) $P_N = 1 \text{ kW}$; $U_N = 220 \text{ V}$; $\eta = 72,5\%$; $R_a = 2,52 \ \Omega$; $R_{p.p.} = 1,47 \ \Omega$; (R_a — dzinēja enkura pretestība, $R_{p.p.}$ — dzinēja papildpolu tinumu pretestība).

Atrisinājums

1. Dzinēja nominālā strāva

$$I_N = \frac{P_N}{\eta \cdot U_N} = \frac{1 \cdot 10^3}{0,725 \cdot 220} = 6,27 \text{ A}.$$

2. Pieļaujamā palaides strāva

$$I_p = (2-2,5)I_N = (12,54-15,68) \text{ A}.$$

3. Palaides reostata pretestība

$$R_{p.r.} \geq \frac{U_N}{I_p} - (R_a + R_{p.p.}) = \frac{220}{12,54-15,68} - (2,52 + 1,47) = (17,5-14) - 4 = (13,5-10) \ \Omega.$$

4. Ņemot vērā palaides procesa īslaicīgumu, palaides reostatu izvēlas mazākai strāvai. Pieņemam $t_p = 4 \text{ s}$, tad

$$I_{p.r.} = I_p \sqrt{1 - e^{-t_p/T_s}} = (12,54-15,68) \sqrt{1 - e^{-4/300}} = (1,44-1,8) \text{ A},$$

kur T_s nosaka no 3.1. tabulas aptuveni $T_s \approx 300 \text{ s}$.

5. No P.3.2. tabulas izvēlas PCII-2 reostatu ar $R = 13 \ \Omega$, $I_{\text{rpjel}} > I_{p.r.}$, tad dzinēja palaides laiks var būt lielāks par 4 s.

Kontroljautājumi

1. Kā klasificē rezistorus?
2. Kādi ir rezistoru galvenie parametri?
3. Paskaidrot rezistora uzbūvi.
4. Kā izvēlas rezistoru?

5. Kādi ir rezistoru darba režīmi?
6. Kādus materiālus izmanto rezistoros?
7. Kā pārrēķina rezistoru darba režīmus?
8. Kā klasificē kontrollerus?
9. Kādas funkcijas veic kontrolleri?
10. Kas ir reostats, potenciometrs?
11. Kādas ir reostatu funkcijas?
12. Kā izvēlēties potenciometru?
13. Kādā gadījumā potenciometrs var sadegt?

4. KOMANDAPARĀTI

4.1. DEFINĪCIJA, LIETOŠANA

Komandaparāti ir elektriskie aparāti, kas veic rīkojumu, informācijas, vadības vai bloķēšanas funkcijas, ieslēdzot un atslēdzot kontaktoru, magnētisko palaidēju, automātslēdžu, releju, elektromagnētu, sajūgu, bremžu, signalizācijas u. c. vadības ķēdes, saslēdzot šo ķēžu elementus atbilstošas programmas izpildei. Komandaparātu kontaktu stāvokli izmaina operators, darbmašīnas vai tehnoloģiskās iekārtas kustīgās detaļas, temperatūra, spiediens, šķidruma līmenis vai cits līdzīgs iedarbes veids.

4.2. IEDALĪJUMS

Komandaparātus var iedalīt atbilstoši darbināšanas veidam:

- manuāli (ar roku) darbināmie komandaparāti: spiedpogas, drošības trošu slēdži, komandkontrolleri, pozīcijas pārslēdži;
- automātiski darbināmie komandaparāti: ar spiediena, līmeņa, temperatūras iedarbību;
- ar darbmašīnu kustīgajām detaļām darbināmie komandaparāti: gala un ceļa slēdži;
- elektromagnētiski vai magnētiski darbināmie komandaparāti: palīgkontaktori, herkonslēdži.

Atbilstoši kontaktu uzbūves un darbības principam komandaparātus var iedalīt:

- ar sviras kontaktu;
- ar tiltiņkontaktu;
- ar laideni ieslēdzošos un atslēdzošos kontaktu;
- ar lēcīveidīgi ieslēdzošos un atslēdzošos kontaktu (lēcējkontaktu).

Atbilstoši darbības fizikālajam principam komandaparātus var iedalīt:

- kontakta;
- bezkontakta.

Parasti komandaparātu tiltiņa vai sviras veida kontaktu pāri nodrošina vienu vai

divus ķēdes pārtraukumus atvērtā stāvoklī, kas ļauj atslēgt vadības ķēdi pie tipiskiem parametriem — $I_N = 6$ A, $U_N = 220$ V, kategorija AC11 bez speciālu lokdzēses iekārtu — dejonizācijas režģu u. c. palīdzības.

4.3. SPIEDPOGAS

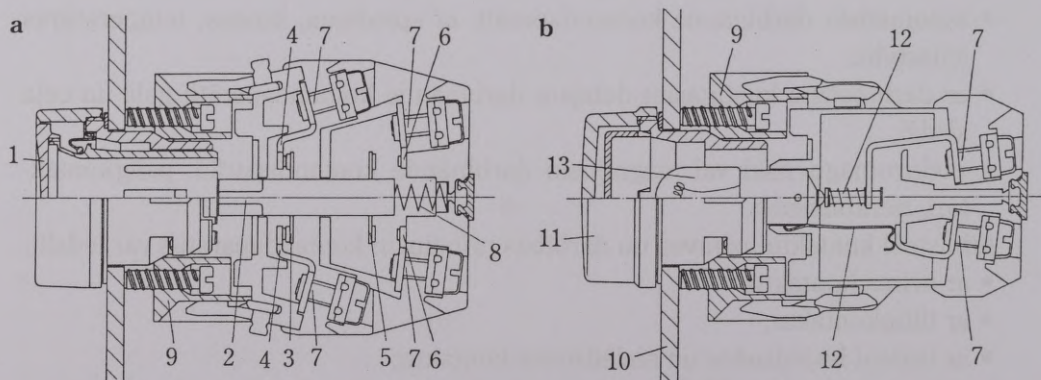
4.3.1. DEFINĒJUMS. KONSTRUKTĪVIE ELEMENTI

Spiedpogas ir komandaparāti, ar kuru palīdzību komandas manuāli (ar roku) ievada vadības ķēdē. Spiedpogas elementu blokhēma ir līdzīga 7.1. attēlā parādītajai, izņemot lokdzēses sistēmu un vadības signālu. Darbinātājs ir operators. Konstruktīvā uzbūve redzama 4.1.a attēlā, kurā parādīts variants ar vienu laideni atslēdzošu un vienu ieslēdzošu kontaktu pāri.

Informācijai par izpildīto komandu var izmantot signālspludzes (sk. 4.1.b att.), kuras dažkārt iebūvē pašā spiedpogā (sk. 4.2.b att.).

Spiedpogas uzstāda vadības paneļos, pultīs, frontāli, slipi, horizontāli vai arī uz grīdas novietotos pedāļos — darbināšanai ar kāju. Pēdējā variantā jāparedz aizsardzība pret krītošu priekšmetu kļūdainu iedarbību.

Spiedpogu stacijas veido, vienā korpusā ievietojot vairākas spiedpogas (sk. 4.3. att.). Spiedpogu stacijas var būt piestiprinātas iekārtu konstrukcijām vai telpu sienām stacionāri vai arī iekārtas lokanā trosē, piemēram, telferu vadībai. Šo aparātu

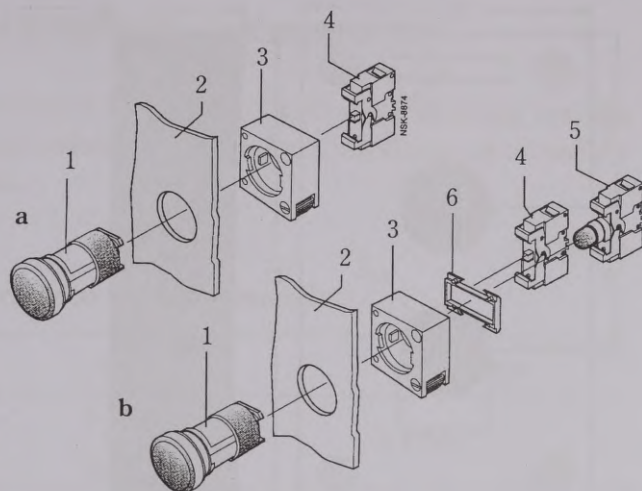


4.1. att. Frontāli piestiprināmas spiedpogas (a) un gaismas signalizācijas iekārtas (b) šķērsgriezums

1 — pogas uzgalis; 2 — darbinātājstienis; 3 — atslēdzošais kustīgais tiltiņkontakts; 4 — atbilstošie nekustīgie kontakti; 5 — ieslēdzošais kustīgais tiltiņkontakts; 6 — atbilstošie nekustīgie kontakti; 7 — ievadspaiļes; 8 — atgriezes atsperē; 9 — iekārtas turētājs frontālai piestiprināšanai panelī; 10 — panelis; 11 — lēca; 12 — spuldzes patronas centrālais atsperekontakts; 13 — spuldze

4.2. att. Firmas "Siemens" SIGNUM tipa spiedpogas (a) un signalizējošās spiedpogas (b) pamatdetāļas frontālam novietojumam

1 — darbinātājelements; 2 — panelis;
3 — turētājs; 4 — komutējošais elements;
5 — spuldzes armatūra ar spuldzi; 6 — sastiprinātājdetaļa



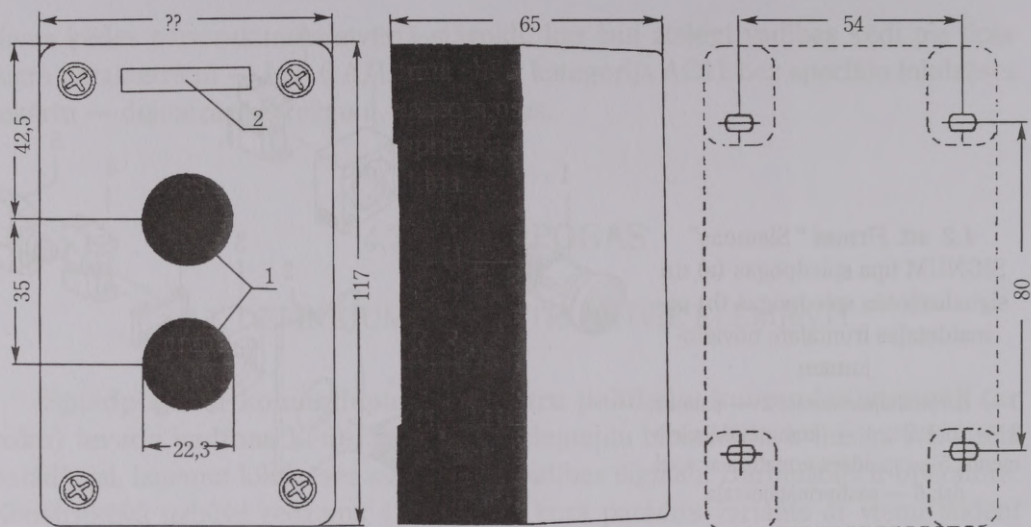
plastmasas korpusi nodrošina aizsardzības pakāpi IP 65, metāla — IP 67. Speciālām vajadzībām izveido eksploziju drošas spiedpogas vai to stacijas.

Spiedpogu darbinātāja pogas uzgalis var būt plakans, sfērisks, ar iedobumu, aploces vai taisnstūra formas (sk. 4.2. att.), iekrāsots, izgaismots ar iebūvētu ekonomisku signālspludzi (sk. 4.1. tabulu), ar uzrakstu vai simbolu, ar iebūvētu rullīša tipa mehānisko atslēgu. Agrāko izlaidumu pogu stacijās, kas paredzētas ātrai avāriju atslēgšanai, "start" pogaš uzgalis iegremdēts, bet "stop" — izvīrīts uz āru, lai bīstamā situācijā to varētu ātri nospiegt neskatoties. Parasti "stop" pogaš uzgalis krāsots sarkanā krāsā.

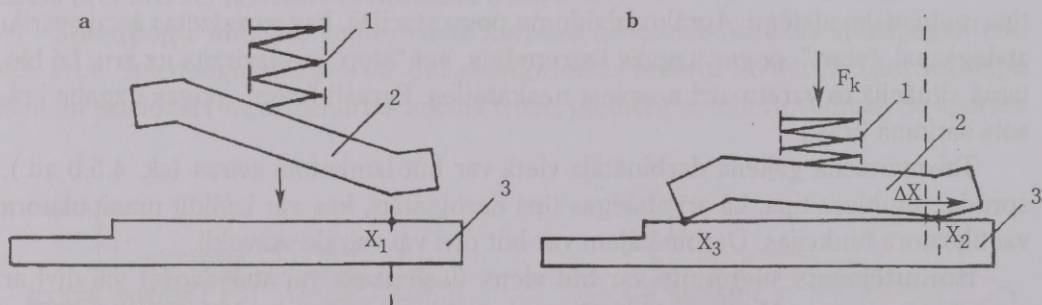
Taisnvirziena gājienu darbinātāja vietā var būt izmantots sviras (sk. 4.5.b att.), sprūda, tumblera tipa, kā arī atslēgas tipa darbinātājs, kas var izpildīt manipulatora vai fiksatora funkcijas. Darbinātājam var būt divi vai vairāki stāvokļi.

Komutējošais elements var būt viens (ieslēdzošs vai atslēdzošs) vai divi ar pretējām funkcijām. Viens darbinātājs var iedarbināt vienu vai vairākus komutējošos elementus.

Komutācijas process var būt laidens vai lēcienveidīgs. Laidenas darbības komutējošais elements parādīts 4.1.a attēlā. Šeit kontaktu ieslēgšanas un atslēgšanas ātrumu pilnībā nosaka operatora pirksta spiedienu, kam jānodrošina vismaz minimālais kontaktu kustības ātrums 0,01 m/s. Pie mazāka ātruma strauji pieaug kontaktu nolietojums, iespējama kontaktu sametināšanās pastiprinātas elektriskā loka iedarbības dēļ. Labākos apstākļos strādā lēcienveidīgi funkcionējošie kontakti, kur kontaktu pārvietošanas ātrumu nosaka atsperu kinemātiskā sistēma (sk. 4.21., 4.22. att.) vai arī herkonu ātrumiedarbība (sk. 4.5. att.). Kontaktu izgatavošanai izmantojot varu, jāņem vērā tā oksidēšanās, un tādēļ kontaktu kinemātiskajā sistēmā, tiem saslēdzoties, paredzēta kontaktu virsmu neliela savstarpēja pārbīde ΔX (sk. 4.4. att.), kas notīra strāvas pārejas vietu.



4.3. att. Firmas "Lovato Rez-LTD" divielementu pogu stacijas kopskats un galvenie izmēri.
Plastmasas korpus, IP 65
1 — pogu uzgāļi; 2 — uzraksta plāksnīte



4.4. att. Spiedpogu vara kontaktu pašnotīrīšanās shēma pie ieslēgšanas
a — atslēgts stāvoklis, b — ieslēgts stāvoklis; 1 — kontaktatspere; 2 — kustīgais kontakts, 3 — nekustīgais kontakts; F_k — kontaktu piespiedējspēks; X_1 — kontaktu pirmās saslēgšanās līnijas punkts; X_2, X_3 — kontaktu saslēgšanās beigu stāvokļa kontaktlīniju punkti; ΔX — kontaktu virsmu pārbīde

Spiedpogu un arī citu komandaparātu kontaktu darbību būtiski uzlabo 7. nodaļas 7.4.3. punktā aplūkotā spoļu atslēgšanas procesa optimizācija.

Signālspuļdzņu ietvari var būt ar vai bez papildelementiem spuldžu sprieguma samazināšanai (sk. 4.1. tab.).

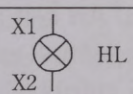
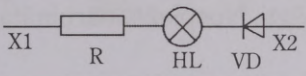
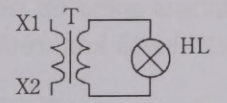
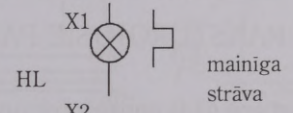
Signālspuļdzņu gaismas izkliedētājlēcas izgatavo dažādās krāsās. Izgatavotājfirmas nodrošina jebkuru spiedpogu izpildījumu.

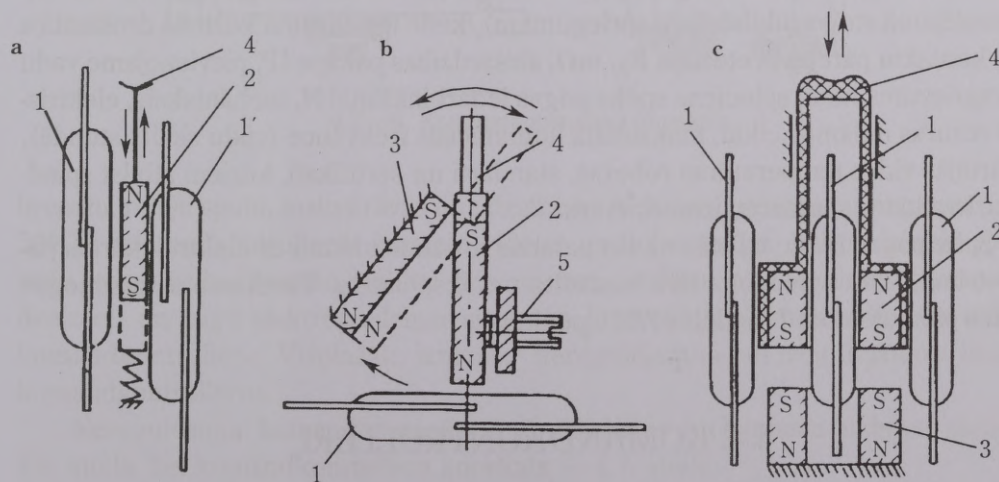
4.3.2. HERKONI SPIEDPOGU KONSTRUKCIJĀS

Ņemot vērā herkonu priekšrocības (sk. 1. nod. 1.4.10. p.), ir lietderīgi izveidot spiedpogu konstruktīvos principus uz herkonu bāzes, kuru iespējamie un arī pašlaik lietotie varianti ilustrēti 4.5. attēlā.

4.1. tabula

Signālspludžu ietvaru elementi

Shēmas apraksts	Shēma	Spriegums
Tiešā barošana		$\leq 415V$
Ar 130V spuldzei virknē slēgtu rezistoru un diodi		230-250V
Ar iebūvētu 1,2 VA transformatoru un 24V 1,2W spuldzi		110-120V (50/60 Hz) 220-230V (50/60 Hz) 380-415V (50/60 Hz)
Pulsējoša gaisma, ko nodrošina iebūvēts termopārtraucējs		24-48V 110-230V



4.5. att. Herkoni spiedpogu konstrukcijās

a — pārslēdzošā poga ar diviem herkoniem; b — ieslēdzošā poga ar vienu herkonu; c — atslēdzošā poga ar trim herkoniem; 1, 1' — herkoni; 2 — kustīgie pastāvīgie magnēti; 3 — nekustīgie pastāvīgie magnēti; 4 — darbinātājelementi; 5 — regulēšanas skrūve

4.5.a attēlā parādītajā variantā pastāvīgais magnēts 2 izejas stāvokli ar savu magnētisko lauku saslēdzis herkona 1 kontaktus. Spiežot darbinātāju līdz ar pastāvīgo magnētu uz leju, atslēdzas herkons 1. Atlaižot pogu, notiek pretējs process. 4.5. b attēlā parādīta spiedpoga ar saslēdzošu kontaktu. Atgriezes atsperes lomu šeit izpilda otrs pastāvīgais magnēts 3. Izejas stāvokli šis magnēts atgrūž kustīgā magnēta 2 vienādos polus, un tādēļ magnēts 2 kopā ar vadības sviru 4 pagriežas līdz atdurei 6. Herkona 1 kontakti pārtraukti. Pagriežot sviru 4 kopā ar magnētu 2 līdz abu magnētu savietošanai, to magnētiskie lauki summējoties pastiprinās un herkona 1 kontakti saslēdzas. Atbrīvojot sviru, pastāvīgie magnēti atgrūžas un kustīgās detaļas ieņem sākuma stāvokli. Līdzīgi darbojas 4.5.c attēlā parādītais variants — spiedpoga ar 3 atslēdzošiem kontaktiem. Arī šeit atgriezes atsperes lomu izpilda pastāvīgais magnēts 3. Izejas stāvokli magnētu 2 un darbinātāju 4 paceltu notur magnēta 3 pretspēks (magnētu vienādie poli atgrūžas), un magnēts 2 atrodas herkonu 1 nostrādes zonā, to kontakti saslēgti. Nospiežot darbinātāju 4 reizē ar magnētu 2 uz leju, herkonu kontakti atveras.

Apskatīto spiedpogu komutācijas spēju un resursu nosaka izmantoto herkonu un komutējamās slodzes parametri katrā konkrētā gadījumā (P.1.2. tab.).

4.3.3. SPIEDPOGU RAKSTUROJOŠIE PARAMETRI. IZVĒLE

Katalogos spiedpogas raksturo šādi parametri: nominālais spriegums U_N , V, ilgstošā strāva I_N , A, komutācijas spēja attiecīgai lietošanas kategorijai AC vai DC (komutējamā strāva atbilstošam spriegumam), ķēdē ieslēdzamā kustošā drošinātāja dati, kontaktu pārejas pretestība R_K , m Ω , aizsardzības pakāpe IP, pievienojamo vadu šķērssgriezums mm², spiediena spēks pogas iedarbināšanai N, mehāniskais, elektriskais resurss miljonos ciklu, maksimālā komutācijas frekvence (ciklu skaits stundā), apkārtējās vides temperatūras robežas, standarti un sertifikāti, kuriem atbilst spiedpoga, kvalitātes standarts, izmēri, svars.

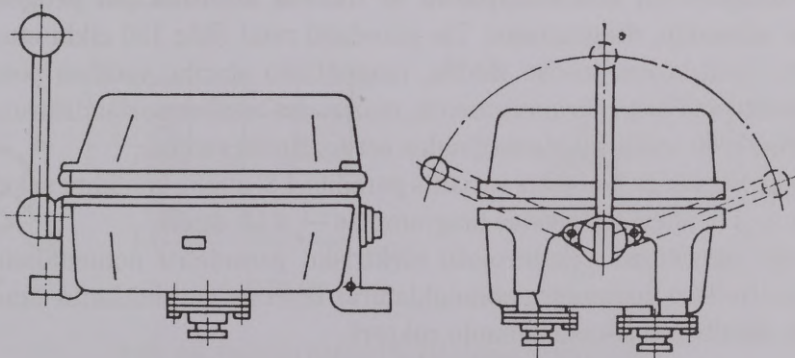
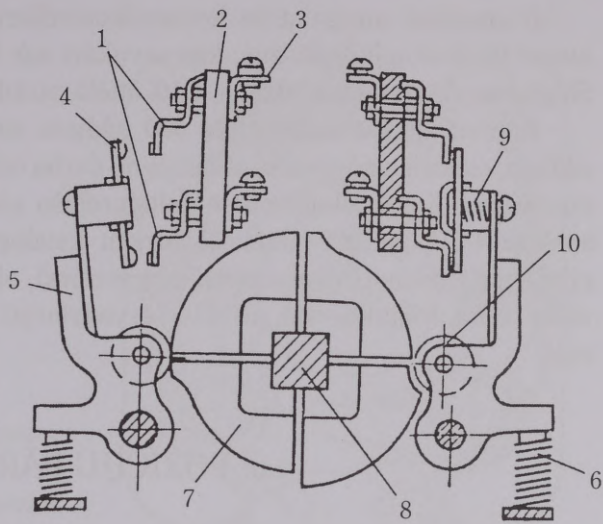
Spiedpogas izvēle balstās uz tās parametru salīdzināšanu ar elektroiekārtas parametriem, kurā spiedpoga tiks uzstādīta un ekspluatēta. Vienkāršots spiedpogas izvēles piemērs dots 7. nodaļas 7.9.9. punktā.

4.4. KOMANDKONTROLLERI

Komandkontrolleri ir daudzkontaktu daudzpozīciju komandaparāti ar rokas (manuālo), kājas vai servodzinēja darbinātāju. To kontakti ieslēdzas un izslēdzas noteiktā secībā, pagriežot darbinātāja asi. Komutācijas programma var būt fiksēta vai maināma. Kontaktu sistēma paredzēta induktīvas slodzes — kontaktoru,

4.6. att. Neregulējama komandkontrollera pārslēgšanas mehānisma uzbūve

1 — nekustīgie kontakti; 2 — kontaktu pamatne; 3 — pievienotājskrūves; 4 — kustīgais tiltiņkontakts; 5 — kontaktsvira; 6 — atgriezējspere; 7 — izciļņu disks; 8 — vārpsta



4.7. att. Komandkontrollera kopskats

bremžu, releju spoļu, maiņstrāvas un līdzstrāvas ķēžu komutēšanai spriegumam līdz 500 V. Komandkontrollerus izmanto vidējas un lielas jaudas elektrodzinēju spēka ķēžu komutācijas aparātu vadībai tilta un torņa celtņu, pilsētu elektrotransporta, dzelzceļa un kuģu elektropiedziņas sistēmās. Ir izveidoti plaknes, veltna un izciļņu komandkontrolleri. Visplašāk izmanto neregulējamus un regulējamus izciļņu komandkontrollerus.

Neregulējama komandkontrollera pārslēgšanas mehānisma uzbūve parādīta 4.6. attēlā, bet komandkontrollera kopskats — 4.7. attēlā.

Regulējamos komandkontrolleros fiksēto izciļņu diska 7 vietā (sk. 4.6. att.) ir disks ar urbumiem, kuros nostiprināto izciļņu novietojumu var samērā ērti un precīzi mainīt atbilstoši nepieciešamai kontaktu stāvokļu diagrammai un realizējamai komutāciju programmai.

Ir izveidoti mazgabarīta komandkontrolleri, kuros regulējams izciļņu mehānisms darbina mikroslēdžus, kas savukārt var tieši komutēt mikrodzinēju ķēdes. Slēgšanas diagrammas līdzīgas 4.10. attēlā parādītajai.

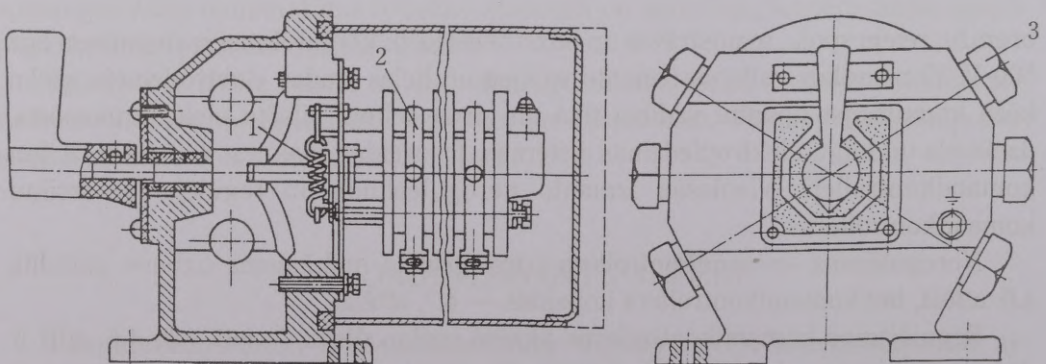
Komutāciju intensitāte līdz 600 cikliem stundā, mehāniskais resurss ap 10^6 cikliem, elektriskais resurss atkarīgs no darba režīma un kontaktu ķēdes slodzes parametriem. Komandkontrollera raksturojošo elektrisko parametru nomenklatūra analoga 4.3.3. punktā minētajai, turklāt katalogos dots komutējamo ķēžu skaits, griešanās virziens (reversīvs vai nereversīvs), slēgšanas diagramma, darbināšanas veids (svira, rokturis, rats, pedālis, servodzinējs). Izvēle analoga 4.3.3. punktā minētajai.

4.5. POZĪCIJU PĀRSLĒDŽI

Pozīciju pārslēdži (universālie pārslēdži) ir manuāli vadāmi daudzkontakta daudzpozīciju komandaparāti ar fiksētu komutācijas programmu un kontaktu stāvokļu diagrammu. Tie paredzēti reti (līdz 150 ciklu stundā) automātslēdžu, kontaktoru, jaudas slēdžu, magnētisko staciju, vadības posteņu, programmiestārtu vadības, mērinstrumentu, mazjaudas asinhrono daudzātrumu dzinēju polu tinumu ķēžu ieslēgšanai, mazjaudas servodzinēju vadībai.

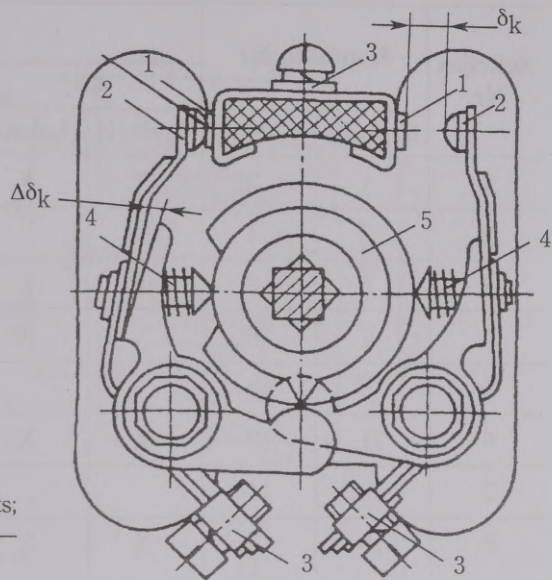
Pozīciju pārslēdža kopskata variants parādīts 4.8. attēlā, kontaktu sekcijas šķērs-griezums — 4.9. attēlā, slēgšanas diagrammas — 4.10. attēlā.

Pozīciju pārslēdžus raksturojošo elektrisko parametru nomenklatūra līdzīga komandkontrolleru parametru nomenklatūrai, izņemot darbināšanas daudzveidību, jo pozīciju pārslēdžos parasti izmanto rokturi.



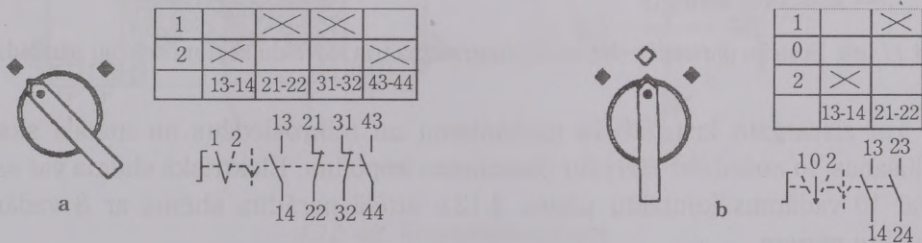
4.8. att. Pozīciju pārslēdža kopskats

1 — kontaktu stāvokļa fiksators; 2 — komutējošo kontaktu sekcija; 3 — kabeļu ievadvieta



4.9. att. Pozīciju pārslēdža sekcijas šķērs-griezums

1 — nekustīgais kontakts; 2 — kustīgais kontakts;
3 — pievienotājskrūve; 4 — kontaktatspere; 5 — izciļņu disks



4.10. att. Pozīciju pārslēdžu slēgšanas diagrammas

a — divu stāvokļu četru kontaktu; b — trīs stāvokļu divu kontaktu pārslēdžu rokturu stāvokļu, slēgšanas diagrammas un kontaktu shēmas

4.6. KRUSTSLĒDŽI

Krustslēdži ir daudzkontaktu vairākstāvokļu komandaparāti, ko izmanto metālgriešanas darbmašīnu vadības paneļos, pultīs, skapjos, kuģu un lidmodeļu tālvadības pultīs un tamlīdzīgās iekārtās, kur vadībai nepieciešama mnemoniska (uzskatāma) atbilstības saite starp slēdža roktura manuālas pārvietošanas virzienu un vadāmā objekta vai tā darba orgānu pārvietošanas virzienu, t. i., ja rokturi pārvieto pa labi, objekts virzās pa labi. Krustslēdžu funkcionēšana analoga komandkontrolleru režīmiem. Krustslēdža konstrukcija un kontaktu shēma parādīta 4.12. attēlā.

Sekcijas Nr.	Kontaktu Nr		Roktura stāvokļi					
			-45°		0°		+45°	
	Kreisais	Labais	Kreisais	Labais	Kreisais	Labais	Kreisais	Labais
1	1	2	X	X				
2	3	4					X	X
3	5	6	X	X				
4	7	8	X	X			X	X
5	9	10			X	X		
6	11	12	X	X			X	X
7	13	14					X	X
8	15	16	X	X				

X — kontakts saslēgts

□ — kontakts atslēgts

4.11. att. Pozīciju pārslēdža slēgšanas diagramma trīs stāvokļu septiņu sekciju pārslēdzim

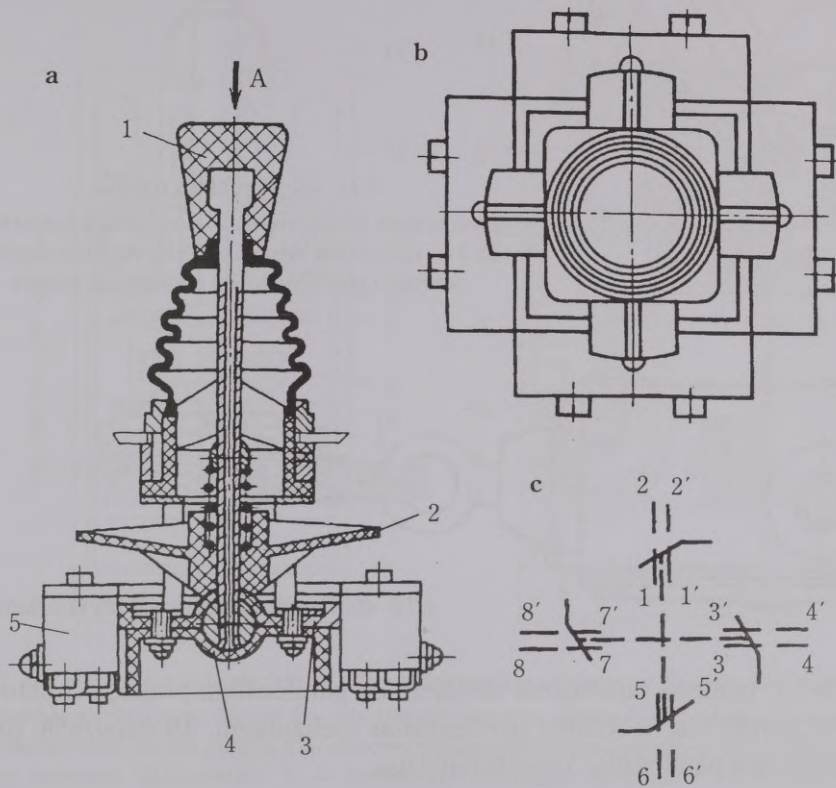
Lai aizsargātu krustslēdža mehānismu un mikroslēdžus no metāla skaidiņu iekļūšanas, to nosedz ar sfērisku plastmasas kupoliņu. Elektriskā shēma var saturēt 8 vai 10 vadāmus kontaktu pārus. 4.12.c attēlā parādīta shēma ar 8 vadāmiem kontaktu pāriem.

4.7. TUMBLERI

Tumbleri ir ātrdarbīgi divu vai trīs stāvokļu manuāli vadāmi komandaparāti, kurus plaši izmanto vadības paneļos un pultīs automātikas shēmu barošanas ieslēgšanai, vadības ķēžu un mēraparātu ieslēgšanai, pārslēgšanai un izslēgšanai. Tumbleru nominālā strāva var būt 1, 2, 5 A, atslēdzamā jauda pie sprieguma 220 V var sasniegt 250 VA. Tumbleri ērti iebūvējami mazo gabarītu dēļ. Uzbūves princips parādīts 4.13. attēlā.

4.8. DROŠĪBAS TROSES SLĒDŽI

Drošības troses slēdži ir ātrdarbīgi divu stāvokļu manuāli ar trosi vadāmi komandaparāti, ko plaši izmanto konveijeru, transportlenšu, automātisko līniju ekspluatācijas drošības tehnikas iekārtās neparedzētai šo objektu darbības



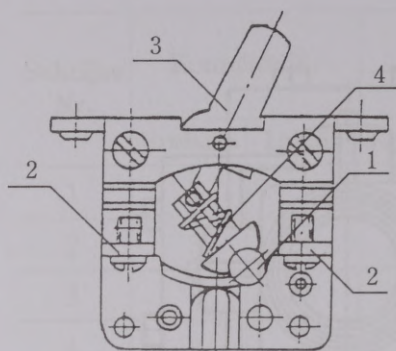
4.12. att. Krustslēdža uzbūve

a — šķērs griezumā; 1 — vadības rokturis; 2 — vadošais krustināšs; 3,4 — korpusi, kas ietver sfērisku lociklu, kas savukārt kalpo vadības sviras atbalstam; 5 — mikroslēdži, kas piestiprināti korpusam 4; b — virsskats; c — mikroslēdžu ātrdarbīgo lēcējkontakta shēma. Kontakta stāvoklis atbilst darbinātāja sviras neitrālam stāvoklim "0"

apturēšanai avārijas vai nelaimes gadījumā no jebkuras personālam pieejamas vietas. Troses garums viena slēdža darbināšanai līdz 25 m uz vienu pusi. Lielākam attālumam lietderīgi izmantot divpusīgas darbības slēdži un troses pievienot no abām pusēm, t. i., slēdzis atradīsies uzraugāmās distances vidū. Kā slēdži izmanto apgriezta darbības paaugstināta drošuma gala slēdži, kura kontaktus iedarbina, velkot kustīgo stieni virzienā, kāds parādīts 4.14. attēlā. Stieņa galā izveidotajā cilpā iever trosi, kuru, nedaudz nostieptu, uzkar gar bīstamo zonu ērti aizsniedzamā vietā.

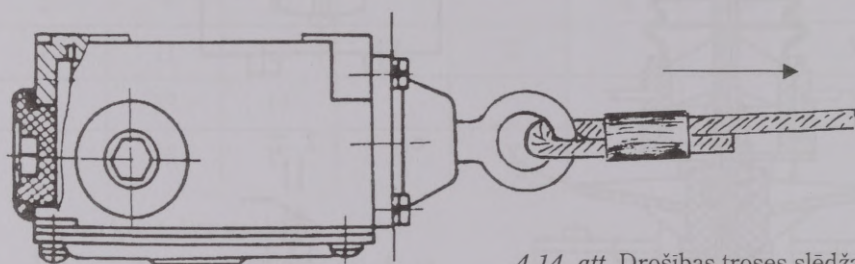
Lai darbmašīnas kļūdaini neieslēdzas pēc troses atlaišanas, slēdžu konstrukcijā paredzēta pēcnostrādes bloķēšanās.

Drošības troses slēdžu parametri, to izvēle izdarāma analogi 4.9. punktā apskatītajām metodēm attiecībā uz gala un ceļa slēdžiem.



4.13. att. Tumblersu uzbūve

1 — nekustīgais tiltiņkontakts; 2 — nekustīgo kontaktu pāru izvadi; 3 — darbinātāja svira; 4 — lēcienveida pārslēgšanu un kontaktu spiediena spēku nodrošinošā atspere



4.14. att. Drošības troses slēdža kopskats

Bez 4.5–4.7. punktos minētajiem slēdžiem un pārslēdžiem praksē vēl lieto mikrotumblers, pārslēdžus ar bīdāmu pārslēgšanas mehānismu, daudzpozīciju pagriežamus (galeta) tipa pārslēdžus, klaviatūrslēdžus.

4.9. GALA UN CEĻA SLĒDŽI (POZĪCIJSLĒDŽI)

4.9.1. DEFINĒJUMS. DARBĪBAS PRINCIPI

Gala un ceļa slēdži pieder komandaparātu grupai, kas pārveido darbmāšīnu vai iekārtu detaļu vai kāda cita priekšmeta mehānisko pozīciju elektriskā signālā, izmantojot kontaktu vai bezkontakta darbības principu. Šinī aprakstā tuvāk apskatīts kontaktu variants.

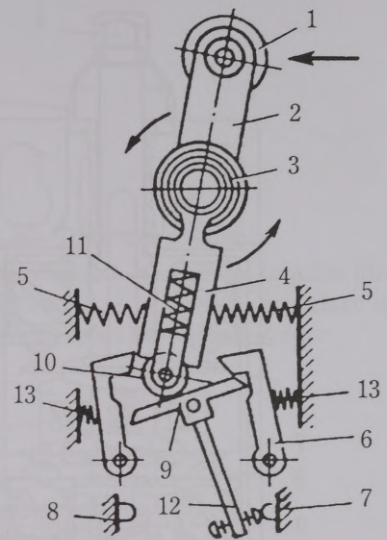
Kad jāpārtrauc kustība, t. i., jāatslēdz mehānisma elektropiedziņa, gala slēdžu kontaktu pārslēgšanas sistēmu iedarbina kustībā esošs mehānisms vai tā elements.

Ceļa slēdži fiksē dažādu mehānismu gājienu un stāvokli un automātiski izslēdz vai maina nepieciešamo tehnoloģisko programmu, informē par situāciju.

Gala un ceļa slēdžu konstrukcijas līdzīgas, un dažos gadījumos tie var viens otru aizstāt. Šo slēdžu pamatsastāvdaļas ir kustību uztverošais elements, kinemātiskā sistēma, kontaktu mezgls, kas ievietots plastmasas vai metāla korpusā. Kustību

4.16. att. Pagriezes kustības lēcienveida kontaktu pārslēdzšanas mehānisms






1 — darbinātāja uzgaļa rullītis; 2 — svira; 3 — lentveida atspere mezgls; 4 — dakšīna; 5 — papildatsperes; 6 — aizkabes; 7,8 — nekustīgie kontakti; 9 — kustīgo kontaktu pārslēdzēj-svira; 10 — pārslēdzēj-rullītis; 11 — pārslēdzējatspere; 12 — kustīgie kontakti; 13 — aizkabju atgriezes atspere

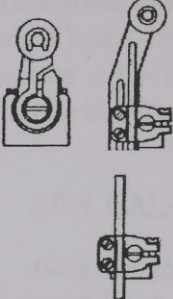

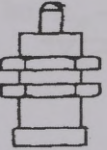
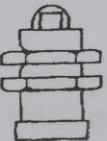



Atspere 11 spiež pārslēdzēj-svira galu uz leju, atbīda aizkabi 6 un pārsviež kustīgos kontaktus 12 no savienojuma ar nekustīgo kontaktu 7 līdz savienojumam ar nekustīgo kontaktu 8. Atsperes 5 slāpē triecienus, bet atsperes 13 pagriež aizkabes.

4.2. tabula

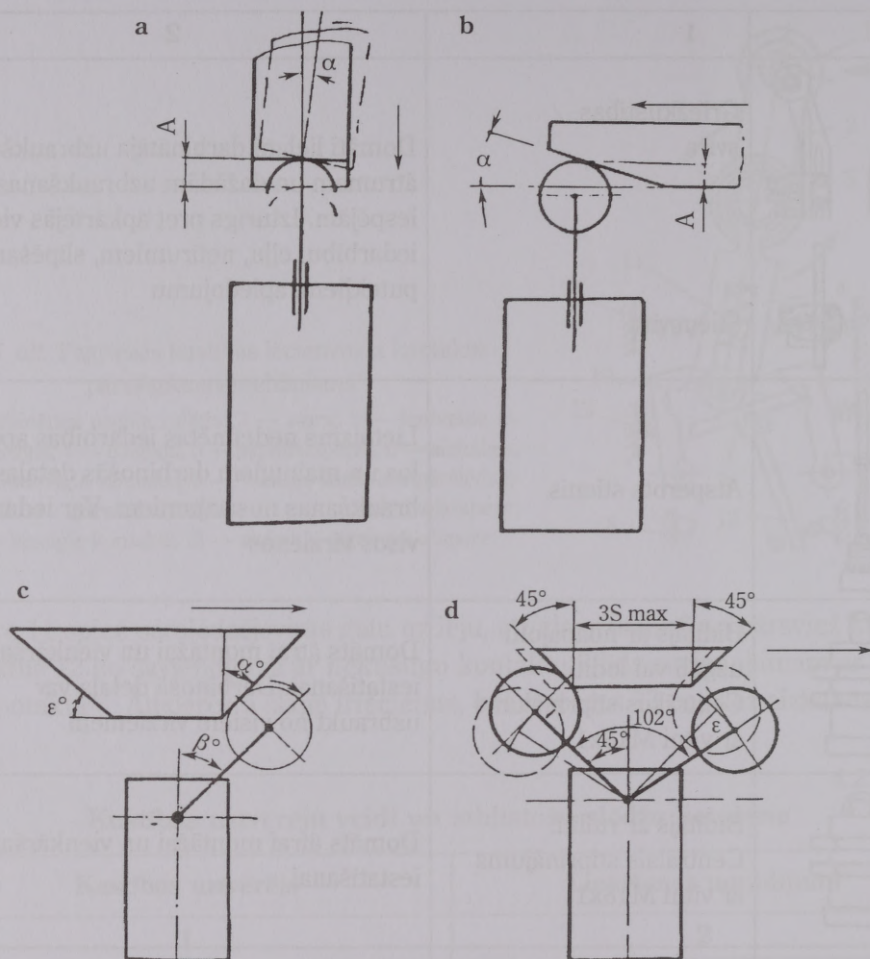
Kustības uztvērēju veidi un atbilstošo slēdžu lietošana

Kustības uztvērējs		Lietošanas norādījumi
1		2
	Vienkāršots bīdītājs	Darbinošās kustīgās detaļas uzbraukšana bīdītājam pieļaujama bīdstieņa gājiena virzienā, vai arī jāizmanto kustības virziena pārveidotājsvira, kas novietota perpendikulāri bīdstieņa asij. Iespējams palielināts iedarbināšanas ceļš un spiediens
	Bīdītājs ar noapaļotu uzgali vai lodīti	
	Bīdītājs ar rullīti	
	Svira ar rullīti	Domāti palielinātam darbinātāja uzbraukšanas ātrumam. Ievērojama mehāniskā izturība un resurss
	Leņķveida svira ar rullīti	

	1	2
	<p>Griežkustības svira</p> <p>Stieņsvira</p>	<p>Domāti liela darbinātāja uzbraukšanas ātrumam un dažādām uzbraukšanas iespējām. Izturīgs pret apkārtējās vides iedarbību, eļļu, netīrumiem, slipēšanas putekļiem, apledošanu</p>
	<p>Atsperots stienis</p>	<p>Lietojams nedefinētas iedarbības apstākļos un mainīgiem darbinātāja detaļas uzbraukšanas nosacījumiem. Var iedarbināt visos virzienos</p>
	<p>Bidītājs ar noapaļotu uzgali vai lodīti. Centrālais stiprinājums ar vītņi M18x1</p>	<p>Domāts ātrai montāžai un vienkāršai iestatišanai. Darbinošā detaļa var uzbraukt no visiem virzieniem</p>
	<p>Bidītājs ar rullīti. Centrālais stiprinājums ar vītņi M18x1</p>	<p>Domāts ātrai montāžai un vienkāršai iestatišanai</p>
	<p>Dakšveida svira</p>	<p>Domāts intensīvai darbināšanai, pārslēdzams divos virzienos (reversīvs)</p>

4.9.2. GALA UN CEĻA SLĒDŽU KONTAKTU SISTĒMU ĪPATNĪBAS

- kontaktu atvēršanās ātruma atkarība no darbinātāja ātruma ir būtiska laidenas darbības slēdžiem;
- ņemot vērā iepriekš minēto, minimālais darbinātāja kustības ātrums laidenas darbības slēdžiem līdzstrāvas ķēdēm — 0,15 m/s, maiņstrāvas ķēdēm — 0,001 m/s, lēciendarbības slēdžiem — 0,0001 m/s;
- maksimālais darbinātāja kustības ātrums — 0,5–7,5 m/s atkarībā no slēdža veida un kustības uztvērēja formas;



4.17. att. Gala un ceļa slēdžu darbinātāju konfigurācijas dažādiem kustības un uztvērēju veidiem
 a — taisnvirziena bīdītājam ar noapaļotu uzgali; b — taisnvirziena bīdītājam ar rullīti; c — griežkustības svirai ar rullīti; d — dakšveida svirai ar rullīti.

Ar bultiņām parādīti darbinātāja detaļas kustības virzieni. α — uzbrauktuves slīpnes leņķis; ϵ — nobrauktuves slīpnes leņķis; β — slēdža sviras sākumstāvokļa leņķis; A — pieļaujamā sākotnējā atstarpe

- parasti slēdžos darbojas viena atslēdzošo un viena ieslēdzošo kontaktu grupa;
- kontaktu nominālā strāva un spriegums kategorijai AC11:

$$I_N = (6-10) \text{ A pie } U_N 220 \text{ V,}$$

$$I_N = (4-6) \text{ A pie } 220\text{V} < U_N 380 \text{ V,}$$

$$I_N = (3-4) \text{ A pie } U_N=500 \text{ V.}$$

Lai gala un ceļa slēdži varētu pareizi darboties, rūpīgi jāizvēlas darbmašīnas

kustīgās detaļas un slēdža kustības uztvērēja saskarvirsmas konfigurācija, īpaši uzbrauktuves slipņu leņķi (sk. 4.17. attēlu). Variantam a: $\alpha \leq 5^\circ$, $A = 2-3,5$ mm, variantam b: $\alpha \leq 20^\circ$, ja uzbraukšanas ātrums $v > 0,25$ m/s, $\alpha \leq 40^\circ$, ja $v < 0,25$ m/s, variantam c: $\beta = 25^\circ-55^\circ$, $\alpha = \beta$, $\epsilon = 20^\circ-30^\circ$ (mazākās vērtības pie lielāka ātruma). Minētie konfigurāciju dati ir orientējoši, precīzākas ziņas atrodamas katalogos [5, 7].

4.9.3. GALA UN CEĻA SLĒDŽU RELEJA RAKSTURLĪKNE UN JUTĪBA

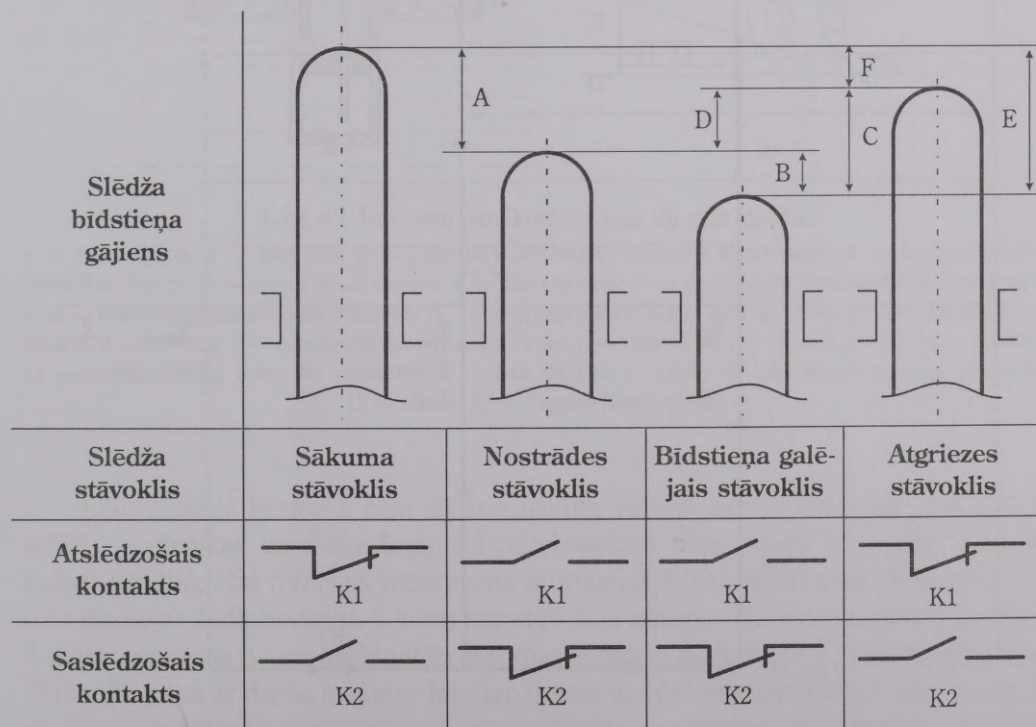
Gala slēdža bīdstieņa gājiens un kontaktu stāvokļu savstarpējā atkarība uzskatāmi parādīta 4.18. attēlā, kam atbilst slēdža releja darbības raksturliktne 4.19. attēlā (bīdstieņa gājiens — palielinātā mērogā).

Gala slēdžu jutību nosaka nostrādes parametrs $X = A'$ (skat. 4.19. att.) un atgriezes koeficients,

$$k_{at} = \frac{x_{at}}{x_{no}} = \frac{F'}{A'} < 1,$$

kur x_{no} — nostrādes gājiens, mm;

x_{at} — atgriezes gājiens, mm, mērot no izejas stāvokļa.



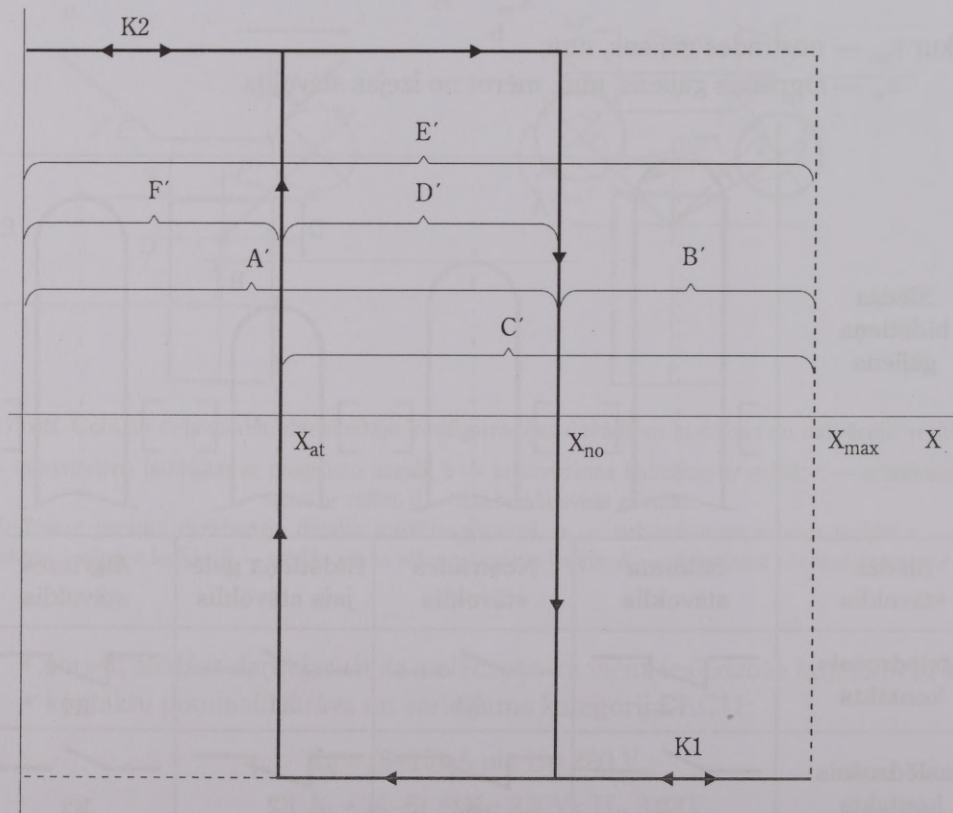
4.18. att. Gala slēdža bīdstieņa gājiens un kontaktu stāvokļa savstarpējās atkarības pamatsituācijas

Jutība ir lielāka, ja k_{at} tuvāks 1, t. i., ja mazāka gājienu starpība D' , tā saucamā histerēze.

Nostrādes kļūda (novirze) Δx_{no} atkarībā no kustības uztvērēja (uzgaļa) konstrukcijas precīzijas, gala un ceļa slēdžiem var būt robežās $(\pm 0,002 - \pm 0,1)$ mm, paugstinātas precīzītes slēdžiem — $(\pm 0,02 - \pm 0,2)$ mm, normālas precīzītes slēdžiem — $(\pm 0,05 - \pm 0,3)$ mm.

4.9.4. HERKONI GALA UN CEĻA SLĒDŽU KONSTRUKCIJĀS

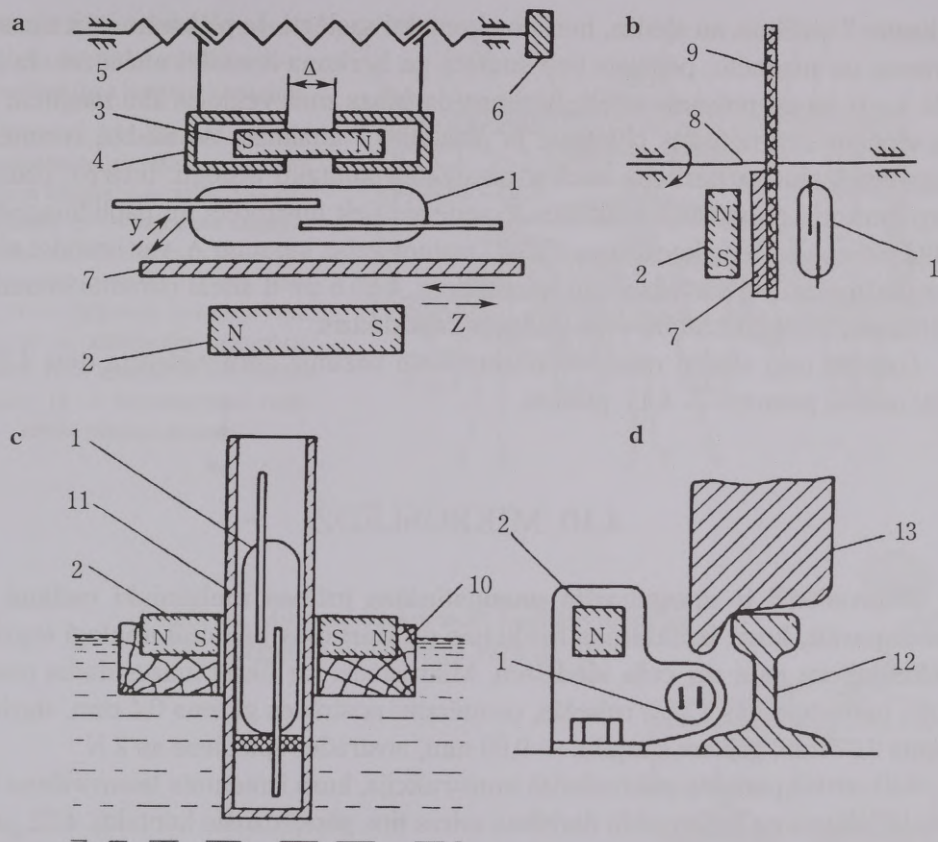
Gala un ceļa slēdžu konstrukcijās izmanto arī herkonus [4]. Herkona darbinātājs var būt feromagnētisks ķermenis — plāksnīte (sk. 4.20. a un b att.), riteņa aploce (sk. 4.20.d att.), kustīgs pastāvīgais magnēts (sk. 4.20. c att.).



4.19. att. Gala slēdža releja raksturlikne atbilstoši 4.18.d attēlā parādītajām situācijām

X — slēdža bidstieņa gājienu ceļš; $K1$ — atslēdzošo kontaktu ieslēgts stāvoklis;

$K2$ — saslēdzošo kontaktu ieslēgts stāvoklis (sk. 4.18. att.)



4.20. att. Herkonu izmantošana gala un ceļa slēdžos

a — ceļa slēdzis; 1 — herkons; 2 — galvenais pastāvīgais magnēts regulēšanai; 4 — feromagnētiska materiāla skavas; 5 — regulēšanas skrūve; 6 — tās rokturis; 7 — darbinātāja feromagnētiska plāksnīte; Y, Z — darbinātāja kustības koordinātas; Δ — feromagnētisko skavu sprauga; b — griezes kustības ceļa slēdzis; 8 — vārpsta; 9 — nemagnētiska materiāla disks; c — ceļa slēdzis — limeņa devējs; 10 — pludiņš; 11 — nemagnētiska materiāla caurulīte; d — ceļa slēdzis — dzelzceļa bloķēšanas shēmas elements; 12 — sliede; 13 — vagona riteņa aploce

4.20. c attēlā herkona ceļa slēdzis izpilda limeņa devēja funkcijas, bet 4.20.b attēlā — vārpstas un diska leņķiskā pārvietojuma ceļa slēdža funkcijas. Tas var kalpot arī diskrētai rotācijas frekvences mērīšanai. 4.20.a attēlā parādītais ceļa slēdzis darbojas šādi: herkona 1 kontaktu stāvoklis atkarīgs no feromagnētisko skavu 4 gaisa spraugas Δ un darbinātāja feromagnētiskās plāksnītes 7 telpiskā stāvokļa. Plāksnīte kopā ar darba mašīnas kustīgo detaļu var pārvietoties plaknē gan Y, gan Z virzienā gar galveno pastāvīgo magnētu 2. Slēdža regulēšanu veic, griežot rokturi 6, kas izsauc gaisa spraugas Δ maiņu. Ja ieregulē $\Delta = 0$, papildmagnēts 3 pilnīgi nošūnēts un uz herkona kontaktiem iedarbojas vienīgi galvenais magnēts 2. Ja darbinātāja

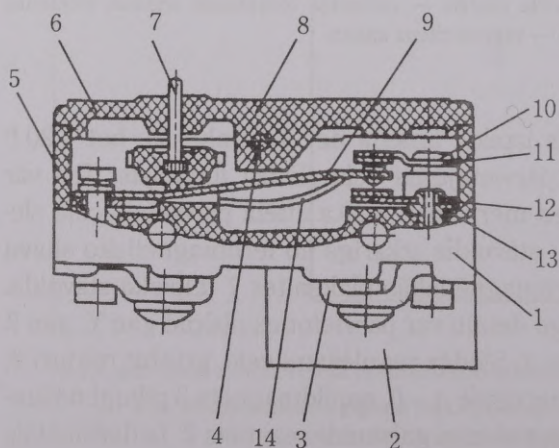
plāksnīte 7 attālinās no slēdža, herkona kontakti saslēgti. Ja plāksnīte ievirzīta starp herkonu un magnētu, pēdējais tiek šuntēts un herkona kontakti atslēdzas. Ja ieregulē $\Delta > 0$, kā tas redzams attēlā, herkona darbības zonā veidojas abu magnētu pretēja virziena magnētiskās plūsmas. Ja plāksnīte 7 attālināta no slēdža, rezultējošā magnētiskā plūsma herkona zonā ir niecīga un kontakti atslēgti. Ievirzot plāksnīti starp herkonu un galveno magnētu 2, pēdējais tiek nošuntēts un papildmagnēta 3 radītā plūsma saslēdz kontaktus. Tātad, mainot gaisa spraugu Δ , var izveidot slēdzi ar atslēdzošiem vai saslēdzošiem kontaktiem. 4.20.b un d attēlā parādīts kontaktus atslēdzošs, bet 4.20.c attēlā — saslēdzošs ceļa slēdzis.

Gala un ceļa slēdžu raksturotājlielumu un pazīmju nomenklatūra dota 4.3. tabulā, izvēles piemērs — 4.11. punktā.

4.10. MIKROSLĒDŽI

Mikroslēdži ir mazgabarīta paaugstinātas jutības mehāniski vadāmi komandaparāti, kuru izpildāmās funkcijas un darbības principi analogi iepriekš apskatītajiem gala un ceļa slēdžiem. Mikroslēdži var fiksēt mazus darba mašīnu detaļu pārvietojumus 1 mm robežās, piemēram: nostrādes gājiens 0,4 mm, atgriezes gājiens 0,37 mm, gājienu starpība — 0,03 mm, nostrādes spiediens ap 2 N.

4.21. attēlā parādīta mikroslēdža konstrukcija, kurā izmantots taisnvirziena kustības bīdstienis un lēcienveida darbības sviras tipa pārslēdzošie kontakti. 4.22. attēlā parādīts mikroslēdzis, kurā izmantots lēcienveida darbības tiltiņveida kustīgais kontakts.

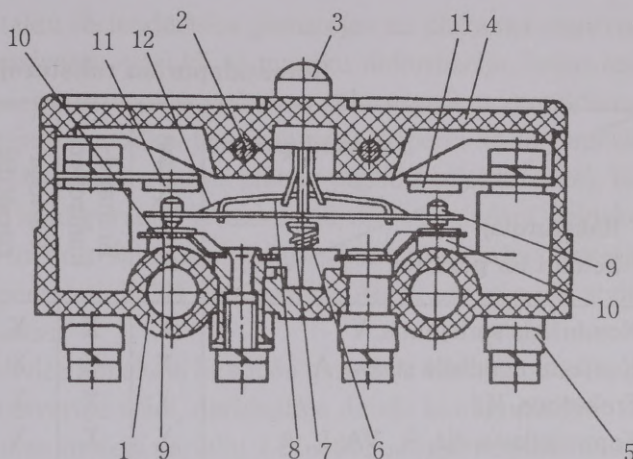


4.21. att. Mikroslēdzis ar taisnvirziena bīdstieni un sviras tipa lēcienveida pārslēdzošu kontaktu

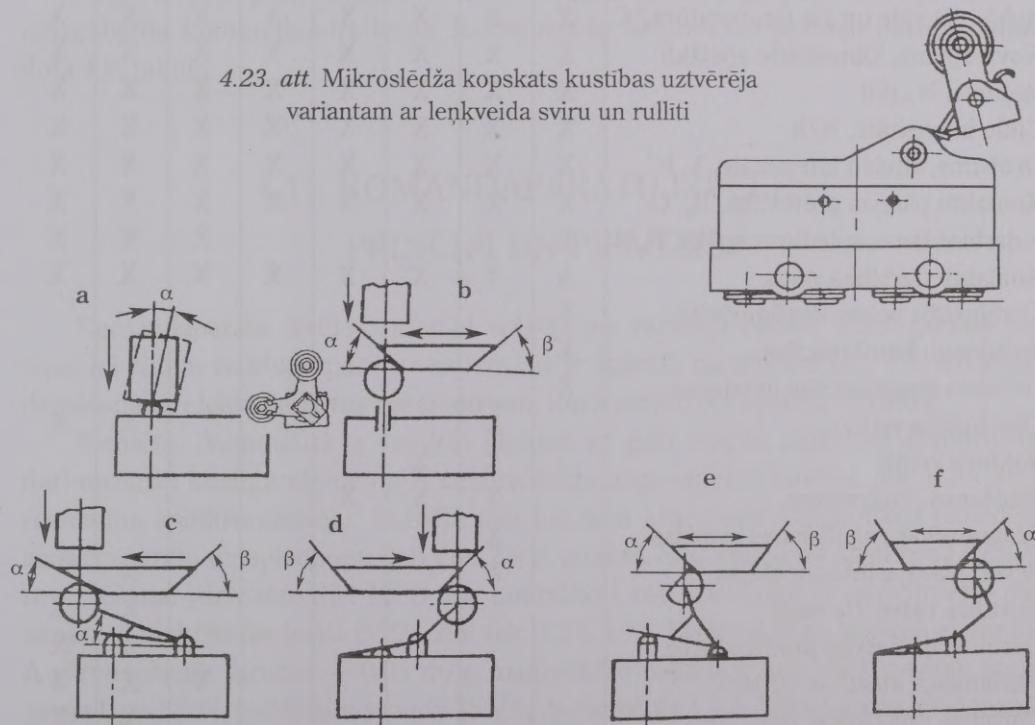
1 — plastmasas korpuss; 2 — starpsienuņa; 3 — pieslēgspaiļes; 4 — vāka un korpusa sa-stiprināšanas stienītis; 5 — korpusa kārba; 6 — vāks; 7 — bīdstienis; 8 — vāka iekšējais izcilnis, caur kuru iet stienītis 4; 9 — sviras tipa kustīgais kontakts; 10, 13 — nekustīgā kontakta valcēts pievienojums izvadam; 11 — atslēdzošais nekustīgais kontakts; 12 — saslēdzošais nekustīgais kontakts; 14 — lēcien-darbību realizējoša plakana atspere

4.22. att. Mikroslēdzis ar taisn-
virziena bīdstieni un tiltiņa tipa
lēciendarbības kustīgo kontaktu

1 — korpuss; 2 — korpusa un vāka
sastiprināšanas stieniņi; 3 — sfēriskais
bīdstieņa uzgalis; 4 — vāks; 5 — pie-
slēgspāiles; 6 — atgriezies atspere;
7 — tās atbalsta elements; 8 — kustī-
gā kontakta atsperes turētāja plak-
snīte; 9 — tiltiņveida kustīgais kon-
takts; 10 — atslēdzošie nekustīgie
kontakti; 11 — ieslēdzošie nekustīgie
kontakti; 12 — lēciendarbību reali-
zējoša plakana atspere



4.23. att. Mikroslēdža kopskats kustības uztvērēja
variantam ar leņķveida sviru un rullīti



4.24. att. Mikroslēdžu kustības uztvērēju veidi, darbinātāju detaļu konfigurācijas, uzbrauktuvju
slīpņu leņķi un virzieni

a — bīdstieņa tipa darbinātāji; b — caurgājiena reversīvs darbinātājs; c — caurgājiena nereversīvs darbinātājs;
d — caurgājiena nereversīvs darbinātājs ar inversu darbību; e — caurgājiena reversīvs darbinātājs ar
selektīvu darbību; f — caurgājiena reversīvs darbinātājs ar inversu darbību. Ar bultiņām parādīti iespējamie
darbinātāja detaļas kustības virzieni

Dotajās konstrukcijās kontaktu lēciendarbība pamatojas uz plakanas atsperes tendenci ieņemt pēc iespējas iztaisnotu stāvokli ar mazāku deformāciju. Izejas stāvoklī, kad kustīgie kontakti atspiežas pret atslēdzošajiem nekustīgajiem kontaktiem, šīs atsperes deformācija ir iespējama mazāka, bet, uzspiežot atsperei ar darbinātāja virzītā bīdstieņa apakšējo galu, tās sasprīgojums pieaug papildu izliekuma dēļ. Kinemātiskā shēma un atsperes konfigurācija izveidota tā, ka, sasniedzot kritisko izliekumu, atsperes brīvais gals un ar to saistītais kustīgais kontakts "pārlec" pretējā stāvoklī, kurā atkal iestājas atsperes minimālā deformācija. Atgriezes atsperei atvērto bīdstieni, notiek pretējs process.

4.23. attēlā parādīts mikroslēdža kopskats kustības uztvērēja variantam ar leņķveida sviru un rullīti. Kustības uztvērēju veidi, darbinātāju detaļu konfigurācijas, uzbrauktuvju slīpņu leņķi un kustības virzieni parādīti 4.24. attēlā, leņķu vērtības dotas katalogos atbilstoši kustības nosacījumiem.

Mikroslēdžus plaši izmanto arī mikrotumbleru konstrukcijās, mikrospiedpogās, mazgabarīta komandkontrolleros. Raksturojošo lielumu un pazīmju nomenklatūra dota 4.2. tabulā.

4.11. KOMANDAPARĀTU IZVĒLES PRINCIPI UN PIEMĒRS

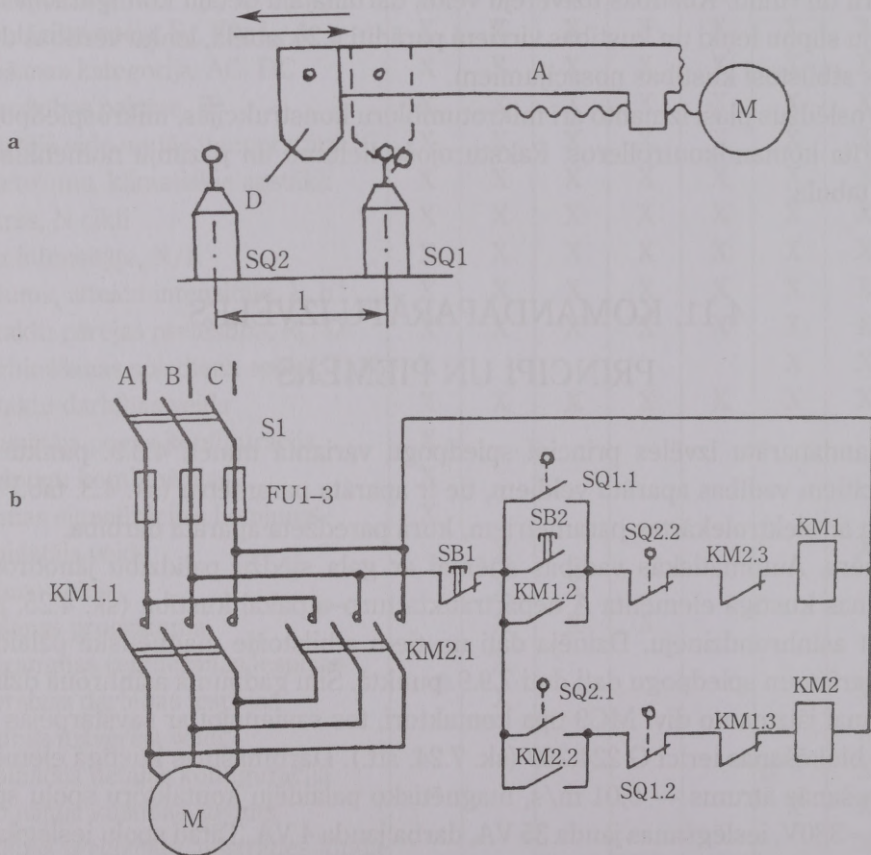
Komandaparātu izvēles principi spiedpogu variantā minēti 4.3.3. punktā un, tāpat kā citiem vadības aparātu veidiem, tie ir aparāta parametru (sk. 4.3. tab.) salīdzināšana ar elektroiekārtas parametriem, kurā paredzēta aparāta darbība.

Piemērs. Automātiskās vadības shēmai ar gala slēdžu palīdzību jānodrošina darbmašīnas kustīgā elementa A nepārtraukta turp-atpakaļ kustība (sk. 4.25. att.), reversējot asinhronā dzinēju. Dzinēja dati un tiem atbilstošie magnētiskā palaidēja, aizsargaparātu un spiedpogu dati doti 7.9.9. punktā. Šinī gadījumā asinhronā dzinēja reversēšanai jāizmanto divi MC9 tipa kontaktori, tos savienojot ar savstarpējās mehāniskās bloķēšanas ierīci G 224,269 (sk. 7.24. att.). Darbmašīnas kustīgā elementa A pārvietošanās ātrums — 0,01 m/s, magnētisko palaidēju kontaktoru spoļu spriegums $U_N = 380V$, ieslēgšanas jauda 35 VA, darba jauda 4 VA. Tātad spoļu ieslēgšanās strāva $I_{ie} = 35/380 \approx 0,1 A$, atslēgšanas strāva $I_{at} = 4/380 \approx 0,07 A$.

Izmantojot P.4.1. tabulas informāciju, izvēlas divus 3 SE 3 120-1G tipa gala slēdžus, kuros kustības uztvērēji ir griežkustības svira ar rullīti (sk. 4.2. tab.).

Salīdzināmie parametri

Parametrs	Kontaktoru spolēm	Gala slēdžiem
Nominālais spriegums U_N , V	380	< 400
Kontaktu komutējamā strāva I_N , A:		
ieslēdzot I_{ie} , A	0,1	< 4
atslēdzot I_{at} , A	0,07	< 4



4.25. att. Elementa A nepārtrauktas turp-atpakaļ kustības automātiskās vadības kinemātiskā (a) un elektriskā (b) shēma

M — dzinējs; A — kustīgais elements; D — darbinātājdetaļa; l — kustīgā elementa gājiens; SQ1, SQ2 — gala slēdži.

Piezīme: elektriskajā shēmā nav uzrādīti visi nepieciešamie dzinēja aizsardzības elementi (pārslodzes, fāzes pazušanas u. c. releji. Trīs fāžu apzīmējumi šeit A, B, C, bet pēc Eiropas standartiem L1, L2, L3.)

Lietošanas kategorija — AC 15, aizsardzības pakāpe — IP 67, gala slēdža metāla korpusi un blīvējumi aizsargā pret eļļas, dzesēšanas šķidruma, slipēšanas procesa produktu, metāla skaidiņu iekļūšanu. Korpusa platums — 40 mm, lēcienveida darbības kontakti — viens ieslēdzošais, viens atslēdzošais. Kontaktu ilgstošā 8 stundu strāva — 10 A. Kontaktu ķēdes aizsardzībai pret isslēguma strāvu iedarbību ieteikts lietot DIAZED tipa 6 A TDz kūstošos drošinātājus. Mehāniskais resurss — $30 \cdot 10^6$ ciklu, elektriskais — lielāks par $0,5 \cdot 10^6$ ciklu, jo kontaktoru spoļu ieslēgšanas strāva ievērojami mazāka par gala slēdžu kontaktiem pieļaujamo. Pieļaujamā slēgšanas precizitāte (nostrādes kļūda) $\pm 0,05$ mm, apkārtējās vides temperatūra ($-40 - +80$) °C, novietojums — jebkurš. Darbinātājdetaļas uzbrauktuves slipnes leņķim abās pusēs jābūt vienādam, t. i., $\alpha = \varepsilon = (25-55)^\circ$, jo pārmaiņus jāpārslēdz gan labās, gan kreisās puses gala slēdzis (SQ1 un SQ2).

Nemot vērā darbinātājdetaļas mazo kustības ātrumu, var izvēlēties $\alpha = \varepsilon = 45^\circ$ (sk. 4.13.c att.). 4.25. attēlā parādītajā shēmā kontaktors KM1 nodrošina darbmašīnas elementa A kustību pa kreisi līdz gala slēdža SQ2 nostrādei, kontaktors KM2 — kustību pa labi līdz gala slēdža SQ1 nostrādei.

Piezīme: gala slēdžu kontaktu darbības uzlabošanai un resursa palielināšanai kontaktoru spolēm lietderīgi paralēli pieslēgt RC ķēdīti (sk. 7.8.a, d att.).

Kontroluzdevumu varianti

1. Izvēlēties komandaparātus garenslipēšanas vadības shēmai.
2. Izvēlēties komandaparātus virpas griežņa automātiskās padeves ierobežošanai.
3. Izvēlēties komandaparātus celtna vadības shēmai.
4. Izvēlēties komandaparātus konveijera vai transportlentes elektropiedziņas ekstremālai distancatslēgšanai.
5. Izvēlēties komandaparātus garāžas durvju automātiskai distancatslēgšanai un aizvēršanai.

Kontroljautājumu varianti

1. Kas ir komandaparāti?
2. Kā klasificē komandaparātus?
3. Kādiem darba apstākļiem jāparedz komandaparāti?
4. Kā panākt komandaparātu kontaktu lēcienveida darbību?
5. Kā notiek kontaktu virsmu paštīrīšanās?
6. Kas ir spiedpogu stacijas?
7. Kādam nolūkam spiedpogās iemontē signālspludzes?

8. Kā darbojas spiedpogas uz herkonu bāzes?
9. Kā izvēlas spiedpogas?
10. Kā darbojas izciļņu komandkontrollers?
11. Kur izmanto pozīciju pārslēdžus?
12. Kur izmanto krustslēdžus?
13. Kā darbojas tumbleri?
14. Kur izmanto drošības troses slēdžus?
15. Kā darbojas gala un ceļa slēdži?
16. Kādas ir kustības uztvērēju konstrukcijas gala un ceļa slēdžos?
17. No kā atkarīga darbinošās detaļas uzbrauktuves slipņa leņķa vērtība?
18. Kas ir nostrādes kļūda?
19. Kā darbojas ceļa slēdži uz herkona bāzes?
20. Ar ko atšķiras mikroslēdži no gala un ceļa slēdžiem?
21. Kā izvēlas gala un ceļa slēdžus?

5. DROŠINĀTĀJI

5.1. UZBŪVE UN DARBĪBAS PRINCIPS

Drošinātājs ir aizsargierīce, kas, izkūstot vienam vai vairākiem speciāli paredzētiem elementiem, pārtrauc elektrisko ķēdi, ja strāva tajā pietiekami ilgi ir pārsniegusi noteikto vērtību.

Jēdziens "drošinātājs" ietver visas detaļas, kas veido šo ierīci.

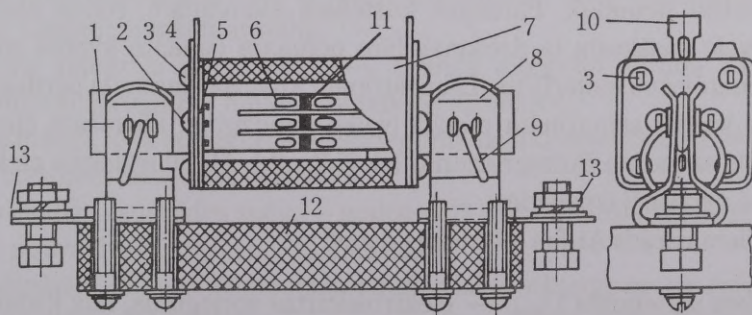
Drošinātājs var aizsargāt elektrisko ķēdi pret īsslēgumu un pārslodzi.

Drošinātājiem ir vienkārša konstrukcija, vienkārša ekspluatācija, un vēsturiski tā bija pirmā elektriskā aizsardzības ierīce. Visvairāk drošinātājus izmanto elektroiekārtās ar spriegumu līdz 1000 V, bet izmanto arī 6, 10, 20 kV elektroiekārtās, ļoti reti — 110 kV iekārtās.

Praksē sastopami dažādas konstrukcijas drošinātāji, bet tie visi sastāv no divām daļām: drošinātāja izņemamās daļas un drošinātāja pamatnes (5.1. att.).

Drošinātāja izņemamā daļa sastāv no drošinātāja ieliktņa 6 un drošinātāja ieliktņa turētāja 7. Drošinātāja ieliktņš ir drošinātāja daļa, kam ir viens vai vairāki kustošie elementi un kas pēc drošinātāja nostrādes paredzēts nomainībai.

Drošinātāja ieliktņa turētājs ir drošinātāja noņemamā daļa, kas paredzēta drošinātāja ieliktņa saturēšanai. Parasti to izveido kā izolācijas materiāla cauruli vai citas formas detaļu. Tai pievieno drošinātāja ieliktņa kontakt detaļas 1.



5.1. att. PN-2 tipa drošinātājs

1 — drošinātāja ieliktņa kontakt detaļa (kontaktnazis); 2 — skrūves diska piestiprināšanai; 3 — skrūves gala paplāksnes piestiprināšanai; 4 — gala plāksnes; 5 — diski; 6 — drošinātāja ieliktņš; 7 — drošinātāja ieliktņa turētājs (porcelāna caurule); 8 — drošinātāja pamatnes kontakt detaļa; 9 — tērauda gredzens; 10 — aizkabe nomainīšanas roktura uzlikšanai; 11 — alvas lodīte; 12 — drošinātāja pamatne; 13 — pieslēgspaiļes

Drošinātāja pamatne 12 ir drošinātāja balsta daļa, kurā nostiprināti kontakti 8 un pieslēgspaiļes 13.

Drošinātāja izņemamo daļu ar drošinātāja pamatni savieno kontaktdetaļas 1 un 8, kas nodrošina kontaktu starp drošinātāja pamatnes kontaktdetaļu un drošinātāja ieliktni. Drošinātāja kūstošais elements ir drošinātāja ieliktna daļa, kas izkūst, ja strāva aizsargājamā ķēdē zināmu laiku pārsniedz noteiktu vērtību.

Drošinātāja kūstošam elementam jābūt no metāla, kam ir zema kušanas temperatūra, laba siltumvadāmība, nemainīga struktūra pie augstas temperatūras, lēts. Praksē kūstošā elementa izgatavošanai izmanto varu vai sudrabu. Sudrabam salīdzinājumā ar varu ir labāka siltumvadāmība un elektrovadāmība, augstas temperatūras apstākļos tam nemainās struktūra. Tomēr sudrabs ir dārgs metāls, tāpēc parasti kūstošo elementu izgatavo no vara vai no apsudrabota vara. Sudraba kušanas temperatūra ir 960 °C, varam — 1083 °C. Varam mainīgas augstas temperatūras ietekmē mainās materiāla struktūra, kā arī kūstošā ieliktna pārdegšanas laiks, tātad samazinās drošinātāja darbības efektivitāte. Drošinātāja kūstošo elementu izgatavo stieples vai metāla sloksnes veidā. Pārslodzes gadījumā, kad strāva ķēdē sasniedz $(1,6-5)I_N$, drošinātāja nostrādes laiks ir relatīvi liels (no 1s līdz 120 min) (sk. 5.2. att.). Šajā laikā līdz kušanas temperatūrai var sakarst ne tikai kūstošais elements, bet siltumvadāmības ceļā arī kontaktdetaļas, kas nav pieļaujams. Lai samazinātu vara kūstošā elementa kušanas temperatūru, elementa sloksnes vidū uzlodē alvas lodītes 11 (5.1. att.). Ja kūstošais elements strāvas iedarbības rezultātā sakarst līdz 230 °C, alvas lode izkūst. Tā izšķīdina plāno vara sloksni un pārtrauc elektrisko ķēdi jau 280 °C. Šo parādību metālu tehnoloģijā sauc par **metalurģisko efektu**.

Īsslēguma gadījumā kūstošā elementa sakaršana notiek tik strauji, ka siltumvadāmība praktiski nenotiek. Pārdegot kūstošam elementam, rodas elektriskais loks. Tāpēc jāveic pasākumi tā dzēšanai. Šim nolūkam izmanto kvarca smiltis un dažādus gāzģenerējošus materiālus. Lai pātrinātu kūstošā elementa pārdegšanu un elektriskā loka kanālā samazinātu metāla tvaiku daudzumu, kūstošam elementam atsevišķās vietās samazina šķērsriezumu (sk. 5.3. att.). Metalurģiskais efekts īsslēguma gadījumā nepaspēj izpausties.

Drošinātājiem uzrāda šādus tehniskos datus:

- nominālais spriegums $U_{N.dr.}$ — elektroiekārtas spriegums, līdz kādam drošinātāju var uzstādīt;
- drošinātāja nominālā strāva $I_{N.dr.}$ — ilgstoši pieļaujamā strāva drošinātāju kontaktu sistēmai;
- drošinātāja kūstošā elementa nominālā strāva $I_{N.el.}$ — strāva, kuru drošinātāja kūstošais ieliktnis iztur neierobežoti ilgu laiku;

- drošinātāja atslēgtspēja — atslēgšanas strāvas¹ vērtība, kādu drošinātājs spēj atslēgt noteiktos apstākļos un dotā sprieguma tīklā;
- drošinātāja laikstrāvas raksturlikne — drošinātāja kustošā elementa kušanas laika atkarība no caurplūstošās strāvas noteiktos apstākļos (5.2. att.).

Sērijā ražotiem drošinātājiem katalogos uzrāda nostrādes laika t atkarību no caurplūstošās strāvas attiecības pret kustošā ieliktna nominālo strāvu I_c/I_{Niel} , tad viena laikstrāvas raksturlikne der visiem šīs sērijas drošinātājiem. Precīzākas ir laikstrāvas raksturliknes $t = f(I_p)_{IN}$, kur I_p — caurplūstošā pārbaudes strāva, kas atbilst iespējamai īsslēguma strāvai I_k (to Džoula integrāļi ir vienādi). Piemēram, 5.7. un P.5.1. attēls. Drošinātāja darbības raksturošanai izmanto papildjēdzienus: drošinātāja loka spriegums, drošinātāja lokdedzes laiks, Džoula integrālis, Džoula integrāļa raksturlikne, pirmsloka laiks, drošinātāja pārdegšanas laiks, atslēgtspēja, caurlaides spēja, sagaidāmā strāva, selektivitāte.

Pirmsloka laiks — laika intervāls no avārijas strāvas plūšanas sākuma, līdz momentam, kad aizdegas elektriskais loks.

Lokdedzes laiks — laika intervāls starp loka rašanās brīdi un loka nodzišanas brīdi drošinātājā.

Drošinātāja nostrādes laiks — pirmsloka laika un lokdedzes laika summa.

Džoula integrālis — strāvas kvadrāta integrālis laika intervālā ($t_1 - t_0$):

$$I^2 t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt.$$

Pirmsloka Džoula integrālis attiecas uz drošinātāja pirmsloka laiku, loka Džoula integrālis attiecas uz lokdzēses laiku, nostrādes integrālis — uz nostrādes laiku.

Sagaidāmā strāva — strāva, kāda plūdis drošinātāja elektriskajā ķēdē, ja drošinātāja kustošo ieliktni aizvieto ar spaiļu savienotāju, kura elektrisko pretestību var praktiski uzskatīt vienādu ar nulli.

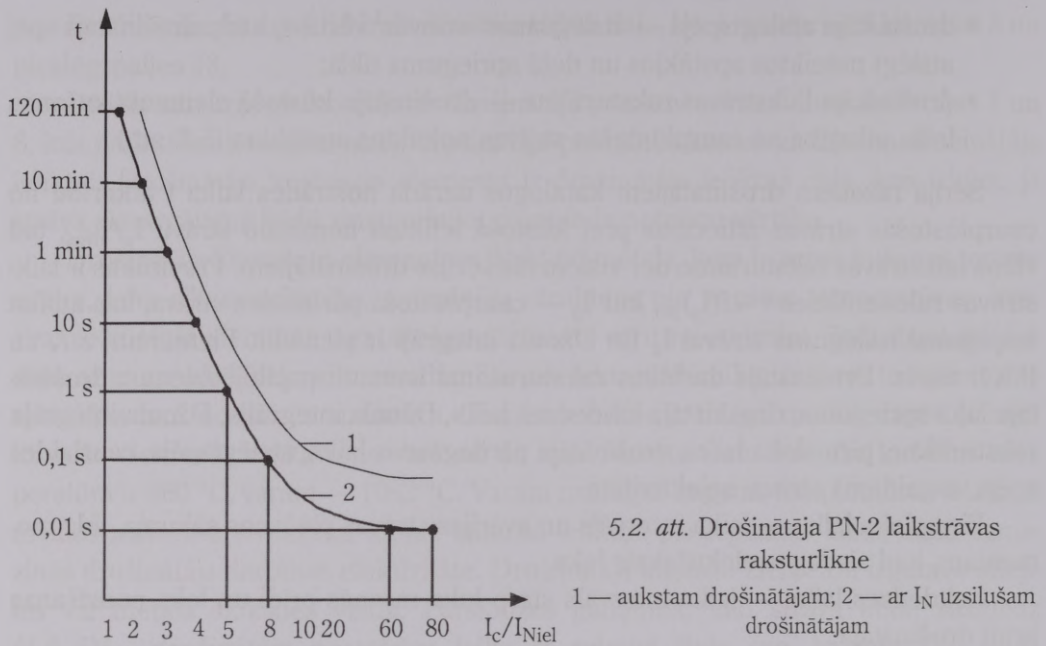
Džoula integrāļa raksturlikne — Džoula integrāļa vērtība kā neietekmētās strāvas un/vai sprieguma funkcija noteiktos apstākļos.

Drošinātāja loka spriegums — sprieguma lielākā momentānā vērtība starp drošinātāja izvadiem loka degšanas laikā.

Drošinātāju caurlaides spēja — maksimālā momentānā strāvas vērtība, kādu var sasniegt strāva drošinātāja atslēgšanas laikā.

Drošinātāja kustošā elementa nostrādes laiks atkarīgs no caurplūstošās strāvas lieluma un arī no apkārtējās vides temperatūras. Tāpēc drošinātājiem nevar precīzi

¹ Atslēgšanas strāva — strāva komutācijas aparāta polā vai drošinātājā tajā atslēgšanas brīdī, kad rodas elektriskais loks. Ārzemju literatūrā sastopams termins — neietekmētā atslēgšanas strāva. Tā ir strāva, kas plūstu ķēdē, ja katrs komutācijas aparāta vai drošinātāja pols tiktu aizstāts ar neievērojami mazas pretestības vadītāju.



noteikt nostrādes laiku atkarībā no caurplūstošās strāvas lieluma, bet nostrādes laiku uzrāda ar divām līknēm, kas ierobežo zonu, kurā iespējama kustošā elementa pārdegšana (sk. 5.2. att.).

Sazarotā elektriskā tīklā vienā un tajā pašā līnijas posmā, slēgti virknē, var būt vairāki drošinātāji. To kustošie elementi jāizvēlas tā, lai vispirms pārdegtu tā drošinātāja, kurš atrodas tuvāk bojājuma vietai, kustošais elements.

Drošinātājiem, tāpat kā pārējiem aizsardzības aparātiem, jādarbojas selektīvi.

Drošinātāja darbību sauc par selektīvu, ja drošinātāja kustošais elements pārdeg tikai tad, kad bojājums ir tās elektriskās ķēdes posmā vai elektroiekārtā, kura drošinātājam jāaizsargā, un nepārdeg, ja bojājums ir tajā elektriskās ķēdes posmā vai elektroiekārtā, kura drošinātājam nav jāaizsargā.

5.2. DROŠINĀTĀJU KONSTRUKCIJA

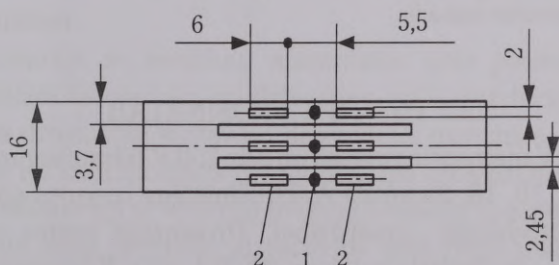
Ekspluatācijā esošajās elektroiekārtās uzstādītajās spēka un apgaismošanas sadalnēs* sastopami agrāk ražotie PN-2 un PRS tipa drošinātāji. A/S energofirma "Jauda" pašreiz ražo NH tipa drošinātājus, bet PN-2 un PRS tipa drošinātāji joprojām ir pārdošanā, tāpēc turpmākā tekstā apskatītas arī šo drošinātāju konstrukcijas.

* Sadalne — elektroietaise, kurā notiek elektroenerģijas sadalīšana viena sprieguma līmenī. Tā parasti sastāv no kopnēm un pievienojamos ieslēgtiem komutācijas, aizsardzības un citiem aparātiem.

5.2.1. PN-2 TIPA DROŠINĀTĀJI

Izgatavoti maiņspriegumam līdz 500 V un līdzspriegumam līdz 440 V; nominālo strāvu diapazons: 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 300, 400, 500 un 600 A. PN-2 drošinātāji izgatavoti atbilstoši VS 17242-68E prasībām. Šiem drošinātājiem ir noteikta minimālā pārbaudes strāva $I_{p.min}$ un maksimālā strāva $I_{p.max}$ atkarībā no drošinātāja kustošā elementa nominālās strāvas. Piemēram, ja $I_{Nel.} = 63-100$ A, tad $I_{p.min.} = (1,2-1,5)I_{Nel.}$ un drošinātāja kustošais ieliktnis nepārdeg divu stundu laikā, bet, ja $I_{p.max.} = (1,6-2,1)I_{Nel.}$, drošinātāja kustošam elementam jāpārdeg pēc divām stundām.

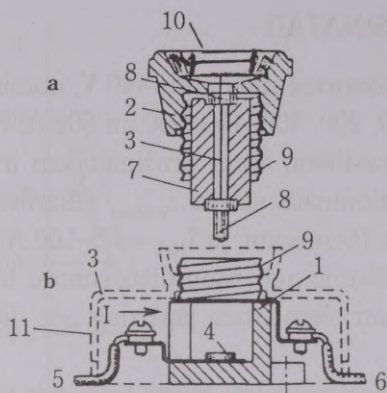
Drošinātāja izņemamā daļa sastāv no porcelāna caurules, kuras ārpusē ir kvadrātiska, iekšpusē atrodas kustošais elements (sk. 5.1. att.). Lai iegūtu vēlamu laikstrāvas raksturliķnes formu un samazinātu kustošā elementa kušanas laiku, to izgatavo no speciālas formas vara sloksnes, uz kuras uzlodē alvas lodītes, izmantojot tā saucamo metalurģisko efektu. Kustošam elementam atsevišķās vietās samazina šķērsriezumu (5.3. att.) ar izštancētiem caurumiem.



5.3. att. Drošinātāja PN-2 600 A kustošā elementa uzbūve
1 — lodalvas lodītes; 2 — caurumi

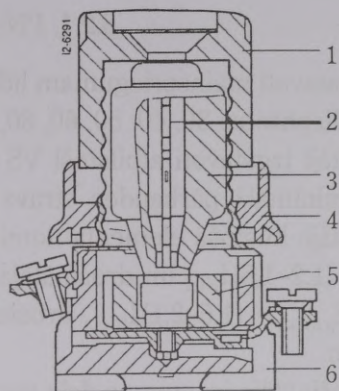
Elektriskā loka dzēšanai kustošā elementa pārdegšanas gadījumā porcelāna caurule piepildīta ar kvarca smiltīm. Lai atjaunotu drošinātāja ieliktni pēc pārdegšanas, to izgatavo izjaucamu. Porcelāna caurules galos ir vītņes, lai ar skrūvēm piestiprinātu disku un gala plāksni (5.1. att.).

Drošinātāju pamatne arī izgatavota no porcelāna. Galos ar skrūvēm piestiprinātas drošinātāja pamatnes kontakt detaļas, kuras ar izņemamās daļas kontaktnāžiem veido pārtraucamu kontaktu. Lai samazinātu pārtraucamā kontakta pārejas pretestību, pamatnes kontakt detaļas saspiež tērauda gredzens. Drošinātāja izņemamo daļu apmaina, izmantojot speciālu maiņas rokturi, ko aizkabina aiz ieliktna turētāja aizkabes.



5.4. att. Drošinātājs PRS

a — izskrūvējamā daļa — galviņa; b — pamatne;
 1 — pamatnes izolācija; 2 — galviņas izolācija;
 3 — kūstošais elements; 4 — pamatnes kontakts;
 5 — pieslēgspāile no sprieguma avota; 6 — pieslēgspāile no lietotāja; 7 — porcelāna cilindrs;
 8 — uzgalis kontakta veidošanai ar pamatnes kontaktu; 9 — vītne; 10 — stikla lodziņš ar nostrādes uzrādītāju; 11 — plastmasas segkārba



5.5. att. DIAZED tipa drošinātāja konstrukcija

1 — izskrūvējamā galviņa; 2 — kūstošais elements;
 3 — drošinātāja ieliktnis; 4 — aizsargapvalks;
 5 — uzgalis; 6 — drošinātāja pamatne

Piezīme: skrūves uzgalis nepieciešams drošam kontaktam, lai drošinātājs funkcionētu

5.2.2. PRS TIPA DROŠINĀTĀJI

Izgatavo līdz 380 V maiņspriegumam un līdz 250 V līdzspriegumam un nominālo strāvu diapazonam 6, 10, 16, 20 un 25 A. Drošinātājus izmanto apgaismes tīklu un nelielas jaudas elektrodzinēju aizsardzībai. Drošinātāji sastāv no pamatnes un izskrūvējamās daļas — drošinātāja galviņas (sk. 5.4. att.). Kūstošais elements ir tieva stieplīte 3, kas atrodas galviņas porcelāna izolācijas 2 iekšpusē. Stieplītes viens gals pievienots metāla vītnei 9, bet otrs gals pievienots metāla uzgalim 8. Galviņa paredzēta ieskrūvēšanai pamatnē, kurai arī ir vītne 9.

Galviņas vītne daļa 9 noslēdz elektrisko ķēdi un neatrodas zem sprieguma. Skrūvējot drošinātāju, apkalpes personāls ir pasargāts no saskaršanās ar metāliskām daļām, kas ir zem sprieguma. Kūstošais elements ir novietots porcelāna cilindrā ar kontakta uzgali. Ja pārdeg kūstošais elements, pārdeg arī nostrādes signalizatora stieplīte un atspere izmet signalizatoru no ligzdas. Tādā veidā apkalpes personāls var konstatēt, ka drošinātājs ir nostrādājis.

5.2.3. SIEMENS FIRMAS DIAZED TIPA DROŠINĀTĀJI

Izgatavo atbilstoši standarta IEC 269 prasībām. Nominālais maiņspriegums 500 V. Tāpat kā PRS, arī DIAZED tipa drošinātāji sastāv no pamatnes un izskrūvējamās daļas — galviņas (5.5. att.).

Drošinātājus izgatavo ar E-16, E-27 un E-33 vītņi un atbilstošām ieliktņu nominālām strāvām (sk. P.5.3. tab.).

5.2.4. NH TIPA DROŠINĀTĀJI

Vācijas rūpnīca EFEN izgatavo NH tipa drošinātājus 500 V maiņspriegumam un strāvu diapazonam no 2 A līdz 1000 A. Rūpnīca "Jauda" ražo NH tipa drošinātājus līdz 400 A strāvai (sk. 5.6. att.).

NH tipa drošinātājus izgatavo, ievērojot Vācijas rūpniecības normas DIN un Vācijas elektrotehniķu savienības VDE izstrādātos noteikumus un normas (5.1. tab.).

Viena tipa drošinātāju kustošos ieliktņus var savstarpēji apmainīt.

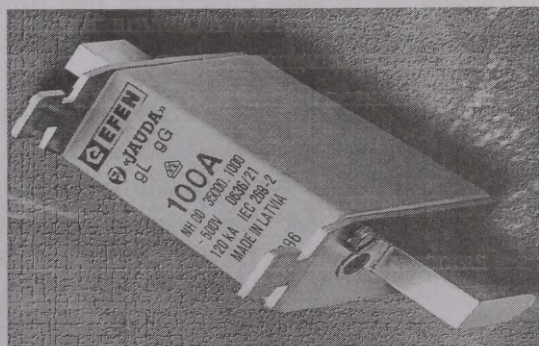
NH (zemsprieguma lieljaudas drošinātāji) tipa drošinātāji sastāv no drošinātāja pamatnes, maināma drošinātāja ieliktņa un apkalpes ierīces kustošā ieliktņa nomaiņai.

NH drošinātāji var būt aprīkoti ar stāvokļa indikatoru un atslēgšanas iekārtu. Šiem drošinātājiem nav izveidota aizsardzība pret pieskaršanos, jo tos ir paredzēts uzstādīt elektroiekārtās, ko apkalpo kvalificēti elektrospeciālisti; tos nedrīkst apkalpot elektriķi amatieri.

D tips ir raksturīgs ar izveidotu aizsardzību pret pieskaršanos. Sistēma ir paredzēta industriālam lietojumam un dzīvojamo māju instalācijām. To var apkalpot arī amatieri. D tipa drošinātāji sastāv no drošinātāja pamatnes, drošinātāja ieliktņa, uzskrūvējama vāka un kontaktvītnes (līdzīgi PR tipa drošinātājiem).

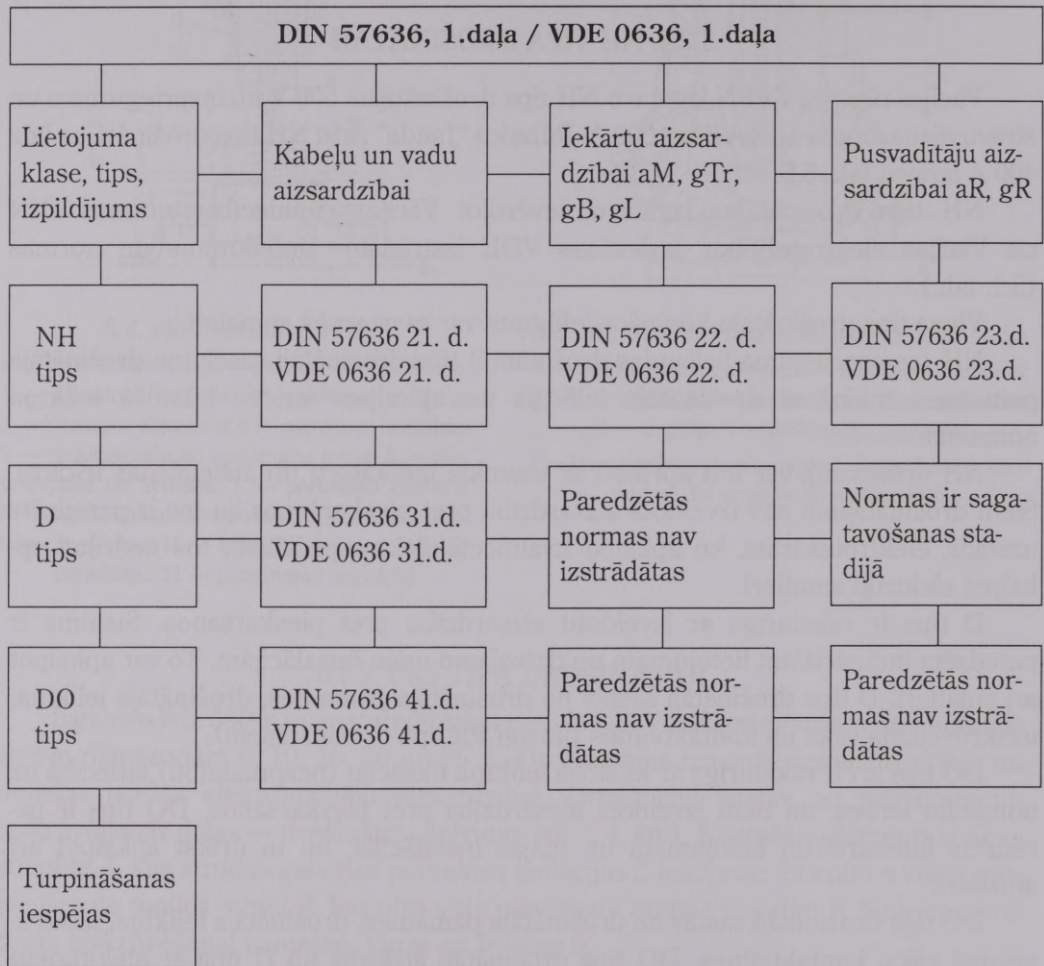
DO tips arī ir raksturīgs ar kustošā ieliktņa fiksāciju (neapmainību) attiecībā uz nominālo strāvu, un tiem izveidota aizsardzība pret pieskaršanos. DO tips ir paredzēts industriālam lietojumam un mājas instalācijai, un to drīkst apkalpot arī amatieri.

DO tipa drošinātāji sastāv no drošinātāja pamatnes, drošinātāja ieliktņa, uzskrūvējamā vāka, kontaktvītnes. DO tipa drošinātāji atšķiras no D tipa ar atšķirīgiem izmēriem un nomināliem spriegumiem.



5.6. att. A/S "Jauda" ražoto NH tipa drošinātāju ārējais izskats

Normu uzbūve



Viena un tā paša drošinātāju tipa drošinātāji ir sagrupēti gabarītu pakāpēs. Katrai gabarītu pakāpei ir noteikts nominālo strāvu diapazons un normētā masa paliek nemainīga.

Funkcijas klase nosaka, kādu strāvas diapazonu var atslēgt drošinātāja kustošais ieliktņis:

- g funkcijas klasi raksturo vispārīgi lietojami plaša strāvas diapazona drošinātāji, kustošie drošinātāji ilgstoši vada jebkuru strāvu līdz nominālai strāvas vērtībai, tie var atslēgt strāvu, sākot ar mazāko kušanas strāvu līdz nominālai atslēgšanas strāvai;
- a funkcijas klasi raksturo: nodalīta (šaura) strāvas diapazona drošinātāji.

Drošinātāju kustošie ieliktni ilgstoši vada jebkādu strāvu līdz nominālai strāvas vērtībai un atslēdz strāvu, ja tā pārsniedz nominālo strāvu.

Lietošanas klases apzīmē ar diviem burtiem. Pirmais burts apzīmē funkcijas klasi, otrais burts apzīmē aizsargājamo objektu. Aizsargājамie objekti ir šādi: L — kabeļi un vadi, M — komutācijas iekārtas, R — pusvadītāji, B — kalnrūpniecības iekārtas, Tr — transformatori. Drošinātājus izgatavo šādām lietošanas klasēm: gL — plaša strāvu diapazona vadu un kabeļu aizsardzībai, aM — nodalīta strāvu diapazona komutācijas iekārtu aizsardzībai, aR — nodalīta strāvu diapazona pusvadītāju aizsardzībai, gR — plaša strāvu diapazona pusvadītāju aizsardzībai, gB — plaša strāvu diapazona kalnrūpniecības iekārtu aizsardzībai, gTr — plaša strāvu diapazona transformatora aizsardzībai.

Vācijas firmas drošinātājiem bez nominālā sprieguma uzrāda arī nominālo izolācijas spriegumu, pārbaudes spriegumu, komutējamo spriegumu, atjaunojošo spriegumu. Drošinātāju nominālais maiņspriegums ir 220 V, 380 V, 500 V, 660 V, (750 V), (1000 V); nominālais līdzspriegums ir 220 V, 440 V, (500 V), 600 V, 750 V, (1200V), 1500 V, (2300 V), 3000 V. Iekavās uzrādītās vērtības lieto ierobežoti.

Drošinātāju nominālais izolācijas spriegums: maiņspriegums 250 V, 380 V, 500 V, 660 V, 750 V, 1000 V; līdzspriegums 250 V, 440 V, 600 V, 800 V, 1200 V, 1500V, 3000 V.

Komutējamā sprieguma augstākās robežvērtības uzrāda atkarībā no drošinātāju nominālā sprieguma (sk. 5.2. tab.). Pieļaujamo komutējamo spriegumu augstākās vērtības kustošiem ieliktniem ar nominālo strāvu mazāku par 10 A vai vienādu ar 10A ir starptautiski noteiktas. Kustošā ieliktna komutējамais spriegums samazinās, ja samazinās darba spriegums. Jāievēro, lai kustošā ieliktna komutējамais spriegums nepārsniegtu iekārtas izolācijas pieļaujamo spriegumu.

Šos drošinātājus raksturo: nominālā strāva, mazākā pārbaudes strāva, lielākā pārbaudes strāva, nominālā komutējamā strāva, caurplūdes strāva, mazākā kušanas strāva.

Tos izgatavo pēc nominālo strāvu skalas:

$I_{N.dr.} = 2; 4; 6; 10; 16; 20; 25; 32; 35; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250 \text{ A.}$

5.2. tabula

Drošinātāju darba spriegumi pēc DIN 57636

Kustošā ieliktna nominālais spriegums $U_{N.kom.}, \text{ V}$	Darba sprieguma maksimālās vērtības, V
1	2
Maiņspriegums un līdzspriegums	
līdz 300	2000
301 līdz 660	- 2500

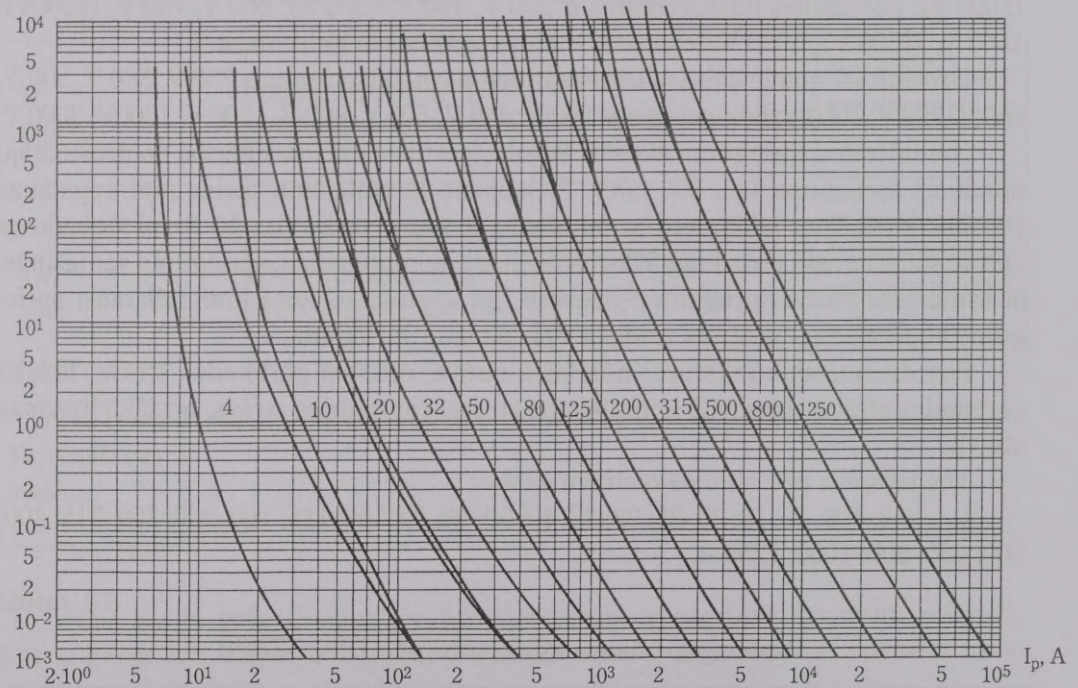
1	2
661 līdz 800	3000
801 līdz 1000	3500
Līdzspriegums	
1001 līdz 1200	3500
1201 līdz 1500	5000
1501 līdz 3000	10000

Nominālā komutējamā strāva maiņspriegumam ir šāda:

$I_{ef.} = 25; 50; 100 \text{ kA};$

Līdzspriegumam $I = 8,25 \text{ kA}.$

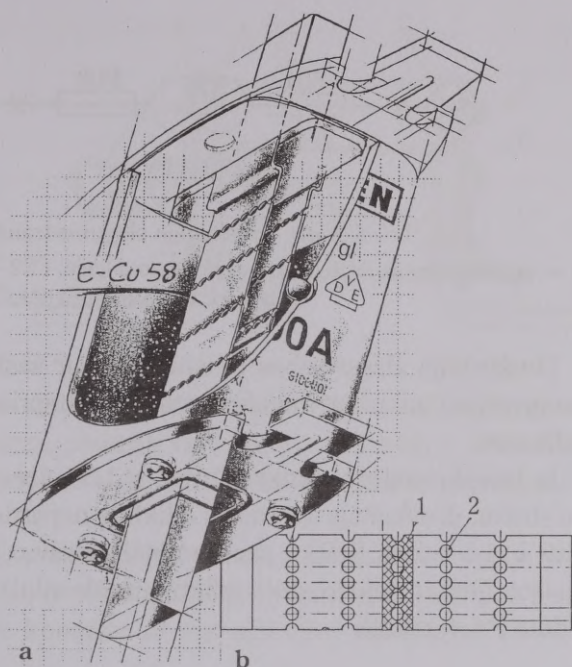
t, s



5.7. att. Drošinātāju NH-gL laikstrāvas raksturlienes dažādām $I_{N.dr.}$

5.2.5. NH DROŠINĀTĀJI VADU UN KABEĻU AIZSARDZĪBAI

Vadu un kabeļu aizsardzībai izgatavo gL klases drošinātājus. Atslēgtspēja $I_{atsl.} = 120 \text{ kA}$. Drošinātāju laikstrāvas raksturlienes (sk. 5.7. att.) ir saskaņotas ar vadu un kabeļu pārslodzes iespējām. Aizsargātā līnija var strādāt ar optimālu slodzi, jo



5.8. att. NH drošinātāja izņemamās daļas uzbūve

a — kopskats; b — kūstošais ieliktnis;
1 — alvas uzlodējums; 2 — caurumi

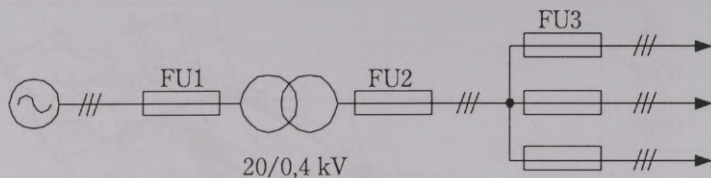
pārslodzes gadījumā atslēgšanās ir lēna, bet isslēguma režīmā atslēgšanās ir ātrdarbīga. Šī drošinātāja izņemamās daļas uzbūve parādīta 5.8. attēlā.

Izņemamās daļas gala plāksni izgatavo no metāla vai speciālas polimēra plastmasas. Kūstošais ieliktnis ir plāna vara lente ar caurumiņiem un alvas uzlodējumu vidusdaļā. Izņemamās daļas kontaktnaži izgatavoti no misiņa, kura ārējo virsmu pārklāj ar plānu sudraba kārtiņu, lai uzlabotu kontakta kvalitāti un paaugstinātu korozijizturību.

Lai nodrošinātu selektivitāti EFEN-500V gL ieliktņiem 400 V tīklā, nominālo strāvu attiecībai jābūt 1:1,25 un nomināli strāvai jābūt vienāgai ar 16 A vai lielākai par 16 A. Strāvas — laika zonas atbilst IEC 269-2-1 prasībām un nodrošina selektivitāti drošinātājiem, kurus izgatavojušas dažādas rūpnīcas atbilstoši šim standartam, ja nominālā strāva ir 16 A vai lielāka un attiecība ir 1:1,6.

5.2.6. NH DROŠINĀTĀJI TRANSFORMATORU AIZSARDZĪBAI

Transformatoru aizsardzībai izgatavo lietošanas klases g-Tr drošinātājus. Uz šī drošinātāja ir uzrādīta nevis nominālā strāva, bet transformatora jauda kVA, kādai tas ir paredzēts. Drošinātāja tehniskos datus uzrāda transformatora nominālo jaudu S_N un transformatora nominālo strāvu 0,4 kV pusē (sk. P.5.4. tab.). Tas norāda, ka šie drošinātāji (FU2 5.9. att.) slēdzami transformatora sekundārā pusē. Arī laikstrāvas raksturlielņiem uzrādīta S_N (P.5.4. att.) NH gTr drošinātāju atslēgtspēja $I_{atsl.} = 1000$ kA.



5.9. att. Drošinātāju slēgums transformatora ķēdē

FU1 — augstsprieguma drošinātājs transformatora ķēdē; FU2 — transformatora sekundārās ķēdes drošinātājs; FU3 — patērētāju ķēžu drošinātāji

Drošinātāju aizsardzības raksturlieknes ir saskaņotas ar transformatoru pārslozdes iespējām un arī ar transformatora augstsprieguma drošinātāju laikstrāvas raksturlieknēm.

Ja transformatora slodzes strāva ir 1,3 reizes lielāka par transformatora nominālo strāvu, drošinātāja kūstošais ieliktnis nepārdeg 10 stundu laikā, bet, ja slodzes strāva ir 1,5 reizes lielāka par nominālo strāvu, drošinātājs nepārdeg ātrāk par 2 stundām. Drošinātāju kūstošā ieliktna izvēle atbilstoši transformatora nominālai jaudai dota P.5.4. tabulā.

5.2.7. NH DROŠINĀTĀJI ELEKTRODZINĒJU AIZSARDZĪBAI

Drošinātājus izgatavo 220 V un 380 V spriegumam, drošinātāju lietošanas klase gL un aM. Drošinātāju kūstošā ieliktna nominālo strāvu izvēlas atbilstoši elektrodzinēja nominālai jaudai un spriegumam (sk. P.5.5. tab.) un pārbauda palaides iespēju, izmantojot laikstrāvas raksturliekni.

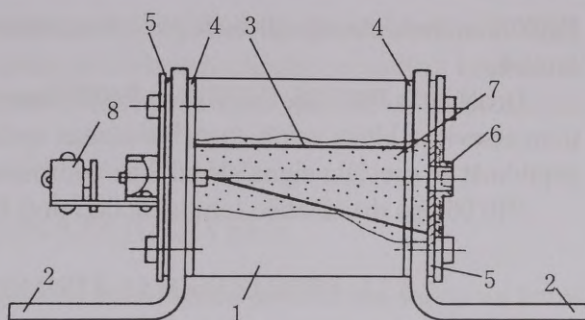
5.3. ĀTRDARBĪGIE DROŠINĀTĀJI

5.3.1. ĀTRDARBĪGO DROŠINĀTĀJU KONSTRUKCIJU ĪPATNĪBAS UN RAKSTUROJOŠIE LIELUMI

Ātrdarbīgie drošinātāji paredzēti pusvadītāju (diožu, tiristoru) aizsardzībai. Drošinātāji aizsargā arī pārējās elektroierīces, kas ir jutīgas pret nelielām un īslaicīgām pārslozdzēm. Šie drošinātāji atšķiras no vispārīgās lietošanas drošinātājiem ar mazu nostrādes laiku un mazām pieļaujamām pārslozdzēm. Ātrdarbīgie drošinātāji rada iespēju pusvadītāju ierīcēm strādāt nominālo strāvu un isslēguma strāvu režīmā. Drošinātāji nenormālā režīmā pārtrauc elektrisko ķēdi tik ātri, ka izslēgšanas procesā temperatūras paaugstināšanās, ko izsauc strāva, pusvadītāju ierīcei nav bīstama, jo šie drošinātāji stipri ierobežo isslēguma strāvu un laiž cauri tikai nelielu I^2t (vērtība, kas proporcionāla izdalītajam siltuma daudzumam).

5.10. att. Ātrdarbīgā drošinātāja
uzbūve

1 — drošinātāja ieliktna turētājs; 2 — izvadi,
drošinātāja ieliktna kontakt detaļa; 3 — kūstošais elements; 4, 5 — uzliktņi; 6 — caurums kvarca smilšu iepildīšanai; 7 — kvarca smiltis; 8 — kontaktspaile



Drošinātāja ieliktnis sastāv no ultraporcelāna korpusa 1 (sk. 5.10. att.), kam ar skrūvēm piestiprināti no 4 mm bieza, plakana vara izgatavoti izvadi 2. Drošinātāja izvadiem iekšpusē piemetināts kūstošais elements 3. Aizsargājamam objektam drošinātāju pievieno ar izvadiem 2.

Lai drošinātāju piepildītu ar kvarca smiltīm, sānos ir izveidots caurums 6. Lai ekspluatācijas laikā smiltis neizbirtu, uz drošinātāja galiem novieto uzliktņus 4 un 5. Kontakts 8 paredzēts, lai izveidotu kontaktu ar signalizācijas sistēmu un lai vadītu aizsargājamo objektu.

Avārijas gadījumā, kad pārdeg kūstošais elements, tas izkūst un iztvaiko. Tvaiku tilpums ir daudzkārt lielāks par tilpumu, kāds elementam ir cietā stāvoklī. Drošinātāja iekšpusē spiediens ir tik liels, lai varētu sagraut drošinātāja konstrukciju. Ja kvarca smilšu graudiņi ir mazi (graudiņu diametrs nepārsniedz 0,1–0,2 mm) un drošinātāja korpusa diametrs ir lielāks, spiediens izlīdzinās un drošinātāja ieliktna korpusu nesagrauj.

Ātrdarbīgiem drošinātājiem nominālo strāvu izvēlas atkarībā no temperatūras paaugstināšanās pakāpes uz drošinātāja izvadiem un jaudas zudumiem. Ja drošinātājs aizsargā pusvadītāju, kam ir ciklisks darba raksturs, nominālo strāvu samazina 50–75% robežās.

5.3.2. P40.06 TIPA ĀTRDARBĪGIE DROŠINĀTĀJI

P40.06 tipa drošinātājiem sudraba kūstošais ieliktnis atrodas keramiskā kapsulā, kas piepildīta ar kvarca smiltīm. Kūstošais ieliktnis ar punktmetināšanu pievienots ārējiem kontaktnāžiem, kas arī ir apsudraboti un rada darba laikā drošu kontaktu.

Visus drošinātāju tipus izgatavo 660 V maiņspriegumam. 220 V līdzspriegumam izgatavo P40U06, P40V06, P40X06 tipa drošinātājus, bet 440 V līdzspriegumam izgatavo P40K06, P40N06, P40T06 tipa drošinātājus. Atslēgtspēja 660 V maiņsprieguma drošinātājiem ir ap 100 kA pie $\cos \varphi = 0,1-0,2$; bet 440 V un 220 V līdzsprieguma drošinātājiem — 50 kA pie $T = 15-20$ ms. Drošinātājiem P40T06, P40U06, P40V06 un

P40X06 ir izveidota signalizācija plakanas atsperes veidā, un tā novietota drošinātāja ārpusē.

Drošinātāji P40U06, P40V06 un P40X06 var būt aprīkoti ar papildu signālkontaktiem atsevišķa bloka veidā, kura barošanas spriegums ir 1,5 V. Šo kontaktbloku var papildināt ar speciālu signālslēdzi, kas nodrošina distances signalizāciju.

P40.06 tipa drošinātāju tehniskie dati doti P.5.6. tabulā.

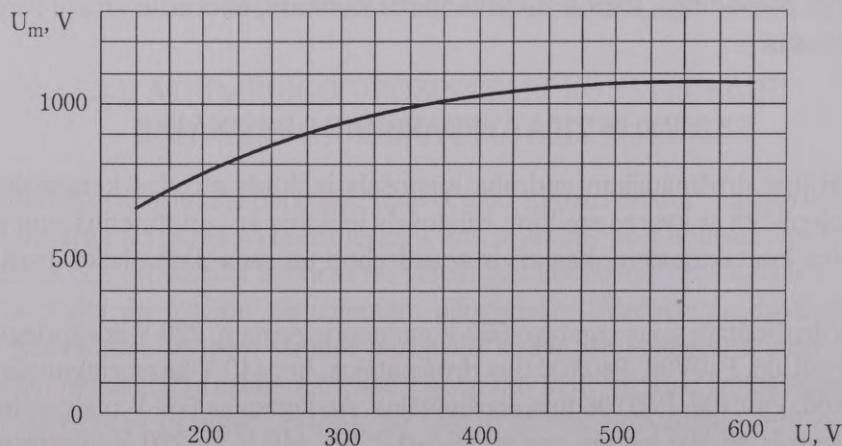
5.3.3. FERRAZ FIRMAS ĀTRDARBĪGIE DROŠINĀTĀJI

Izgatavo maiņspriegumam no 150 V līdz 3000 V ar nominālām strāvām no 0,16 A līdz 3000 A un atslēgtspēju līdz pat 250 kA (sk. P.5.7. tab.).

SA tipa drošinātāji ($U_N = 250$ V; $I_N = 0,16$ – $12,5$ A; $I_{atsl} = 20$ kA) paredzēti pusvadītāju un elektronisko ķēžu aizsardzībai. Katalogos raksturliknes dotas 60–50 Hz maiņspriegumam. Praksē iespējama šo drošinātāju izmantošana pusvadītāju pārveidotāju shēmās, kur spriegums nav sinusoidāls. Ja frekvence ir stipri zemāka par 50 Hz, ķēdes spriegumam jābūt mazākam par drošinātāja spriegumu. Līdzstrāvas gadījumā ķēdes spriegumam jābūt daudzkārt mazākam. To nosaka divi svarīgi faktori: īsslēguma ķēdes laika konstante un īsslēguma strāvas vērtība.

UR tipa drošinātāji paredzēti lieljaudas pusvadītāju aizsardzībai spēka ķēdēs ($U_N = 250$ – 3000 V; $I_N = 60$ – 3000 A; $I_{atsl} = 70$ – 250 kA). Arī šie drošinātāji ir strāvu ierobežojoši aM un gl lietošanas klasei. Laikstrāvas raksturliknes katalogos dotas atsevišķi katram apakštipam, ko norāda tipa apzīmējuma trešais burts, piemēram: URE, URM. Katalogos dotas arī elektriskā loka sprieguma raksturliknes $U_m = f(U)$, kur U — tīkla nominālais spriegums. Piemēram, URE drošinātājiem ($U_N = 600$ V; $I_N = 6$ – 100 A; $I_{atsl} = 100$ kA) tā redzama 5.11. attēlā.

FERRAZ firma izgatavo vēl R, aS, aR, gR, SR tipa ātrdarbīgos drošinātājus, kuri



5.11. att. Loka spriegums URE drošinātājā

atkarībā no U_N un I_N atšķiras ar drošinātāja ieliktņa turētāja konstrukciju: no stikla caurulītes mazām strāvām līdz vairākām paralēlām plakanām taisnstūra keramikas caurulēm — lielām strāvām. To laikstrāvas raksturlieknes atbilst aM un gL lietošanas klasei.

5.4. DROŠINĀTĀJU IZVĒLE

Drošinātāju uzdevums ir pasargāt elektroenerģijas patērētājus, vadus un kabeļus no īsslēguma strāvu un pārslodzes strāvu iedarbības. Asinhroniem elektrodzinējiem ar īsslēgtu rotoru palaišanas brīdī strāvas ir 3,5–7,5 reizes lielākas par elektrodzinēju nominālām strāvām, tāpēc drošinātāju ieliktņu nominālās strāvas jāizvēlas, ievērojot elektrodzinēju palaišanas strāvas. Līdz ar to drošinātājs var aizsargāt elektrodzinējus ar īsslēgtu rotoru tikai no īsslēguma strāvām un nevar aizsargāt pārslodzes gadījumā. Asinhronam dzinējam ar fāžu rotoru palaišanas brīdī strāvas ir ievērojami mazākas un kūstošo ieliktņu nominālo strāvu nosaka šādi:

$$I_{N.iel.} \geq (1,0-1,25) I_{N.dz.},$$

kur $I_{N.iel.}$ — elektrodzinēja ar fāžu rotoru nominālā strāva.

Ja pārslodze ir neliela, drošinātājs neaizsargā arī asinhrono elektrodzinēju ar fāžu rotoru no pārslodzes, bet tikai no īsslēguma.

Drošinātāja kūstošā ieliktņa pārdegšanas laiks var atšķirties pat par 50 % no tā pārdegšanas laika, kas dots rokasgrāmatās vai katalogos, jo drošinātāja kvalitāte un apkārtējās vides temperatūra ekspluatācijas laikā mainās. Tāpēc praksē lieto jutīgākas aizsardzības ierīces, bet drošinātājus izmanto tikai mazāk atbildīgu elektroenerģijas patērētāju aizsardzībai.

Drošinātājus izvēlas, ievērojot šādus nosacījumus.

1. Drošinātāja nominālam spriegumam $U_{N.dr.}$ jābūt lielākam vai vienādam ar tīkla nominālo spriegumu $U_{N.t.}$

$$U_{N.dr.} \geq U_{N.t.}$$

2. Apgaismes tīklā kūstošā ieliktņa nomināli strāvai $I_{N.iel.}$ jābūt lielākai vai vienādai ar aplēses strāvu $I_{apr.}$, ievērojot drošuma koeficientu $K_{dr.}$

$$I_{N.iel.} \geq K_{dr.} I_{apr.},$$

kur $K_{dr.} = 1$, ja drošinātājs aizsargā apgaismes elektriskā tīkla posmu, kas baro gaismekļus ar kvēlspuldzēm vai sildierīces;

$K_{dr.} = 1,25$, ja drošinātājs aizsargā elektriskā tīkla posmu, kas baro gaismekļus ar luminiscences spuldzēm;

$K_{dr.} = 1,1$, ja drošinātājs aizsargā elektriskā tīkla posmu, kas baro gaismekļus ar dzīvsudraba loka spuldzēm.

3. Asinhronā elektrodzinēja ar isslēgtu rotoru aizsardzībai drošinātāja kustošā ieliktņa nominālajai strāvai $I_{N.iel}$ jābūt lielākai vai vienādai ar tā palaides strāvu I_{pal} , dalītai ar empīrisku koeficientu (pārslodzes) $K_{pārsl}$

$$I_{N.iel} \geq \frac{I_{pal}}{K_{pārsl}},$$

kur $K_{pārsl} = 1,6-2,5$ (ja elektrodzinējs iegriežas ātrāk par 4 s, tad $K_{pārsl} = 2,5$, ja iegriežas 5–10 s, tad $K_{pārsl} = 1,6-2$).

Precīzāku rezultātu iegūst, izmantojot drošinātāja laikstrāvas raksturliedni (sk. izvēles piemēru).

4. Ja drošinātājs aizsargā elektrisko tīklu, elektriskā tīkla vadu vai kabeļu pieļaujamajai strāvai I_p jābūt lielākai vai vienādai ar $I_{N.iel}$, dalītai ar koeficientu K_{aiz}

$$I_p \geq \frac{I_{N.iel}}{K_{aiz}},$$

kur $K_{aiz} = I_p/I_{N.iel}$, (sk. P.5.8. tabulu);

5. Drošinātāju maksimālai atslēgtspējai jābūt lielākai vai vienādai ar maksimālo trīsfažu isslēguma strāvu

$$I_{atsl} \geq I_k^{(3)}$$

6. Ja drošinātājs aizsargā maģistrālliniju, kas baro vairākus elektrodzinējus, drošinātāja kustošā ieliktņa nominālajai strāvai $I_{N.iel}$ jābūt lielākai vai vienādai ar aprēķina strāvu

$$I_{N.iel} \geq K_0 \sum_{i=1}^{i=n-1} I_{d,i} + \left(\frac{I_{pal}}{K_{pārsl}} \right)_{max},$$

kur K_0 — vienlaicības koeficients, kas norāda, kāda daļa no visiem elektrodzinējiem strādā; (ja visi elektrodzinēji strādā, $K_0 = 1$, bet pārējos gadījumos K_0 var noteikt aptuveni atkarībā no elektrodzinēju skaita, izmantojot 5.3. tabulas datus);

$K_0 \sum_{i=1}^{i=n-1} I_{d,i}$ — darbojošos elektrodzinēju darba strāvu summa, kad palaiž to elektrodzinēju, kuram attiecība $I_{pal}/K_{pārsl}$ ir vislielākā.

5.3. tabula

Vienlaicības koeficients K_0 atkarībā no elektrodzinēju skaita

El. dzinēju skaits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
K_0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,61	0,55	0,5	0,47	0,44	0,35	0,31

7. Lai drošinātāju aizsardzība būtu selektīva, virknē slēgtus drošinātājus izvēlas šādi: skaitot no elektroenerģijas patērētāja puses, katra nākamā drošinātāja kustošā elementa nominālai strāvai jābūt par vienu pakāpi augstākai. Drošinātāja darbības selektivitāte jāpārbauda arī trīsfāžu īsslēgumā (kad īsslēguma strāvai ir maksimālā vērtība). Jo var būt tādi gadījumi, kad pie lielām īsslēguma strāvām pārdeg vairāki virknē slēgtie drošinātāji.

PN-2 tipa drošinātāju kustošos ieliktnus izvēlas selektīvi, ja aprēķina trīsfāžu īsslēguma strāvu un pārbauda, vai katras nākamās pakāpes drošinātāju kustošā ieliktna nominālā strāva ir vienāda vai lielāka, izmantojot 5.4. tabulas datus.

5.4. tabula

Virknē slēgtu PN-2 drošinātāju kustošo elementu izvēle

$I_{N.iel.}, A$ (drošinātājs vistuvāk patērētājam)	$I_{N.iel.}, A$ (nākamais drošinātājs, skaitot no patērētāju puses)				
	30	50	60	120	150
40	60	80	120	200	200
50	80	100	120	250	250
60	100	120	150	250	250
80	120	120	200	250	250
100	120	120–150	250	250	250
120	150	200	300	300	300
150	200	250	300	300	300
200	300	350	400	400	400
250	350	400	600	> 600	
300	400	600	> 600		

8. Pārbaude: fāzes vada un nullvada šķērsgriezumam jābūt tādām, lai pieļaujamā vienfāzes īsslēguma strāva būtu vismaz trīs reizes lielāka par drošinātāja kustošā ieliktna nominālo strāvu

$$I_k^{(1)} \geq 3 I_{N.iel.}$$

bet sprādziennedrošās zonās

$$I_k^{(1)} \geq 4 I_{N.iel.}$$

Šo nosacījumu var neievērot, ja tikli jāaizsargā tikai no īsslēguma, izņemot lauku elektriskos tīklus un komunālos tīklus, kuriem ir ievērojams garums, kā arī gadījumos, kad īsslēguma strāva ir vismaz trīs reizes lielāka par vada vai kabeļa pieļaujamo strāvu no silšanas viedokļa

$$I_k^{(1)} \geq 3 I_{piel.}$$

No pārslodzes jāaizsargā vadi vai kabeļi ar degošu ārējo apvalku vai izolāciju, ja tie novietoti atklāti, kā arī vadi un kabeļi apgaismošanas tīklos tirdzniecības telpās, rūpniecības uzņēmumu administratīvās un sadzīves telpās (ieskaitot gludekļu, šujmašīnu, elektrisko plītiņu, ledusskapju, pārnesamo elektroenerģijas lietotāju pieslēgšanai paredzētos elektriskos tīklus), dzīvojamās un sabiedriskās ēkās (sk. P.5.8. tab.).

Spēka tīklos uzstādītie vadi un kabeļi jāaizsargā no pārslodzes, ja tie uzstādīti rūpniecības uzņēmumos, dzīvojamās un sabiedriskās ēkās, tirdzniecības telpās, tikai tādos gadījumos, ja ir tāds tehnoloģiskais process vai darba režīms, kad var rasties pārslodze.

No pārslodzes un īsslēguma jāaizsargā vadi un kabeļi spēka, apgaismošanas, sekundāro ķēžu elektriskos tīklos, kuri uzstādīti V-I, V-Ia, V-II, V-IIa klases sprādziennedrošās zonās, bet V-Ib un V-Ig klases sprādziennedrošās zonās vadu un kabeļu aizsardzība jāveido kā sprādziennedrošās ietaisēs.

Piemērs

Aprēķināt kustošā ieliktna strāvu un izvēlēties drošinātāju 4 kW asinhronam elektrodzinējam ar īsslēgtu rotoru, ja elektrodzinēja rotācijas frekvence $n = 1420 \text{ min}^{-1}$, lietderības koeficients $\eta = 0,84$, $\cos \varphi = 0,84$, palaides strāva 6 reizes lielāka par nominālo strāvu.

Atrisinājums

$$1. \text{ Nominālā strāva } I_N = \frac{P_{2N}}{\sqrt{3}U_N\eta \cos \varphi} = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,84 \cdot 0,84} = 8,62 \text{ A}$$

$$2. \text{ Palaides strāva } I_{pal} = 6I_N = 6 \cdot 8,62 = 51,74 \text{ A}$$

$$3. \text{ Drošinātāja kustošā ieliktna nominālā strāva } I_{N.iel.} = \frac{I_{pal}}{2,5} = \frac{51,74}{2,5} = 20,7 \text{ A}$$

4. Izvēlas NH-gl tipa drošinātāju ar kustošā ieliktna nominālo strāvu $I_{Niel} = 20 \text{ A}$ (sk. P.5.5. tab.).

5. Pārbauda, vai izvēlētais drošinātājs nodrošina reālu dzinēja palaides laiku

($t_{\text{pal}} \approx 1-4\text{s}$). No drošinātāju NH-gL laikstrāvas raksturliedzēm 5.7. attēlā atrod, ka pie $I_{\text{pal}} = 52\text{ A}$ drošinātāja minimālais nostrādes laiks $t_{\text{no}} = 5\text{ s}$. Tātad dzinēja palaišanas laikam jābūt mazākam par 4 s, kas atbilst reālām iespējām.

Piezīme: ja iegūtais palaišanas laiks ir nepietiekams, jāizvēlas nākamā lielākā $I_{\text{N,iel}}$ vērtība.

Kontroljautājumi

1. Kādu elektrisku aizsargierīci sauc par drošinātāju?
2. No kādiem nenormāliem režīmiem drošinātājam jāaizsargā elektriskā ķēde?
3. Ko sauc par drošinātāja ieliktni?
4. Ko sauc par drošinātāja kustošo elementu?
5. Kādus metālus izmanto drošinātāja kustošā elementa izgatavošanai?
6. Kādu parādību sauc par metalurģisko efektu?
7. Nosaukt drošinātāju raksturojošos parametrus.
8. Ko sauc par drošinātāja laikstrāvas raksturliedzi?
9. Kādu drošinātāju darbību sauc par selektīvu?
10. Nosaukt PN-2 drošinātāju galvenās sastāvdaļas.
11. Nosaukt PRS tipa drošinātāja galvenās sastāvdaļas.
12. Nosaukt DIAZED tipa drošinātāja galvenās sastāvdaļas.
13. Nosaukt NH tipa drošinātāja galvenās sastāvdaļas.
14. Kas raksturo g funkcijas klasi?
15. Kas raksturo a funkcijas klasi?
16. Ar kādiem burtiem apzīmē NH drošinātāju lietošanas klases?
17. Kādas ir ātrdarbīgo drošinātāju konstrukcijas īpatnības?
18. Kā izvēlēties drošinātājus apgaismes tīklā?
19. Kā izvēlēties drošinātājus asinhroniem elektrodzinējiem ar isslēgtu rotoru?

6. AUTOMĀTSLĒDŽI

6.1. DEFINĪCIJA, GALVENĀS PRASĪBAS, DARBĪBAS PRINCIPS

Automātslēdži ir elektriski aparāti, kas paredzēti līdzstrāvas vai maiņstrāvas ķēžu aizsardzībai nenormālos darba režīmos (nepieļaujami liela pārslodze, īsslēgums, sprieguma pazemināšanās), reti (līdz 30 reizēm dienā) elektrisko ķēžu atslēgšanai un ieslēgšanai normālos darba režīmos.

Automātslēdžos elektriskā loka dzēšanas vide ir gaiss, tāpēc literatūrā ir sastopams arī nosaukums automātiskie gaisa slēdži.

Automātslēdžiem izvirza šādas prasības.

1. Automātslēdža strāvu vadošai ķēdei jānodrošina nominālās strāvas caurlaide darba laikā, jāiztur īsslēguma strāvas iedarbība noteiktu laiku gan ieslēgtā stāvoklī, gan elektriskās ķēdes pārtraukuma brīdī, nepārsniedzot pieļaujamo temperatūru.

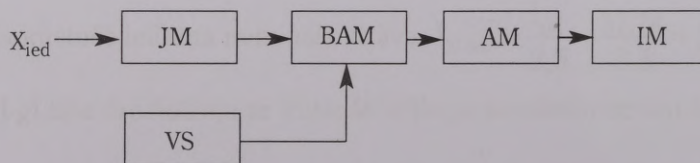
2. Automātslēdzim jāatslēdz īsslēguma strāvas un nepieļaujami lielas pārslodzes strāvas, saglabājot darbības spējas pēc īsslēguma strāvas vai pārslodzes strāvas izzušanas.

3. Automātslēdzim jābūt elektrodinamiski un termiski izturīgam, īsslēguma strāva jāatslēdz īsā laikā.

4. Automātslēdžiem jāstrādā selektīvi.

Lai izprastu automātslēdža darbības principu, apskatā blokshēmu (6.1. att.).

Iedarbes signāls X_{ied} nonāk jutīgā mezglā JM (termoatkabnis, elektromagnētisks atkabnis, pusvadītāju atkabnis) un iedarbina brīvatkabes mehānismu BAM. BAM atbrīvo atslēdzošo atsperi jeb iedarbina atslēgšanas mezglu AM, kas pārtrauc elektrisko ķēdi, nostrādā izejas mezgls IM, t. i., pārtraucas darba kontakti. Brīvatkabes



6.1. att. Automātslēdža blokshēma

bes mehānismu var iedarbināt arī vadības signāls VS (ar roku nospiesta spiedpoga, tālvadības signāls caur elektromagnētu).

Rūpniecībā izgatavo dažādas konstrukcijas automātslēdžus, bet tiem visiem ir šādi galvenie mezgli: kontakti, lokdzēses ierīce, piedziņa, brīvatkabes mehānisms, atkabnis.

Automātslēdžiem bez darba jeb galvenajiem kontaktiem var būt lokdzēses kontakti, kas ieslēdzas pirms un atslēdzas pēc darba kontaktiem, kā arī palīgkontakti vadības un signalizācijas ķēžu komutēšanai. Ja nominālā strāva pārsniedz 200 A, automātslēdžiem ir divpakāpju tiltiņveida kontakti, vai arī viens pāris darba kontaktu un viens pāris lokdzēses kontaktu. Darba kontaktu virsma pārklāta ar metālkeramikas plāksnīti (sudrabs, niķelis, grafits), lokdzēses kontaktu virsmu arī veido no metālkeramikas plāksnītēm (sudrabs, niķelis, volframs). Lielu strāvu automātslēdžiem izveido vairākus paralēlus kontaktu pārus.

Automātslēdžos izmanto lokdzēses kameras ar dejonu režģi (sk. 1.27. att.) vai ar lokdzēsi magnētiskajā laukā kamerā ar šauru vai platu garenspraugu, kuru darbības principi apskatīti 1. nodaļā (1.26. att.).

Visiem automātslēdžiem izveidota rokas piedziņa, lai operators varētu automātslēdzi ieslēgt un izslēgt manuāli. Lielas strāvas automātslēdžiem var izveidot elektromagnētisko vai elektrodzinēju piedziņu, ir radīta iespēja automātslēdzi ieslēgt no distances ar elektromagnēta palīdzību.

Elektromagnētiskās piedziņas trūkums ir liels enkura kustības ātrums, kā rezultātā rodas trieciens, kas izsauc kontaktu vibrāciju. Ja elektromagnētu baro no tā paša aizsargājamā tīkla, īsslēguma režīmā spriegums tīklā var samazināties līdz nullei un elektromagnēts nenostādās.

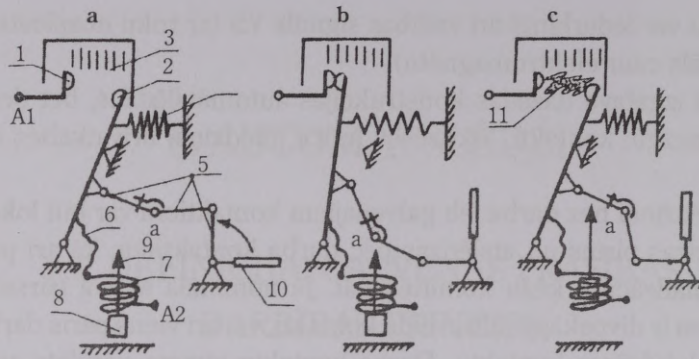
Automātslēdžus atslēdz atslēdzējatsperes, kuras tiek saspriegtas ieslēgšanas laikā.

Ja izveido neatkarīgas darbības piedziņu, saspriegtā atsperē uzkrājas pietiekami liela enerģija. Pēc atslēgšanas signāla saņemšanas atbrīvojas atsperes aizture un automātslēdzis droši atslēdzas.

Ja automātslēdžu nominālā strāva ir lielāka par 1500 A, automātslēdžiem izveido elektrodzinēju piedziņu. Elektrodzinējs darbina automātslēdzi, izmantojot zobratu pārvedu. Ja atslēgšanas momentā tīklā izzūd spriegums, elektrodzinēja rotoram ir pietiekami liela inerces enerģija, lai atslēgtu automātslēdzi. Ieslēgšanas laikā nerodas triecieni, jo ātrums ir vienmērīgs.

Ar brīvatkabes mehānismu ieslēdz kontaktus, notur tos ieslēgtā stāvoklī līdz brīdim, kad saņem atslēgšanas signālu. Tad tas atbrīvo atslēdzošo atsperi (vai iedarbina citu atslēgšanas mehānismu) un kontakti atslēdzas.

Brīvatkabes mehānisma darbība 6.2. attēlā parādīta trīs dažādos stāvokļos: pirms automātslēdža ieslēgšanas, automātslēdzim ieslēgtā stāvoklī un automātslēdzim atslēgtā stāvoklī. Ja automātslēdzis ir ieslēgts, strāvas ķēde A1-A2 ir saslēgta



6.2. att. Automātslēdža vienkāršota kinemātiskā shēma

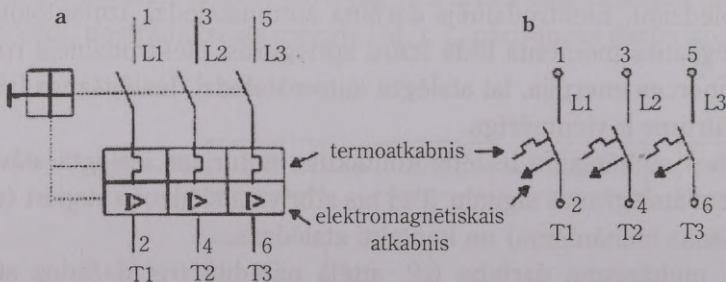
a — automātslēdzis atslēgtā stāvoklī; b — automātslēdzis ieslēgtā stāvoklī; c — automātslēdzis atslēgšanas momentā; 1 — nekustīgais kontakts; 2 — kustīgais kontakts; 3 — lokdzēses kamera; 4 — atslēgšanas atspere; 5 — brīvatkabes mehānisma sviras; 6 — lokans pievads; 7 — elektromagnēta spole; 8 — elektromagnēta enkurs; 9 — belznis; 10 — rokturis; 11 — elektriskais loks

šādi: nekustīgais kontakts 1, — kustīgais kontakts 2, — lokanais pievads 6, — elektromagnēta spole 7.

Lai ieslēgtu automātslēdzi (sk. 6.2.a att.), rokturis 10 jāpagriež pretēji pulksteņa rādītāja virzienam, tad svira 5 pārvieto kustīgo kontaktu un izstiepj atslēdzošo atspere 4, saslēdz automātslēdža kontaktus 1 un 2. Ja strāva spolē 7 palielinās līdz noteiktai vērtībai, spole 7 ievieļ enkuru 8, belznis 9 iedarbojas mehāniski uz sviru sistēmu punktā a, tās pārvietojas uz augšu un atspere 4 pārtrauc kontaktus 1 un 2 (6.2.c att.).

Automātslēdzus izgatavo ar vienu vai vairākiem atkabņiem. **Atkabnis ir komutācijas aparāta elektromehāniskās sistēmas sastāvdaļa (mezgls), kas avārijas režīmā atbrīvo noturētājspriedu un padara iespējamu komutācijas aparāta atslēgšanos vai ieslēgšanos.** Elektromagnētiskā atkabņa darbības princips ilustrēts 6.2. attēlā, bet 6.3. attēlā parādīts elektromagnētiskais un termobimetālais atkabnis.

Atkabnis kontrolē kādu aizsargājamās elektriskās ķēdes parametru, dod atslēg-



6.3. att. Trīsfāžu maksimālās strāvas automātslēdžu apzīmējumi shēmās

a — izvērsta; b — vienkāršotais

šanas signālu ar laika aizturi vai bez tās, ja tiek pārsniegta šī parametra iestatītā vērtība. Lielas strāvas automātslēdžiem uzstāda arī minimālā sprieguma atkabni, kas atslēdz automātslēdzi, ja spriegums pazeminās zem nepieļaujamā lieluma. Ja operatoram nepieciešams atslēgt automātslēdzi no distances, tad izmanto distances vai manuālo vadību. 6.2. attēlā tas ir rokturis 10.

Elektriskās shēmās automātslēdžus parāda izvērstā veidā (6.3.a att.) vai vienkāršoti (6.3.b att.), kur ar 1, 3, 5 apzīmētas automātslēdža spaiļes barošanas līnijas L1, L2, L3 pieslēgšanai, bet ar 2, 4, 6 — izejas spaiļes aizsargājamā objekta spaiļu T1, T2, T3 pieslēgšanai.

6.2. AUTOMĀTSLĒDŽUS RAKSTUROJOŠIE PARAMETRI

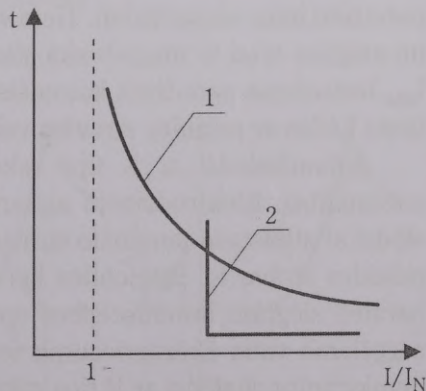
Automātslēdžiem uzrāda šādus tehniskos datus:

- nominālais spriegums U_N — elektroiekārtas spriegums, līdz kādam automātslēdzi var uzstādīt;
- automātslēdža nominālā strāva I_N — ilgstoši pieļaujamā strāva automātslēdžu kontaktu sistēmai;
- automātslēdža atslēgtspēja I_a — maksimālā išslēguma strāva, kuras elektrisko loku var nodzēst lokdzēses kamerā (līdz 100 kA);
- elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva $I_{N.EM.}$ — lielākā ilgstošā strāva, kas garantē šim atkabnim rūpnīcas garantēto darbmūžu;
- atkabņa iestatījuma strāva $I_{iest.}$; elektromagnētiskā atkabņa iestatījuma strāva $I_{iest.EM.}$; termoatkabņa iestatījuma strāva $I_{iest.T.}$;
- atkabņa nostrādes strāva $I_{no.}$ — strāva, pie kuras automātslēdzis atslēdzas. Te jābūt spēkā:

$$I_{no.EM.} \geq I_{iest.EM.};$$

$$I_{iest.EM.} > I_{no.} > I_{iest.T.}$$

Laikstrāvas raksturlikne $t_{no} = f(I/I_N)$ parādīta 6.4. attēlā. Termoatkabnis nodrošina laikkarīgo raksturlikni 1 (jo lielāka strāva, jo ātrāk tas sakarst un atslēdzas), tādējādi aizsargājot elektrolietotāju no pārslodzes. Tā



6.4. att. Trīsfāžu automātslēdža laikstrāvas raksturliknes

1 — termoatkabņa laikstrāvas raksturlikne; 2 — elektromagnētiskā atkabņa laikstrāvas raksturlikne

darbības princips sīkāk apskatīts 8. nodaļā. Elektromagnētiskais atkabnis atslēdzas momentāni (pēc 0,01–0,03 s), kas nodrošina aizsardzību pret īsslēgumu.

6.3. AUTOMĀTSLĒDŽU KLASIFIKĀCIJA

Automātslēdžus izgatavo līdz 1000 V maiņsprieguma iekārtām un līdz 440 V līdzsprieguma iekārtām. Automātslēdžus klasificē pēc dažādām pazīmēm: pēc iedarbes signāla veida (strāvas, spriegums, jauda), pēc konstrukcijas, pēc nostrādes laika, pēc raksturliknēm (6.5. att.).

Minimālās un maksimālās strāvas automātslēdžu konstrukcijas veidotas pēc vieniem un tiem pašiem principiem. Maksimālās strāvas un noplūdes strāvas automātslēdži bieži vien ir apvienoti vienā aparātā.

Atkarībā no atslēgšanas laika automātslēdžus iedala normālos (atslēgšanas laiks no 0,02 s līdz 1 s), ātrdarbības (atslēgšanas laiks mazāks par 0,005 s), ar selektīvu atkabni (atslēgšanas laiks lielāks par 1 s). Ja automātslēdzim ir selektīvs atkabnis, var izveidot selektīvu aizsardzību — pie patērētāja uzstāda automātslēdži ar mazāko nostrādes laiku, bet tuvāk barošanas avotam uzstāda automātslēdžus ar lielāku nostrādes laiku.

Vairākums automātslēdžu atslēdz ķēdi, kad tajā īsslēguma strāva sasniegusi savu nostabilizējošo vērtību I_{issl} . Ātrdarbīgie automātslēdži atslēdz ķēdi pirms īsslēguma strāvas nostabilizēšanās, t. i., ierobežo īsslēguma strāvu (6.6. att.).

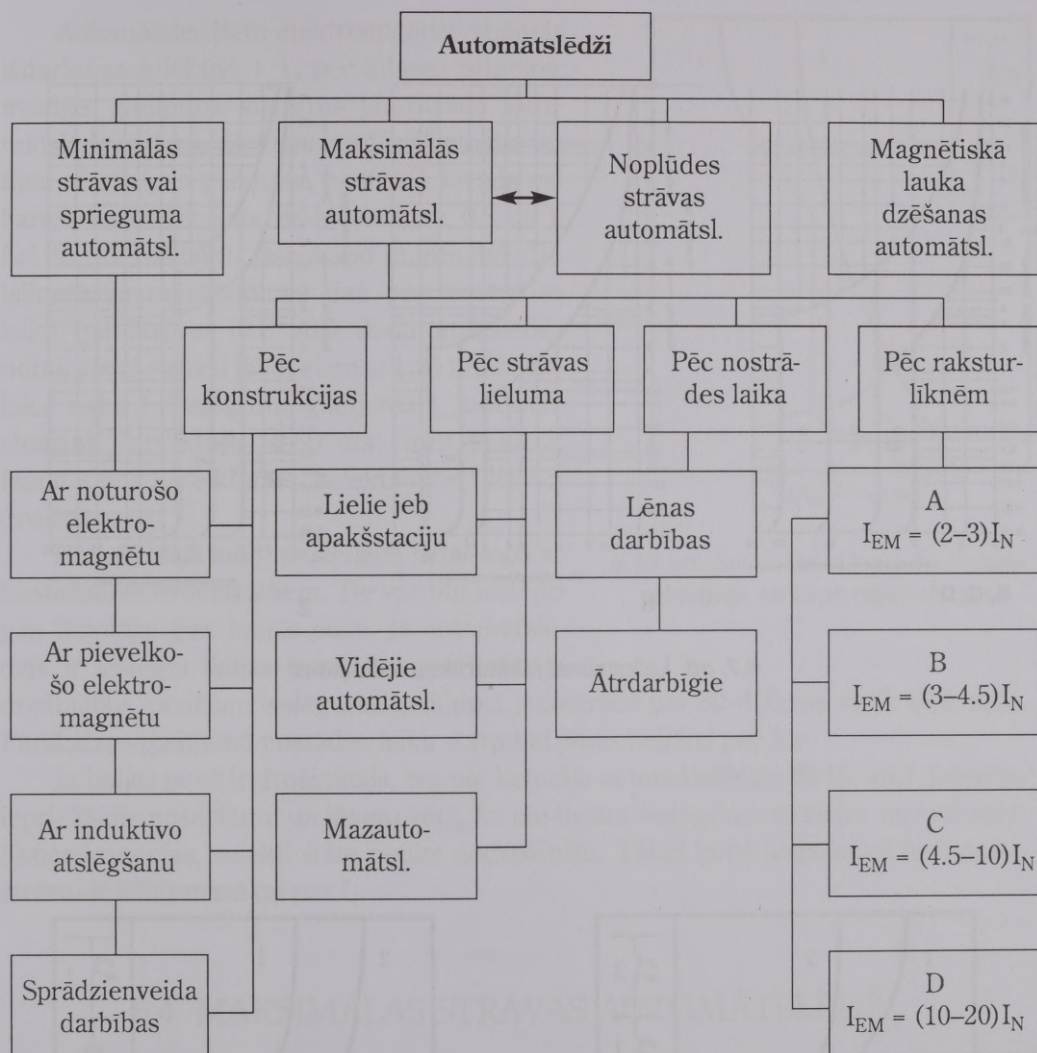
Atslēgšanas procesu var sadalīt noteiktos laika intervālos: t_0 — laiks, kurā strāva ķēdē sasniedz atslēdzes nostrādes strāvu I_{n0} ; t_1 — laiks no t_0 līdz kontaktu atslēgšanas brīdim (automātslēdža nostrādes pašlaiks); t_2 — elektriskā loka dzēšanas laiks; t — pilnais automātslēdža nostrādes laiks.

Automātslēdžu iedalījums pēc to laikstrāvas raksturliķņu $t_{n0} = f(I/I_N)$ tipiem (6.7. att) nosaka to lietošanas iespējas.

Automātslēdži ar laikstrāvas raksturliķnēm B, C un D atbilstoši EN 60 898 ir paredzēti līniju aizsardzībai. Tiem visiem ir vieni un tie paši termoatkabņa iestatījumi un atšķiras tikai to magnētiskā atkabņa nostādes parametru vērtības I_{EM} . Augstāks I_{EM} iestatījums paredzēts automātslēdžiem ar C un D raksturliķnēm, lai tos varētu lietot ķēdēs ar palaides strāvām vai ar lēcienuveida strāvu izmaiņām.

Automātslēdži ar K tipa raksturliķnēm paredzēti kabeļu un elektroiekārtu aizsardzībai. Elektrodzinēju aizsardzību iespējams nodrošināt, izvēloties automātslēdži ar atbilstošu nominālo strāvu. I_{EM} ieregulēts tā, lai tas būtu lielāks par dzinēja palaides strāvu I_p . Pateicoties lielākai I_{EM} vērtībai, ķēdes ar kvēlspuldžu grupām, paralēli slēgtām luminiscences spuldzēm vai cita veida gāzizlādes spuldzēm, aizsargājamo vadu šķērsriezumu iespējams izmantot ekonomiski lietderīgāk, nekā lietojot automātslēdži ar B tipa raksturliķni.

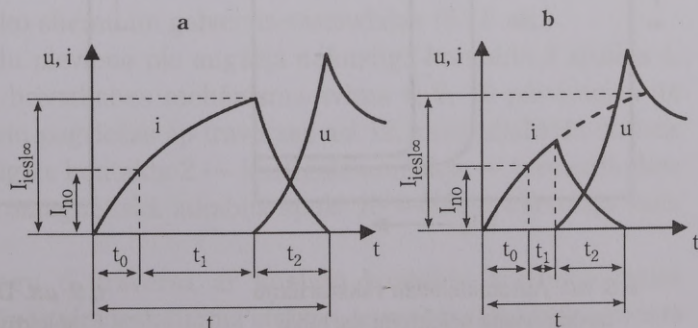
Automātslēdži ar Z tipa raksturliķni paredzēti pusvadītājierīču un vājstrāvas ķēžu aizsardzībai.

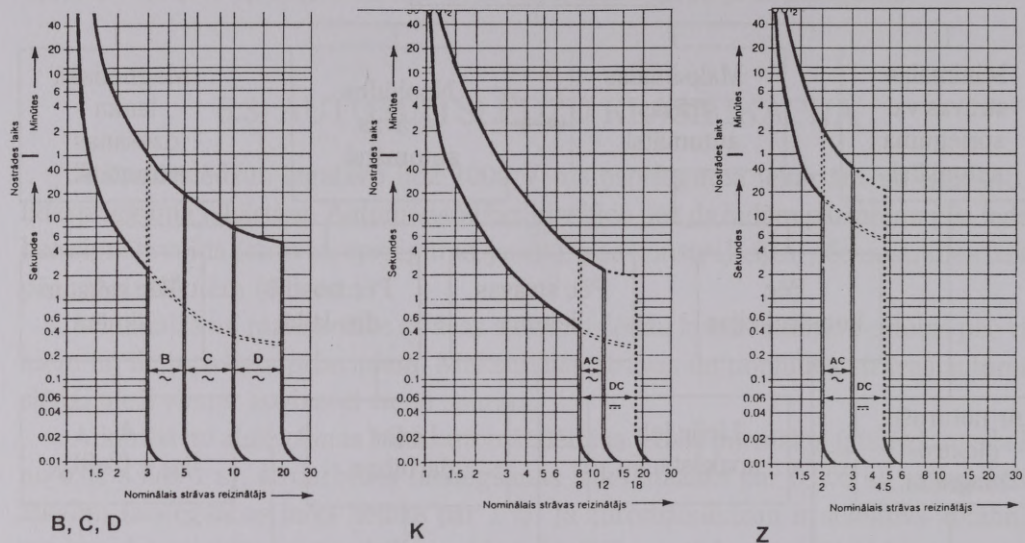


6.5. att. Automātslēdžu iedalījums

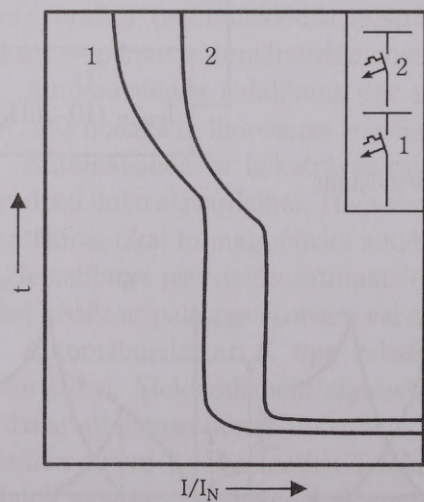
6.6. att. Atslēdzamās ķēdes strāvas un kontaktu ķēdes sprieguma krituma izmaiņa automātslēdža atslēgšanas procesā

a — parastajam automātslēdzim; b — ātrdarbīgam automātslēdzim

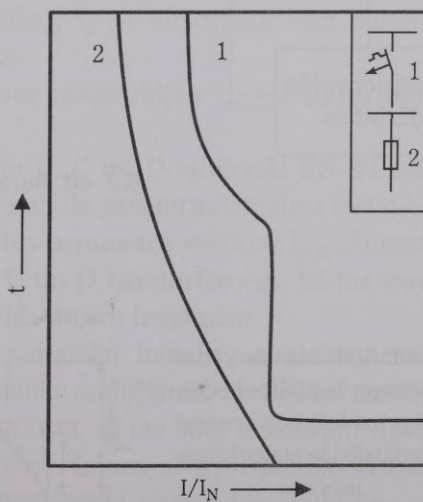




6.7. att. Laikstrāvas raksturliķņu iedalījums



6.8. att. Automātslēdžu raksturliķņu saskaņošana selektīvai darbībai

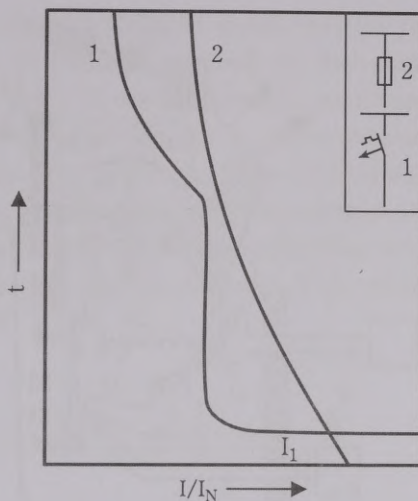


6.9. att. Drošinātāja un automātslēdža selektīvas darbības raksturliķnes

Automātslēdzīem elektroapgādes shēmās jādarbojas selektīvi, t. i., pēc atlasēšanas principa: avārijas gadījumā vispirms jānostrādā automātslēdzim 1 pie elektroenerģijas lietotāja un tikai tā atteices gadījumā nostrādā ievada vai barošanas līnijas automātslēdzis 2 (sk. 6.8. att.). Lai to nodrošinātu, jānosaka automātslēdžu laukstrāvas raksturlielnes gan pēc nostrādes laika, gan strāvas (6.8. att.). 2. automātslēdža nominālajai strāvai jābūt vismaz 1,25 reizes lielākai nekā 1. Īsslēguma gadījumā 1. automātslēdzim jāatslēdzas 50-80 ms ātrāk nekā 2. Izpildot šos noteikumus, selektivitāte tiks nodrošināta.

Praksē bieži automātslēdžus lieto kopā ar kustošajiem drošinātājiem. Tie var būt ieslēgti gan lietotāja, gan līnijas pusē. Ja automātslēdzis ir ieslēgts līnijas pusē, bet pie lietotāja drošinātājs, pēdējam īsslēguma gadījumā jānostrādā par 50-100 ms ātrāk (6.9. att.). Pārslodzes gadījumā nostādes laika starpībai jābūt lielākai par 1 s.

Ja līnijas pusē ir drošinātājs, bet pie lietotāja automātslēdzis (6.10. att.), jāievēro iepriekšējie nosacījumi un jāņem vērā, ka pie lielām īsslēguma strāvām, kur raksturlielnes krustojas, selektivitāte netiks nodrošināta. Tātad ķēdē iespējamai īsslēguma strāvai ir jābūt mazākai par I_1 .



6.10. att. Automātslēdža un drošinātāja selektīvas darbības raksturlielnes

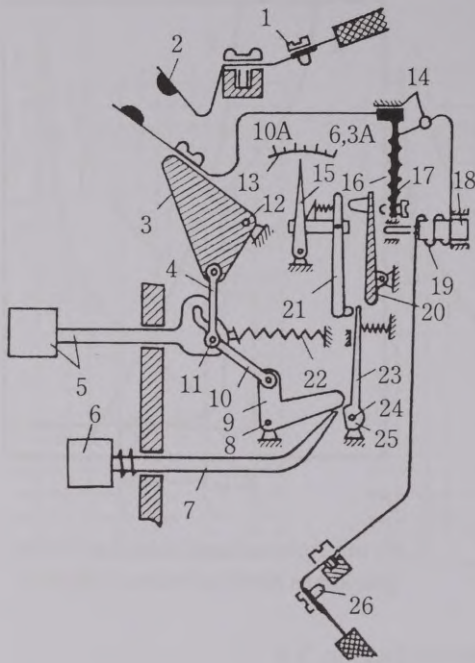
6.4. MAKSIMĀLĀS STRĀVAS AUTOMĀTSLĒDŽI

6.4.1. AUTOMĀTSLĒDŽU UZBŪVE

Tā kā visizplatītākie ir maksimālās strāvas automātslēdži, vispirms apskatīsim tā vienkāršotu elektromehānisko shēmu un galvenās sastāvdaļas (6.11. att.).

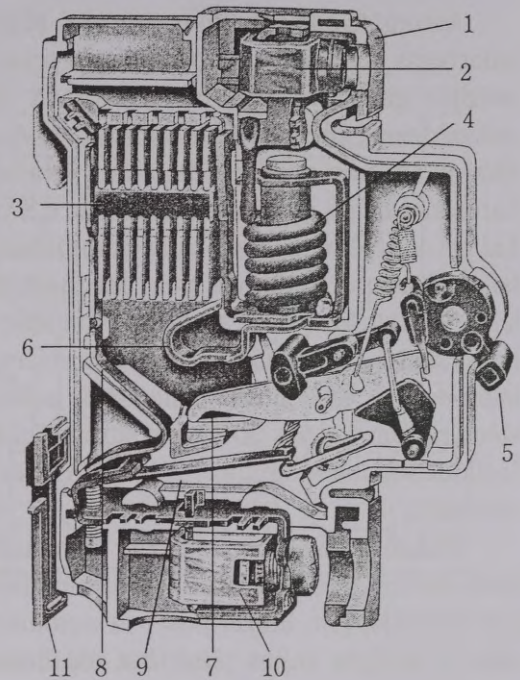
Sprīguma avotu ar vadu pievieno pie augšējā nekustīgā kontakta 2 spāiles 1. Nospiežot palaidē pogu 5, brīvatkabes mehānisma sviras 4, 9, 10 pārvietojas un traversa 3 ar kustīgo kontaktu pagriežas ap traversas asi 12, automātslēdža strāvas ķēde saslēdzas šādi: nekustīgais kontakts 2 — kustīgais kontakts — termoatkabņa siltumelements 17 — elektromagnētiskā atkabņa spole 19 — elektrolietotāja vada pievienošanas kontakts 26.

Nospiežot atslēdzē pogu 6, traversa ar kustīgo kontaktu atgriežas izejas stāvoklī. Ja tiklā strāva palielinās virs iestatījuma strāvas, termoatkabņa sildelements



6.11. att. Maksimālās strāvas automātslēdža elektromehāniskā shēma

1 — no sprieguma avota pienākošā vada slēgt-spaile; 2 — nekustīgais kontakts; 3 — no izolācijas materiāla izgatavota traversa; 4, 9, 10 — brīvstābes mehānisma sviras; 5 — ieslēgšanas spiedpoga; 6 — atslēdzes spiedpoga; 7 — atslēdzes spiepegas svira; 8, 11 — sviru asis; 12 — traversas asis; 13 — siltumatkabņa iestatījuma strāvas skala; 14 — siltumkabņa pieslēgspaiļes; 15, 21 — automātiskā atkabņa mehānisma svira; 16 — bimetāla plāksnītes; 17 — sildelements; 18 — elektromagnētiskā atkabņa serdenis; 19 — elektromagnētiskā atkabņa spole; 20 — traversa; 21 — atspere; 23 — aiztūres svira; 24 — aiztūres ass; 25 — aiztūre; 26 — uz elektroenerģijas lietotāju aizejošā vada pieslēgspaiļe



6.12. att. E sērijas automātslēdža uzbūve

1 — apvalks; 2 — izejas spaile; 3 — lokdzēses kamera; 4 — elektromagnēts; 5 — rokturis; 6 — nekustīgais kontakts; 7 — kustīgais kontakts; 8 — lokdzēses ragi; 9 — bimetāla plāksnīte; 10 — ieejas spaile; 11 — spaile automātslēdža piespīrināšanai pie slīdes

17 sasilst un sakarsē bimetāla plāksnīti 16 līdz tādai temperatūrai, ka tā izliecas un iedarbojas uz traversu 20. Traversa iedarbojas uz sviras 21 plecu, tā savukārt iedarbojas uz aiztūri 25, aiztūres svira 23 pagriežas ap asi 24, atbrīvojot brīvās sakābes mehānisma sviru 9, un automātslēdzis atslēdzas. Termoatkabņa iestatījuma strāvu var regulēt, pagriežot sviru 15 attiecībā pret skalu 13, tādējādi izmantojot attālumu starp sviru 21 un traversu 20. Ja elektriskajā ķēdē plūst $(7-10)I_N$ (piemēram,

isslēguma strāva), tā, plūstot elektromagnētiskā atkabņa spolē 19, ievēl serdeni 18 spolē. Tas mehāniski iedarbojas uz traversu 20, tā savukārt uz sviru 21, kas caur sviru 23 uz aizmuri 25. Tas atbrīvo brīvatkabes sviru 9, automātslēdzis atslēdzas momentāni. Termoatkabnis neatslēdz automātslēdzi momentāni, jo nepieciešams laiks, lai sasiltu sildelements un bimetāla plāksnīte. Atsevišķu tipu automātslēdzēm var būt uzstādīts arī minimālā sprieguma atkabnis. Minimālā sprieguma atkabņi atslēdz automātslēdzi, ja spriegums automātslēdža uzstādīšanas vietā samazinās zem iestatītā minimālā sprieguma vērtības. Pēc aprakstītā principa darbojas 6.12. attēlā parādītais E tipa automātslēdzis.

6.4.2. MAKSIMĀLĀS STRĀVAS AUTOMĀTSLĒDŽU TIPI

6.4.2.1. MAZAUTOMĀTI (AUTOMĀTSLĒDŽI AR NOMINĀLO STRĀVU LĪDZ 100 A)

Eksploatācijā sastopama sērija automātslēdžu, kuru nominālā strāva nepārsniedz 100 A: AE2000, AE1000, A63, AK63, AP50, VA51G-31, VA51G-25. AP-50 automātslēdžus izgatavo ar nominālo strāvu līdz 50 A. Automātslēdzēm uzstādīts termoatkabnis, kura laika ieturējums ir apgriezti proporcionāls strāvai, un elektromagnētiskais atkabnis. Tātad šie automātslēdži aizsargā elektrisko ķēdi no īsslēguma un pārslodzes. Automātslēdža АП-50 laikstrāvas raksturlikne dota P.6.1. pielikumā. Tā kā šo raksturlikni grūti saskaņot ar jauno automātslēdžu laikstrāvas raksturliknēm (6.7. att.), tagad АП-50 automātslēdžus nomaina ar modernākiem, piemēram, B6-25. Automātslēdžus izgatavo arī ar elektromagnētisko atkabni nullvadā. Ja strāva nullvadā ilgstoši pārsniedz $0,6I_N$, automātslēdzis atslēdzas un tā aizsargā elektrisko ķēdi no vienfāzes īsslēguma attiecībā pret zemi. Automātslēdzēm var būt uzstādīts minimālā sprieguma vai distances atkabnis. Automātslēdzēm pieļauj līdz 50 000 ieslēgšanas-izslēgšanas operāciju. Elektromagnētiskais atkabnis nostrādā momentāni, ja strāva ir 3, 5, 8, 11 vai 12 reizes lielāka par nominālo strāvu (P.6.2. tab.).

Automātslēdzēm AE2000, salīdzinot ar АП-50 automātslēdzēm, ir uzlabota konstrukcija, tāpēc ar tiem aizvieto АП-50 automātslēdžus. AE2000 automātslēdžus izgatavo ar elektromagnētisko, termisko un kombinēto atkabni, minimālā sprieguma un distances atkabni, kā arī bez atkabņa. Automātslēdžus uzstāda dažāda rakstura telpās un tāpēc tos izgatavo atklātus, aizsargātus, putekļu un mitruma drošā izpildījumā.

Automātslēdži AE1000 izgatavoti 220 V spriegumam un nominālām strāvām 6, 10, 16 A, un tie ir paredzēti elektrisko tīklu aizsardzībai dzīvojamās un sabiedriskās telpās.

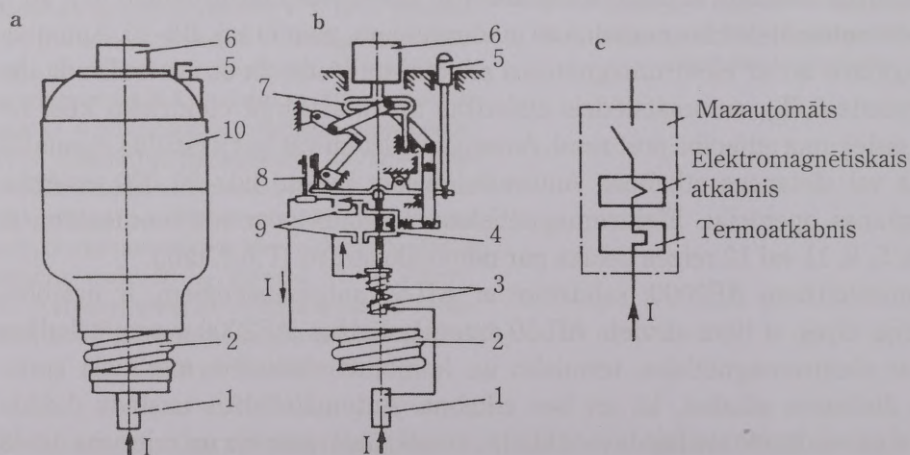
Automātslēdži AK63 izgatavoti nominālai strāvai līdz 63 A, un tie paredzēti

elektriskās ķēdes aizsardzībai no īsslēguma vai pārslodzes. Elektromagnētiskam atkabnim ir hidrauliskā bremsēšana. Ja pārslodzes strāva ir divas reizes lielāka par iestatīto strāvu, automātslēdzis atslēdzas ar laika ieturējumu ne lielāku par 20 min. Ja pārslodze ir seškārtīga, automātslēdzis atslēdzas 3–20 sekundēs. Automātslēdžus izgatavo arī bez atkabņa un bez hidrauliskās bremsēšanas. Tomēr praksē arvien plašāk sāk izmantot B6–25 tipa automātslēdžus ar nominālo strāvu 6, 10, 16, 25 A un B tipa laikstrāvas raksturlielni.

6.4.2.2. VĪŅNOTAIS MAZAUTOMĀTSLĒDZIS

Vītņotiem drošinātājiem ir trūkumi: kūstošais elements pēc pārdegšanas ir jānomaina, drošinātājiem ir zema darbības precizitāte. Tāpēc vītņotos drošinātājus ekspluatācijā aizstāj ar vītņotiem mazautomātslēdžiem, kuros ir ievietots elektromagnētiskais atkabnis, kas aizsargā elektrisko ķēdi no īsslēguma, un termoatkabnis, kas aizsargā elektrisko ķēdi no pārslodzes (6.13. att.).

Ja nospiež spiedpogu 6, ar brīvatkabes mehānisma 7 palīdzību kustīgais kontakts 4 saslēdzas ar nekustīgo kontaktu 9. Ja nospiež otru spiedpogu 5, kustīgais kontakts atvienojas no nekustīgā kontakta. Ja aizsargājamā elektriskā ķēdē plūst īsslēguma strāva, elektromagnētiskais atkabnis 3 atbrīvo brīvatkabes mehānismu, kustīgais kontakts 4 atvienojas no nekustīgā kontakta 9; ja īsslēgums saglabājas, brīvatkabes mehānisms neļauj mazautomātslēdzi ieslēgt.



6.13. att. Vītņotais mazautomātslēdzis 250 V

a — kopskats; b — uzbūve; c — principshēma; 1 — metāla pamatkontakts; 2 — vītņotais kontakts; 3 — elektromagnētiskais atkabnis; 4 — kustīgais kontakts; 5 — spiedpoga automātslēdža atslēgšanai; 6 — spiedpoga automātslēdža ieslēgšanai; 7 — brīvatkabes mehānisms; 8 — termoatkabnis; 9 — nekustīgais kontakts; 10 — plastmasas korpusis

Ja strāva pārsniedz maksimāli pieļaujamo lielumu, nostrādā termoatkabnis 8, kas atbrīvo brīvatkabes mehānismu, un kustīgais kontakts 4 atkal atvienojas no nekustīgā kontakta. Pēc šī principa darbojas LS65 tipa automātslēdzis, kas pārtrauc elektrisko ķēdi pārslodzē un išslēgumā industriālās un komunālās elektroiekārtās. To var ieskrūvēt drošinātāja E-27 cokolā. Tas izgatavots atbilstoši IP20 aizsardzības pakāpei. Automātslēdzi ieslēdz, nospiežot ar roku melno ieslēgšanas pogu.

Termoatkabņa nostrādes laiks ir atšķirīgs automātslēdžiem, kuru nominālā strāva ir 6 A un 10 A, un automātslēdžiem, kuru nominālā strāva ir lielāka par 10 A. Ja automātslēdža nominālā strāva ir 6 A vai 10 A un strāva ķēdē 1,5 reizes lielāka par nominālo strāvu ($I/I_N = 1,5$), termoatkabņa nostrādes laikam jābūt ne mazākam par 60 min., bet, ja $I/I_N = 1,9$, termoatkabnim jānostrādā ātrāk par 60 min.

Ja automātslēdžu nominālās strāvas ir 16 A, 20 A, 25 A un $I/I_N = 1,4$, termoatkabņa nostrādes laikam jābūt lielākam par 60 min., bet, ja $I/I_N = 1,75$, tad jānostrādā ātrāk par 60 min. Automātslēdža LS65 tehniskie dati doti P.6.2. tabulā.

6.4.2.3. VIDĒJAS JAUDAS AUTOMĀTSLĒDŽI AR NOMINĀLO STRĀVU LĪDZ 630 A

A3700 sērijas automātslēdžu galvenās priekšrocības, salīdzinot ar agrāk ražotajiem automātslēdžiem, ir lielāka atslēgtspēja, iespējamība regulēt laikstrāvas raksturlielni, kā arī nomainīt maksimālās strāvas atkabni. Pusvadītāju vadības bloks uzlabo aizsardzības kvalitāti. Vadības bloks nenormāla darba režīma laikā saņem signālu no mērāparāta, nodod to neatkarīgam elektromagnētiskās ķēdes atkabnim elektriskās ķēdes atslēgšanai. Lai samazinātu automātslēdža izmaksas, tos izgatavo arī bez pusvadītāju bloka, tā vietā uzstādot parasto termisko vai elektromagnētisko atkabni. Automātslēdžus izgatavo arī ar minimālā sprieguma atkabni, ar elektromehānisko vai manuālo piedziņu, kā arī bez aizsardzības no pārslodzes.

Automātslēdžiem A3100 un A3700 maksimālā atslēgtspēja ir atbilstoša išslēguma triecienstrāvai, bet АП50 un АЕ automātslēdžiem — išslēguma strāvas periodiskās komponentes efektīvai vērtībai.

Elektrodzinēju aizsardzībai paredzēti sērijas KTA-3 automātslēdži, kuru parametri saskaņoti ar noteiktas jaudas trīsfāžu asinhroniem dzinējiem (P.6.3. tab.). To laikstrāvas raksturlieknes dotas P.6.4. attēlā. Automātslēdži ir trīspolīgi; konstrukcija izveidota tā, ka var pievienot papildkontaktus speciālām elektriskām ķēdēm. Automātslēdžiem uzstādīts elektromagnētiskais atkabnis un termiskās pārslodzes atkabnis.

Šai grupai pieskaitāmi arī RECORD tipa automātslēdži. RECORD tipa automātslēdži paredzēti nostiprināšanai atsevišķi, vadus var pievienot no priekšpuses, no aizmugures, var izveidot kā atsevišķu bloku, aizsardzības pakāpe IP2X. Automātslēdžiem var būt termoatkabnis, elektromagnētiskais atkabnis.

Nominālais automātslēdžu spriegums $U_N = 380\text{--}415\text{ V}$, nominālās strāvas no 16 līdz 630 A. RECORD tipa slēdžu tehniskie dati un laikstrāvas raksturlieknes dotas pielikumā P.6.5. tabulā un P.6.6. attēlā. Kā redzams, laikstrāvas raksturlieknes atbilst C un D tipam.

6.4.2.4. LIELAS STRĀVAS (AR NOMINĀLO STRĀVU VIRS 630 A) AUTOMĀTSLĒDŽI

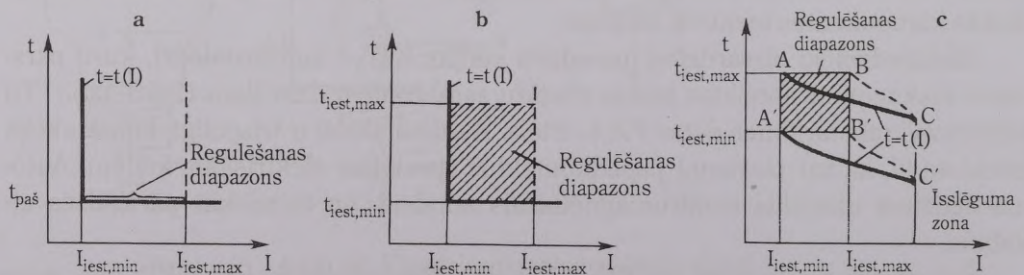
Šajā grupā ietilpst ABM, Θ (ekektrons) un Polijā ražotie APU automātslēdži. ABM sērijas automātslēdžus izgatavo nominālām strāvām 400–2000 A. Automātslēdžiem ir momentānas darbības elektromagnētiskais atkabnis. Iestatījuma strāvu tiem var regulēt, mainot elektromagnēta serdei piestiprinātās pretdarbības atsperes saspiriegumu.

Ja automātslēdžiem ir selektīvs elektromagnētiskais atkabnis, nepieciešamo laika kavējumu (0,2–0,6 s) iegūst ar speciālu mehānisko palēninātāju.

Ja automātslēdžiem ir izveidots pulksteņatkabnis, elektromagnēta serde savienota ar pulksteņa mehānismu; laika kavējumu var regulēt 3–10 s robežās.

Θ sērijas automātslēdžiem ir labāki tehniskie rādītāji. Tos izgatavo 250–4000 A nominālām strāvām un līdz 660 V maiņspriegumam, kā arī līdz 440 V līdzspriegumam. Automātslēdži apgādāti ar pusvadītāju atkabni, ko baro no iebūvētiem strāvmaiņiem. Pārslodzes strāvas laika aizturi var regulēt līdz 200 s, bet strāvu iestatījumu $(0,8\text{--}2)I_N$. Īsslēguma strāvu zonā nostrādes strāvu var regulēt $(4\text{--}12)I_N$, laika aizturi 0,25–0,7 s. Ja automātslēdzis nostrādā pie pārslodzes un strāva samazinās zem $0,75 I_{\text{iest.pārsl.}}$ un pārslodzes ilgums nepārsniedz $0,75 t_{n0}$, automātslēdzis atgriežas izejas stāvoklī. Automātslēdžiem ir minimālā sprieguma un neatkarīgais atkabnis. Atbilstoši automātslēdža tipam var būt izveidota manuāla, manuāla un elektromagnētiska, elektrodzinēju piedziņa.

APU sērijas automātslēdži paredzēti spriegumam līdz 500 V un nominālām



6.14. att. ABM sērijas automātslēdžu laikstrāvas raksturlieknes

a — momentānas darbības elektromagnētiskā atkabņa laikstrāvas raksturliekne; b — selektīva elektromagnētiskā atkabņa laikstrāvas raksturliekne; c — pulksteņatkabņa laikstrāvas raksturliekne

strāvām 400 A, 630 A, 1000 A, atslēgtspēja 15–25 kA. Automātslēdžiem var būt iebūvēts termoatkabnis, elektromagnētiskais atkabnis, minimālā sprieguma atkabnis vai neatkarīgais atkabnis. Piedziņa var būt manuāla vai elektromagnētiska un manuāla.

Pie šīs grupas var pieskaitīt arī Čehijā ražotos spēka automātslēdžus AA, AM, CH, D. AA un AM tipa automātslēdžus izgatavo nominālām strāvām 25; 32; 40; 50; 63; 100; 125; 160; 200; un 250 A. AA tipa automātslēdži paredzēti elektriskām līnijām, AM tipa automātslēdži paredzēti elektrodzinējiem. Nominālais spriegums 415V; frekvence 50 Hz. Nominālā atslēgtspēja ir 32 kA, ja spriegums ir 380 V. Termoatkabņa nominālo strāvu var regulēt no $0,7 I_N$ līdz $10 I_N$. Īsslēguma atkabnim ir neregulējams iestatījums atkarībā no nominālo strāvu diapazona (6.1. tab.). Termoatkabņa minimālā iestatījuma strāvas 17,5; 22,5; 28; 35; 44; 56; 70; 88; 112; 140; 175A.

6.1. tabula

AA un AM tipa automātslēdžu īsslēguma atkabņa iestatījums

Nominālo strāvu diapazons	Īsslēguma atkabņa iestatījums (A)	
	AA tipa automātslēdži	AM tipa automātslēdži
25–63	400	1600
80–125	800	1600
160–250	1600	1600

Automātslēdži izgatavoti atbilstoši standartam IEC 947-2, ČSN 344172. Automātslēdžiem var pievienot neatkarīgu atkabni, kura konstrukcija neļauj automātslēdži pievienot vadības spriegumam. Tā tips ir ZMB-US/AA/440, AC380/415 V. CH tipa automātslēdžus izgatavo nominālām strāvām 315; 400; 500; 630; 800 A. Automātslēdžu nominālais spriegums 415 V, frekvence 50 Hz, nominālā atslēgtspēja 50 kA pie sprieguma 380 V. Termoatkabņa nominālo strāvu var regulēt no $0,7 I_N$ līdz $10 I_N$. Īsslēguma atkabņa nominālo strāvu var regulēt no $5 I_N$ līdz $10 I_N$, ja nominālā strāva ir 315 A.

Automātslēdžiem, kuriem nominālā strāva ir no 400 A līdz 800 A, īsslēguma atkabņa strāvu var regulēt no $4 I_N$ līdz $10 I_N$. Termoatkabņa minimālā iestatījuma strāva ir 221; 280; 350; 441; 560 A. Automātslēdžim var pievienot neatkarīgu atkabni ZMB-ASA/C/415 AC 380/415 V, kam izveidota tāda konstrukcija, lai varētu pastāvīgi pievienot vadības spriegumu.

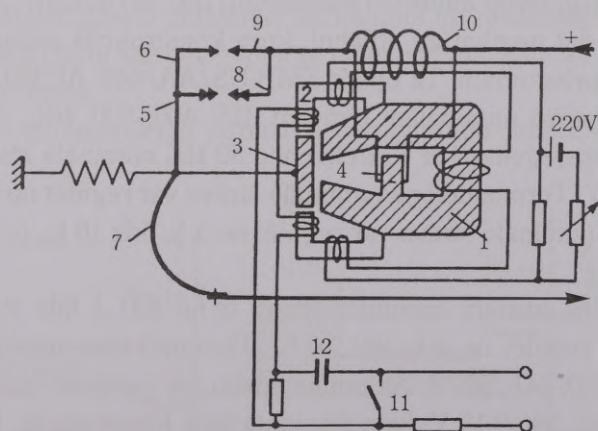
D tipa automātslēdžus izgatavo nominālām strāvām 1000; 1250; 1600 A. Termoatkabņa minimālā iestatījuma strāvas atbilstoši ir 650; 800; 1200 A. Automātslēdžim var pievienot neatkarīgu atkabni ZMB-ASA/D/443 AC 300/443 V, kura konstrukcija

izveidota tā, ka var patstāvīgi pievienot vadības spriegumu. Automātslēdža nominālais spriegums ir 660 V, frekvence — 50 Hz, nominālā atslēgtspēja 50 kA pie sprieguma 380 V. Termoatkabņa iestatījuma strāvu var regulēt no $0,7 I_N$ līdz $10 I_N$. Ja nominālā strāva ir 1000 A, īsslēguma atkabņa strāvu var regulēt robežās no $4 I_N$ līdz $10 I_N$, ja automātslēdža nominālā strāva ir 1250 A, no $3,2 I_N$ līdz $8 I_N$, bet automātslēdzim, kura nominālā strāva ir 1600 A, īsslēguma atkabņa strāvu var regulēt no $2,5 I_N$ līdz $6,3 I_N$. Automātslēdzim var pievienot neatkarīgu atkabni ZMB-ASA/D/443 AC300/443V.

6.4.2.5. ĀTRDARBĪGIE AUTOMĀTSLĒDŽI

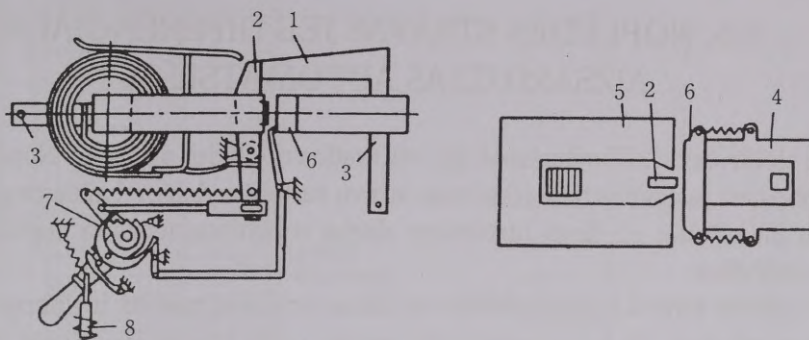
Tā kā līdzstrāvas ķēdēs strāvas un līdz ar to magnētiskās plūsmas izmaiņas ir daudz lēnākas nekā maiņstrāvas ķēdēs, ātrdarbīgie automātslēdži ir nepieciešami galvenokārt līdzstrāvas patērētāju aizsardzībai. Tās ir līdzstrāvas mašīnas, rūpniecības elektroiekārtas, pilsētas elektrotransports, pusvadītāju pārveidotāji u. c., kur īsslēguma strāvas var sasniegt 200–300 kA. Turklāt pie šādām strāvām rodas graužoši elektrodinamiskie spēki. Piemēram, parastais automātslēdzis ar $t_{no} = 0,04$ s atslēdzas, sasniedzot 160 kA. Ja izmanto ātrdarbīgo automātslēdzi ar $t_{no} = 0,005$ s, atslēgšana notiks, strāvai sasniedzot 22 kA. Līdz ar to elektrodinamiskie spēki samazinās 15–150 reizes. Tāpēc arī maiņstrāvas ķēdēs ar lielām īsslēguma triecienstrāvām izmanto ātrdarbīgos automātslēdžus.

Automātslēdžos ātrdarbības nodrošināšanai izmanto vairākas metodes. Viena no populārākajām ir magnētiskās plūsmas izspiešanas metode. Te automātslēdža



6.15. att. Ātrdarbības automātslēdzis ar noturošo elektromagnētu

1 — noturošais elektromagnēts; 2 — magnētqvads neatkarīgai atslēgšanai; 3 — enkurs; 4 — magnētqvads atslēgšanai atkarībā no ķēdes strāvas; 5, 6 — kustīgie kontakti; 7 — lokanais savienojums; 8, 9 — nekustīgie kontakti; 10 — lokdzēses spole; 11 — automātslēdža atslēgšanas kontakti; 12 — kondensators



6.16. att. Automātslēdzis ar pievelkošo elektromagnētu

1 — nekustīgais kontakts; 2 — kustīgais kontakts; 3 — elektriskās ķēdes pieslēgšanas kontakts; 4 — pret-darbības elektromagnēts; 5 — pievelkošais elektromagnēts; 6 — enkurs; 7 — brīvatkabes mehānisms; 8 — elektromagnētiskā piedziņa

Ieslēgšanas un noturēšanas funkcijas ir sadalītas starp divām magnētiskām sistēmām. Ieslēdzošais elektromagnēts strādā īslaicīgi ar lielāku MDS, bet noturošais, kam jārada mazāks spēks, ar mazāku MDS (samazinās gabarīti un patērētā jauda). Automātslēdzos atslēgšana notiek, nevis pārtraucot strāvu noturošā elektromagnēta spolē, bet radot pretēja virziena magnētisko plūsmu tā serdē un enkurā. Tādējādi enkura pievilšanas spēks strauji samazinās. Pretējo magnētisko plūsmu elektromagnētā rada atslēdzošā spole, caur kuru plūst īsslēguma strāva. Pēc šī principa darbojas 6.15. attēlā parādītais automātslēdzis.

Automātslēdzos ātrdarbības nodrošināšanai izmanto arī elektrodinamiskos spēkus, ko rada īsslēguma strāva. Tā kā elektrodinamiskie spēki proporcionāli strāvas kvadrātam, maiņstrāvas automātslēdzos šie spēki ļoti ātri pārsniegs noturošo spēku un slēdzis atslēgsies. Pēc šī principa darbojas 6.16. attēlā parādītais automātslēdzis. Ātrdarbību automātslēdzos palielina arī brīvatkabes vai sprūda mehānisma lietošana. Ātrdarbīgo automātslēdžu konstrukcija var būt ar noturošo elektromagnētu un ar pievelkošo elektromagnētu.

Automātslēdzīem ar noturošo elektromagnētu (6.15. att.) ir noslēdzošie kontakti 6–9 un 5–8, kas ieslēdzas, ja elektromagnēta spolei pievieno līdzstrāvas avotu. Ja strāvas spolē 4 plūst īsslēguma strāva, notiek enkura atkrišana un kontaktu atslēgšana. Var izveidot automātslēdžus, kuriem atslēgšana notiek ar atsperes spēku vai arī ar atsperi un elektromagnētu, kad to spēki savstarpēji summējas.

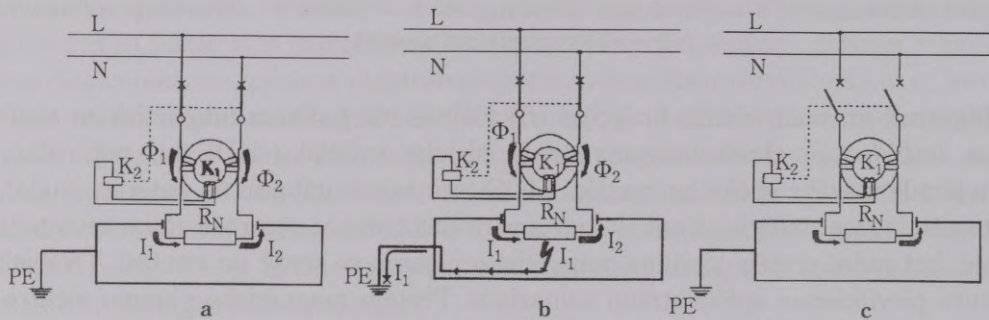
Automātslēdzīem ar pievelkošo elektromagnētu kontaktus ieslēgtā stāvoklī notur atsperes spēks. Ja darba ķēdē plūst strāva, rodas elektrodinamiskie un elektromagnētiskie spēki, kuru iedarbības rezultātā kontakti tiek pārtraukti. Jo lielāka ir strāva, jo kontakti ātrāk atslēdzas (6.16. att.).

Pēc šī principa darbojas L7, LH, L4 tipa automātslēdži, kuru tehniskie dati doti pielikumā P.6.7. tabulā.

6.5. NOPLŪDES STRĀVAS JEB DIFERENCIĀLĀS AIZSARDZĪBAS AUTOMĀTSLĒDŽI

Ja elektroiekārtai bojāta izolācija, var rasties noplūdes strāva I_{Δ} . Noplūdes strāva var rasties arī, ja cilvēks tieši pieskaras strāvu vadošām daļām. Lai pasargātu elektroiekārtu un cilvēku no šiem bīstamiem darba režīmiem, uzstāda noplūdes strāvas automātslēdžus.

Noplūdes strāvu automātslēdžu darbības principa pamatā ir diferenciālā releja darbības princips. Uz feromagnētiskās serdes uztīti trīs tinumi: tiešās strāvas I_1 tinums, pretējās strāvas I_2 tinums un automātslēdža spoles K_2 ķēdē slēgtās spoles K_1 tinums (6.17. att.).



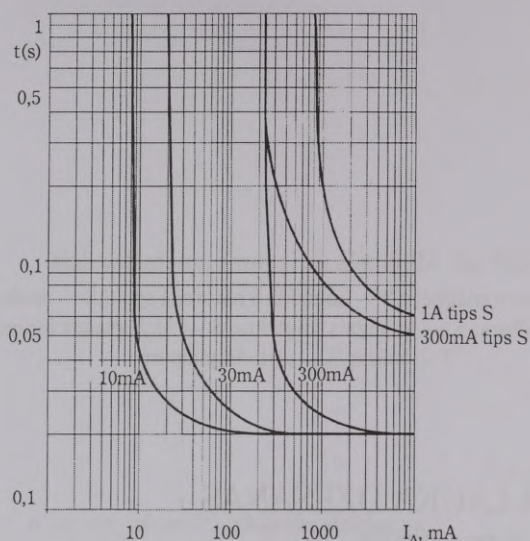
6.17. att. Noplūdes strāvas automātslēdža darbības shēmas

a — automātslēdzis ieslēgts, noplūdes strāvas nav; b — izolācijas caursite; c — atslēdzas kontakti un automātslēdzis pārtrauc elektrisko ķēdi

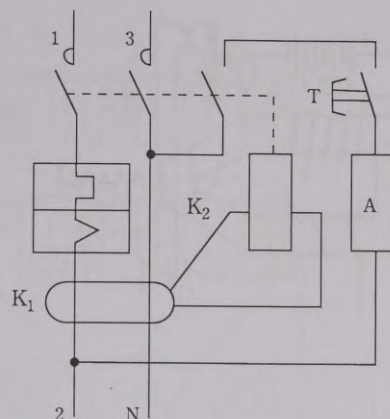
Automātslēdzis ieslēgts starp neitrāles vada N un fāzes vada L. Strāvas spoļu tišanas virzieni izvēlēti tā, lai strāvu I_1 un I_2 radītās magnētiskās plūsmas būtu pretējos virzienos. Ja ķēdē nav bojājumu, tad $I_1 = I_2$, magnētiskās plūsmas $\Phi_1 = \Phi_2$, tāpēc magnētisko plūsmu starpība ir nulle un spolē K_1 EDS neinducējas. Spolei K_2 spriegums netiek pievadīts, un automātslēdzis paliek ieslēgtā stāvoklī. Ja notiek izolācijas caursite vai cilvēks pieskaras strāvu vadošām daļām, tad $I_1 \neq I_2$, $\Phi_1 \neq \Phi_2$, tāpēc $\Phi_1 - \Phi_2 \neq 0$, spolē K_1 inducējas EDS, kas ir pietiekami liels, lai elektromagnēts K_2 nostrādātu un automātslēdža kontakti atslēgtos.

Noplūdes automātslēdžiem ir papildus apzīmējumi, kas raksturo:

- Laika aizturi pēc noplūdes strāvas konstatēšanas
 - — vispārējam pielietojumam bez laika aiztures, viļņa strāvas izturība ≤ 250 A;
 - G — laika aizture 10 ms, viļņa strāvas izturība ≤ 3 kA;
 - S — laika aizture 40 ms (selektīvs), viļņa strāvas izturība ≤ 5 kA.
- Jūtības atkarība no strāvas veida
 - AC — jutīgs maiņstrāvai;
 - A — jutīgs maiņstrāvai un pulsējošai līdzstrāvai.



6.18. att. DX™ markas noplūdes strāvas automātslēdža laikstrāvas raksturlieknes



6.19. att. Automātslēdža aizsardzībai no pārslodzes, išslēguma un noplūdes strāvas pieslēguma shēma, spaili 1 pieslēdz fāzes vadam, spaili 3 — neitrāles vadam, T — pārbaudes (testa) poga

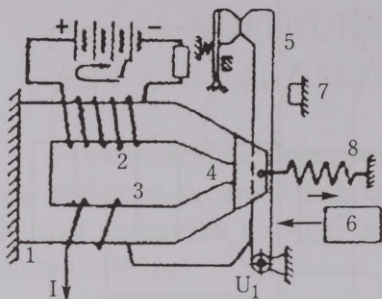
Šo automātslēdžu laikstrāvas raksturlieknes redzamas 6.18. att. Apzīmējums S norāda, ka automātslēdzis strādā selektīvi (ar laika aizturi).

Slēdzot noplūdes strāvas automātslēdzi shēmā, nepareizu atslēgumu novēršanai neitrāles vads slodzes pusē nedrīkst būt savienots ar zemējumu. Izgatavo arī kombinētos automātslēdžus, kas aizsargā no pārslodzes un išslēguma, kā arī noplūdes strāvas (6.19. att.). Šos automātslēdžus izgatavo nominālām strāvām 3—160 A un noplūdes strāvām no 0,01 līdz 1 A. To tehniskie dati doti pielikumos P.6.8., P.6.9. un P.6.10.

6.6. MINIMĀLĀS STRĀVAS UN MINIMĀLĀ SPRIEGUMA AUTOMĀTSLĒDŽI

Minimālā sprieguma automātslēdža (6.20. att.) elektromagnēts 1 notur kontaktu 5 ieslēgtā stāvoklī, ja akumulatora baterijas izejas spriegums ir vienāds ar nominālo vai sprieguma novirzes ir pieļaujamās robežās. Ja spriegums pazeminās zem pieļaujamās minimālās vērtības, atsperes 8 spēks kļūst lielāks par elektromagnēta vilces spēku un automātslēdzis atslēdzas. Elektromagnēta spoles 2 ķēdē var ieslēgt slēdzi, un tādā gadījumā automātslēdzi var ieslēgt un atslēgt ar roku no distances. Vadības ķēdē var ieslēgt arī pulksteņa mehānismu, tādējādi iegūstot nostrādi ar laika kavējumu.

Ja elektromagnēta 1 spoli 2 ieslēdz virknē ar patērētāju, strāvai samazinoties zem iestatītās vērtības, automātslēdzis darbosies kā minimālās strāvas automātslēdzis.



6.20. att. Minimālā sprieguma automātslēdzis

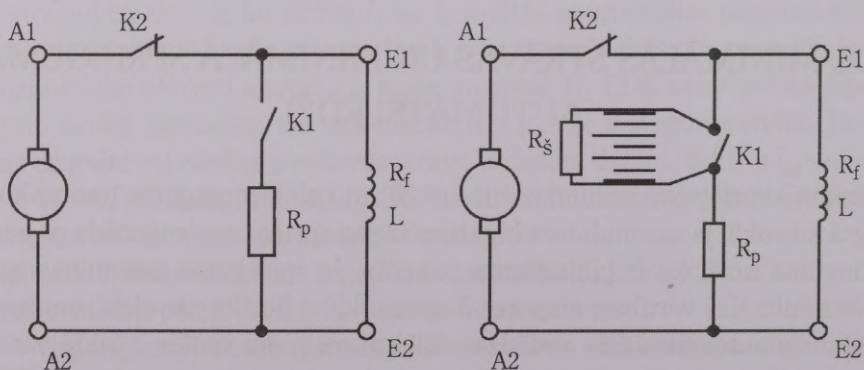
- 1 — elektromagnēts; 2 — kontakta 5 noturošā spole; 3 — spole;
4 — enkurs; 5 — kustīgais kontakts; 6 — ieslēgšanas ierīce;
7 — balsts; 8 — atslēdzējatspere

6.7. MAGNĒTISKĀ LAUKA DZĒŠANAS AUTOMĀTSLĒDŽI

Elektrostacijās uzstāda sinhronos ģeneratorus, kuru ierosmes tinumu E1–E2 (6.21. att.) baro no līdzstrāvas ģeneratora–ierosinātāja A1–A2. Ja statorā rodas īsslēgums, tad, lai samazinātu īsslēguma strāvas iedarbību, nepieciešams ļoti īsā laikā atslēgt ierosinātāju no sinhronā ģeneratora ierosmes tinuma.

Ātri atslēdzot elektrisko ķēdi, kurai ir liela induktivitāte L un strāva I , elektriskajā ķēdē inducējas EDS $E = L di/dt$, kas var sasniegt izolācijai bīstamas vērtības. Lai to novērstu, magnētiskā lauka dzēšanas automātslēdžos ir izlādes rezistors R_p (6.21. att.), kas ierosmes tinumā E1–E2 uzkrāto magnētiskā lauka enerģiju pārvērs siltuma enerģijā.

Lai ierosmes magnētiskais lauks samazinātos ar maksimālo ātrumu un vienlaikus spriegums, ko rada pašindukcijas EDS, uz ierosmes tinuma izvadiem nepār-

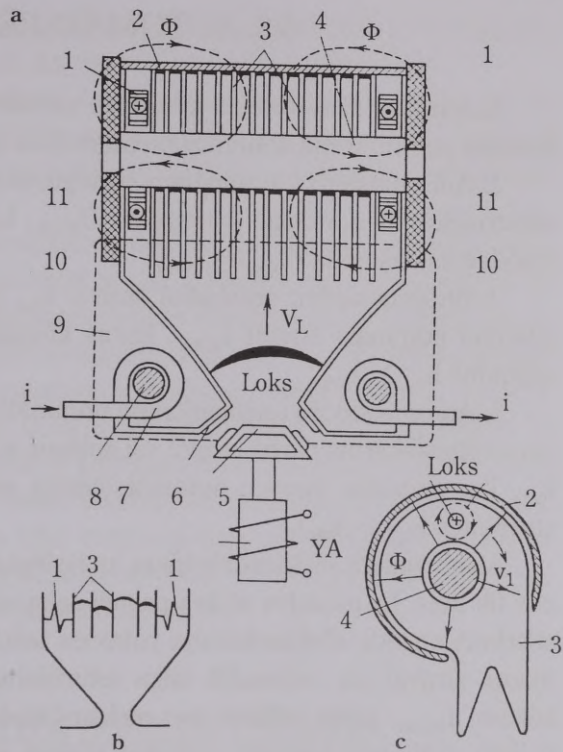


6.21. att. Magnētiskā lauka dzēšanas automātslēdža ieslēgšanas shēma

- a — līdzstrāvas ģeneratora ierosmes tinumu atslēgšanas shēma bez lokdzēses; b — magnētiskā lauka dzēšanas automātslēdža ieslēgšanas shēma ar lokdzēsi

6.22. att. Magnētiskā lauka dzēšanas automātslēdzis

a — konstrukcija; b — elektriskā loka dzēšanas režģa griezumums; 1 — papildu lokdzēses spole; 2 — tērauda apvalks; 3 — vara plāksnīte; 4 — tērauda serdenis; 5 — kustīgais lokdzēses kontakts; 6 — nekustīgais lokdzēses kontakts; 7 — lokdzēses spole; 8 — serdenis; 9 — pola uzgalis; 10 — lokdzēses ragi; 11 — plāksnītes; YA — elektromagnēts



sniegtu pieļaujamo lielumu, pretestībai R_p jābūt nelineārai un jāpalielinās atbilstoši strāvas izmaiņām.

Automātslēdzim ir ieslēdzošie kontakti K1 un atslēdzošie kontakti K2. Avārijas gadījumā vispirms ieslēdzas kontakti K1 un pēc tam atslēdzas kontakti K2. Ierosmes tinuma pašindukcijas EDS radītā strāva noslēdzas caur R_p un K1, līdz ar to uz atslēgtajiem kontaktiem K2 elektriskais loks nerodas. Pēc neliela laika atslēdzas arī kontakts K1. Lielas jaudas ģeneratoriem uz kontaktiem K1 var rasties elektriskais loks. Lai to novērstu, izmanto lokdzēses kameras ar dejonu režģi (6.21. att.). Daļa režģa plāksnišu savienojas ar šuntējošo rezistoru R_s , lai sprieguma kritums starp plāksnītēm sadalītos vienmērīgi.

Pēc šī principa darbojas 6.22. attēlā parādītais magnētiskā lauka dzēšanas automātslēdzis. Ja elektromagnēta spolē YA neplūst strāva, kontakti 5 un 6 atslēdzas un rodas elektriskais loks.

Spolē 7 plūstošā strāva rada magnētisko lauku, kas pārvieto elektrisko loku uz augšu līdz lokdzēses režģim 3. Spoļu 1 izvadi pievienoti lokdzēses ragiem 10 un plāksnītēm 11. Spoļu magnētiskā plūsma noslēdzas caur serdeni 4 un tērauda apvalku 2. Spolēs 1 plūstošā strāva veido radiālu magnētisko lauku Φ , kas iedarbojas uz loka strāvu un liek lokam griezties pa apli ar ātrumu v_1 . Elektriskā loka griešanās ātrums ir pietiekami liels, tāpēc režģa plāksnītes 3 neapdeg.

6.8. AUTOMĀTSLĒDŽU IZVĒLE

Automātslēdžus izvēlas atbilstoši uzstādīšanas vietai shēmā, saskaņojot to ar lietotāja parametriem (Shēmas piemērs dots pielikumā P.6.11.).

1. Automātslēdža nominālam spriegumam $U_{N.a.}$ jābūt lielākam vai vienādam ar elektroiekārtas nominālo spriegumu $U_{N.iek.}$, kuras komutācijai un aizsardzībai automātslēdzis uzstādīts $U_{N.a.} \geq U_{N.iek.}$

2. Automātslēdžu nominālai strāvai $I_{N.a.}$ jābūt vienādai vai lielākam par elektroiekārtas nominālo strāvu $I_{N.iek.}$, kuras komutācijai un aizsardzībai automātslēdzis uzstādīts $I_{N.a.} \geq I_{N.iek.}$

3. Automātslēdža termoatkabņa nominālai strāvai $I_{N.T.}$ jābūt vienādai vai lielākam par elektroiekārtas darba strāvu vai aplēses strāvu $I_{d.}$, ievērojot drošības koeficientu $k_{dr.}$, kuru nosaka katram automātslēdzim pēc tā termoatslēdzes laikstrāvas raksturliknes $I_{N.T.} \geq k_{dr.} I_{d.}$

Asinhroniem elektrodzinējiem ar īsslēgtu rotoru jāpārbauda, vai palaides laiks nav tik liels, ka palaides strāva paspēj sakarsēt termoreleja sildelementu un termoatkabnis atslēdz elektrodzinēju palaides laikā. Automātslēdža termoatkabņa iestatījuma strāvai pie minimālā laika ieturējuma, kas atbilst elektrodzinēja palaides laikam, $I_{iest.a.}$ jābūt lielākam par elektrodzinēja palaides strāvu $I_{pal.}$, ievērojot koeficientu 0,85, kas raksturo palaides strāvas samazināšanos elektrodzinēja palaides laikā $k_t I_{iest.a.} \geq 0,85 I_{pal.}$, kur $k_t = 1,5-2$ — termoatkabņa laika ieturējuma koeficients.

Ja automātslēdža termoatkabņa laikstrāvas raksturliknei nav uzrādītas nostrādes robežas, $k_t = 1,6-2,5$.

4. Automātslēdža elektromagnētiskā atkabņa nominālai strāvai $I_{N.EM.}$ jābūt lielākam vai vienādam ar maksimāli islaicīgi pieļaujamo strāvu $I_{max.isl.}$, ievērojot drošuma koeficientu $k_{dr.EM.}$

$I_{N.EM.} \geq k_{dr.EM.} I_{max.isl.}$, kur $k_{dr.EM.} = 1,25$ — drošuma koeficients automātslēdžu AP-50, AE-2000, A3700 elektromagnētiskai atslēdzei, $k_{dr.EM.} = 1,5$ — automātslēdzim A3100. Pārējiem automātslēdžiem drošuma koeficientu nosaka no raksturliknēm. Automātslēdža elektromagnētiskais atkabnis nedrīkst atslēgties elektrodzinēja palaides brīdī, tātad jāizvēlas, lai $I_{N.EM.} > I_{pal.}$. Jāpārbauda, vai vienfāzes īsslēguma strāva ir pietiekami liela un elektromagnētiskais atkabnis atslēgsies vienfāzes īsslēgumā $I_k^{(1)} \geq I_{N.EM.}$

5. Automātslēdža maksimālai atslēgtspējai (atslēgšanās robežstrāvai) $I_{atsl.rob.}$ jābūt lielākam vai vienādam par maksimālo īsslēguma strāvu $I_{max.issl.}$, ja īsslēgums ir automātslēdža uzstādīšanas vietā. Tātad $I_{max.issl.} = \sqrt{2} I_k$, $I_{atsl.rob.} \geq \sqrt{2} I_k^{(3)}$.

No pārslodzes jāaizsargā vadi vai kabeli ar degošu ārējo apvalku vai izolāciju, ja tie novietoti atklāti, kā arī vadi un kabeli apgaismošanas tīklos tirdzniecības telpās, rūpniecības uzņēmumu administratīvās un sadzīves telpās (ieskaitot gludekļu,

šujmašīnu, elektrisko plītiņu, ledusskapju, pārnesamo elektroenerģijas lietotāju pieslēgšanai paredzētos elektriskos tīklus), dzīvojamās un sabiedriskās ēkās.

Spēka tīklos uzstādīto iekārtu vadi un kabeļi jāaizsargā no pārslodzes, ja tie uzstādīti rūpniecības uzņēmumos, dzīvojamās un sabiedriskās ēkās, tirdzniecības telpās, tikai tādos gadījumos, ja ir tāds tehnoloģiskais process vai darba režīms, kad var rasties ilgstoša vadu pārslodze.

Ja vadi un kabeļi uzstādīti apgaismošanas, sekundāro ķēžu elektriskos tīklos V-1, V-1a, V-2, V-2a klases sprādziennedrošās zonās, tie jāaizsargā no īsslēguma un pārslodzes, bet V-1b, V-1g klases sprādziennedrošās zonās vadu un kabeļu aizsardzība jāizveido tāpat kā sprādziendrošās elektroietaisēs. Zemsprieguma elektrisko tīklu aizsardzībai no īsslēguma un pārslodzes uzstāda automātslēdžus ar elektromagnētisko atkabni, kas nostrādā bez laika ieturējuma, kā arī automātslēdžus ar termoatkabni vai termoatkabni un elektromagnētiskais atkabnis, tātad automātslēdžus ar kombinēto atkabni. Termoatkabnim ir laika ieturējums, un tas ir apgriezti proporcionāls caur termoatkabni plūstošās strāvas stiprumam. Izgatavo automātslēdžus ar regulējamu atkabni un neregulējamu atkabni. Vadiem un kabeļiem uzrāda ilgstoši pieļaujamo strāvu I_p .

6.9. AUTOMĀTSLĒDŽA IZVĒLES PIEMĒRS

Izvēlēties automātslēdži asinhronā elektrodzinēja ar īsslēgtu rotoru komutācijai un aizsardzībai. Elektrodzinēja nominālā jauda $P_N = 4$ kW, nominālais spriegums $U_N = 380$ V, nominālā strāva $I_N = 8,62$ A, palaišanas strāva 6 reizes lielāka par elektrodzinēja nominālo strāvu $I_p = 6I_N = 51,7$ A. Elektrodzinēja uzstādīšanas vietā maksimālā īsslēguma strāva $I_{issl.max.} = 400$ A.

1. Izvēlamies automātslēdži KTA3-25-10 A (P.6.4. tab.). Tehniskie dati:

- termoatkabņa regulēšanas strāva $I_{N,T} = 6,3-10$ A,
- elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāva $I_{N,EM} = 110$ A,
- atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība $I_{cu} = 20$ kA.

2. Automātslēdža nominālais spriegums $U_N = 400$ V, tātad lielāks par tīkla spriegumu automātslēdža uzstādīšanas vietā

$$U_{N,a} = 400 \text{ V} > U_{N,t} = 380 \text{ V}.$$

3. Automātslēdža termoatkabņa nominālo strāvu izvēlas, ievērojot nosacījumu, ka termoatkabņa nominālā strāva I_{NT} 1,1 reizi lielāka par elektrodzinēja nominālo strāvu, lai īslaicīgas pārslodzes gadījumā automātslēdzis neatslēgtos

$$I_{NT} = 1,1I_{N,dz} = 9,48 \text{ A}.$$

Izvēlamies $I_{NT} = 10 \text{ A}$.

4. Automātslēdža elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva

$$I_{N,EM} = 110 \text{ A} > I_p = 51,7 \text{ A}.$$

5. Atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība automātslēdzim $I_{cu} = 20 \text{ kA}$ ievērojami lielāka par maksimālo īsslēguma strāvu $I_{issl,max} = 400 \text{ A}$

$$I_{cu} = 20 \text{ kA} > I_{issl,max} = 400 \text{ A}.$$

6. Pēc laikstrāvas raksturlienes P.6.5. attēlā pārbauda pieļaujamo dzinēja palaišanas laiku. Pie $I_p = 6 I_N$ automātslēdzis atslēdzas pēc $t_{no} = 7 \text{ s}$, tātad pieļaujamais palaišanas laiks $t_p = 6 \text{ s}$, kas nodrošina slogota dzinēja palaišanu.

Kontroljautājumi

1. No kādiem nenormāliem darba režīmiem automātslēdži aizsargā elektriskās ķēdēs?
2. Kādas galvenās prasības izvirza automātslēdzīem?
3. Uzzīmēt un izskaidrot automātslēdžu blokshēmu.
4. Kādus atkabņus uzstāda automātslēdžos?
5. Kā darbojas termoatkabnis?
6. Kā darbojas elektromagnētiskais atkabnis?
7. Uzzīmēt termoatkabņa laikstrāvas raksturlietni.
8. Uzzīmēt elektromagnētiskā atkabņa laikstrāvas raksturlietni.
9. Nosaukt automātslēdžu raksturojošos parametrus.
10. Kā iedala automātslēdžus?
11. Kā iedala automātslēdžus pēc konstrukcijas?
12. Kā iedala automātslēdžus pēc strāvas lieluma?
13. Kā iedala automātslēdžus pēc nostrādes laika?
14. Kā iedala automātslēdžus pēc laikstrāvas raksturlietnēm?
15. Kā darbojas noplūdes strāvas automātslēdži?
16. Kā panākt automātslēdžu ātrdarbību?
17. Kas ir strāvu ierobežojošie automātslēdži?
18. Kā darbojas ātrdarbīgie automātslēdži?
19. Kā darbojas magnētiskā lauka dzēšanas automātslēdži?
20. Kā izvēlas automātslēdžus pēc nominālā sprieguma?
21. Kā izvēlas automātslēdžus pēc nominālās strāvas?
22. Kā izvēlas automātslēdža termoatkabņa nominālo strāvu?
23. Kā izvēlas automātslēdža elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāvu?

7. KONTAKTORI

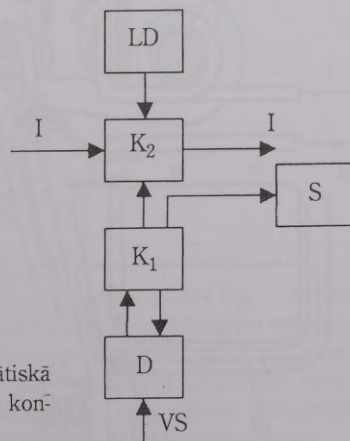
7.1. DEFINĪCIJA, LIETOŠANA

Kontaktors ir distancvadāma divpozīciju komutējoša iekārta, kuras kontaktu stāvokļa maiņu realizē iebūvēts darbinātājs. Kustīgos kontaktus nevar iedarbināt ar roku vai citu ārēju (inerces vai trieciena) spēku. Galvenie kontakti domāti patērētājam raksturīgās slodzes vai pārslodzes strāvas biežai ieslēgšanai, ilgstošai vadīšanai un atslēgšanai, išslēguma strāvas var ieslēgt vai izslēgt tikai tam paredzēti kontaktori. Galvenokārt kontaktorus izmanto elektrodzinēju vadībai automatizētās elektropiedziņas sistēmās, taču tos var izmantot kā distancvadāmus slēdzus arī cita tipa patērētāju (apgaismojuma, sildiekārtu u. c.) ķēžu komutēšanai. Izmantojot kontaktorus kvēļspuldžu vai kondensatoru ieslēgšanai, jāievēro speciāli nosacījumi sakarā ar ieslēgšanas strāvas išlaicīgo daudzkārtīgo pieaugumu, kas var izsaukt kontaktu sametināšanos.

7.2. IEDALĪJUMS

Pēc komutējamās strāvas veida — līdzstrāvas, maiņstrāvas un paaugstinātas frekvences maiņstrāvas kontaktori.

Pēc darbinātāja sistēmas — elektromagnētiski, hidrauliski, pneimatiski, elektro-pneimatiski, ar sprūdsistēmu darbināmi kontaktori.



7.1. att. Kontakatora elementu blokshēma

I — komutējamā strāva; VS — vadības signāls; K_1 — kinemātiskā sistēma; K_2 — kontaktu sistēma; LD — lokdzēses sistēma; S — kontaktu stāvokļa indikators; D — darbinātājs

Pēc strāvas pārtraukšanas metodes — kontaktori ar lokdzēsi gaisā, vakuumā, eļļā, izmantojot tiristoru bloku (hibridkontaktoros) vai spēka herkonus. Pēc komutējamo galveno ķēžu skaita — vienpolīgie, divpolīgie, trīspolīgie, četrpolīgie kontaktori (daudzpolīgie kontaktori).

Pēc izpildāmās funkcijas — ieslēdzošie, pārslēdzošie, atslēdzošie, līnijas, virziena, laikaiztures, reversīvie, spēka, bremsēšanas, vadības, paātrinājuma kontaktori, palīgkontaktori.

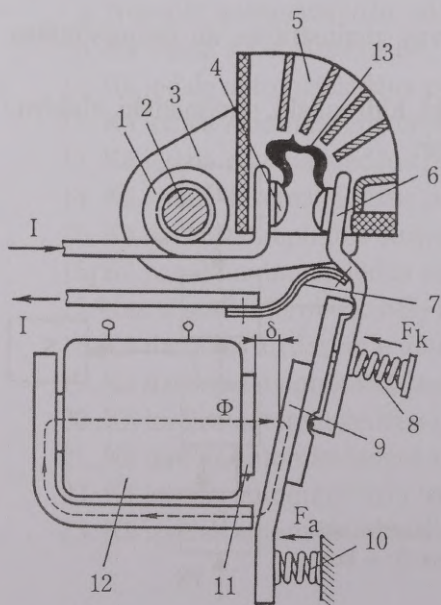
7.3. UZBŪVE, DARBĪBAS PRINCIPS

7.3.1. KONTAKTORU UZBŪVE

Kontaktora blokshēma parādīta 7.1. attēlā. Darbinātāja, kinemātiskās sistēmas un kontaktu savstarpēji saskaņota darbība nodrošina stabilu slodzes strāvas ķēdes ieslēgšanu, strāvas ilgstošu caurplūdi, ķēdes atslēgšanu, kontaktiem minimāli noliecoties, ko nodrošina lokdzēses sistēma, ātri novirzot loka atbalsta punktus no kontaktu darba virsmas. Līdzstrāvas kontaktora uzbūve parādīta 7.2. attēlā, bet raksturliknes — 7.3. attēlā.

Darbinātāju veido elementi 9, 11, 12, kinemātisko sistēmu 6, 7, 8, 9, 10, kontaktu sistēmu — 4, 6, lokdzēses sistēmu — 1, 2, 3, 5.

Kontaktora pamatkonstrukciju var papildināt ērti pievienojami aksesuāri — palīgkontakti, pieslēgspāiles, releji, mehāniskās sakābes u. c. (9.2. att.).



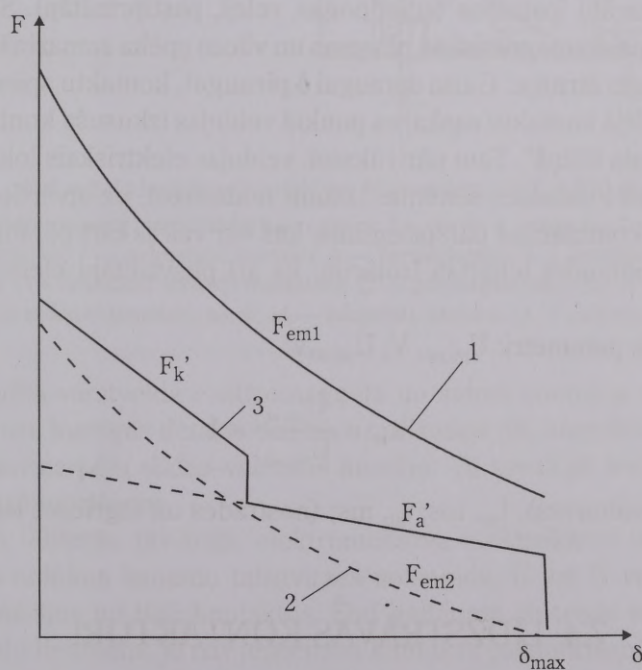
7.2. att. Līdzstrāvas kontaktora konstruktīvā shēma
 I — komutējamā strāva; 1 — lokdzēses sistēmas virknes spole; 2 — serde; 3 — poli; 4 — nekustīgais kontakts; 5 — lokdzēses kamera; 6 — kustīgais kontakts; 7 — loknais strāvas pievads; 8 — kontakta atsperes; 9 — darbinātāja elektromagnēta enkurs; 10 — atgriezējatsperes; 11 — elektromagnēta pola uzgalis; 12 — spole; 13 — elektriskais loks atslēgšanas procesā; Φ — magnētiskā plūsma; δ — darba gaisa sprauga; F_k — kontakta atsperes spēks; F_a — atgriezējatsperes spēks

7.3.2. KONTAKTORA DARBĪBA

Atslēgtā stāvoklī elektromagnētiskā darbinātāja spoles pieslēgspriegums $U_{sp} = 0$ vai $U_{sp} < U_{sp.at}$, t. i., mazāks par atgriezes spriegumu; magnētiskā plūsma darba gaisa spraugā $\Phi = 0$ vai $\Phi < \Phi_{at}$; elektromagnētiskais vilces spēks $F_{em} < F_{em2}$ (sk. 7.3. att.); $\delta = \delta_{max}$ (sk. 7.2. att.); strāva kontaktu ķēdē $I = 0$. Ja ķēdei, kurā ieslēgti kontakti, pieslēgts barošanas spriegums U_b , spriegums starp atvērtiem kontaktiem $U_k = U_b$. Atvērto kontaktu spraugu nedrīkst caursist arī iespējamie pārsprieguma impulsi. Kontaktus atvērtā stāvoklī droši notur atgriezējatsperes spēks F_a .

Elektrotransporta iekārtu kontaktoru kinemātiskai sistēmai jāiztur triecieni ar paātrinājumu līdz $10g$ (g — brīvā kritiena paātrinājums) bez kontaktu patvarīgas ieslēgšanās vai atslēgšanās.

Kontaktora ieslēgšanas process sākas, pieslēdzot darbinātāja elektromagnēta spolei spriegumu $U_{sp} = U_{sp.N}$. Strāva spolē un tās radītā plūsma Φ pieaug atbilstoši



7.3. att. Kontaktora raksturliknes

1 — darbinātāja elektromagnēta statiskā vilces raksturlikne $F_{em1}(\delta)$, ja $U_{sp} = U_{sp.N} > U_{sp.no}$, kur U_{sp} — spoles spriegums, $U_{sp.N}$ — nominālais spoles spriegums, $U_{sp.no}$ — nostrādes spriegums, δ — darba gaisa sprauga; 2 — statiskā vilces raksturlikne $F_{em2}(\delta)$, pie kuras kontaktors atslēdzas, ja $U_{sp} = U_{sp.at} < U_{sp.no}$, kur $U_{sp.at}$ — atgriezes spriegums, F_{em} — elektromagnēta vilces spēks; 3 — kontaktora mehāniskā (pret-darbojošo spēku) raksturlikne F_a' , F_k' (δ), kur F_a' — uz elektromagnēta pola centru reducētais atgriezējatsperes pret-darbojošais spēks, F_k' — reducētais kontaktu atsperes pret-darbojošais spēks

pārejas procesa likumsakarībām, savukārt vilces spēks $F_{em} \equiv \Phi^2$. Kad $F_{em} > F_a'$, sākas paātrināta enkura kustība, $\delta \rightarrow \delta_{min}$, un līdz ar to kustīgais kontakts tuvojas nekustīgajam. Paātrinājumu rada vilces spēka pārsvars $\Delta F = F_{em} - F_a'$. Kontakta saskares momentā veidojas elastīgs trieciens, kas rada nevēlamu efektu — kontaktu vibrāciju. Kontaktiem saskaroties, sāk darboties kontaktu atspere, radot kontaktu spiedienu F_k un reakciju F_k' . Ņemot vērā iespējamās spoļu barošanas sprieguma svārstības, kā arī nepieciešamo kontaktora darbības drošumu, $F_{em}(\delta)$ raksturliknei jāatrodas virs atsperu raksturliknes (sk. 7.3. att.) ar zināmu rezervi. Ieslēgšanas procesa beigās elektromagnēta enkuram jābūt pievilktam pie pola un kontaktu spiedienam jānodrošina minimālā kontaktu pārejas pretestība.

Ieslēgtā stāvoklī $U_{sp} = U_{sp.N}$ vai $U_{sp} = U_{sp.not}$, kur $U_{sp.not} < U_{sp.N}$, enkura noturēšanas spriegums. $F_{em} > (F_a' + F_k')$, $\delta = \delta_{min}$, kontakti nodrošina slodzes strāvas caurplūdi, strāvu vadošo daļu sasilums nominālajā režīmā nepārsniedz pieļaujamo. Kontaktora atslēgšanas process sākas, kad $U_{sp} = 0$ vai $U_{sp} < U_{sp.at}$ un $F_{em} < (F_a' + F_k')$. Elektromagnētisko pārejas procesu spoles ķēdē nosaka spoles parametri un spoles ķēdes vadības aparātu īpatnības (spiedpogas, releji, pastiprinātāji). Šis pārejas process savukārt iespaido magnētiskās plūsmas un vilces spēka samazināšanās gaitu un kontaktu atvēršanās ātrumu. Gaisa spraugai δ pieaugot, kontaktu spiediena spēks F_k samazinās un pēdējā kontaktu saskares punktā veidojas izkusuša kontaktu materiāla lodīte, t. s. "šķidrāis tiltiņš". Tam pārtrūkstot, veidojas elektriskais loks, kuru ievirza kamerā un nodzēš lokdzēses sistēma. Lokam nodziestot, uz atvērtiem kontaktiem īslaicīgi veidojas komutācijas pārspriegums, kas var vairākkārt pārsniegt barošanas spriegumu un apdraudēt iekārtas izolāciju, kā arī pusvadītāju elementus (sk. 7.5. att.).

Raksturojošie parametri: $U_{sp.no}$, V; $U_{sp.at}$, V;

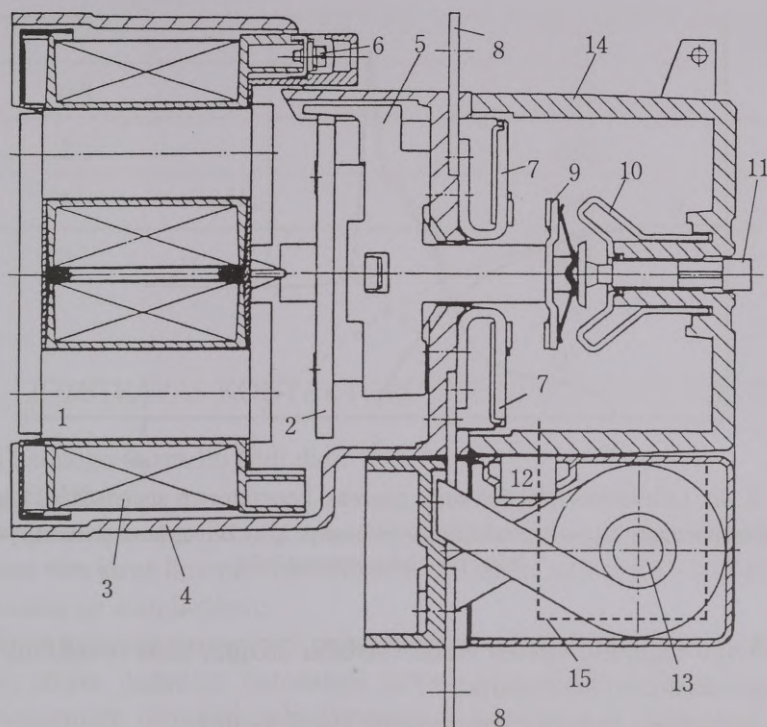
$$k_{at} = \frac{U_{sp.at}}{U_{sp.no}} < 1$$

(atgriezes koeficients), t_{no} , ms; t_{at} , ms; (nostrādes un atgriezes laiki).

7.4. LĪDZSTRĀVAS KONTAKTORI

Līdzstrāvas elektropiedziņas sistēmās kontaktorus galvenokārt izmanto sistēmas ieslēgšanai darbam, bet vadību un regulēšanu realizē ērti vadāmie statistiskie pusvadītāju pārveidotāji. Tādēļ jaunu līdzstrāvas kontaktoru konstrukciju izstrāde sašaurinās un daudzos gadījumos līdzstrāvas ķēžu komutācijai lieto plašāk izplatīto maiņstrāvas kontaktoru atbilstošas modifikācijas.

Kontaktora kinemātiskā sistēma saskaņota ar darbinātāja elektromagnēta tipu.



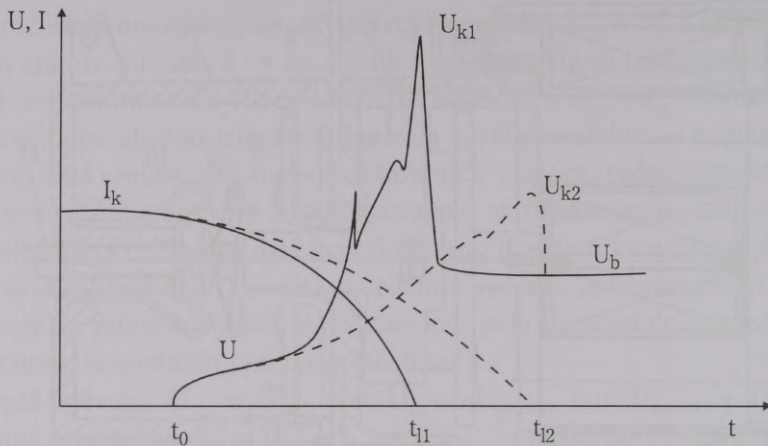
7.4. att. Līdzstrāvas kontaktora šķērsriezums ($I = 220 \text{ A}$)

1 — darbinātāja elektromagnēta magnētveds; 2 — enkurs; 3 — spole; 4 — apvalks; 5 — kontaktu pamatne; 6 — spoļu pieslēgspaiļes; 7 — nekustīgie kontakti; 8 — pieslēgkopne; 9 — kustīgie kontakti; 10 — lokuztvērēja elements; 11 — kontaktu stāvokļa indikators; 12 — pastāvīgais magnēts; 13 — lokdzēses virknes spole ar feromagnētisku serdi; 14 — lokdzēses kamera; 15 — lokdzēses poli

7.2. attēlā parādīta vārstveida elektromagnēta un sviras kontaktu samērā populārā konstrukcija, kurā kustīgās detaļas balstās uz prizmām un, kontaktiem saslēdzoties, var panākt to savstarpēju slīdes-velšanās kustību. Tā savukārt nodrošina kontaktu darba virsmu pašnotīrīšanos.

Transporta iekārtās (aviācijā, elektromobiļos, elektrokāros u. tml.) gabarītu samazināšanas nolūkos izmanto taisnvirzes solenoida, E vai U veida elektromagnētiskos darbinātājus un tīlīņkontaktus. Šinī gadījumā jāparedz sudrabu saturošu kontaktmateriālu lietojums, jo nav iespējama kontaktu pašnotīrīšanās. Taisnvirzes U veida elektromagnēta un tīlīņkontaktu konstrukcija parādīta kontaktora šķērs-griezumā 7.4. attēlā. Līdzstrāvas elektriskā loka dzēšanai atslēgšanas procesā izmanto

- virknes slēguma lokdzēses spoli, kas ar savu magnētisko sistēmu rada loka zonā magnētisko šķērsplūsmu, ievirzot loku kameras šaurajās garenspraugās. Šī sistēma labi kalpo slodzes, pārslodzes un išslēgumu strāvu atslēgšanai;



7.5. att. Līdzstrāvas loka dzēšanas process, kontaktoram atslēdzot RL ķēdi

U_b — barošanas spriegums; U_k — komutācijas pārspriegums; I_k — komutējamā strāva; t_0 — loka sākuma laiks; t_1 — loka dzišanas laiks

- pastāvīgo magnētu spoles vietā. Darbība līdzīga, tikai šī sistēma piemērota tukšgaitas strāvu atslēgšanai;
- abu iepriekšējo variantu kombināciju (sk. 7.4. att.);
- dejonizējošus un liesmu slāpējošus režģus.

Iespējams realizēt bezloka komutāciju ar tiristoru bloka palīdzību (hibrīdkontaktori).

Vismazāko kontakta materiāla zudumu atslēgšanas procesā var panākt ar kontaktu atvirzes lielu sākuma ātrumu, pēc tam ļaujot lokam nodzist kameras spraugās. Pārāk straujš strāvas samazinājums var izsaukt nepieļaujami lielu komutācijas pārspriegumu.

Raksturīga strāvas un sprieguma maiņa loka dzēšanas procesā parādīta 7.5. attēlā. Ja $t_{12} > t_{11}$, tad $U_{k2} < U_{k1}$.* Moderno kontaktoru konstrukcijās cenšas panākt atslēgšanas procesa dinamisko parametru un kontaktu nolietojuma optimālo attiecību. Lietošanas kategorijas līdzstrāvas kontaktoriem dotas P.I.3. tabulā. DC3 un DC5 ir galvenās kategorijas, ko izmanto praksē.

7.1. tabula

Pārtraukumaini ciklisku ieslēgšanas režīmu S3 raksturojošās klases

Klase	Pieļaujamais komutāciju skaits stundā
1	2
0,03	3
0,1	12

* Komutācijas process tuvāk aprakstīts 1.3.4. nodaļā.

1	2
0,3	30
1	120
3	300
10	1200

7.4.1. LĪDZSTRĀVAS KONTAKTORU TEHNISKIE DATI UN IZVĒLE

Firmu katalogos uzrādīti šādi dati:

- aparāta šifrs;
- ekspluatācijas noteikumi: apkārtējās vides temperatūra, maksimālais augstums virs jūras līmeņa, uzstādīšanas stāvoklis, stiprinājuma veids, atbilstība normām un standartiem;
- galveno kontaktu parametri: polu skaits, nominālais izolācijas spriegums, slodzes strāva dažādām lietošanas kategorijām (DC3, DC5 u. c.) un ķēdes spriegumiem, termiski pieļaujamā strāva, īslaicīgi (1, 5, 10, 30 s, 1, 3, >10 min.) pieļaujamā strāva, virknē slēdzamā kustošā drošinātāja strāva, ieslēgšanas strāva, atslēgšanas strāva dažādiem spriegumiem un ķēdes laika konstantes $T = L/R$ vērtībām, kontaktu pārejas pretestība un elektriskie zudumi, kabeļu pievienošanas skrūvju dati un skrūvju pievilkšanas moments, pievienojamo kabeļu dzīslu šķērsriezumi;
- darbinātāja elektromagnēta ķēdes parametri: spoļu nominālā sprieguma robežas, nostrādes un atgriezes spriegumu vērtības % $U_{sp,N}$, spoļu jauda;
- dinamiskie parametri: nostrādes un atgriezes laiki;
- garantētais ciklu skaits (resurss): mehāniskais resurss miljonos ciklu, elektriskais resurss noteiktai lietošanas kategorijai un nominālai strāvai;
- maksimālais komutāciju skaits stundā (ciklu biežums);
- gabariiti, svars;
- aizsardzība pret apkārtējās vides iedarbību — IP.

Piezīme: kontaktoru cenas regulāri mainās, tās uzrādītas dotajā laikā spēkā esošajos cenrāžos, tāpat jāņem vērā arī atlaides.

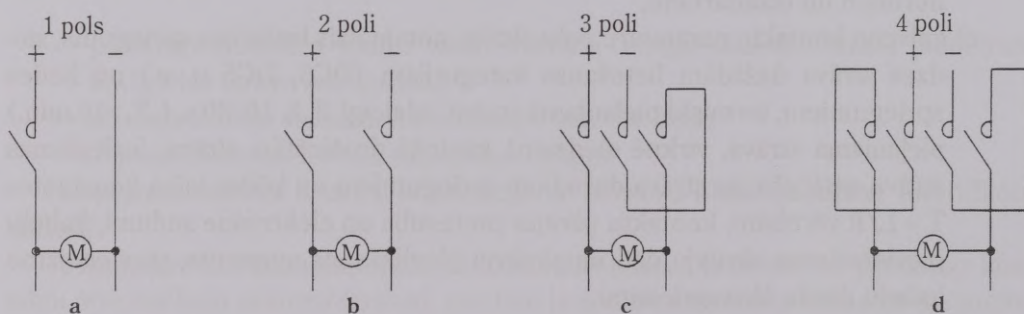
Kontaktora izvēle pamatojas uz konkrēta objekta vadībai nepieciešamo parametru un ekspluatācijas apstākļu salīdzināšanu ar katalogos apskatīto kontaktoru atbilstošiem datiem. Izvēlētā kontaktora datiem jāatbilst objekta prasībām vai arī neatbilstības gadījumā tie nedaudz jāpārsniedz. Jāņem vērā, ka pārāk liela parametru rezerve gan nodrošina garāku kalpošanas laiku un lielāku resursu, bet paliecinās aparāta gabariiti un cena.

7.4.2. KONTAKTORU UNIFIKĀCIJA UN IZVĒLES PIEMĒRS

Kontaktoru izgatavotājfirmas izstrādājušas rekomendācijas daudzpolu maiņstrāvas kontaktoru izmantošanai līdzstrāvas ķēžu komutēšanai, līdz ar to unificējot kontaktorus kā maiņstrāvas–līdzstrāvas aparātus. Par darbinātājiem var būt iebūvēti gan līdzstrāvas, gan maiņstrāvas elektromagnēti.

Slodzes kategorijai DC1 atslēdzamā jauda $P_{at} = U_N \cdot I_N \cdot 10^3$, (kW), kategorijām DC3 un DC5 $P_{at} = U_N \cdot 2,5I_N \cdot 10^3$, (kW). Diagramma atbilst šādam testam: $U_N = 220$ V (110 V kontaktoriem MC6 un MC9), $T = L/R = 15$ ms. 3 polu virknes slēgums kontaktoriem MC6–BF95, 2 polu virknes slēgums kontaktoriem B115–B630. Rekomendētās [1] polu slēgumu shēmas parādītas 7.6. attēlā, resursu noteikšanas diagramma — 7.7. attēlā, slodzes strāvu vērtības atkarībā no virknē slēgto polu skaita — P.7.1. tabulā, darbinātāju līdzstrāvas elektromagnētu spoļu dati — P.7.2. tabulā, palīgkontakta dati — P.7.3. tabulā.

Virknē ieslēgti:



7.6. att. Maiņstrāvas kontaktoru izmantošana līdzstrāvas ķēdes komutēšanai dažādiem polu slēgumu variantiem

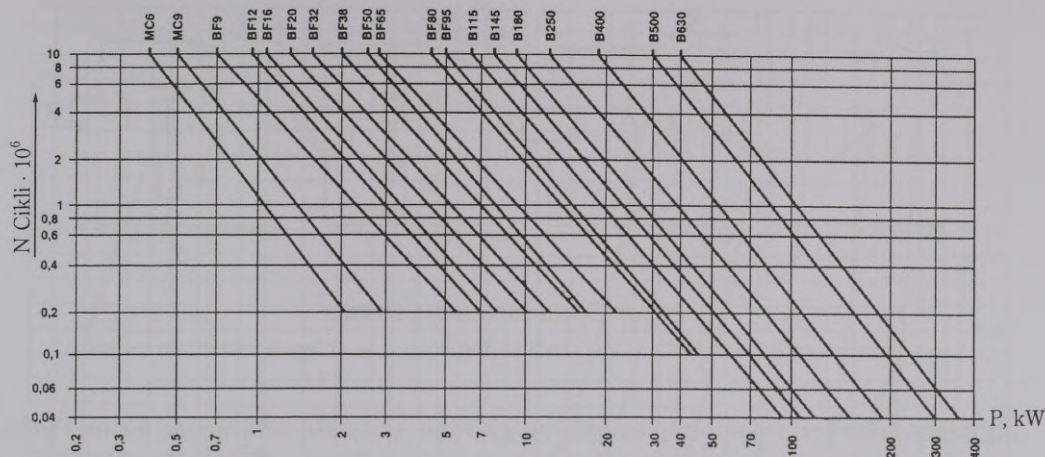
M — līdzstrāvas dzinējs

Piemērs

Dots: virknes ierosmes līdzstrāvas dzinējs, $P_N = 4$ kW, $U_N = 110$ V, $I_N = 44$ A. Jāizpilda funkcijas: palaide, pretstrāvas bremzēšana, reversēšana, slodzes kategorija DC5.

Atrisinājums

Izmantojot P.7.1. tabulu un paredzot 3 polu virknes slēgumu, izvēlas piemērotāko kontaktoru BF 80, kura maksimālā slodzes strāva dotajā režīmā un shēmas variantā ir $60 \text{ A} > 44 \text{ A}$. Atslēdzamā jauda $P_{at} = U_N \cdot 2,5I_N = 110 \cdot 2,5 \cdot 44 / 10^3 = 12,1$ kW. Resursu nosaka ar 7.7. attēlā dotās diagrammas palīdzību aprēķinātajai atslēdzamajai jaudai. Elektriskais resurss ir ap 1,8 miljoniem ciklu.



7.7. att. Elektriskā resursa (komutācijas ciklu skaita) atkarība no atslēdzamās jaudas P

7.4.3. DARBINĀTĀJU ELEKTROMAGNĒTU SPOĻU ATSLĒGŠANAS PROCESA OPTIMIZĀCIJA

Līdzstrāvas elektromagnētu spoles komutē ar vadības ķēdes aparātiem — pogslēdzēm, relejiem, elektronisko bloku elementiem. Ņemot vērā spoļu samērā lielo induktivitāti un atbilstošo laika konstantes vērtību $T = L/R$, kas var sasniegt 150 ms, problēmas rada atslēgšanas process. Tā norise līdzīga 7.5. attēlā redzamajam, tikai elektromagnētu spoļu gadījumā komutācijas pārspriegums U_k var sasniegt daudz lielākas vērtības, kas īpaši bīstamas ir vadības ķēdes elektroniskajiem elementiem, gan releju kontaktiem, gan izolācijai:

$$U_k = U_b + L \frac{di}{dt}, V;$$

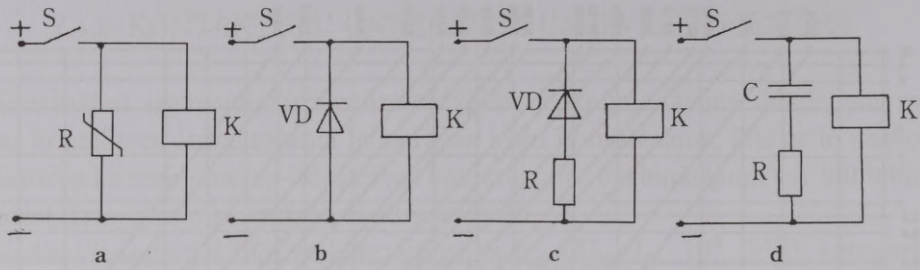
kur U_k — komutācijas pārspriegums,

L — spoles induktivitāte,

di/dt — strāvas izmaiņas ātrums,

U_b — ķēdes barošanas spriegums.

Lai samazinātu U_k vērtību un atvieglotu vadības ķēdes elementu darbību, spolē uzkrāto elektromagnētisko enerģiju daļēji atpilda caur spolei paralēli pieslēgtiem elementiem — varistoriem, diodēm, RC ķēdēm (sk. 7.8. att.). Šos elementus izveido kā papildblokus, ko ērti pievienot spoļu izvadiem. Firmu katalogos tos dažkārt nosauc par prettraucējumu filtriem. Minēto elementu parametri jāizvēlas tā, lai spoles atslēgšanas procesā U_k nepārsniegtu uzdotās robežas, savukārt kontaktora



7.8. att. Spoļu šuntēšanas shēmas

a — ar varistoru; b — ar diodi; c — ar diodi un rezistoru; d — ar kondensatoru un rezistoru

atgriezes laiks ievērojami nepieaugtu un galveno kontaktu atvēršanas ātrums nesamazinātos.

Tātad, nepamatoti izvēloties R un C vērtības, var panākt kontaktora darbības pasliktināšanos un resursa būtisku samazināšanos, t. i., ievērojami uzlabojot vadības ķēdes komutācijas apstākļus, var ievērojami pasliktināt galveno kontaktu darbību. Šāds efekts var parādīties, izmantojot 7.8.b attēlā doto slēgumu ar diodi. Tādēļ parasti diodi slēdz virknē ar rezistoru (7.8.c att.). Rezistora pretestībai jābūt vismaz 100 Ω. Bieži izmanto arī 7.8.d attēlā doto RC slēgumu. R un C parametru noteikšanai var izmantot [5,298] ieteikto metodiku.

Piemērs

Doti 3TF52 tipa kontaktora darbinātāja līdzstrāvas elektromagnēta spoles dati:

$U_N = 110 \text{ V}$, $P_N = 30 \text{ W}$, $T = L/R = 150 \text{ ms}$, slēgšanas biežums 600 ciklu stundā, izvēlētais komutācijas pārsprieguma ierobežojums vadības ķēdē $U_{kmax} = 220 \text{ V}$ (kārtas skaitlis $n = 220/110 = 2$). Spoles nominālā strāva:

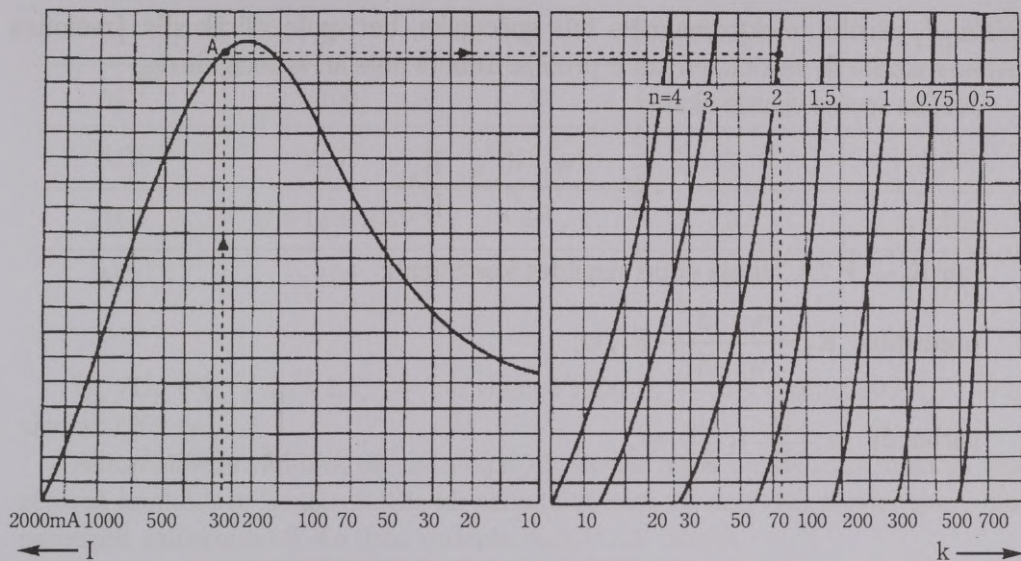
$$I_{sp} = \frac{P_N}{U_N} = \frac{30}{110} \cdot 10^3 = 273 \text{ mA}$$

7.9. attēla kreisajā daļā atkarībā no spoles strāvas nosaka I_{sp} punkta A atrašanās vietu un, izmantojot attēla labās puses daļu un izvēlēto pārsprieguma ierobežojumu n, atrod punkta B un faktora k vērtību. Izmantojot 7.9. attēlā dotās palīgliknes atbilstoši $I_{sp} = 273 \text{ mA}$ un $n = 2$, iegūst faktora k vērtību $k = 80$. Aprēķinām spoles pretestību

$$R_{sp} = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{110^2}{30} = 404 \Omega$$

un kondensatoru kapacitāti

$$C = k \frac{T}{R_{sp}} = 80 \cdot \frac{150}{404} = 30 \mu\text{F}$$



7.9. att. Faktora k grafiskā noteikšana

Virtnes rezistora pretestība $R \approx R_{sp} = 404 \Omega$. Izvēlas standartizēto rezistoru $R = 430 \Omega$, $P_r = 4 \text{ W}$ un standartizēto kondensatoru $C = 33 \mu\text{F}$, $U_{CN} = 250 \text{ V}$. Izvēlei izmanto rezistoru nominālā parametra R rindu: (100, 110, 120, 130, 150, 160, 180, 200, 220, 240, 270, 300, 330, 360, 380, 430, 470, 510, 560, 620, 680, 750, 820, 910) $\cdot 10^n \Omega$. Šai rindai atbilst arī kondensatoru parametrs C ($\cdot 10^n \mu\text{F}$).

7.4.4. LĪDZSTRĀVAS ELEKTROMAGNĒTA SPOLES

PĀRRĒĶINS CITAM SPRIEGUMAM

To veic izņēmuma gadījumos, kad vadības ķēdes barošanas spriegums atšķiras no firmu katalogos piedāvātajiem. Spoli pārrēķinot citam spriegumam, jā saglabā elektromagnēta darba spēja, t. i., ampērvijumi I_w . Pieļaujamā novirze $\pm 5\%$. Izejas lielumi: esošās spoles U_{1N} , vijumu skaits w_1 , izolēta vada diametrs d_{1iz} , neizolēta vada diametrs d_1 , pretestība R_1 . Relatīvais ieslēgšanas ilgums $R_{II} = \text{const}$. Jāaprēķina: spriegumam U_2 : w_2 , d_2 , d_{2iz} , R_2 , jāpārbauda I_w atbilstība.

$$d_2 = \sqrt{\frac{U_{1N}}{U_2}} \cdot d_1, \text{ mm}$$

No P.7.4. tabulas izvēlas tuvāko standartizēto d_2 lielumu. Ja izvēlas tuvāko

lielāko d_2 vērtību, elektromagnēts būs spēcīgāks, bet spole vairāk sils. Izvēloties tuvāko mazāko d_2 vērtību, efekts ir pretējs. Tabulā dots arī attiecīgais d_{2iz} .

Jaunās spoles vijumu skaits

$$w_2 = \frac{w_1 \cdot d_{1iz}^2}{d_{2iz}^2} \cdot \frac{K_{o1}}{K_{o2}},$$

kur K_0 — P.7.4. tabulā dotie aizpildes koeficienti;

$$\text{prettestība } R_2 = \frac{w_2 \cdot d_1^2}{w_1 \cdot d_2^2} \cdot R_1, \Omega;$$

$$\text{pārbaude } w_1 \cdot \frac{U_1}{R_1} \approx \frac{U_2}{R_2} \cdot w_2.$$

7.5. MAIŅSTRĀVAS KONTAKTORI

Maiņstrāvas kontaktorus galvenokārt izmanto magnētiskajos palaidējos maiņstrāvas elektropiedziņas sistēmās asinhronzinēju palaišanas, reversēšanas, bremzēšanas, atslēgšanas operācijām. Palaižot un reversējot īsslēgtā rotora asinhronzinēju, kontaktoram jāieslēdz ķēde pie U_N un $\cos \varphi = 0,3-0,4$, un strāvas $(5-7) I_N$, savukārt jāatslēdz darbojošos dzinēja ($n_2 = n$ vai $n_2 \approx n_N$) nominālā strāva pie $U = 0,2 U_N^*$ vai arī $(6-10)I_N$ pie $U = (1-1,1) U_N$, ja dzinēja rotors neiegriežas, vai $n_2 < 0,2 n_N$. Šajos režīmos kontaktu nolietojums pie ieslēgšanas pārsniegs nolietojumu pie atslēgšanas. Šos kontaktorus var izmantot arī cita rakstura slodžu ķēžu komutēšanai. Maiņstrāvas kontaktoru lietošanas kategorijas dotas P.I.3. tabulā.

7.2. tabula

Galveno kontaktu ieslēgšanas un atslēgšanas noteikumi (D1N/VDE 0660/9.82)

Kategorija	I_N, A	Ieslēgšana I_{ie}/I_N	Atslēgšana I_{at}/I_N	$\cos \varphi_{ie,at}$
1	2	3	4	5
AC1	Visas vērtības	1,5	1,5	0,95
AC2	Visas vērtības	4	4	0,65
AC3	≤ 17	10	8	0,65
AC3	$17 \leq I_N \leq 100$	10	8	0,35

* Sakarā ar dzinēja tinumos inducēto pretējo EDS.

1	2	3	4	5
AC3	> 100	8'	6"	0,35
AC4	≤ 17	12	10	0,65
AC4	$17 \leq I_N \leq 100$	12	10	0,35
AC4	> 100	10'''	8'	0,35

$U_{ie} / U_N = U_{at} / U_N = 1,1$; ' — bet vismaz 1000 A; " — bet vismaz 800 A; ''' — bet vismaz 1200 A.

Automātiskās vadības, signalizācijas un savstarpējās bloķēšanas funkciju realizēšanai kontaktoru konstrukcijās kā pamatelementi vai papildus pievienojami bloki paredzēti palīgkontakti. To datu variants dots P.7.3. tabulā.

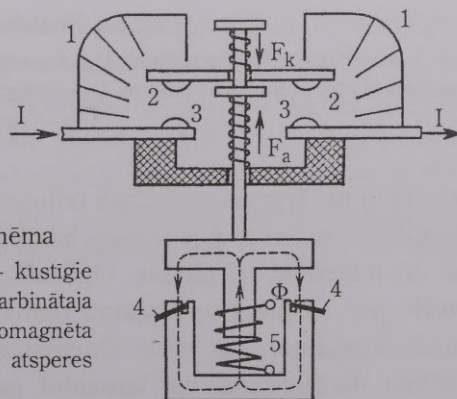
7.5.1. MAIŅSTRĀVAS KONTAKTORU UZBŪVES ĪPATNĪBAS

Kontaktora elementu blokshēma atbilst 7.1. attēlā parādītajam variantam, bet konstruktīvā shēma parādīta 7.10. attēlā.

Izmantojot maiņstrāvas kontaktorus asinhronzinēju palaidei (kategorijas AC2-AC4), kontaktiem jāieslēdz strāva $I = (5-7) I_N$, tādēļ nevēlamas ir kontaktu vibrācijas ieslēgšanas procesā, kā arī triecieni darbinātāja mehānismā. Tos cenšas novērst ar papildatsperu palīdzību (sk. 7.11. att.)

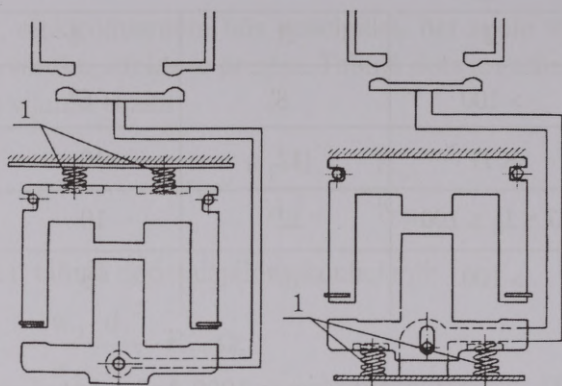
Kontaktoru kinemātisko shēmu varianti parādīti 7.12. attēlā.

Biežāk izmantotā ir taisnvirziena kustības shēma (7.12.b att.), kurā nav šarnīru un starplocekļu, taču ir palielinātas kustīgo kontaktu un elektromagnēta enkura

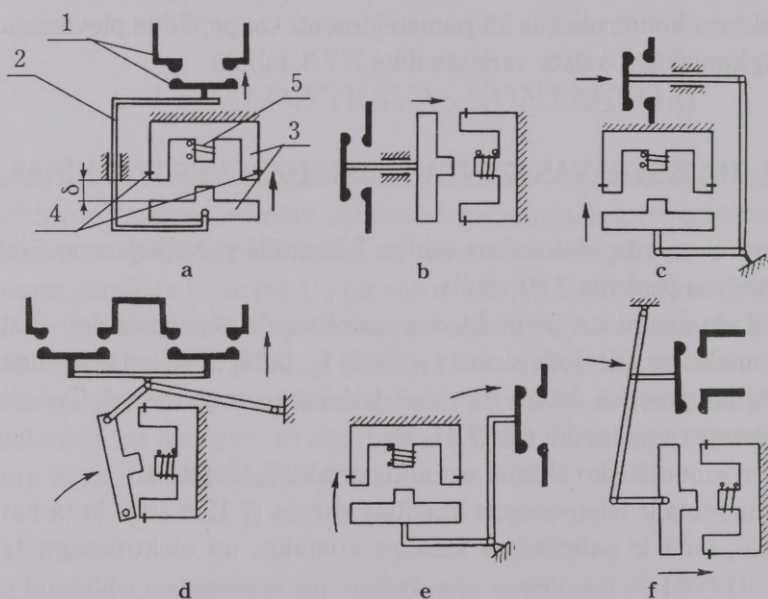


7.10. att. Maiņstrāvas kontaktora konstruktīvā shēma

I — komutējamā strāva; 1 — lokdzēses kameras; 2 — kustīgie kontakti (tīlīņkontakti); 3 — nekustīgie kontakti; 4 — darbinātāja elektromagnēta isslēgtie gredzeni; 5 — darbinātāja elektromagnēta spole; F_k — kontaktu atsperes spēks; F_a — atgriezes atsperes spēks; Φ — magnētiskā plūsma



7.11. att. Darbinātāju radīto triecienu un vibrāciju slāpēšanas paņēmieni ar papildatsperu l palīdzību



7.12. att. Kontaktoru kinemātiskās shēmas

a-f — kinemātisko shēmu varianti; 1 — kontaktu sistēma; 2 — sviru sistēma; 3 — darbinātāja elektromagnēta serde un kustīgais enkurs; 4 — išslēgtie gredzeni (maiņstrāvas elektromagnētiem); 5 — spole; δ — darba gaisa sprauga

trīecienu nevēlamās parādības (vibrācijas, triecienvirsmu placināšana). Savukārt sarežģītākās sistēmas dod iespēju labāk salāgot darbinātāja un kontaktu raksturlieknes, kā arī mīkstināt triecienus. Optimāla šarnīru un berzes pāru (metāls-plastmasa) izvēle ļauj sasniegt ievērojamu mehānisko nodilumizturību. Lielākām strāvām izmanto kontaktorus ar sviras kinemātisko shēmu (sk. 7.15.b, c att.). Maiņstrāvas kontaktora darbināšanai var izmantot gan maiņstrāvas, gan līdzstrāvas elektromag-

nētus. Maiņstrāvas elektromagnēta nekustīgais un kustīgais magnētavadis veidots kā sakniedētas elektrotehniskā tērauda plāksnišu paketes. Uz nekustīgā magnētavada šķēltā pola vienas daļas novietots išslēgts gredzens (vijums, ekrāns) elektromagnētiskā vilces spēka pulsāciju un trokšņu samazināšanai ieslēgtā stāvoklī (sk. 7.10., 7.15.b att.).

Maiņstrāvas elektromagnētu spoļu barošanas spriegums $U_{Nsp} = (24-220-600)$ V, frekvence $f_N = 50, 60$ vai $50/60$ Hz. Ņemot vērā spoles induktīvās pretestības atkarību no magnētavada darba gaisa spraugas δ (sk. 7.12.a att.), spoles ieslēgšanas sākumstrāva var sasniegt $10I_{nsp}$ (I_{Nsp} — strāva spolē enkura pievilkta stāvoklī, kad $\delta = \delta_{min}$). Tas jāievēro, izvēloties spoles ķēdes vadības aparātus. Spoļu ķēžu komutācijas pārejas procesa un vadības aparātu darbības atvieglošanai maiņstrāvas gadījumā izmanto 7.8.a, d attēlā parādītās shēmas. To elementu izvēle dota [5.298.]. Ja darbinātājs ir līdzstrāvas elektromagnēts (var izmantot gan iepriekš minēto plāksnoto vai masīvu magnētavadu), strāva spolē nav atkarīga no darba gaisa spraugas, bet no sprieguma un spoles aktīvās pretestības. Līdzstrāvas elektromagnēti turklāt strādā bez trokšņa. Spoles ķēdē var būt ieslēgta ekonomējošā pretestība vai tīnumi sadalīti ieslēgšanas un enkura noturēšanas sekcijās. $U_{Nsp} = (24-220-600)$ V. Samērā lielais maiņstrāvas elektromagnēta atgriezes koeficients

$$k_{at} = \frac{U_{sp.at}}{U_{sp.no}}$$

kur $U_{sp.at}$ — spoļu spriegums, pie kura enkurs un kontakti atgriežas izejas stāvoklī,

$U_{sp.no}$ — nostrādes sprieguma vērtība) nodrošina asinhronzinēja aizsardzību pret sprieguma pazemināšanos zem $0,7 U_N$.

Līdz šim spēkā esošie standarti ГООТ noteica, ka kontaktora spolei, kuras silšanas režīms nostabilizējies, strādājot pie $1,05 U_N$ un maksimāli pieļaujamās apkārtējās vides temperatūras, jānodrošina šādas prasības:

- a) droši jāieslēdz kontaktors, pieslēdzot spolei spriegumu $0,8 U_N$, turklāt kustīgā sistēma nedrīkst ilgstoši vai īslaicīgi apstāties starpstāvokļos;
- b) ieslēgtā stāvoklī, samazinot spoļu pieslēgumsprriegumu līdz $0,7 U_N$, jānotur elektromagnēta enkurs pievilkta stāvoklī (pieļaujama elektromagnēta ievērojama dūkšana), bet, spriegumu atslēdzot, enkurs jāatlaiž. Ja spoles pieslēgumsprriegums $U_{sp} \geq 0,85 U_N$, pieļaujama maiņstrāvas elektromagnētiem raksturīgā nelielā dūkšana. Ja spolei pieslēdz spriegumu $U_{sp} \leq 0,6 U_N$, kontaktors nedrīkst ieslēgties.

7.5.2. MAIŅSTRĀVAS ELEKTROMAGNĒTA SPOLES PĀRRĒĶINS CITAM SPRIEGUMAM

Noteikumi analogi 7.4.4. punktā apskatītajiem.

Izejas lielumi: esošās spoles U_{1N} , w_1, d_1, d_{1iz} , R_1 , $R_{II} = \text{const}$.

Jāaprēķina: spriegumam U_2 : w_2, d_2, d_{2iz}, R_2 .

$$w_2 = w_1 \cdot \frac{U_2}{U_1},$$

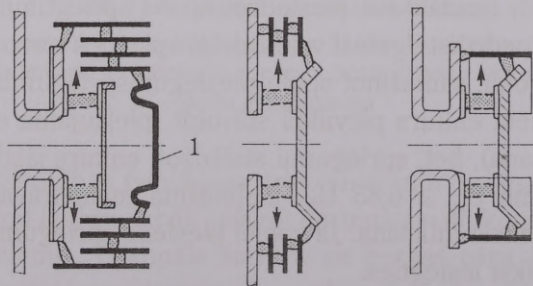
$$d_{2iz} = \sqrt{\frac{w_1}{w_2}} \cdot d_{1iz}, \text{ mm.}$$

P.7.4. tabulā atrod tuvākās standartizētās d_{2iz} un d_2 vērtības. R_2 aprēķina tāpat kā 7.4.4. punktā.

7.5.3. MAIŅSTRĀVAS LOKDZĒSES SISTĒMAS

7.13. attēlā ar bultiņu parādīta elektriskā loka kanāla pārvietošanās dejonizācijas režģī.

Kontaktoros parasti izmanto galveno kontaktu tiltiņveida konstrukciju (sk. 7.10., 7.12., 7.13., 7.14. att.), kas nodrošina 2 (vai 4) pārtraukumus sekmīgai komutācijas elektriskā loka dzēšanai. Nelielām strāvām (līdz 10 A) pietiek ar šiem pārtraukumiem un starpfāžu izolējošo barjeru. Lielāku strāvu atslēgšanai izmanto dzēškameras ar dejonizācijas režģiem (sk. 7.10., 7.13., 7.14. att.) un loka atbalsta punkta uztvērējkontakta (sk. 7.13. att. 1. pozīciju un 7.14. att. 11. pozīciju) vai arī sviras kontaktu gadījumā šaurspraugas kameras ar lokdzēses spoli (sk. 7.15.c att.). Šīni gadījumā lokdzēses magnētiskās sistēmas magnētšvads veidots no elektrotehniskā tērauda plāksnītēm.

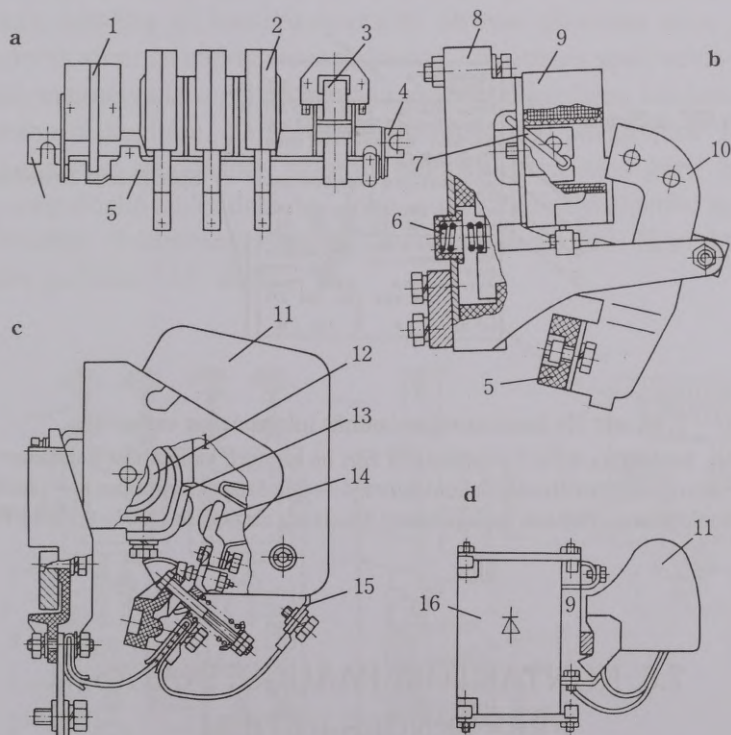
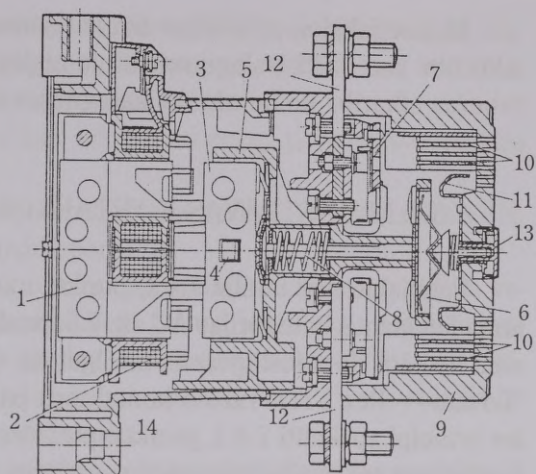


7.13. att. Tipiskas maiņstrāvas kontaktoru lokdzēses sistēmas

1 — loka atbalsta punkta uztvērējkontakts

7.14. att. Maiņstrāvas kontaktora šķērsriezums ($I_N = 400 \text{ A}$)

1 — darbinātāja elektromagnēta nekustīgais magnētveds; 2 — spole; 3 — kustīgais magnētveds — enkurs; 4 — stienis enkura 3 un kontaktturētāja 5 mehāniskai savienošanai; 5 — kontaktturētājs; 6 — kustīgais kontaktelements; 7 — nekustīgais kontaktelements; 8 — kontaktatspere; 9 — lokdzēses kamera; 10 — dejonizācijas režģis, 11 — loka uztvērējs; 12 — pieslēgspaiļes, 13 — kontaktu stāvokļa indikators; 14 — triecienu slāpēšanas atsperē. Konstrukcija atbilst 7.12.b attēlā parādītajai kinemātiskai shēmai



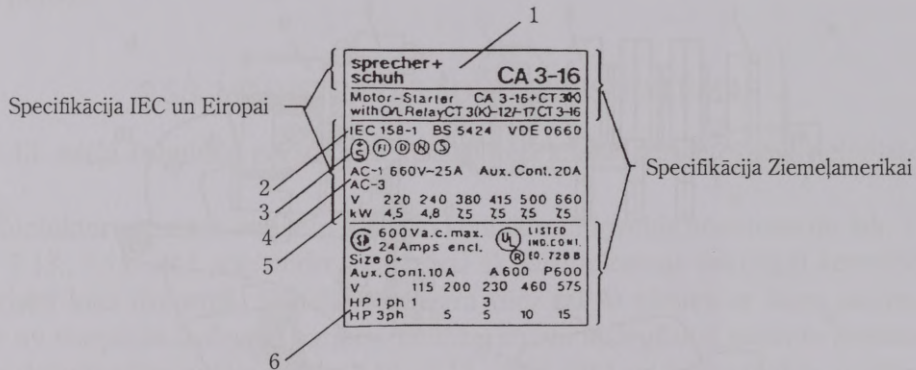
7.15. att. Trīspolu maiņstrāvas kontaktors ar sviras kontaktiem ($I_N = 630 \text{ A}$)

a — pamatbloku izvietojums; b — darbinātāja elektromagnēts; c — kontaktu un lokdzēses sistēma; d — kontaktora variants bezloka komutācijai ar tīristoru bloku; 1 — palīgkontaktu bloks; 2 — galveno kontaktu un lokdzēses bloks; 3 — darbinātāja elektromagnēts; 4 — nekustīgo detaļu pamatne; 5 — izolēta vārpsta, uz kuras nostiprinātas kustīgās detaļas; 6 — triecienu slāpēšanas atsperē; 7 — isslēgtais gredzens; 8 — pamatne; 9 — spole; 10 — enkurs; 11 — lokdzēses šaurspraugas kamera; 12 — lokdzēses spole; 13 — nekustīgais kontakts; 14 — kustīgais kontakts; 15 — lokdzēses rags; 16 — tīristoru bloks

Magnētiskajos palaidējos izmantojamo maiņstrāvas kontaktoru galvenie kontakti nav paredzēti īsslēguma strāvu atslēgšanai. Šo kontaktoru komutācijas spēju robežas atkarībā no lietošanas kategorijas dotas P.7.5. tabulā.

7.5.4. MAIŅSTRĀVAS KONTAKTORU TEHNISKIE DATI UN IZVĒLE

Tehniskie dati atbilst 7.4.1. punktā uzrādītai nomenklatūrai. Maiņstrāvas gadījumā lietošanas kategorijas AC sk. 7.5. punktā. Darbinātāja maiņstrāvas elektromagnēta spolēm dota ieslēgšanas un ilgstošā (enkura pievilktā stāvokli) jauda. Firmas "Lovato — Rez LTD" ražoto kontaktoru pamatdatu variants dots P.7.5. tabulā. Izvēles principi apskatīti 7.4.1. punktā, piemērs — 7.4.2. punktā. 7.16. attēlā parādīts uz kontaktora redzamās informācijas variants.



7.16. att. Uz kontaktora redzamās informācijas variants

1 — izgatavotājfirma, kontaktora šifrs; 2 — standarta šifri un numuri, kam atbilst kontaktors; 3 — valstu simboli, kuru normām un standartiem atbilst kontaktors; 4 — lietošanas kategorijas; 5 — pieslēdzamo asinhronzinēju jaudas atbilstoši spriegumiem; 6 — jauda zirgspējās (1HP = 0,7355 kW)

7.6. KONTAKTORI PAAUGSTINĀTAS FREKVENCES ĶĒDĒM

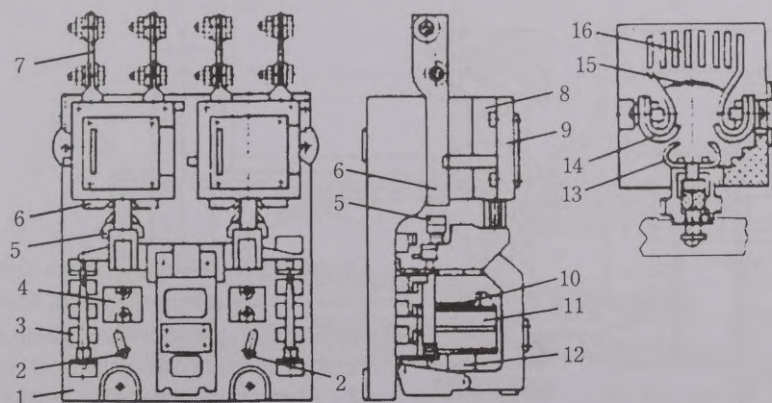
Tehnoloģiskās iekārtās izmanto trīsfāžu 400 Hz maiņstrāvu (piem., kokapstrādes iekārtu elektropiedziņā u. c.), kā arī vienfāzes 2500 un 8000–10000 Hz maiņstrāvu (rūdišanas un kausēšanas iekārtās u. c.). 400 Hz maiņstrāvas ķēžu komutēšanai var izmantot rūpnieciskās frekvences maiņstrāvas kontaktorus, pazeminot nominālo strāvu par (10...15)% sakarā ar paaugstinātiem zudumiem strāvu vadošajās daļās.

Darbinātāju elektromagnētu spoles jābaro no 50 Hz maiņstrāvas tīkla vai arī jāizmanto līdzstrāvas elektromagnēti un taisngrieži. Frekvencei, lielākai par 2000 Hz, nevar izmantot rūpnieciskās frekvences kontaktorus, jo

- a) atslēdzot elektriskais loks nievelkas lokdzēses režģi virpuļstrāvu radītās pretdarbības dēļ;
- b) nevar izmantot lokdzēses virknes spoli palielinātas induktīvās pretestības dēļ;
- c) kontaktu sistēma virpuļstrāvu iespaidā pārkarst.

Tādēļ nelielās sērijās izgatavo kontaktorus ar speciālu lokdzēses un strāvu vadošo sistēmu, kurā paralēli galvenajiem kontaktiem pirmie ieslēdzas un pēdējie atslēdzas lokdzēses kontakti un lokdzēses spoles strādā tikai komutācijas procesā. Darba režīmā slodzi uzņem galvenie kontakti, kurus speciāli dzesē. Konstruktijā izmanto arī sērijveida kontaktoru mezglus un detaļas.

Ņemot vērā to, ka augstfrekvences iekārtās izmanto ūdens dzesēšanas sistēmu, arī atbilstošiem kontaktoriem paredz nekustīgo galveno kontaktu dzesēšanu ar ūdeni, turklāt dzesējas arī kustīgie kontakti. Strāvas pievadus veido ar platām, bet plānām kopnēm virsmas efekta samazināšanai. Lokdzēses spoli veido ar samazinātu induktivitāti, magnētveda serdi no plānāka skārda plāksnītēm, lokdzēses režģi — no plānām misiņa plāksnītēm. Kameras konstrukcija ļauj paaugstināt gāzu spiedienu kontaktu zonā loka veidošanās sākuma stadijā. Pateicoties gāzu spiedienam un lokdzēses magnētiskā lauka darbībai, loku iedzen misiņa plāksnišu spraugās un nodzēš. Darbinātāja elektromagnēta spoli baro no taisngrieža. Kontakta konstrukcijas variants parādīts 7.17. attēlā.



7.17. att. Divpolīgs, ar ūdeni dzesējams kontakors paaugstinātai frekvencei

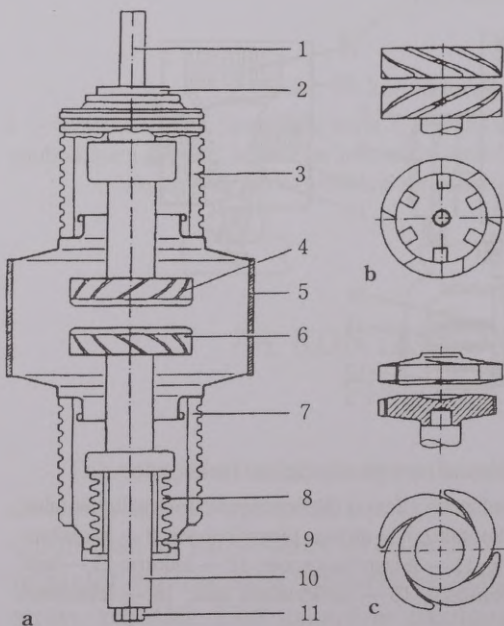
1 — izolējoša materiāla pamatne; 2 — ūdensdzesēšanas cauruļvadi šļūteņu pievienošanai; 3 — palīgkontakti; 4 — taisngriezis; 5 — kustīgais kontakts; 6 — nekustīgie kontakti; 7 — strāvas pievadkopnes; 8 — lokdzēses kamera; 9 — lokdzēses spole; 10 — elektromagnēta serdi; 11 — līdzstrāvas spole; 12 — enkurs; 13 — kustīgais lokdzēses kontakts; 14 — nekustīgie lokdzēses kontakti; 15 — elektriskais loks; 16 — lokdzēses režģis

7.7. MAIŅSTRĀVAS VAKUUMKONTAKTORI UN HERKONKONTAKTORI

Vakuumkontaktoru atšķirīgā sastāvdaļa ir kontakti vakuumkamerā, kas nodrošina paaugstinātu komutācijas spēju un efektīvu loka dzēšanu. Loks nodziest bez blakus parādībām pie loka strāvas pirmās nulles vērtības. Vakuumkontakts, kura $I_N = 400 \text{ A}$, $U_N = 660 \text{ V}$ nodrošina ieslēgšanas strāvu (6500...8800) A, atslēgšanas strāvu (3450...4800) A, dinamiskās noturības strāvu 10000 A, termisko noturību $8000 \text{ A}^2\text{s}$. Kontaktu kamerā vakuums tiek radīts līdz minimālajam spiedienam $\leq 10^{-5} \text{ mbar}$, un tas nodrošina kontaktu atstarpes lielu elektrisko stiprību, t. i., lielu caursišanas spriegumu, kas savukārt ļauj samazināt kontaktu atstarpi un kustīgā kontakta gājienu komutācijas procesā līdz (1,2–1,5) mm. Kontaktu vakuumkameras viena pola konstrukcija parādīta 7.18. attēlā, bet kontaktora konstrukcija — 7.19. attēlā.

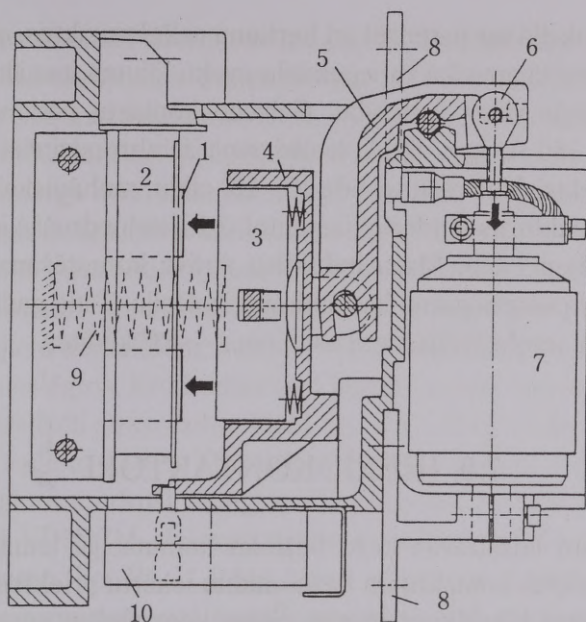
Herkonkaktoros veido uz spēka herkonu (hersikonu) bāzes. Hersikona viena pola uzbūve parādīta 7.20. attēlā.

Kontaktu sistēma ievietota hermētiskā balonā, kurā radīts vakuums, vai arī balons pildīts ar inertiem gāzi, kas ievērojami uzlabo komutācijas apstākļus. Trīspolīga kontaktora gadījumā viena kopēja vadības spole aptver visu trīs polu magnētiskās ķēdes magnēt vadus. Spole aprēķināta (12–110) V līdzspriegumam. Pieslēdzot spoli barošanas avotam, darbinātāja elektromagnēta enkuri pievelkas poliēm un kontakti



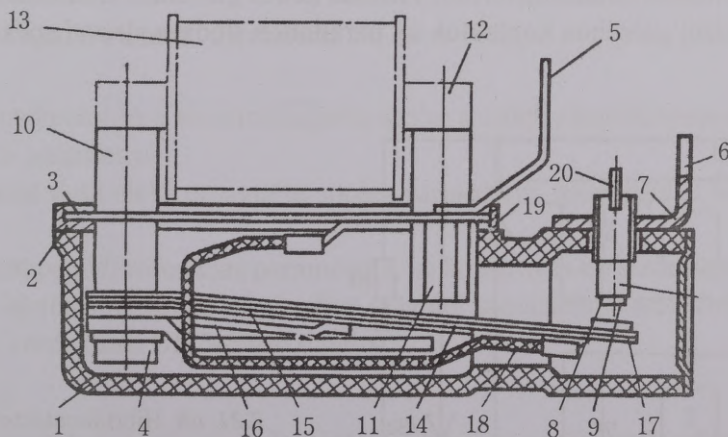
7.18. att. Vakuumkontaktora komutējošais mezgls un kontaktu veidi

a — vakuumkameras šķērs griezumā; 1 — nekustīgā kontakta pieslēgstienis; 2 — paplāksne; 3 — keramisks cilindruveida izolators; 4 — nekustīgais vainagveida kontakts; 5 — komutācijas kamera; 6 — kustīgais vainagveida kontakts; 7 — keramisks cilindruveida izolators; 8 — elastīga, viļņota plānsieniņu caurule (sifons); 9 — vadošne; 10 — kustīgais strāvas pievads; 11 — darbinātāja pievienošanas elements; b — vainagveida kontakts; c — spirālveida kontakts



7.19. att. Vakuumkontakta konstrukcija $I_N = 400$ A

1 — elektromagnēta nekustīgais magnētveds (serde); 2 — spole; 3 — enkurs; 4 — enkura fiksators; 5 — slēgstienis; 6 — šarnīrs; 7 — komutējošā mezgla vakuumkamera; 8 — pieslēgkorpne; 9 — atgriezes atsperis; 10 — palīgkontakti



7.20. att. Spēka herkona konstrukcija

1 — keramiska materiāla kārbveida korpuss; 2 — hermetizējoša manšete; 3 — kārbas vāks; 4 — enkura piestiprinātājskrūve; 5, 6 — pieslēgspāiles; 7 — leņķveida strāvas pievads; 8 — nekustīgā kontakta pamatne; 9 — nekustīgais kontakts; 10 — elektromagnēta magnētveds; 11 — pols; 12 — serde; 13 — spole; 14 — enkura pagarinājums; 15 — enkurs; 16 — enkura gājiena ierobežotājs; 17 — kustīgais kontakts; 18 — lokanais strāvas pievads; 19 — barjera loka zonas atdalīšanai; 20 — gāzu atsūkņēšanas un iepildes caurulīte

maiņa sekundārajos tinumos transformējas signāli, kas caur diodēm VD1–VD2 nonāk tiristoru vadības elektrodos. Kontaktu pārtraukuma gadījumā slodzes strāva pāriet tā tiristora ķēdē, kas dotajā momentā atvērta, t. i., kura vadāmība atbilst dotā momenta pusperioda strāvas polaritātei. Tiešais sprieguma kritums tiristorā (1,5...2) V droši aizsargā atverošos kontaktus pret loka veidošanos. Ķēdes strāvas pilnīga pārtraukšana notiek, strāvai tiristorā sasniedzot nulles vērtību, jo no strāvmaiņa vadības signāli vairs netiek saņemti. Kad kontakts KM1 ieslēgts (pie jebkuras slodzes strāvas), tiristori saņem vadības signālu un ir atvērti. Taču slodzes strāva plūst caur galvenajiem kontaktiem, kuru pārejas pretestība ir mazāka.

Lai tiristori neieslēgtos, kad kontaktiem jāatslēdz tiem bistama caurplūstošā išslēguma strāva, paredzēti aizsardzības bloki 1,2. Ja $I > 10 I_N$, bloku elementi nostrādā un šuntē tiristoru vadības ķēdes. Tiristori neatveras. Sistēmā saglabātās lokdzēses kameras ļauj kontaktoram droši atslēgt ķēdi išslēgumu un tiristoru bojājumu gadījumos. Stabilitrōni VD3, VD4 aizsargā tiristoru vadības ķēdes pret nepieļaujamu sprieguma pieaugumu, bet R1, C1 ķēde kalpo atjaunojošos sprieguma amplitūdas pieauguma ātruma samazināšanai starp kontaktiem komutācijas momentā, kā arī tiristoru aizsardzībai pret išlaicīgiem pārspriegumiem tīklā. Šāda tipa kontaktori garantē resursu (10...15) 10^6 ciklu, bet sakarā ar augstāku izmaksu tos lieto tikai īpašos gadījumos liela ciklu skaita un intensitātes laikā. Plašāka informācija, arī par līdzstrāvas hibrīdkontaktoriem, iegūstama literatūrā [6].

Kontroluzdevumu varianti

1. Izvēlēties kontaktora elektromagnēta spolei paralēli pieslēdzamos elementus un aprēķināt to parametrus.
2. Pārrēķināt dotā elektromagnēta spoles parametrus pieslēgšanai nestandarta spriegumam.
3. Aprēķināt papildpretestības parametrus, lai līdzstrāvas elektromagnēta spoles jauda enkura ilgstošai noturēšanai pievilktā stāvoklī samazinātos atbilstoši P.9.1. tabulā apskatīto kontaktoru B115–B630 datiem.

Piezīmes

1. 25 A maiņstrāvas kontaktora darbinātāja elektromagnēta spoles datu variants: $U_N = 127$ V, $w = 1500$; $d_{iz} = 0,35$ mm; $R = 30$ Ω ; vara vadi ar emaljas izolāciju.
2. 40 A līdzstrāvas kontaktora darbinātāja elektromagnēta spoles datu variants: $U_N = 110$ V; $w = 7330$; $d_{iz} = 0,27$, $R = 320$ Ω ; vara vads ar emaljas izolāciju.

Kontroljautājumu varianti

1. No kādiem pamatmezgliem sastāv kontaktors?
2. Kādas ir šo mezglu funkcijas?
3. Kur lieto kontaktorus?
4. Kādi ir kontaktoru raksturojošie parametri?
5. Kādus lokdzēses paņēmienus lieto kontaktoros?
6. Kāpēc kontaktoriem jāieslēdzas pie pazemināta sprieguma?
7. Kāda atšķirība starp līdzstrāvas un maiņstrāvas kontaktoriem?
8. Kādām slodzes kategorijām paredzēti kontaktori?
9. Kā panāk kontaktoru unifikāciju?
10. Kādēļ paralēli kontaktoru darbinātāju elektromagnētu spolēm jāieslēdz RC ķēdes, diodes vai citi elementi?
11. Kādi noteikumi jāizpilda, pārrēķinot elektromagnētu spoles citam spriegumam?
12. Kādam nolūkam paredzēti palīgkontakti?
13. Kā novērš maiņstrāvas elektromagnēta vilces spēka pulsācijas?
14. Kādi ir maiņstrāvas kontaktoru nostrādes un atgriezes nosacījumi?
15. Kāpēc maiņstrāvas elektromagnēts nedrīkst ilgstoši darboties ar nepievilktu enkuru?
16. Kādas īpatnības ir kontaktoriem, kas strādā paaugstinātas frekvences ķēdēs?
17. Kādas ir vakuumkontaktora priekšrocības?
18. Kā veido herkonkontaktorus?
19. Kā veido hibridkontaktorus?

8. AUTOMĀTISKĀS VADĪBAS RELEJI

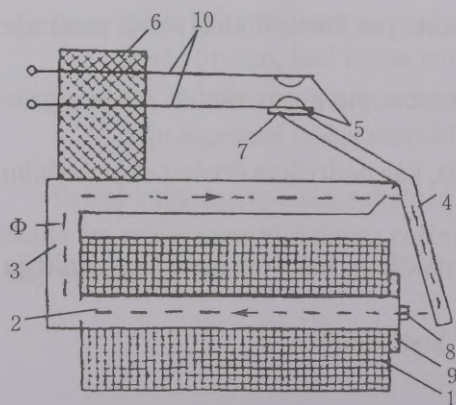
8.1. DEFINĪCIJA, RAKSTURLĪKNE, GALVENIE PARAMETRI

Automātiskās vadības iekārtās dažādu ierīču un procesu kontrolei, regulēšanai un vadībai lieto relejus.

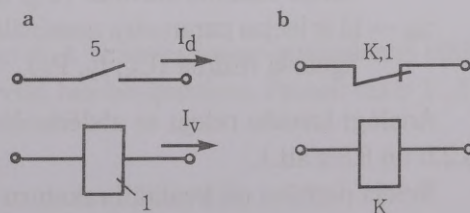
Relejs ir elektrisks aparāts, kuram, nepārtraukti mainot ieejas (vadības) parametru (piem., spriegumu), līdz tas sasniedz noteiktu vērtību, notiek lēcienveidīga izejas (vadāmā) parametra (piem., strāvas) izmaiņa.

Vienkāršākā elektromagnētiskā releja uzbūve parādīta 8.1. attēlā.

Pieslēdzot spriegumu spolei 1, pa to plūst strāva, kas rada magnētisko plūsmu elektromagnēta magnētvdā: serdē 2, jūgā 3 un enkurā 4. Gaisa spraugā starp enkuru un serdi rodas elektromagnētiskais spēks, kas pievelk enkuru pie serdes. Enkuram pagriežoties, tā otrs gals caur starpliku 7 iedarbojas uz kontaktiem 5, un tie saslēdzas, veicot vadības signāla atkārtojuma funkciju. Kontakti 5 piestiprināti plakanām atsperēm 10, kas novietotas izolācijas materiāla turētājā 6. Kad spolei atslēdz spriegumu, plakanās atsperes atslēdz kontaktus un atspiež enkuru sākuma stāvoklī. Lai paliekošās magnētiskās plūsmas iespaidā enkurs "nepieliptu", kad caur spoli vairs neplūst strāva, enkuram piestiprina nemagnētiska metāla (misiņa) plāk-



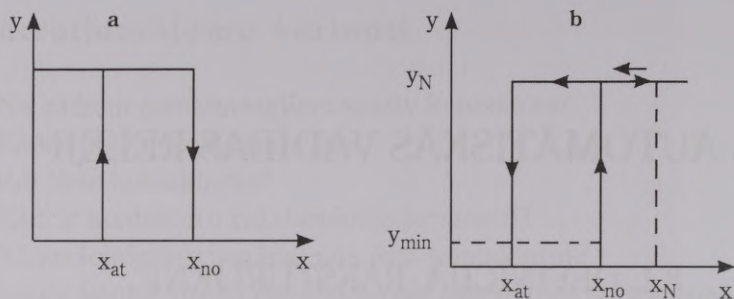
8.1. att. Elektromehāniskais relejs



8.2. att. Releja apzīmējums elektriskās shēmās

a — ar saslēdzošiem kontaktiem

b — ar atslēdzošiem kontaktiem



8.3. att. Releja statistiskā vadības raksturlikne

x — ieejas parametrs; y — izejas parametrs;
 a — ar atslēdzošiem kontaktiem; b — ar saslēdzošiem kontaktiem

snīti vai arī serdei — izcilni 8. Lai palielinātu elektromagnētisko spēku, uz serdes novieto magnētiska materiāla pola uzgali 9.

Elektriskā shēmā šādu releju attēlo, kā parādīts 8.2. attēlā: vadības ķēdē ieslēgta spole 1, bet vadāmajā ķēdē — kontakti 5.

Relejs realizē funkcionālu sakarību starp diviem elektriski nesaistītiem fizikāliem parametriem. Šo sakarību attēlo releja statistiskā vadības raksturlikne jeb “ieejas-izejas” raksturlikne (8.3. att.).

Nepārtraukti palielinot ieejas parametru x (piem., spriegumu spolei) un sasniedzot tā nostrādes vērtību x_{no} , notiek lēcienveidīga izejas parametra y (piem., strāva caur kontaktiem) izmaiņa līdz tā nominālai vērtībai y_N , kas, tālāk palielinot x , paliek nemainīga. Savukārt, samazinot x , notiek lēcienveidīga y izmaiņa līdz nullei vai y_{min} pie x atgriezes vērtības $x_{at} = x_{no} + \Delta x$.

Releja nostrādes, atgriezes un nominālie parametri:

x_{no} — tā ir minimālā ieejas parametra vērtība, pie kuras notiek releja nostrāde (U_{no}, I_{no}, P_{no});

x_{at} — tā ir maksimālā ieejas parametra vērtība, pie kuras notiek releja atgriešanās sākuma stāvokli (U_{at}, I_{at}, P_{at});

x_N — tā ir ieejas parametra nominālā vērtība, kas nodrošina drošu releja darbību ilgstošā režīmā (U_N, I_N, P_N).

Analogi izveido releju ar atslēdzošiem kontaktiem, kas veic inversijas funkciju (8.2.b un 8.3.a att.).

Releja darbību un kvalitāti raksturo virkne koeficientu.

Atgriezes koeficients

$$k_{at} = \frac{x_{at}}{x_{no}} < 1.$$

Jo mazāks ir k_{at} , jo stabilāks darbā ir relejs, un, jo k_{at} tuvāks 1, jo jutīgāks ir relejs pret ieejas parametra svārstībām. Ieejas parametrs var būt spriegums, strāva, spoles MDS utt.

Rezerves koeficients

$$k_r = \frac{x_N}{x_{no}} > 1.$$

Ja relejs paredzēts darbam stacionārās iekārtās, tad $k_r = 1,1-1,4$. Relejam pārvietojamās iekārtās (transportā) k_r var sasniegt pat 4. Jo lielāks k_r , jo neekonomiskāks relejs.

Vadības koeficients

$$k_v = \frac{P_d}{P_v} > 1,$$

kur P_d — komutējamā darba ķēdes jeb releja kontaktu jauda,
 P_v — vadības ķēdes jeb releja spoles jauda.

Komutācijas koeficients

$$k_k = \frac{I_{k \text{ iesl}}}{I_{k \text{ atsl}}} \Rightarrow \infty,$$

kur $I_{k \text{ iesl}}$ — strāva caur kontaktiem, tos ieslēdzot,
 $I_{k \text{ atsl}}$ — strāva caur kontaktiem, tos atslēdzot.

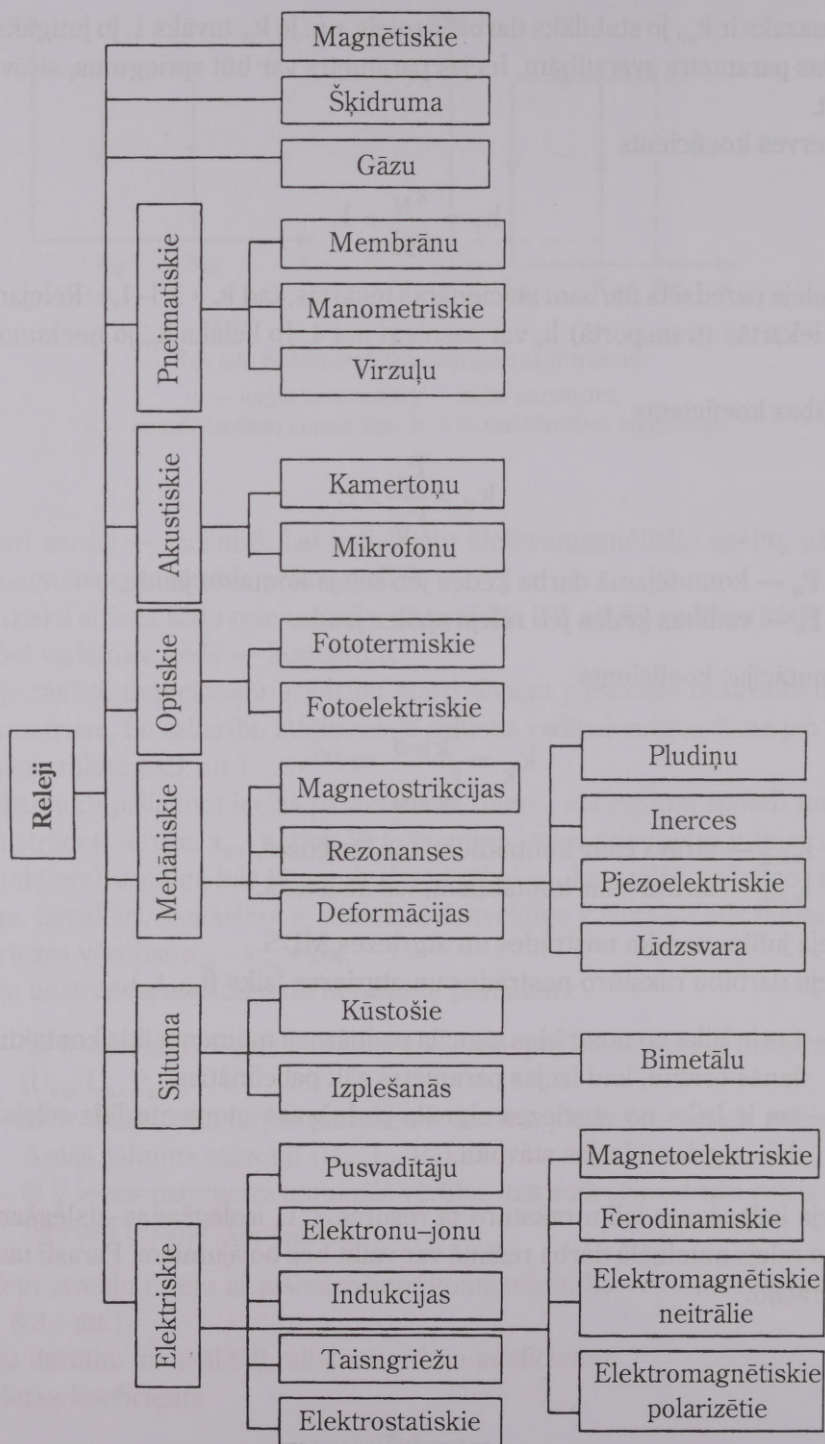
Releja jutību nosaka nostrādes un atgriezes MDS.

Releju darbību raksturo nostrādes un atgriezes laiks (t_{no} , t_{at}).

t_{no} — tas ir laiks no nostrādes signāla padošanas momenta līdz kontaktu saskaršanās brīdim, kad izejas parametrs sāk palielināties.

t_{at} — tas ir laiks no atgriezes signāla padošanas momenta līdz releja kustīgo daļu atgriezei izejas stāvoklī.

Releja kalpošanas laiku raksturo tā resurss, t. i., ieslēgšanas–atslēgšanas ciklu skaits, ko relejs nominālā darba režīmā var veikt bez bojājumiem. Parasti tas ir 1...10 milj. operāciju.



8.4. att. Releju klasifikācija

8.2. IEDALĪJUMS

Relejus var klasificēt pēc daudzām pazīmēm.

Atkarībā no fizikālā lieluma, uz kuru reaģē relejs, izšķir elektriskos, siltuma, mehāniskos, magnētiskos, optiskos, akustiskos, šķidrums, gāzu, pneimatiskos relejus. Šīs releju grupas savukārt var iedalīt apakšgrupās, kā tas redzams 8.4. attēlā. Šajā klasifikācijā ietverti tikai visbiežāk lietotie releji.

Atkarībā no strāvas veida izšķir līdzstrāvas un maiņstrāvas relejus. Līdzstrāvas relejus savukārt iedala neitrālajos, polarizētos un neitrāli-polarizētos relejos. Neitrālo releju darbība ir atkarīga tikai no magnētiskās plūsmas lieluma, bet ne no strāvas virziena spolē. Šiem relejiem ir divi stabili enkura stāvokļi, tāpēc tos sauc par divpozīciju relejiem. Polarizēto releju darbība ir atkarīga no strāvas virziena spolē. Šie releji var būt divpozīciju un trīspozīciju. Neitrāliem-polarizētiem relejiem ir kombinēta konstrukcija ar diviem enkuriem: neitrālo un polarizēto.

Atkarībā no fizikālā lieluma, uz kura vērtību reaģē relejs, izšķir strāvas, sprieguma, jaudas, pretestības, frekvences, laika u. c. relejus.

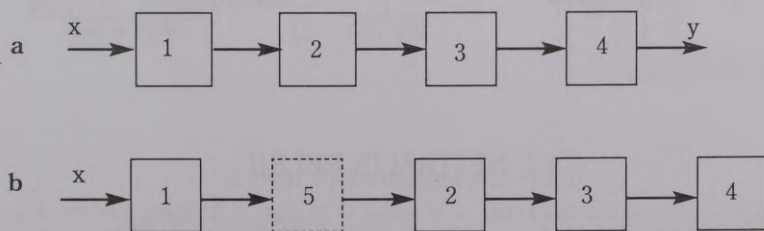
Atkarībā no lietojuma relejus iedala radioelektroniskās automātikas, elektro-sakaru, rūpniecības automātikas, energosistēmu aizsardzības, autobloķēšanas u. c. relejos.

8.3. RELEJU UZBŪVES PAMATPRINCIPI

Neskatoties uz lielo konstrukciju daudzveidību, visi releji sastāv no šādiem funkcionāliem mezgliem (8.5. att.):

1 — uztverošais mezgls — tas uztver ieejas signāla iedarbību un padara to pieejamu tālākiem pārveidojumiem; uztverošā mezgla uzbūve ir atkarīga no ieejas signāla veida, uz kuru tam jāreaģē. Piemēram, strāvas relejam ir elektromagnēta spole, līmeņa relejam — pludiņš, spiediena relejam — membrāna utt.;

2 — pārveidojošais mezgls — tas pārveido ieejas parametru (parasti tā enerģiju)



8.5. att. Releja blokshēma bez (a) un ar (b) laikizturi

tā, lai tas būtu ērts salīdzināšanai. Piemēram, elektromagnētā rodas vilces spēks, kas pievelk tā enkuru (elektriskā enerģija tiek pārveidota mehāniskajā);

3 — salīdzināšanas mezgls — tas salīdzina pārveidoto signālu ar releja nostrādes vērtību un nodrošina noteiktu izejas signālu. Piemēram, elektromagnētiskā relejā vilces spēkam jābūt lielākam par atslēdzošo atsperu kopējo spēku, lai tas nostrādātu;

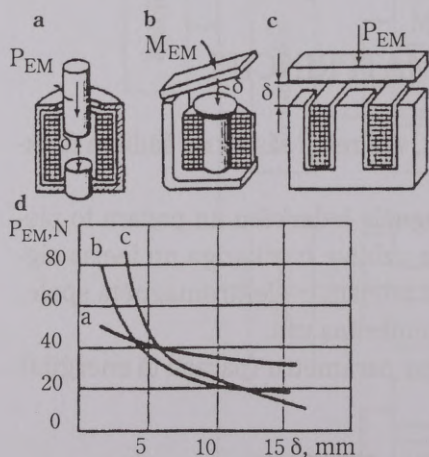
4 — izpildmezgls — tas nodrošina lēcienveida parametru izmaiņas izejas elektriskajā ķēdē. Piemēram, saslēdzas releja kontakti;

5 — palēninošais mezgls — tas nodrošina vajadzīgo nostrādes vai atgriezes laikizturi. Parasti tie ir dažādi releja papildelementi: īsi slēgti gredzeni, pulksteņa mehānisms u. c.

Konstruktīvi vairāki funkcionālie mezgli var būt apvienoti vienā.

8.4. ELEKTROMAGNĒTISKIE RELEJI

Elektromagnētiskajos relejos ieejas signāla uztveršanu, pārveidošanu un salīdzināšanu realizē elektromagnētiskais mehānisms (elektromagnēts un atslēdzošās atsperes), bet izpildmezgls ir kontaktu sistēma.



8.6. att. Elektromagnētu izplatītākie tipi un to vilces raksturliiknes

8.4.1. NEITRĀLIE RELEJI

Elektromagnētisko releju konstrukciju nosaka izmantotā elektromagnēta tips: solenoidālais ar ievilkamu enkuru, U veida ar pagriežamu enkuru vai E veida ar

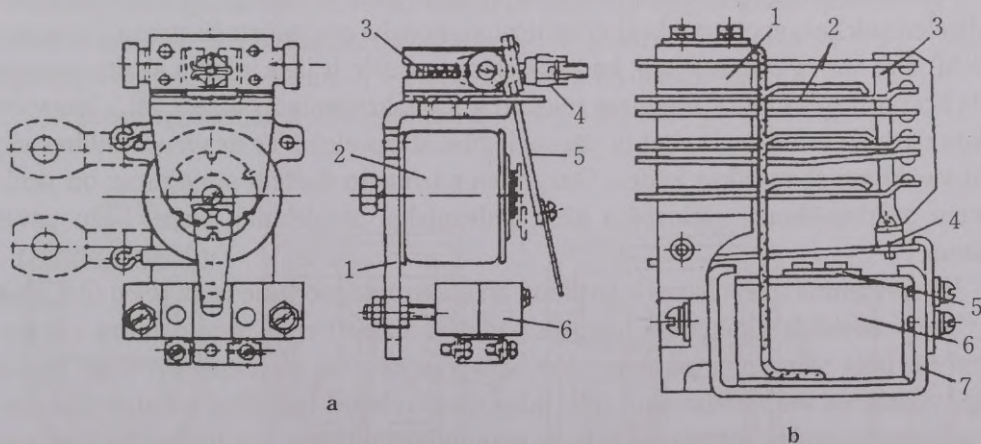
taisnvirziena vai pagriežamu enkuru (8.6.a, b, c att.). No elektromagnēta konstrukcijas ir atkarīga tā vilces raksturlikne (8.6.d att.).

Dažādo elektromagnētu izmantošana relejos dod iespēju iegūt vilces raksturliknes, kas labi saskaņojas ar mehāniskajām raksturliknēm (sk. 7.3. att.). Relatīvi mazi elektromagnēti rada pietiekami lielu vilces spēku, tāpēc tos plaši izmanto gan līdzstrāvas, gan maiņstrāvas relejos, piemēram, strāvas relejos (maksimālās un minimālās), sprieguma relejos (maksimālā, minimālā, starprelejos, signāltrejos u. c.), laika relejos, frekvences relejos, ko lieto gan automātiskās vadības ķēdēs, gan enerģosistēmu aizsardzības iekārtās.

Elektromagnētiskos relejus izgatavo izejas jaudai no dažiem vatiem līdz vairākiem tūkstošiem vatu; jauda vadības ķēdē svārstās robežās no vatu daļām līdz dažiem desmitiem vatu. To nostrādes laiks atkarībā no konstrukcijas var būt no 1–2 līdz 20 ms. Elektromagnētiskie laika releji nodrošina laikizturi līdz 100 ms. Elektromagnētisko releju maksimālais ieslēgšanās operāciju skaits stundā ir 1500 līdz 4000, nodrošinot mehānisko dilumizturību 10...20 miljoni operāciju, bet elektrisko dilumizturību — dažus miljonus operāciju.

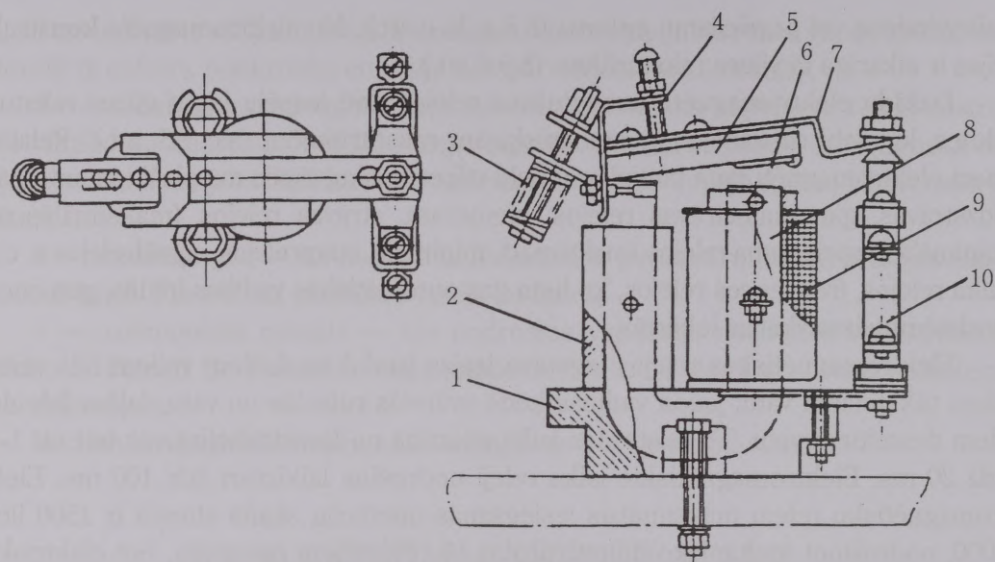
Dažas neitrālo elektromagnētisko releju konstrukcijas parādītas 8.7. un 8.8. attēlā.

8.7. att. redzamo maksimālās strāvas releju izgatavo strāvām no 2 līdz 1500 A ar vienu ieslēdzošu un vienu atslēdzošu kontaktu, ar pašatgriezi vai atgriezi sākuma stāvokli ar pogu vai elektromagnētu. Pārtraucot strāvu vadības ķēdē (spolē), relejs ar pašatgriezi automātiski (atslēdzošās atsperes iedarbībā) atslēdzas, bet pārējiem



8.7. att. Elektromagnētiskie releji

a — maksimālās strāvas relejs; 1 — jūgs; 2 — spole; 3 — atslēdzošā atsperē; 4 — regulēšanas skrūvē; 5 — enkurs; 6 — mikroslēdzis (kontakti); b — starprelejs; 1 — kontakttūrētājs; 2 — kontakti; 3 — kontaktstienis; 4 — enkurs; 5 — pols; 6 — spole; 7 — jūgs



8.8. att. Elektromagnētiskais laika relejs

1 — lieta silumīnija pamatne; 2 — vara cilindrs; 3 — regulējama atslēdzošā atspere; 4 — skrūve gaisa spraugas regulēšanai; 5 — enkurs; 6 — nemagnētiska plāksnīte; 7 — svira; 8 — U veida serde; 9 — spole; 10 — kontakti

enkurs ir fiksēts ar sprūda mehānismu; tāpēc releju var atslēgt (pēc strāvas pārtraukšanas), tikai nospiežot pogu vai no vadības pulsts ar elektromagnēta palīdzību atbrīvojot sprūdu.

Sprieguma releji no strāvas relejiem atšķiras tikai ar spoli. Tā kā strāvas releju ķēdē slēdz virknē, spoles vada šķērsriezumu nosaka caurplūstošā strāva (tā parasti ir liela), bet sprieguma relejam, ko ķēdē slēdz paralēli, ir liels vijumu skaits ar mazu vada šķērsriezumu. Ja sprieguma relejam ir kontaktstienis 3 (sk. 8.7. att.), kas vienlaikus darbina vairākus kontaktu pārus, iegūst starpreleju. Te ar vienu vadības signālu var komutēt vairākas ķēdes. Starprelejus izmanto dažādu spriegumu un jaudu līmeņu salīdzināšanai, elektrisko ķēžu galvaniskai atdalīšanai, izejas ķēžu pavairošanai.

Uz sprieguma releja bāzes ir izveidoti arī elektromagnētiskie laika releji (8.8. att.).

Tajos nostrādes laikizturi (signāla padeves aizturi) rada vara cilindrs vai gredzeni un lietā silumīnija pamatne, kas aptver serdi. Šie elementi darbojas kā īsi, slēgti vijumi, un tos var izmantot tikai līdzstrāvas relejos. Ieslēdzot vai atslēdzot spolei spriegumu, rodas augoša vai krītoša magnētiskā plūsma, kas inducē īsi slēgtajos vijumos EDS, kuri savukārt rada tajos strāvu. Inducētā strāva rada magnētisko plūsmu, kas vērsta pretēji pamatplūsmas izmaiņai, tādējādi to bremsējot. Šādos relejos var iegūt nostrādes un atgriezes laikizturi līdz 100 ms atkarībā no īsi slēgto vijumu skaita un izmēriem.

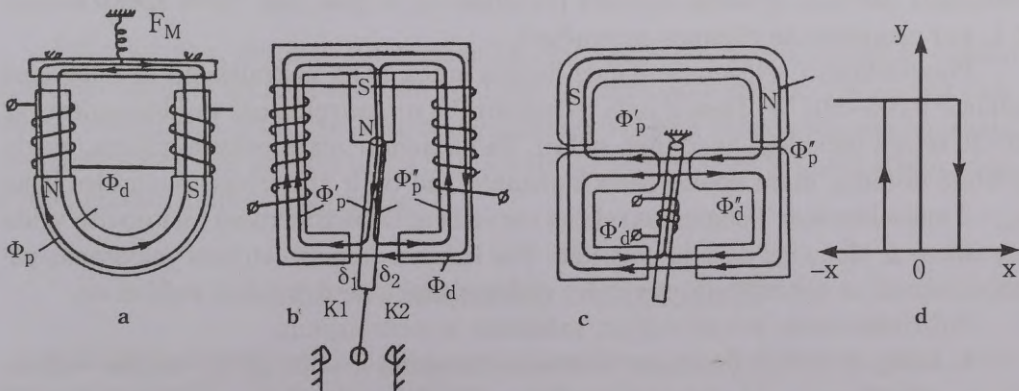
8.4.2. POLARIZĒTIE RELEJI

Polarizētajos relejos darbojas divas neatkarīgas magnētiskās plūsmas (8.9. un 8.10. att.): polarizējošā un darba (vadības). Polarizējošo magnētisko plūsmu Φ_p rada pastāvīgais magnēts vai elektromagnēts, ko baro no pastāvīga avota. Darba plūsmu Φ_d rada releja spole, kurā plūst vadības strāva. Ja abas magnētiskās plūsmas summējas, enkurs pievelkas, ja tās ir pretēji vērstas, enkurs nepievelkas. Līdz ar to polarizētais relejs dažādi reaģē uz atšķirīgas polaritātes signālu vadības spolē. Tā ieejas-izejas raksturlikne parādīta 8.9.d attēlā.

Atkarībā no magnētiskās ķēdes izvietojuma iegūst releju ar virknes, paralēlo vai tiltiņa magnētisko ķēdi (8.9.a, b, c att.). Virknes shēmas relejs (8.9.a att.) nostrādā tikai pie vienas polaritātes vadības signāla, kad magnētisko plūsmu Φ_d un Φ_p virzieni sakrīt, jo to radītais vilces spēks $F_p + F_d$ ir lielāks par atslēdzošās atsperes spēku F_M . Kad $\Phi_d = 0$, tad $F_p < F_M$ un enkurs nepievelkas. Kad spoles radītā magnētiskā plūsma Φ_d ir pretēji vērsta Φ_p , tad $F_p - F_d < F_M$ un enkurs nepievelkas. Tas ir vienpozīciju relejs ar nelielu jutību. Virknes shēmu lieto reti, jo darba plūsma var atmagnetizēt pastāvīgo magnētu.

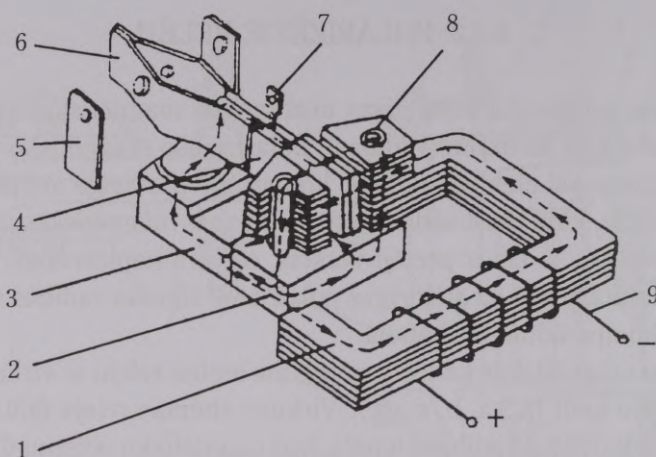
Visizplatītākā ir paralēlā shēma (8.9.b. un 8.10. att.). Te izmantots diferenciālais darbības princips. Magnētiskajā ķēdē ir divas darba gaisa spraugas δ_1 un δ_2 , kurās magnētiskās plūsmas vai nu summējas, vai atskaitās. Ja darba plūsma $\Phi_d = 0$, uz enkuru darbojas polarizējošās plūsmas Φ_p radītais vilces spēks F_p . Pastāvīgā magnēta radītā plūsma Φ_p caur divām gaisa spraugām δ_1 un δ_2 sadalās divās daļās Φ'_p un Φ''_p . Releja enkurs paliks nekustīgs, ja $\delta_1 < \delta_2$, tad $F_{p1} > F_{p2}$ un noslēgti ir kontakti K1. Pieslēdzot spriegumu spolei, rodas darba plūsma Φ_d . Tagad gaisa spraugā δ_2 , magnētiskās plūsmas ir vērstas pretēji, bet δ_1 — vienā virzienā. Tā kā $\Phi_1 = \Phi'_p + \Phi_d$ un $\Phi_2 = \Phi''_p - \Phi_d$, tad $\Phi_1 > \Phi_2$ un $F_1 > F_2$; un kontakti K1 paliek ieslēgti.

Ja strāva spolē maina virzienu, tad $\Phi_1 = \Phi'_p - \Phi_d$ un $\Phi_2 = \Phi''_p + \Phi_d$.



8.9. att. Polarizēto releju magnētiskās ķēdes

a — virknes shēma; b — paralēlā shēma; c — tiltiņa shēma; d — ieejas-izejas raksturlikne



8.10. att. Polarizētais relejs

1 — serde; 2, 3 — pastāvīgais magnēts; 4 — enkurs; 5 — nekustīgais kontakts; 6 — kontaktatspere ar kustīgo kontaktu; 7 — tērauda plakanā atsperē; 8 — stiprināšanas skrūve; 9 — vadības spole

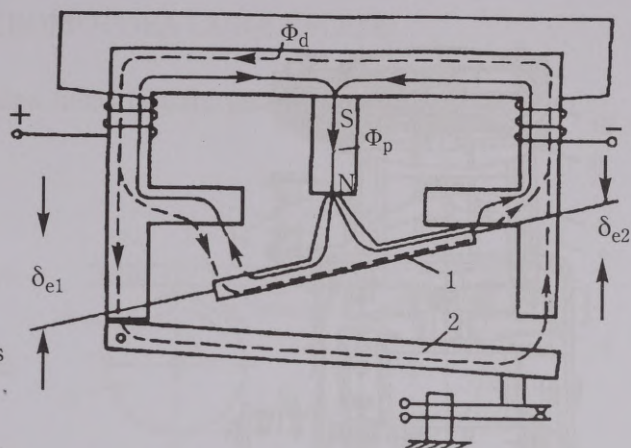
Tā kā tad $\delta_1 < \delta_2$ un $\Phi'_p > \Phi''_p$, un, ja Φ_d ir maza, tad $\Phi_1 > \Phi_2$ un K1 paliek ieslēgti. Darba strāvai sasniedzot nostrādes vērtību I_{no} , $\Phi_2 > \Phi_1$ un $F_2 > F_1$, tāpēc enkurs pārvietojas pa labi un ieslēdzas kontakti K2. Šī tipa releja konstrukcija parādīta 8.10. att. Relejs var būt noregulēts neitrāli vai ar pārsvaru uz vienu pusi. Pirmajā gadījumā enkurs pārslēdzas uz abām pusēm pie vienādas I_{no} . Ja $I_d = 0$, enkurs paliek tajā stāvoklī, kādā bija pirms strāvas atslēgšanas. To panāk, novietojot enkuru simetriski starp poliem. Ja relejs noregulēts ar pārsvaru uz vienu pusi, piem., K1, pēc strāvas atslēgšanas enkurs vienmēr ieslēgs kontaktus K1. Šāds relejs ir divpozīciju. Ja pie $I_d < I_{no}$ ($\delta_1 = \delta_2$), iegūst trīspozīciju releju.

Sevišķi augsta jutība ir relejiem ar tiltiņa shēmu (8.9.c att.), bet to konstrukcija ir sarežģītāka. Te ir četras darba gaisa spraugas, kas veido tiltiņa plecus. Tāpat kā paralēlās shēmas gadījumā, arī tiltiņa shēmas polarizētajos relejos ir izmantots diferenciālais darbības princips (enkurs pievelkas uz to pusi, kur vilces spēks lielāks, t. i., kur magnētiskās plūsmas summējas).

Polarizētajiem relejiem ir daudz lielāka jutība nekā neitrālajiem: to nostrādes jauda ir 0,005–0,01 W. Tiem ir liela termoizturība un caurplūstošā vadības strāva var 20–30 reizes pārsniegt nostrādes strāvu. Tā kā tiem ir mazs enkura gājiens, viegla kustīgā sistēma, maza spoles laika konstante, tad tie ir ātrdarbīgi (nostrādes laiks $t_{no} \approx 2$ milisekundes). Polarizētos relejus var vadīt ar nepārtrauktiem vai impulsu veida signāliem ar vienu vai dažādu polaritāti. Tos izmanto impulsu strāvas veidošanai, pastiprināšanai un ģenerēšanai, reversīvo elektrodzinēju nepārtrauktai vadībai utt.

Polarizēto releju priekšrocības, salīdzinot ar neitrālajiem.

1. Releja nostrāde (kontakta sistēmas stāvoklis) ir atkarīgs no vadības signāla polaritātes.



8.11. att. Neitrālais-polarizētais relejs

1 — polarizētais enkurs

2 — neitrālais enkurs

δ_{e1} , δ_{e2} — polarizētā enkura pārvietojums

2. Releju var vadīt ar islaicīgiem impulsiem.

3. Kontakti paliek ieslēgtā stāvoklī pēc impulsa beigām, kas dod iespēju šos relejus izmantot par atmiņas elementiem.

4. Pēc nostrādes relejs nepatērē enerģiju enkura noturēšanai ieslēgtā stāvoklī.

5. Liela jutība, maza vadības jauda pie samērā lielas vadāmās jaudas.

Praksē izmanto arī neitrālos – polarizētos jeb kombinētos relejus (8.11. att.), kas sastāv no neitrālā un polarizētā releja elementiem.

Relejam ir divi enkuri. Enkurs 1 reaģē uz strāvas polaritāti spolē kā polarizētajā relejā, bet enkurs 2 pievelkas kā neitrālā relejā. Atslēdzot strāvu spolē, enkurs 2 atslēdzas, bet enkurs 1 paliek pievilcts pie tā pola, kur bija pievilcts iepriekš.

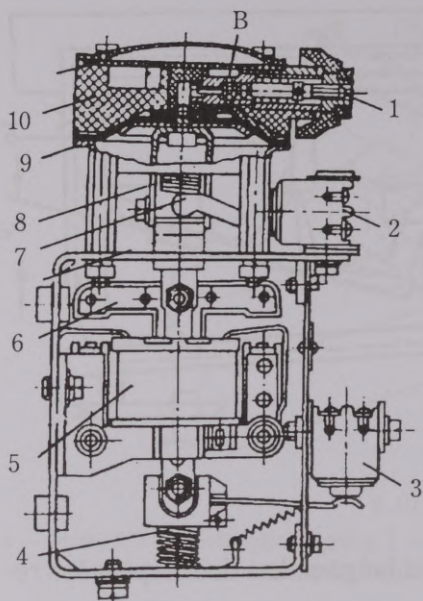
Jāatzīmē, ka polarizētie releji ir jutīgi pret ārējiem magnētiskiem laukiem, tāpēc nav ieteicams tos novietot tuvu vienu otram.

8.5. LAIKA RELEJI

Tehnoloģisko procesu automatizācijā bieži nepieciešams nodrošināt dažādu operāciju noteiktu secību laikā. Šim nolūkam izmanto laika relejus. Tie var būt elektromagnētiski (8.8. att.), vai elektromagnētiskam relejam pievienots pneimatiskais, mehāniskais vai cits shēmas bloks 5 (8.5.b att.). Tādējādi izveido pneimatisko, elektromehānisko, motora laika releju.

8.5.1. PNEIMATISKAIS LAIKA RELEJS

8.12. att. redzamais relejs darbojas gan līdzstrāvas, gan maiņstrāvas ķēdēs. Ar to var iegūt nostrādes laikizturi no 0,4–180 s. Laikiztures bloks ir pneimatiskā kamera



8.12. att. PBIT tipa pneimatiskais laika relejs

1 — regulēšanas adata; 2, 3 — mikroslēdži; 4 — atslēdzošā atspere; 5 — spole; 6 — T veida enkurs; 7 — svira; 8 — atspere gaisa iesūkšanai; 9 — membrāna; 10 — pneimatiskā kamera

10, kas sastāv no atveres B gaisa iesūkšanai ar regulējošo adatu 1; membrānas 9, kas savienota ar virzuli un atspēri 8, un sviru 7 mikroslēdža 2 ieslēgšanai.

Kad $I = 0$, atslēdzošā atspere 4 paceļ enkuru 6 un saspiež atspēri 8, mikroslēdža 2 kontakti ir atslēgti. Pēc sprieguma pieslēgšanas spolei tā pievelk enkuru. Atspere 8 atbrīvojas un velk uz leju membrānu, iesūcot pneimatiskajā kamerā gaisu. Atkarībā no atveres B lieluma mainās membrānas kustības ātrums un laiks, kad ieslēgsies mikroslēdzis 2. Mikroslēdzis 3 nodrošina nostrādi bez laikztures, jo to ieslēdz svira, kas tieši pievienota enkura pagarinājumam. Izgatavo arī pneimatiskus relejus ar atgriezes laikzturei.

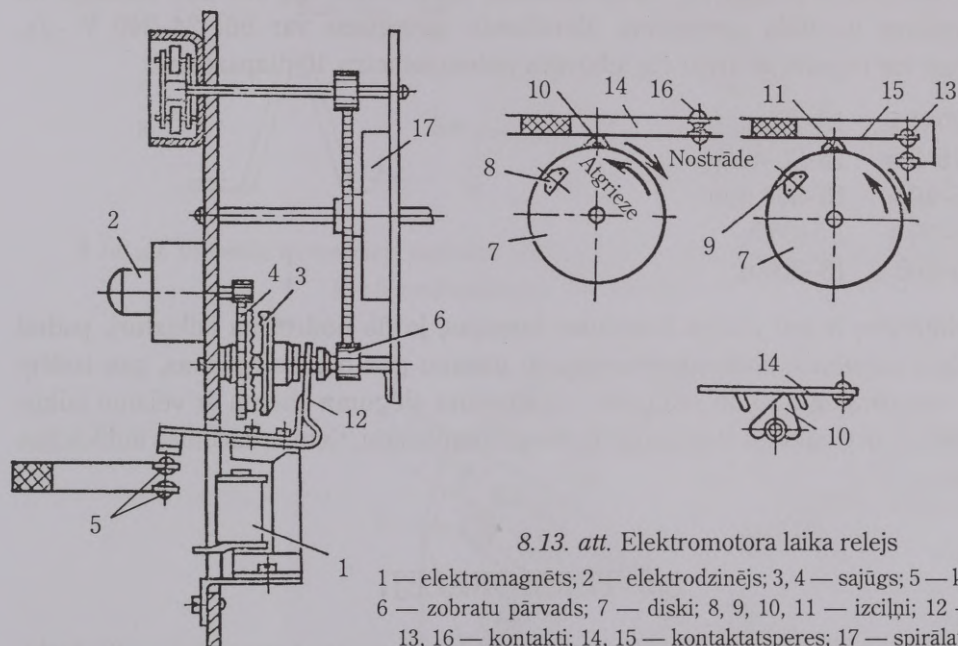
Laikztures precizitāte pneimatiskajiem relejiem ir zema (regulators nav graduēts), jo atkarīga no apkārtējā gaisa stāvokļa, tos nevar lietot putekļainā un ķīmiski agresīvā vidē. Elektriskā dilumizturība ir 1 milj. operāciju, ja ieslēgšanās biežums ir 1200 operāciju stundā.

8.5.2. ELEKTROMEĀHĀNISKAIS LAIKA RELEJS

Elektromehāniskā laika releja uzbūve ir līdzīga, tikai te laikzture rada pulksteņa mehānisms. Tā atspēri uzvelk elektromagnēts. Kontakti ieslēdzas, kad mehānisma svira pagriežas līdz atdurei, ar kuru ir ieregulēta vajadzīgā laikzture. ЭВ tipa releji nodrošina nostrādes laikzturei 2...20 s ar precizitāti $\pm 10\%$. Tā kā pulksteņa mehānisma resurss ir 15 000 operāciju, šos relejus nelieto biežai nostrādei.

8.5.3. ELEKTROMOTORA LAIKA RELEJI

Elektromotora laika releji kalpo lielas laikztures nodrošināšanai (20–30 min).



8.13. att. Elektromotora laika relejs

1 — elektromagnēts; 2 — elektrodzinējs; 3, 4 — sajūgs; 5 — kontakti, 6 — zobratu pārvads; 7 — diski; 8, 9, 10, 11 — izciļņi; 12 — svira; 13, 16 — kontakti; 14, 15 — kontaktatsperes; 17 — spirālatspere

Šī releja svarīga sastāvdaļa ir elektrodzinējs ar noteiktu rotācijas frekvenci. 8.13. attēlā dota elektromotora laika releja shēma. Lai iedarbinātu releju, pieslēdz spriegumu elektromagnētam 1 un elektrodzinējam 2. Elektromagnēts bez kavējuma ar sviru 12 ieslēdz sajūgu 3, 4 un izejas kontaktus 5. Dzinējs caur sajūgu un zobratu pārvadu 6 sāk griezt diskus 7 ar izciļņiem 8 un 9, kas, saskaroties ar izciļņiem 10 un 11, pagriež tos un atslēdz kontaktus 16, un ieslēdz kontaktus 13.

Nostrādes laikzture atkarīga no disku 7 sākuma stāvokļa. Atslēdzot relejam spriegumu, spirālatspere 17 pagriež diskus 7 sākuma stāvoklī. Releja darba kļūda ir ± 5 s. Elektromotora laika relejam var ieregulēt 5 dažādas laikztures piecās neatkarīgās elektriskās ķēdēs, uz to bāzes var veidot programmrelejus. Šie releji pārslēdz ķēdes pēc iepriekš sastādītas programmas — noteiktā secībā ar dažādu laikizturi.

8.5.4. TAIMERI

Pēdējos gados arvien lielāku izplatību iegūst daudzprogrammu regulējamie elektroniskie laikztures bloki — taimeri. Tie bieži ir iebūvēti vienā korpusā ar izejas

releju. Līdz ar to iegūst laika releju, ko vienkāršības dēļ praksē arī sauc par taimeru. Galvenā taimera sastāvdaļa ir elektroniskā shēma (ASIC), kas sastāv no apmēram 800 loģisko elementu ar analogajām un ciparu funkcijām. Tā nodrošina taimera augstu laikiztures precizitāti plašās robežās (0,05 s–300 h), kas nav atkarīga no temperatūras un tikla sprieguma. Barošanas spriegums var būt 24–240 V ~/= . Laikizturi var regulēt ar ārēju vai iebūvētu potenciometru 10 diapazonos:

0,05–1 s	15–300 s
0,15–3 s	15–30 min
0,5–10 s	15–300 min
1,5–30 s	1,5–30 h
5,0–100 s	15–300 h

Taimeriem ir ļoti plašas lietošanas iespējas, jo tie nodrošina laikizturi, padod atsevišķus impulsus, nodrošina mirgojošu gaismu gan pie ieslēgšanas, gan izslēgšanas, veic pārslēgšanu no zvaigznes uz trīsstūra slēguma shēmu ar vēlamo laikizturi. Taimeri ir vienkārši ekspluatācijā, viegli regulējami, tiem ir darbības indikācijas lampiņas.

8.6. TERMORELEJI

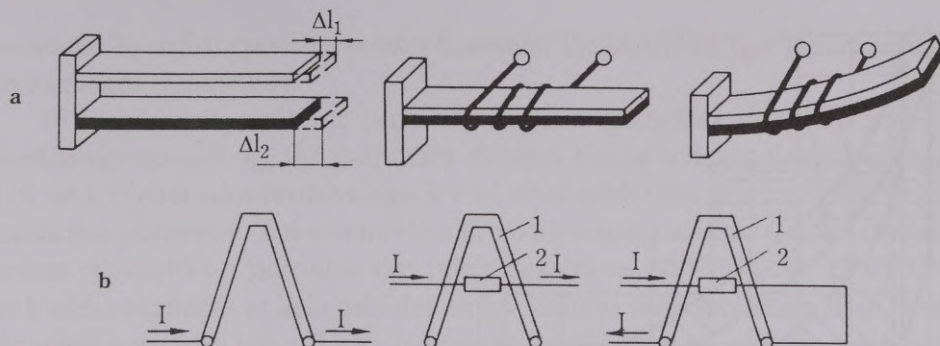
Lai aizsargātu elektroiekārtas no pārkaršanas, izmanto termorelejus. To darbības pamatā ir siltuma iedarbība uz materiāla mehāniskajām īpašībām (piem., izplešanās) vai elektriskajām un magnētiskajām īpašībām: $\rho = \varphi_1(\theta)$, $\varepsilon = f_2(\theta)$, $\mu = f_3(\theta)$.

Attīstoties elektronikai, plašu lietojumu iegūst universālie releji, kam viena no funkcijām ir patērētāja aizsardzība no pārslodzes strāvām. To darbības pamatā ir aizsargājamā objekta un releja laikstrāvas raksturliķņu salīdzināšana (relejā iebūvētais mikroprocesors aprēķina I^2t un salīdzina to ar iestatīto standarta vērtību, tādējādi kontrolējot izdalīto siltuma enerģiju). Piemēram, vienfāzes pusvadītāju releji RJCS slodzes strāvas kontrolei vai aizsardzības aparāts MiCOM P211. Releji elektrodzinēju aizsardzībai apskatīti 9. nodaļā.

8.6.1. BIMETĀLA TERMORELEJI

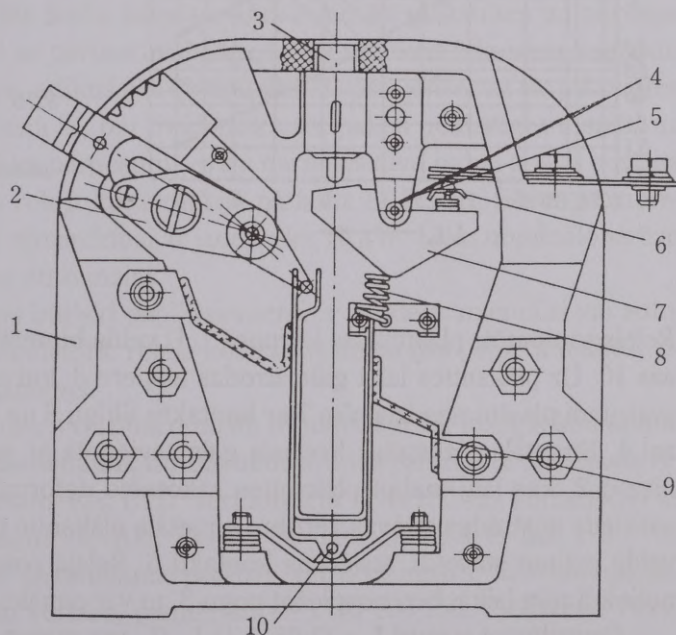
Bimetāla termorelejus plaši lieto automātiskās vadības shēmās. Tos izmanto magnētiskajos palaidējos dzinēju aizsardzībai no pārslodzēm un arī kā laika relejus. Galvenā releja sastāvdaļa ir bimētāla plāksnīte, kas sastāv no divām cieši savienotām (sametinātām vai saladētām) metāla sloksnītēm ar dažādiem termiskās izplešanās koeficientiem α_1 un α_2 ($\alpha_1/\alpha_2 \approx 20$).

Šāda plāksnīte sasilstot izliecas uz metāla ar mazāko α pusi par vairākiem milimetriem (8.14.a att.). Bimetāla plāksnīti var sildīt trejādi (8.14.b. att.). Tiešā sildišana



8.14. att. Bimetāla termoreleja darbības princips (a) un plāksnītes sildīšanas veidi (b)

1 — bimetāla plāksnīte; 2 — sildelements



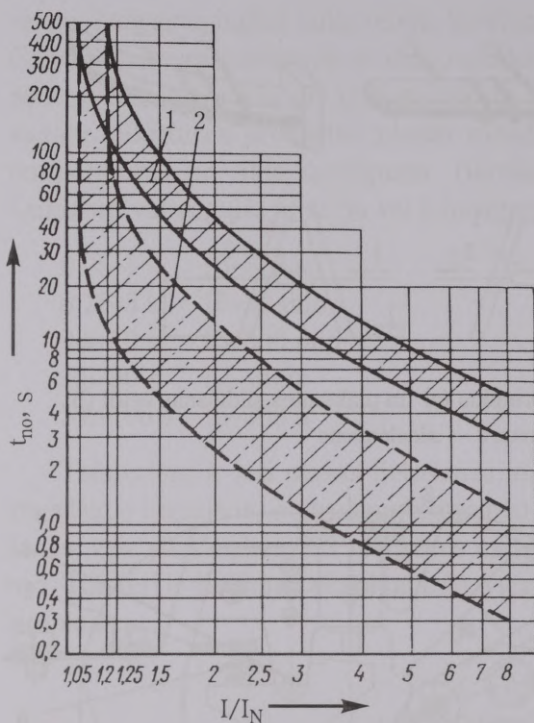
8.15. att. Bimetāla termorelejs

1 — korpuss; 2 — regulators;
3 — ieslēgšanas poga; 4 — ass;
5 — nekustīgie kontakti; 6 — kustīgais kontakttiltītis; 7 — izcilnis;
8 — atsperē; 9 — bimetāla plāksnīte; 10 — ass

notiek, ja caur plāksnīti 1 plūst visa ķēdes strāva; netiešā — ja strāva plūst sildelementu 2, kas silda plāksnīti; kombinētā — ja strāva plūst gan caur plāksnīti, gan sildelementu. Bimetāla plāksnīte ar kontaktiem var būt savienota tieši, tad kontaktu kustības ātrums vienāds ar plāksnītes izliekšanās ātrumu (kontakti var apdegt), vai caur sprūda mehānismu, kas nodrošina ātru kontaktu nostrādi pie noteikta plāksnītes stāvokļa. Pēdējo konstrukciju sauc par termisko pārslodzes atkabni.

Bimetāla siltuma releju konstrukcijas ir ļoti dažādas. Viena no tām dota 8.15. attēlā.

Šim relejam var izmantot papildu sildelementu, ko slēdz virknē, paralēli vai paralēli-virknē ar bimetāla plāksnīti, tādējādi regulējot strāvu caur bimetāla plāksnīti.



8.16. att. Termoreleja aizsardzības raksturlikne

1 — aukstai bimetāla plāksnītei; 2 — ar I_N sasildītai bimetāla plāksnītei

Relejs samontēts plastmasas korpusā 1. U veida bimetāla plāksnīte 9 nostiprināta uz ass 10. Uz plāksnītes labā gala atrodas atspere 8, kuras otrs gals piestiprināts līdzsvarotam plastmasas izcilnim 7 ar kontaktu tiltiņu 6 uz tā. Izcilnis var pagriezties ap asi 4. Bimetāla plāksnītes kreisais gals savienots ar nostrādes regulēšanas mehānismu 2, kas ļauj mainīt plāksnītes sākotnējo deformāciju. Kad pārslodzes strāva sasniedz nostrādes strāvas vērtību, bimetāla plāksnīte pagriež izcilni 7, kam, lēcienveidā mainot stāvokli, atslēdzas kontakti 5. Releja pašatgriešanās sākuma stāvokli notiek 3 min laikā, bet, nospiežot pogu 3, to var panākt pēc 1 min.

Caurplūstot strāvai $I_c = (1,05-1,1) I_N$ (I_N var mainīt ar regulatoru 2 par 25%), relejs ilgstošā režīmā nenostāda, bet, ja caurplūstošā strāva ir $(1,2-1,35) I_N$, tam jānostāda pēc 4–10 min.

Termoreleju darbību raksturo tā laikstrāvas jeb aizsardzības raksturlikne $t_{no} = f(I)$. Tā kā relejus ražo sērijās dažādām nominālām strāvām, parasti raksturliknes dotas attiecinātās vienībās $t=f(I/I_N)$ (8.16. att.).

Laikstrāvas raksturlikne precīzi jāsaprot ar aizsargājamā objekta silšanas raksturlikni, kurai jāatrodas zem termoreleja laikstrāvas raksturliknes, bet iespējami tuvu tai. Tā kā elektrodzinēja masa ir daudz lielāka par termoreleja masu, tad tas sasilst lēnāk nekā termoreleja bimetāla plāksnīte un notiek priekšlaicīga dzinēja atslēgšana. Lai to novērstu, izvēloties termoreleju, jāsalīdzina tā silšanas laika

konstante T_R ar dzinēja silšanas laika konstanti T_D : tām jābūt $T_R \approx T_D$; bet ne vienmēr tās katalogos ir uzrādītas.

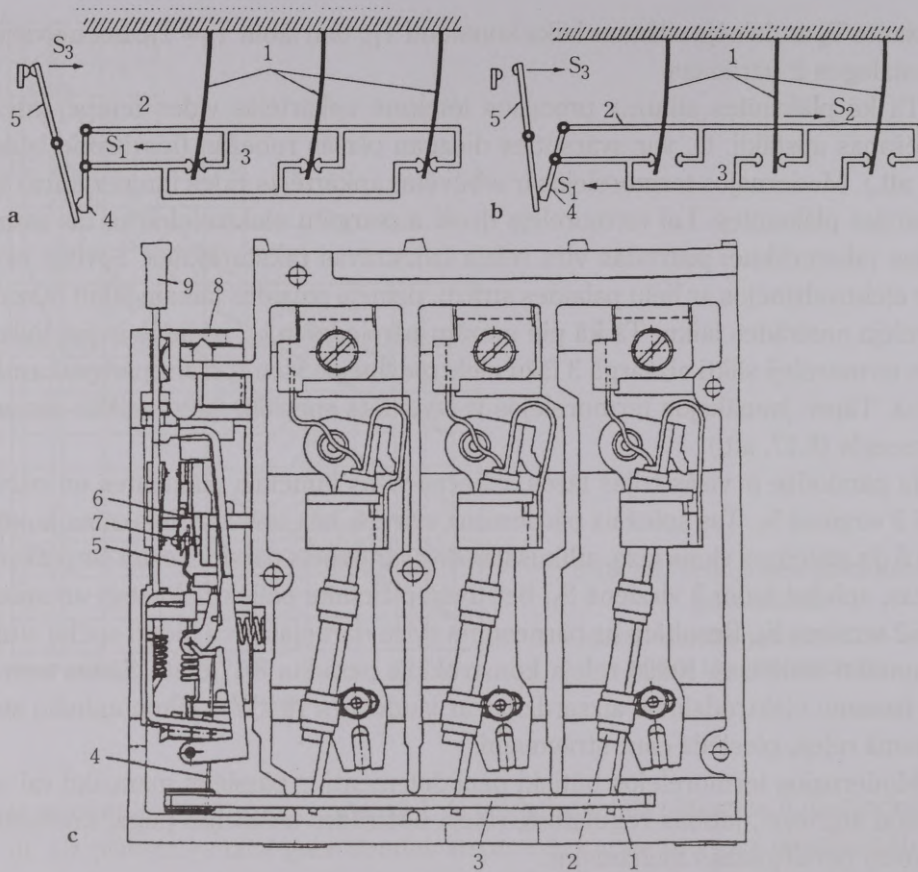
Tā kā plāksnītes siltuma procesus ietekmē apkārtējās vides temperatūra un dzesēšanas apstākļi, t_{no} var svārstīties diezgan plašās robežās (iesvitrotie laukumi 8.16. att.). Modernajos termorelejos ir iebūvētas apkārtējās vides temperatūras kompensācijas plāksnītes. Lai termorelejs droši aizsargātu elektroiekārtu, tās termoizturības raksturliknei jāatrodas virs releja laikstrāvas raksturliknes. Sevišķi svarīgi tas ir elektrodzinējos ar lielu palaides strāvu: dzinēja palaides laikam jābūt mazākam par releja nostrādes laiku. Tā kā pie mazām pārslodzēm t_{no} izkļiede ir ļoti liela, parastie termoreleji slikti aizsargā 3 fāžu elektrodzinējus vienas fāzes pārtraukuma gadījumā. Tāpēc jaunākajos termorelejos ir izveidots speciāls diferenciālās aizsardzības mezgls (8.17. att.).

Ja pārslodze ir visās trijās fāzēs, izliecas visas bimetāla plāksnītes un pārvieto bīdni 3 virzienā S_1 . Tas spiež uz pārneseņa sviru 4, kas savukārt iekustina kontaktu sviru 5. Ja atslēdzas viena fāze, atlikušajās divās ir neliela pārslodze, un šīs plāksnītes izliecas, spiežot bīdni 3 virzienā S_1 , bet trešā plāksnīte paliek nekustīgi un spiež uz bīdni 2 virzienā S_2 . Rezultātā uz pārneseņa sviru darbojas divu bīdņu spēku summa un kontakti atslēdzas. Reālā releja konstrukcija parādīta 8.17.c att. Šādus termorelejus izmanto elektrodzinēju aizsardzībai ar jaudu virs 10 kW. Lielu nominālo strāvu gadījumā releju pieslēdz caur strāvmaini.

Modernajos termorelejos būtiski papildelementi ir pārslēgš manuālai vai automātiskai atgriezei, jutības regulators, releja nostrādes imitācijas poga, kontaktu lēcienveida pārslēgšanās mehānisms.

Lielākai sildelementu strāvas vērtībai domātu termoreleju var komplektēt ar mazākai strāvai domātiem sildelementiem, turklāt nenostādes parametru iespējams regulēt. Piemēram, firmas "Lavato-Rez LTD" termoreleju 11RF180 var komplektēt ar šādu diapazonu sildelementiem: 60–100, 75–125, 90–150, 120–200 A (sk. P.8.1. tabulu). Līdz ar to releja tipa apzīmējumā parādās vēl otrs cipars, kas norāda nenostādes strāvas maksimālo vērtību, piemēram — 11RF180.150. Pielikumā P.8.1. attēlā dotas RF tipa termoreleju laikstrāvas raksturliknes. Simetriskas pārslodzes gadījumā tās nav atkarīgas no papildelementu esamības, bet vienas fāzes pārtraukuma gadījumā atkarīgas no bīdņu diferenciālsistēmas esamības. Papildelementu esamību norāda releja šifrs:

- 11RF — ar aizsardzību no fāzes pazušanas un ar manuālo atgriezi,
- 11RFN — bez aizsardzības no fāzes pazušanas un ar manuālo atgriezi,
- 11RFA — ar aizsardzību no fāzes pazušanas un ar automātisko atgriezi,
- 11RFNA — bez aizsardzības no fāzes pazušanas un ar automātisko atgriezi.

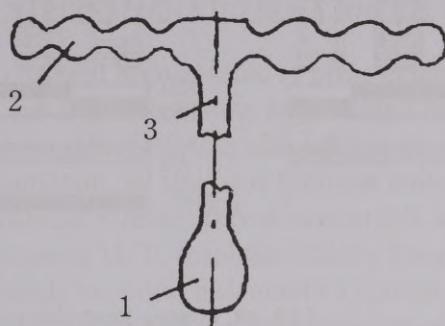


8.17. att. Termoreleja diferenciālās atslēgšanas princips

a — trisfāžu pārslodzes gadījumā; b — vienas fāzes pārtraukuma gadījumā; 1 — bimetāla plāksnītes; 2 — fāzes “pazušanas” bidnis; 3 — pārslodzes bidnis; 4 — pārnesuma svira; 5 — kustīgā kontakta svira; S1 — kustības virziens pārslodzes gadījumā; S2 — kustības virziens fāzes pārtraukuma gadījumā; S3 — kustīgā kontakta atslēgšanās virziens; c — termoreleja konstrukcija strāvai $I_N = 170$ A; 1 — bimetāla plāksnīte; 2 — sildelements; 3 — atslēdzošā svira; 4 — apkārtējās temperatūras kompensācijas plāksnīte; 5 — pārslēdzošais kontakts; 6 — atslēdzamais nekustīgais kontakts; 7 — ieslēdzamais nekustīgais kontakts; 8 — regulējama skala; 9 — atgriezējgoga

8.6.2. MANOMETRU JEB GĀZU IZPLEŠANĀS TERMORELEJI

Manometru jeb gāzu izplešanās termorelejos izmanto gāzu vai šķidruma izplešanos sasilstot, jo tie izplešas daudz vairāk nekā metāli. 8.18. attēlā parādīts releja uztverošais mezgls. Sildelementam sasildot metāla balonu 1 ar gāzi, tā izplešas, pieaug spiediens balonā un ar kapilārvādu 3 savienotajā membrānā 2. Membrāna paceļas uz augšu un ieslēdz vai izslēdz kontaktus. Šajos relejos izmanto slāpekli, hēliju u. c. gāzes, kā arī dzīvsudrabu, acetonu.



8.18. att. Gāzu izplešanās termoreleja uztverošais mezgls
1 — balons ar gāzi; 2 — membrāna; 3 — kapilārvads

8.7. MEHĀNISKO LIELUMU RELEJI

8.7.1. LĪMEŅA KONTROLES RELEJI

Tos izmanto sūkņu elektrodzinēju ieslēgšanai un izslēgšanai, lai uzturētu ūdens līmeni cisternās u. c. Viena līmeņa kontroles releju grupa ir pludiņu releji. Galvenā šo releju sastāvdaļa ir pludiņš ar sviru sistēmu, kas nodrošina kontaktu ieslēgšanu un izslēgšanu. Pieļaujamo līmeņu starpību regulē, mainot sviru plecu garumu vai regulējot kontaktu sistēmu. Tā kā kontakti nedrīkst atrasties mitrumā, daudzos relejos sviru kustību kontaktiem pārvada ar patstāvīgo magnētu caur nemagnētiska materiāla sienu.

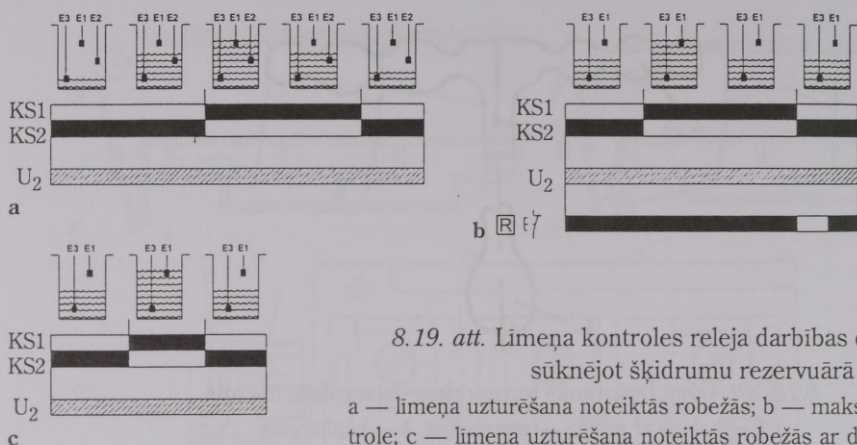
Otrā grupā (LV...E-LV2D-DLV2-RLV2...) ir līmeņa kontroles releji, kuros izmantots šķidruma elektrovadāmības princips. Releju pievieno šķidrumā iegremdētiem elektrodiem — detektoriem E1 = max, E2 = min, E3 = kopējais. 8.20. attēla diagrammā parādīta releja kontaktu (KS1 — augšējā līmeņa, KS2 — apakšējā līmeņa) ieslēgšanas un izslēgšanas secība.

Ja elektrodi nav savienoti ar šķidrumu (8.19.a att.), relejs nedod izejas signālu un sūknis strādā. Relejs padod izejas signālu, kad šķidruma līmenis sasniegs maksimālā līmeņa elektrodu E1, un saglabās to, līdz šķidruma līmenis nokritīsies zem minimālā līmeņa — atbrīvos elektrodu E2. Tad izejas signāls tiks pārtraukts un sūknis atkal ieslēgsies.

Ja jākontrolē tikai maksimālais šķidruma līmenis (8.19.b att.), atslēdzamo atgriezes kontaktpogu var izmantot minimālā līmeņa detektora vietā.

Ja rezervuārā nav minimālā līmeņa elektroda E2, izejas signāls parādīsies, kad šķidruma līmenis sasniegs E1, un pazudīs, kad E1 būs ārpus šķidruma (8.19.c att.).

Šos relejus ar dažādām elektrodu un atgriezes pogu kombinācijām izgatavo maiņspriegumam no 24 V līdz 380 V. Izejas signāla strāva maiņsprieguma ķēdē



8.19. att. Līmeņa kontroles releja darbības diagrammas, sūkņējot šķidrumu rezervuārā

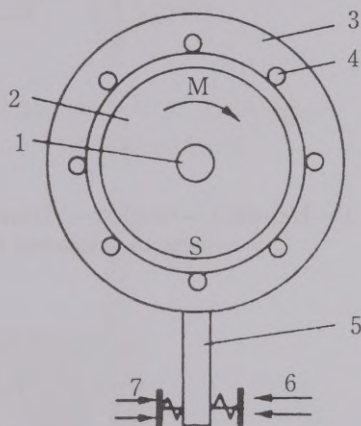
a — līmeņa uzturēšana noteiktās robežās; b — maksimālā līmeņa kontrole; c — līmeņa uzturēšana noteiktās robežās ar diviem elektrodiem

2 A–220V, AC15; līdzsprieguma ķēdē 3 A–24 V, DC14. Detektoru ķēdes izejas spriegums 9V AC. Releja elektriskais resurss $2,5 \cdot 10^5$ operāciju, mehāniskais — $50 \cdot 10^6$ operāciju. Jūtības diapazons no 5Ω līdz 100Ω vai $250 \text{ k}\Omega$ līdz $500 \text{ k}\Omega$. Līdz ar to releju var izmantot tīram ūdenim, dzeramajam ūdenim, jūras ūdenim, notekūdeņiem, skābēm, sārmim, pienam, alum, kafijai, vājam alkoholam. Relejs nav piemērots ķīmiski tīram ūdenim, degvielai, eļļai, stipram alkoholam, uzliesmojošiem šķidrumiem (šķidrāi gāzei), parafinam, lakām.

Līmeņa kontroles releja pieslēguma shēma dota 9.8. attēlā.

8.7.2. GRIEŠANĀS VIRZIENA RELEJI

Tos izmanto asinhrono dzinēju bremzēšanai ar pretslēgumu. Darbības princips parādīts 8.20. attēlā. Releja ass 1 cieši savienota ar pastāvīgo magnētu 2, un to griež dzinēja vārpsta. Pastāvīgais magnēts ievietots cilindrā 3 ar īsi slēgtiem tinumiem 4. Griežoties pastāvīgajam magnētam, īsi slēgtajos tinumos inducējas EDS un strāva. Šīs strāvas un pastāvīgā magnēta radītās strāvas savstarpējā iedarbē rodas dzinēja griešanās virzienā vērsts moments M . Tā rezultātā cilindrs 3 pagriežas un ar ass sviru 5 noslēdz kontaktu 7, un atslēdz kontaktu 6. Mainoties dzinēja griešanās virzienam, mainās arī momenta M virziens, un notiek kontaktu pārslēgšanās.



8.20. att. Griešanās virziena releja shēma

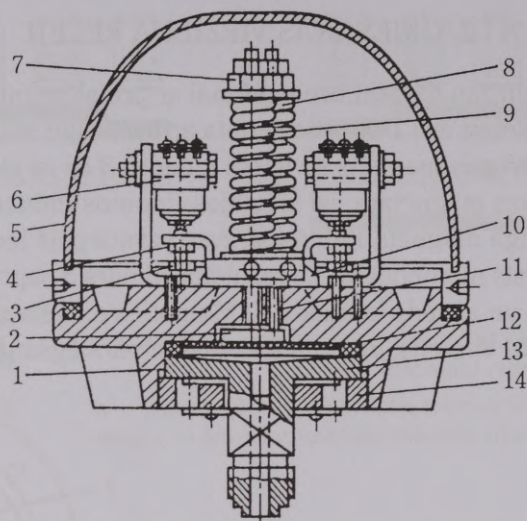
1 — ass; 2 — pastāvīgais magnēts; 3 — cilindrs; 4 — īsi slēgti vijumi;
5 — svira; 6, 7 — kontakti

8.7.3. SPIEDIENA RELEJI

Tos izmanto sūkņu piedziņas regulēšanai, kad sistēmā jāuztur noteikts spiediens, kā arī citās automātikas iekārtās un signalizācijā. Spiediena releja galvenā sastāvdaļa ir membrāna, kas izliecas, spiedienam paaugstinošies, un ieliecas, tam pazeminoties. Ar sviru palīdzību membrānas kustību pārnes uz kontaktiem — tie vai nu ieslēdzas, vai atslēdzas. Relejos pieļaujamās spiediena izmaiņu robežas var regulēt, mainot pretdarbojošos atsperu nosprieojumu.

Pēc šī principa darbojas 8.21. attēlā dotais relejs. Korpusa 1 apakšdaļā iemontēti divi virzuļi 2, stieņi 11 un membrāna 12. Virzuļu stieņi atduras pret spilvenu 10. Membrāna, kas piespiesta ar uzgriezni 14, reaģē uz spiediena izmaiņu, kas ieplūst pa iemavu 13, un pārvada to uz kontaktu sistēmas virzuli. Kontaktu sistēma sastāv no diviem mikroslēdžiem 6 un svirām 4. Spiediena robežu regulēšanas mehānisms sastāv no divām atsperēm 8, kas novietotas uz korpusam piestiprinātiem stieņiem 9 un kuru saspiedieni var mainīt ar uzgriežņiem 7. Skrūve 3 paredzēta mikroslēdža regulēšanai.

Ši releja kontakti var komutēt 280 V sprieguma ķēdi ar 350 W jaudu.



8.21. att. Spiediena relejs

1 — korpus; 2 — virzuļi; 3 — skrūve; 4 — sviras; 5 — vāks; 6 — mikroslēdži; 7 — uzgriežņi; 8 — atsperes; 9 — stieņi; 10 — spilvens; 11 — stieņi; 12 — membrāna; 13 — iemava; 14 — uzgrieznis

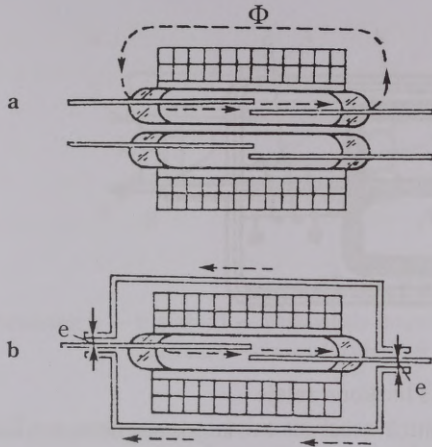
8.8. HERKONU RELEJI

8.8.1. HERKONU RELEJU DARBĪBAS PRINCIPI

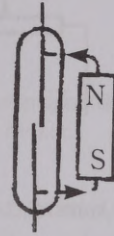
Herkonu lietošana relejos novērš daudzus elektromagnētisko releju trūkumus: starp kontaktiem nerodas elektriskais loks vai dzirkstele, nenotiek kontaktu oksidēšanās, to dilšana; pateicoties tam, var samazināt kontaktu gājienu (līdz ar to visa releja izmērus) un panākt ātrdarbību.

Vienkāršāko herkonu releju iegūst, novietojot herkonu (vienu vai vairākus) spolē, ko baro ar līdzstrāvu vai tās impulsiem (8.22. att.), vai blakus pastāvīgajam magnētam (8.23. att.).

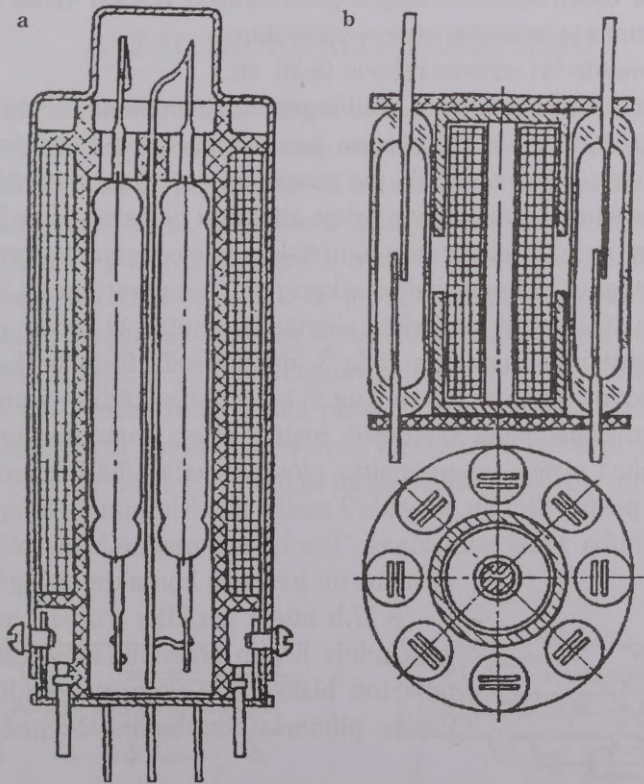
Spoles vai pastāvīgā magnēta radītā magnētiskā plūsma Φ noslēdzas pa feromagnētiskā materiāla kontaktplāksnītēm, un elektromagnētiskais spēks tās pievelk. Atslēdzot spolei spriegumu vai attālinot pastāvīgo magnētu, kontaktplāksnišu atsperes spēks atgriež tās sākuma stāvoklī. Pēc šī principa darbojas sprieguma releji, starpreleji, mehāniskā pārvietojuma releji u. c. aparāti. Lai palielinātu herkonu releja jutību, t. i., samazinātu nostrādei nepieciešamo spoles MDS, izgatavo relejus ar ārējo magnēt vadu, kas samazina pretestību magnētiskajai plūsmai (8.22.b att.). Pēc šī principa ir izveidoti 8.24. attēlā parādītie daudzkontakta herkonu releji. Kā redzams, herkonu var būt novietoti gan spoles iekšpusē, gan ārpusē.



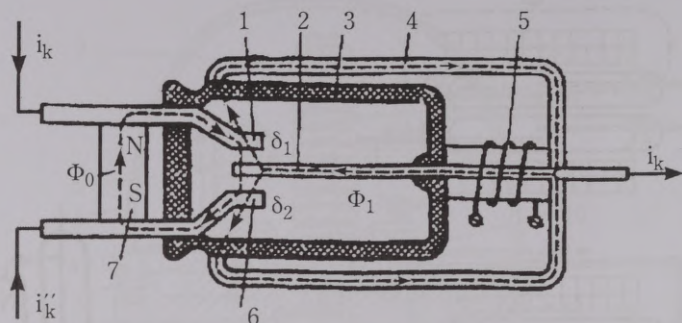
8.22. att. Herkonu releju vadība ar spoli
a — bez ārējā magnēt vada; b — ar ārējo magnēt vadu



8.23. att. Herkonu releja vadība ar
pastāvīgo magnētu



8.24. att. Daudzkontakta herkonu releji
a — herkoni novietoti spolē; b — herkoni novietoti spoles ārpusē



8.25. att. Polarizētais herkonu relejs

1, 6 — nekustīgie kontakti; 2 — kustīgā kontakta plāksnīte; 3 — balans; 4 — ārējais magnētvars; 5 — spole; 7 — pastāvīgais magnēts

Uz herkonu bāzes ir radīti arī polarizētie releji, kuru darbības princips parādīts 8.25. attēlā.

Šeit tāpat kā elektromagnētiskajos polarizētajos relejos vienā gaisa spraugā magnētiskās plūsmas summējas, otrā — atskaitās.

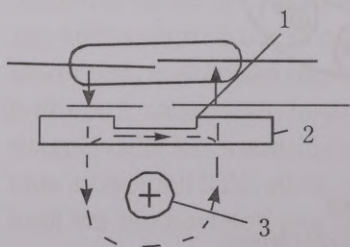
Herkonus izmanto arī strāvas relejos (8.26. att.).

Tie var būt ar šuntu 2 vai bez tā. Kad šunta sašaurinājums piesātinās un plūsma caur kontaktplāksnītēm kļūst pietiekama kontaktplāksnišu pievilksanai, relejs nostrādā. Ja šunta nav, relejs nostrādā pie mazākām strāvām. Nostrādes strāvas regulēšanai izmanto šuntu vai arī maina releja attālumu līdz strāvas vadam.

Herkonu termorelejos jeb termomagnētiskos relejos izmanto termomagnētisku materiālu, kura magnētiskā caurlaidība atkarīga no temperatūras (8.27. att.).

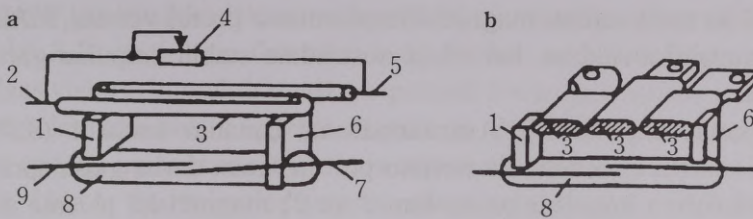
Relejs (8.27.a att.) sastāv no virknē slēgtas magnētiskās ķēdes: pastāvīgā magnēta 1, termomagnētiska materiāla vada 3, magnētvara 6 un herkona 8. Kontrolējamo strāvas ķēdi pieslēdz izvadiem 2 un 5, bet vadības ķēdi — 7 un 9. Rezistors 4 kalpo strāvas regulēšanai vadā 3, tādējādi mainot releja nostrādes strāvu. Kad kontrolējamā ķēdē plūst strāva, magnētiskās plūsmas iedarbībā herkona kontakti saslēdzas. Ja strāva pieaug tik tālu, ka vads 3 saslēdz līdz Kirī punkta temperatūrai, vada magnētiskā vadāmība krasī samazinās. Tas izsauc magnētiskās plūsmas samazināšanos un herkona kontaktu atslēgšanos.

8.27.b attēlā parādīts trīsfāžu termomagnētiskais relejs lielām strāvām. Izolēti trīsfāžu vadi 3 novietoti blakus cits citam perpendikulāri magnētiskās plūsmas virzienam. Magnētiskā plūsma



8.26. att. Herkonu strāvas relejs

1 — herkons; 2 — šunts; 3 — strāvas vads



8.27. att. Herkonu termorelejs

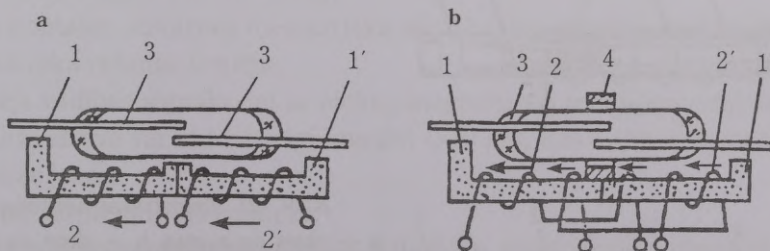
a — vienfāzes; b — trīsfāžu; 1 — pastāvīgais magnēts; 2, 5 — izvadi; 3 — termomagnētiskais vads; 4 — rezistors; 6 — magnētēvads; 7, 9 — kontaktplāksnītes; 8 — herkons

noslēdzas caur visiem trim vadiem un ir pietiekama releja nostrādei, ja viena vada temperatūra sasniedz Kirī punktu. Šiem relejiem ir stabilas raksturlieknes, bet vajadzīgi speciāli sakausējumi ar zemu Kirī punkta temperatūru ($\vartheta < 120^{\circ}\text{C}$). Releju konstrukcijas ir ļoti daudzveidīgas: vien-, div- vai trīspolu; ar atslēdzošiem kontaktiem; ar pašatgriešanos sākuma stāvokli vai bez tās.

8.8.2. HERKONU RELEJI AR ATMIŅU

Vienkāršākie herkonu releji ar magnētisko atmiņu parāditi 8.28. attēlā.

Herkonu releja ārējais magnētēvads sastāv no diviem magnētiskās atmiņas elementiem (MAE) 1 un 1', kas izgatavoti no remanenta materiāla. Tas ir materiāls ar taisnstūra histerēzes cilpu, pietiekami lielu paliekošo indukciju un magnētisko enerģiju. Atšķirībā no pastāvīgo magnētu materiāliem remanenti materiāliem ir ļoti mazs pārmagnetizēšanas laiks (10–50 μs). Pēc strāvas pārtraukšanas releja spolēs MAE paliekošā magnētiskā plūsma notur kontaktus ieslēgtā stāvoklī. Relejus ar MAE sauc arī par ferrīdiem. Dodot vienādas polaritātes vadības impulsus uz spolēm 2 un 2' (8.28.a att.), rodas magnētiskā plūsma, kas uzmagnezizē MAE un ieslēdz kontaktus 3. Lai atslēgtu kontaktus, uz spoli 2 dod tādas pašas polaritātes un amplitūdas impulsu, bet uz spoli 2' — tādas pašas amplitūdas, bet pretējas polaritātes



8.28. att. Herkonu releji ar atmiņu

1,1' — magnētiskās atmiņas elementi; 2,2' — spoles, 3 — kontaktplāksnītes, 4 — šunts

impulsu. Tā kā spoļu radītās magnētiskās plūsmas ir pretēji vērstas, MAE atmagnetizējas un kontakti atslēdzas. Lai relejs nostrādātu stabili, impulsu garumu izvēlas 100–300 μ s.

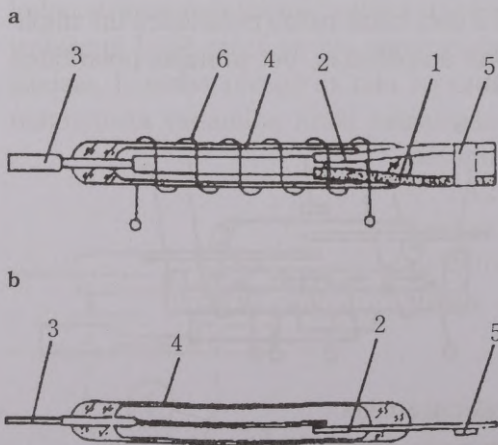
Atslēgšanās impulsa MDS samazināšanai izmanto šuntu 4 (8.28.b att.) no magnētiski miksta materiāla, ko novieto pret herkona darba gaisa spraugu. Dodot dažādas polaritātes impulsus uz spolēm 2 un 2', magnētiskā plūsma noslēdzas pa kontaktplāksnīti, magnētisko šuntu un MAE, apejot herkona darba gaisa spraugu, un kontakti neieslēdzas vai atslēdzas. Dodot vienādas polaritātes impulsus, uzmagnetizējas MAE un kontakti ieslēdzas.

Herkonu relejos ar MAE var izmantot vairākus herkonus (parasti 4) un sarežģītas formas magnētvaду ar vairākām (~ 4) spolēm, kas dod iespēju izveidot daudzķēžu relejus. Tajos, dažādi kombinejot impulsus, var panākt līdz 16 kontaktu stāvokļu kombināciju. Ja herkona kontaktplāksnītes izgatavo no remanenta materiāla, tās vienlaikus izpilda arī MAE funkcijas. Šādi herkonu releji ir mazāki, bet to izgatavošanas tehnoloģija ir sarežģīta.

8.8.3. MAIŅSTRĀVAS HERKONU RELEJI

Tā kā herkonu releji ir ļoti ātrdarbīgi, tie nevar strādāt maiņstrāvas ķēdēs. Katru pusperiodu, strāvai samazinoties līdz nullei, relejs atslēgsies. Nostrāde un atgrieze notiks ar divkāršu tīkla frekvenci.

Lai novērstu kontrolplāksnišu vibrācijas, nepieciešams uz tām iedarboties ar divām vai vairākām magnētiskām plūsmām, kas savstarpēji nobīdītas laikā un telpā. Šādu situāciju var iegūt dažās ferridu konstrukcijās ar iekšējo magnētisko atmiņu (viena kontaktplāksnīte izgatavota no remanenta materiāla). 8.29. attēlā parādīts maiņstrāvas herkonu releju darbības princips.



8.29. att. Maiņstrāvas herkonu relejs

a — skats no augšas; b — skats no sāniem bez spoles; 1 — kontaktplāksnīte — magnētiskās atmiņas elements; 2, 3 — kontaktplāksnītes; 4 — balons; 5 — feromanētiskais šunts; 6 — spole

Tā kā tam ir trīs kontaktplāksnītes, teorētiski to var uzskatīt par saliktu no herkona (kontakti 2–3) un ferrida (kontakti 1–3). Plūstot maiņstrāvai, pirmajā pusperiodā saslēdzas visi trīs kontakti, otrajā pusperiodā herkona kontakti cenšas atslēgties, bet ferrida kontakti paliek ieslēgtā stāvoklī, ja magnētiskās atmiņas elements 1 ir pietiekami spēcīgi uzmagnezēts, t. i., ja negatīvais strāvas pusperiods nespēj to atmagnetizēt. Līdz ar to, mainoties strāvas polaritātei, kontakti paliek ieslēgtā stāvoklī un nevibrē. Lai nodrošinātu stabilāku releja darbību un samazinātu nepieciešamo vadības spoles MDS, kontaktplāksnišu 1 un 2 izejas gali ir savienoti ar feromagnētisku šuntu 5.

Lai releju atslēgtu, tam jāstrādā režīmā bez magnētiskās atmiņas, t. i., jāsamazina vadības MDS. Tad, strāvai samazinoties līdz nullei, visi tā kontakti atslēgsies un relejs strādās kā parastais herkonu relejs.

No teiktā var secināt, ka šāds relejs var strādāt trīs dažādos režimos: ja caur spoli plūst nelieli vienas polaritātes strāvas impulsi, iegūst līdzstrāvas herkonu releju; ja vienas polaritātes impulsi ir pietiekami lieli, relejs strādā kā ferrids; ja spolei pieslēgta noteiktas vērtības maiņstrāva, iegūst maiņstrāvas herkonu releju.

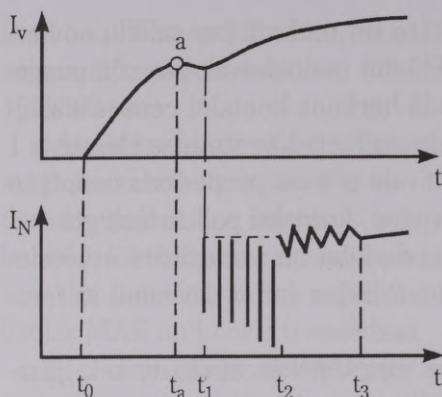
8.8.4. HERKONU RELEJU PRIEKŠROCĪBAS UN TRŪKUMI

Salīdzinot ar elektromagnētiskajiem relejiem, herkonu relejiem ir šādas priekšrocības:

- tā kā kontakti ir hermetizēti, releji var strādāt mitrās, putekļainās utt. telpās;
- noslēgtā stāvoklī kontaktu pārejas pretestība ir maza ($0,01\text{--}0,001\ \Omega$), sprieguma kritums uz tiem ir niecīgs;
- vienkārša konstrukcija: kontaktplāksnītes vienlaikus izpilda vairākas releja funkcijas (kontaktu, atslēdzošās atsperes, elektromagnēta enkura);
- liela ātrdarbība (nostrādes un atgriezes laiks $1\text{--}3\text{ ms}$), kas nodrošina iespēju relejam veikt līdz 1000 komutācijām sekundē;
- liels resurss, jo nav sarežģītas kinemātikas, kur detaļas dilst berzes dēļ (herkonu droši strādā $10^6\text{--}10^8$ ciklu);
- liela kontaktu atstarpes dielektriskā stiprība, kas novērš dzirksteles vai elektriskā loka rašanās iespēju;
- iespēja vadības signālu dot ar elektromagnētu vai pastāvīgo magnētu;
- vadības strāva var būt īslaicīgi impulsi ($>10\ \mu\text{s}$), kas nodrošina mazu patērēto vadības jaudu.

Herkonu relejiem ir arī trūkumi:

- jutība pret ārējo magnētisko lauku iedarbību, tāpēc nepieciešama ekranēšana;
- jutīgi pret triecieniem un vibrācijām, jāizmanto uzstādīšanas vietas amortizācija;



8.30. att. Herkonu vadības strāvas I_v un komutējamās ķēdes strāvas I_k izmaiņas, relejam nostrādājot

t_0 — sprieguma pieslēgšanas spoļi laika moments;
 t_1 — pirmais kontaktu saskaršanās moments; t_2 — kontaktu vibrāciju beigu moments; t_3 — kontaktu “šūpošanās” beigu moments; t_a — kontaktu kustības sākums

- kontakti ieslēdzoties vibrē (vibrāciju laiks var būt vienāds ar nostrādes laiku, sk. 8.30. att.);
- maza komutējamās ķēdes jauda (pēdējā laikā ir radītas pastiprinātas herkonu konstrukcijas).

Herkonu releju īpašību izvērtēšana nosaka to lietojumu. Visplašāk herkonu relejus izmanto automātiskās vadības shēmās.

8.9. RELEJU TEHNISKIE DATI. IZVĒLE

Firmu katalogos uzrādīti šādi dati:

- 1) releja šifrs;
- 2) ekspluatācijas noteikumi — apkārtējās vides temperatūra, maksimālais augstums virs jūras līmeņa, uzstādīšanas stāvoklis, stiprinājuma veids, atbilstība normām un standartiem;
- 3) kontaktu skaits un funkcijas, nominālais izolācijas spriegums, nominālā strāva;
- 4) darbinātāja elektromagnēta ķēdes parametri — spoļu nominālais spriegums, nostrādes un atgriezes sprieguma vai strāvas vērtības, spoļu jauda;
- 5) dinamiskie parametri: nostrādes un atgriezes laiki;
- 6) garantētais ciklu skaits (resurss — mehāniskais un elektriskais);
- 7) maksimālais komutāciju skaits stundā;
- 8) gabarīti, svars;
- 9) aizsardzība pret apkārtējās vides iedarbību — IP.

Releja izvēle pamatojas uz konkrēta objekta vadībai nepieciešamo funkciju veikšanu un parametru un apstākļu salīdzināšanu ar katalogos doto releju atbilstošajiem datiem. Izvēlētajā releja parametriem jāatbilst objekta prasībām vai arī neatbilstības

gadījumā tam ir jābūt nedaudz lielākam. Jāņem vērā, ka pārāk liela parametru rezerve gan nodrošina garāku kalpošanas laiku un lielāku resursu, bet palielina aparāta gabarītus un cenu.

Strāvas un sprieguma relejiem jābūt spēkā nevienībām

$$I_{NR} \geq I_{NV},$$

$$U_{NR} \geq U_{NV},$$

kur I_{NV} , U_{NV} — vadības ķēdes nominālā strāva un spriegums;

I_{NR} , U_{NR} — releja spoles nominālā strāva un spriegums.

$$I_{NK} \geq I_{NS},$$

$$U_{NK} \geq U_{NS},$$

kur I_{NK} , U_{NK} — releja kontaktu nominālā strāva un spriegums;

I_{NS} , U_{NS} — komutējamā slodzes ķēdes nominālā strāva un spriegums.

Ar vienu releju komutējamo ķēžu skaitam jāatbilst releja kontaktu skaitam (atbilstīgi ieslēdzošie un izslēdzošie kontakti).

Laika relejiem jāsapņo arī nostrādes laiks ar nepieciešamo aizturi.

Termorelejiem ļoti svarīga ir pareiza nominālās strāvas saskaņošana. Lielākajai daļai termoreleju nominālo strāvu var regulēt robežās (0,75–1,25) I_{NB} , kur I_{NB} — bimetāla plāksnītes vai sildelementa nominālā strāva, kurai ilgstoši plūstot relejs nenostādā. Izvēloties termoreleju kāda patērētāja ar strāvu I_{NP} aizsardzībai, $I_{NB} = I_{NP}$. Ja izvēlas termoreleju elektrodzinēja aizsardzībai, kam ir liela palaišanas strāva, pēc laikstrāvas raksturliķnes (dota katalogā) jāpārbauda, vai relejs dotajos darba apstākļos neatslēgs palaišanas strāvu paredzētajā palaišanas laikā.

Tā kā termoreleja nostrādes strāva ir atkarīga no apkārtējās vides temperatūras ϑ_0 , relejam bez temperatūras kompensācijas jāveic nominālās strāvas pārrēķins pēc formulas:

$$I_{NB\vartheta} = I_{NB} \left(1 - \frac{\delta}{100} \cdot \frac{\vartheta - \vartheta_0}{10} \right),$$

kur δ — koeficients, kas ievēro apkārtējās vides temperatūras izmaiņu par katru 100°C (dots katalogā);

ϑ_0 — nominālā apkārtējās vides temperatūra.

Piemērs

Izvēlieties termoreleju elektrodzinēja 4A250S4Y3 aizsardzībai. Dzinēja dati: $P_N = 75$ kW, $U_N = 380$ V, $\eta_N = 93\%$, $\cos \varphi = 0,9$, $I_p/I_N = 7$.

Atrisinājums

Vispirms aprēķina dzinēja nominālo strāvu:

$$I_N = \frac{P_N}{\sqrt{3}U_N \cos \varphi_N \eta_N} = 138.7 \text{ A.}$$

No tabulas P.8.1. izvēlas termoreleju 11RF180.200 ar strāvas regulēšanas diapazonu 120–200 A, kas paredzēts elektrodzinēju ar jaudu 75–100 kW aizsardzībai un saskaņots ar kūstošo drošinātāju: ar aM tipa raksturlielni, $I_{N \text{ dr.}} = 200 \text{ A}$; ja ir gG tipa raksturlielne, $I_{N \text{ dr.}} = 315 \text{ A}$.

Kontroljautājumi

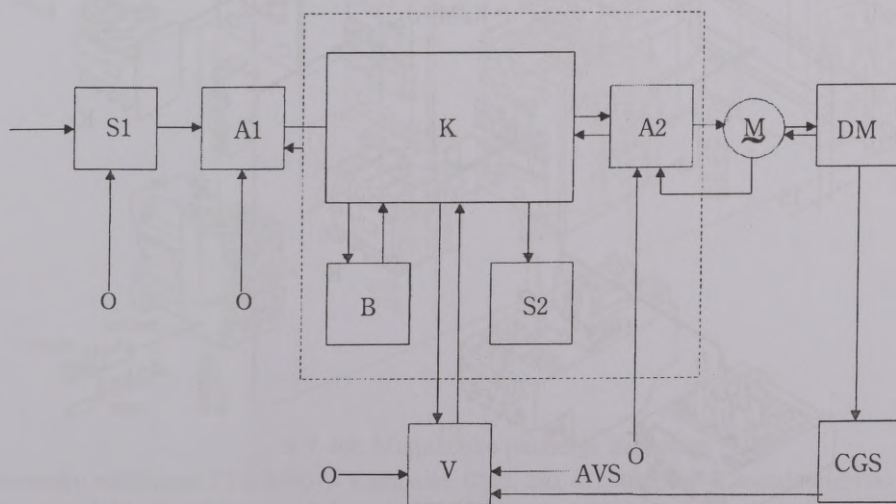
1. Kas ir relejs?
2. Kā klasificē relejus?
3. Kā darbojas releji?
4. Kādas prasības izvirza relejiem?
5. Kāpēc isslēgtie gredzeni atšķirīgi ietekmē t_{no} un t_{at} ?
6. Kādus laikiztures principus izdevīgi lietot lielām aizturēm, kādus mazām?
7. Kā panākt elektromagnētiskā releja polarizētu darbību?
8. Ar ko atšķiras virknes, paralēlā un tiltiņa slēguma magnētisko sistēmu darbība polarizētajos relejos?
9. Kur izmanto polarizētos relejus?
10. Izskaidrot termoreleju darbības principus.
11. Kāpēc termoreleju nostrādes laikam ir liela izkliede? Kas to ietekmē?
12. Kādas ir herkonu releju konstrukcijas?
13. Kādas metodes izmanto herkonu vadībai?
14. Kāpēc herkona balons ir hermetizēts?
15. Kādi cēloņi izsauc herkonu kontaktplāksnišu vibrāciju ieslēgšanas procesā?
16. Kādas releju funkcijas izpilda atsevišķie herkona konstrukcijas elementi?
17. Kādas priekšrocības ir herkonu relejiem, salīdzinot ar elektromagnētiskajiem?

9. ELEKTRODZINĒJU PALAIDES UN AIZSARDZĪBAS APARĀTI

9.1. MAGNĒTISKIE PALAIDĒJI

9.1.1. MAGNĒTISKO PALAIDĒJU KOMPLEKTĀCIJA

Magnētiskie palaidēji ir kompleksas iekārtas, kas paredzētas manuālai vai automātiskai īsslēgto asinhronzinēju tiešai palaidei, reversēšanai, apturēšanai un aizsardzībai. Magnētiskie palaidēji satur vienu (nereversivs palaidējs) vai divus (reversivs palaidējs) kontaktorus, specializētas dzinēja aizsardzības iekārtas un dažādus papild-elementus (aksesuārus). Komplektējošie kontaktori parasti paredzēti darbam AC2 un AC3 kategorijām, bet dzinēju aizsardzībai visplašāk izmanto termorelejus. Īsslēguma strāvu atslēgšanai dzinēja barošanas ķēdē jāparedz īsslēguma aizsargaparāts (kūstošais drošinātājs vai automātslēdzis). Asinhronzinēja vadības blokshēma parādīta 9.1. attēlā.



9.1. att. Asinhronzinēja vadības blokshēma

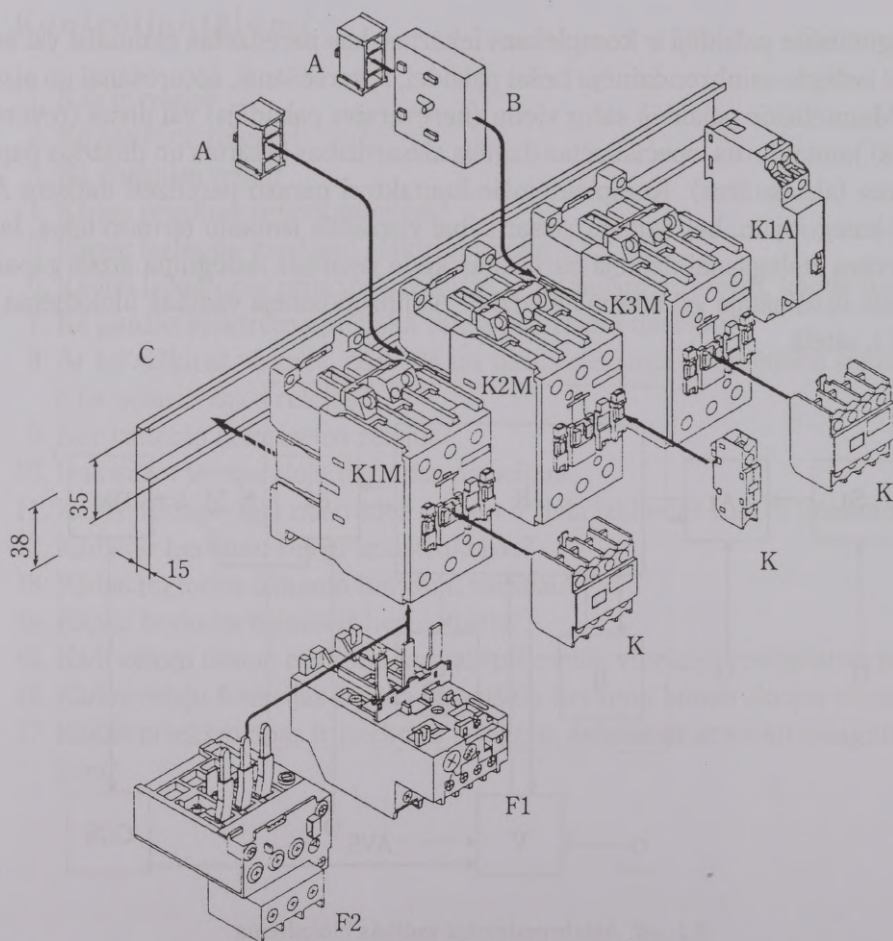
S1 — atdalošais slēdzis; A1 — īsslēguma aizsargaparāts; K — kontaktors; A2 — dzinēja avārijas režīmu aizsargaparāts; B — savstarpējās bloķēšanas iekārta (reversiviem palaidējiem); S2 — kontaktora stāvokļa signalizācijas iekārta; V — kontaktora vadības aparāti; M — asinhronzinējs; O — operators; AVS — automātiskās vadības sistēma; DM — darbināmais mehānisms, CGS — ceļa un gala slēdži

Magnētisko palaidēju komplektācijas princips parādīts 9.2. attēlā, bet aksesuāru daudzveidība — 9.3. attēlā.

Modernajos magnētiskajos palaidējos izmantojamo unificēto aksesuāru daudzveidība ļauj izveidot jebkuru nepieciešamo kombināciju, kā arī ekspluatācijas gaitā to ērti un ātri mainīt.

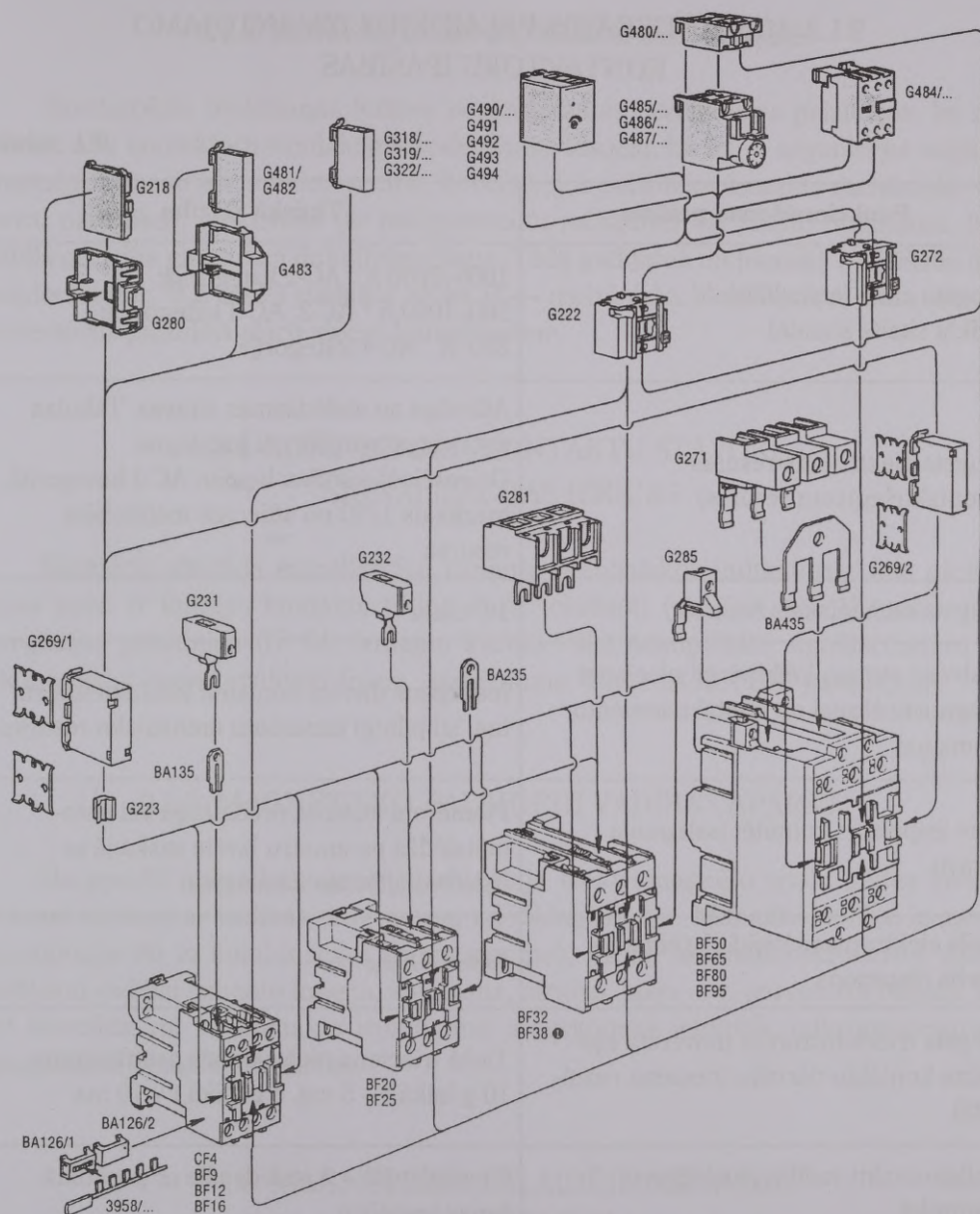
Agrāk magnētiskos palaidējus ar nepieciešamo kontaktoru skaitu, papildkontaktiem, mehāniskās bloķēšanas svirām, termorelejiem un kārbām komplektēja izgatavotājfirma. Nepieciešamības gadījumā atbilstoši dzinēja strāvai vajadzēja nomainīt termoreleja sildelementu.

Kontaktoru un termoreleju pamatdati doti P.7.1., P.7.5., P.8.1. un P.9.1. tabulā.



9.2. att. Magnētisko palaidēju komplektācijas princips

K1M–K3M — kontaktori; F1, F2 — termoreleji; K — sānu papildkontaktu bloki; K1A — elektronu laika relejs; A — savienošanas bloks; B — mehāniskā bloķētājcilpa; C — piestiprināšanas sliede



9.3. att. Magnētisko palaidēju aksesuāri

Aksesuāru atšifrējums: CF4–BF95 — kontaktori, G218, 280, 481, 482, 483 — kontaktoriem no sāniem pie stiprināmi dažādu kombināciju palīgkontakta bloki un to turētāji, G480, 484 — kontaktoriem virspusē pieliekami dažādu kombināciju palīgkontakta bloki, G490–494 — elektroniskie laika releji, G485–487 — palīgkontakta kombinācijas ar kontaktu nostrādes pneimatisku kavējumu, G222, 272 — mehāniskas sakābes iekārtas, G223, 269 — mehāniska bloķēšanas ierīce, G231, 232, 271, 281 — pieslēgpaiļu bloki, G285 — palīgspaiļu bloks, BA135, 235, 435 — tiltipsavienojumi, BA126 — uzrakstu un numerācijas plāksnītes, 3958 — numerācijas simboli, attēlā nav parādīti G318–322 bloki — elektromagnētisko traucējumu novēršanas RC u. c. filtri, kā arī termoreleji RF9–RF95

9.1.2. MAGNĒTISKAJOS PALAIDĒJOS IZMANTOJAMO KONTAKTORU ĪPAŠĪBAS

9.1. tabula

Funkcionēšanas pazīme	Tipiskā vērtība
Augsta ciklu intensitāte (ciklu skaits stundā)	1000–2000 h ⁻¹ AC-1 kategorijā; 500–1000 h ⁻¹ AC-2, AC-3 kategorijā; 250–h ⁻¹ AC-4 kategorijā
Augsts elektriskais resurss (kontakteleментu resurss)	Atkarīgs no atslēdzamās strāvas. Tabulas dotas izgatavotājfirму katalogos. Orientējošā vērtība: lietojot AC-3 kategorijā, mazākais 1/20 no attiecīgā mehāniskā resursa
Augsts mehāniskais resurss	10 ⁶ ciklu
Galvenā strāvas ķēde viegli pieejama diagnosticēšanai un kontakteleментu nomainīšanai	Iespējams divreiz nomainīt kontaktelemen- tus, lai pilnīgi izmantotu mehānisko resursu
Nav iespējams komutēt isslēguma strāvu	Piemērota kustošā drošinātāja vai auto- mātslēdža parametru izvēle saskaņā ar izgatavotājfirmas katalogiem
Liels elektromagnētiskā darbinātāja darba diapazons	(0,8–1,1) U _N
Augsta triecienizturība (novērsta kļū- daina kontaktu darbība triecienu rezul- tātā)	Tiešā trieciena pieļaujamais paātrinājums 10 g laikā t = 5 ms, 5 g laikā t = 10 ms
Palīgkontakti vadībai, bloķēšanai, kontrolei	2 ieslēdzošie + 2 atslēdzošie ar papildinā- šanas iespējām

Palīgkontaktu ieslēgšanas un atslēgšanas noteikumi saskaņoti ar komutējamo elektromagnētu spoļu parametriem un atbilst AC-11 kategorijai: $I_{ie}/I_N = 10$, $U_{ie}/U_N = 1$, $\cos \varphi_{ie} = 0,7$, $I_{at}/I_N = 1$; $U_{at}/U_N = 1$, $\cos \varphi_{at} = 0,4$, kur I_{ie} un U_{ie} spoles ieslēgšanas parametri, bet I_{at} un U_{at} — atslēgšanas parametri.

9.1.3. KONTAKTORU BLOKĒŠANAS IERĪCES

Savstarpējās bloķēšanas ierīces nepieciešamas reversīvajos palaidējos, lai novērstu abu kontaktoru vienlaicīgas ieslēgšanas iespēju, kā arī — organizējot vairāku kontaktoru nostrādi noteiktā secībā. Reversīvajos palaidējos izmanto mehānisko (ar sviru palīdzību), elektrisko (ar palīgkontakta palīdzību) vai jaukto bloķēšanu. 9.6. attēlā parādīta elektriskā dubultbloķēšana. Tādā gadījumā mehāniskā bloķēšana nav nepieciešama. 9.2. attēlā parādīts bloks B — mehāniskā bloķētājcilpa, kuru ievieto reversīvajā palaidējā starp abiem kontaktoriem.

9.1.4. KONTAKTORU KONTAKTU STĀVOKĻA SIGNALIZĀCIJAS IERĪCES

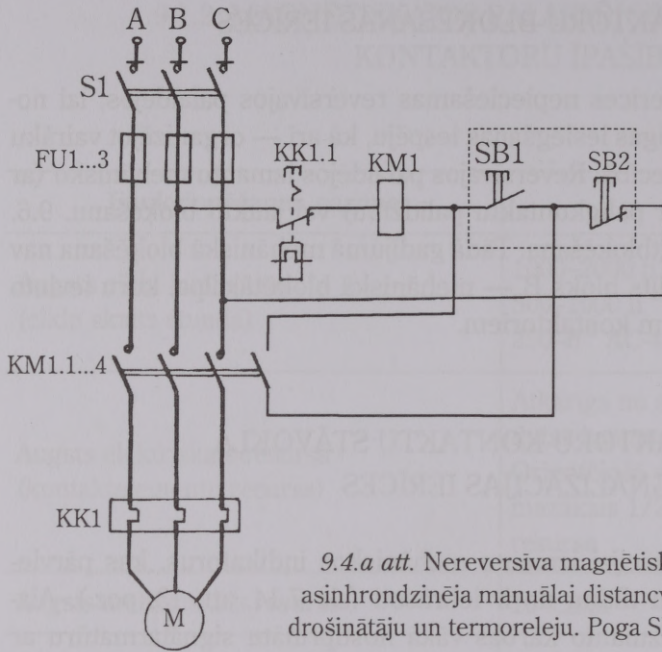
Kontaktu stāvokļa signalizācijai izmanto mehāniskos indikatorus, kas pārvietojas kopā ar kustīgo kontaktu tiltiņu un ir iekrāsoti (sk. 7.14. att. 13. poz.). Aizsargātajos palaidējos (IP 54) izmanto kārbas vākā nostiprinātu signālarmatūru ar ekonomisku neona spuldzīti (piem., uzņēmuma “EMA ELESTER” palaidējos).

9.1.5. MAGNĒTISKO PALAIDĒJU VADĪBAS APARĀTI

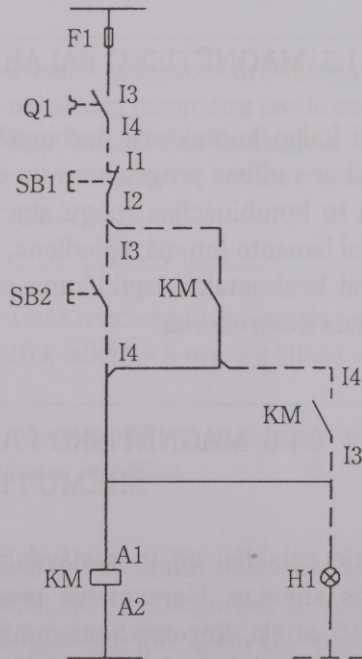
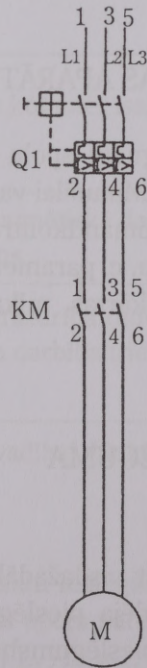
Šie aparāti kalpo kontaktoru darbinātāju elektromagnētu spoļu ķēdes komutēšanai saskaņā ar vadības programmu un ciklogrammu. Manuālai vadībai izmanto spiedpogas un to kombinācijas (pogu stacijas), kā arī komandkontrollerus. Automātiskai vadībai izmanto limeņa, spiediena, ātruma, laika u. c. parametru relejus, kā arī kontakta vai bezkontakta izpildījuma programmas iekārtas, mikroprocesorus, programmējamus kontrollerus.

9.1.6. MAGNĒTISKO PALAIDĒJU SLĒGUMA SHĒMU PIEMĒRI

Magnētiskie palaidēji un to sastāvdaļas ļauj izveidot visdažādākās asinhronzinēju vadības shēmas. Nereversīvā magnētiskā palaidēja pieslēguma shēmas dotas 9.4. un 9.5. attēlā. Reversīvā magnētiskā palaidēja pieslēgumshēma dota 9.6. attēlā, bet vienfāzes asinhronzinēja palaišanai — 9.7. attēlā. Asinhronzinēju automātiskai vadībai var izmantot dažādus relejus, piemēram, limeņa kontroles releju, kā tas redzams 9.8. attēlā.

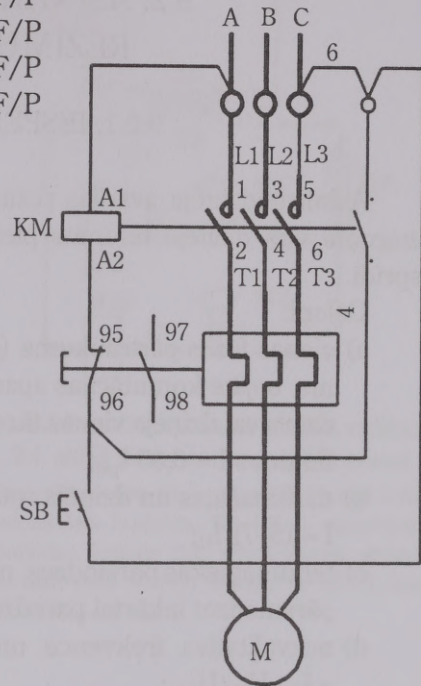


9.4.a att. Nereversīva magnētiskā palaidēja pieslēgumshēma asinhronzinēja manuālai distancvadībai. Aizsardzība ar kūstošo drošinātāju un termoreleju. Poga SB1 — “START”; SB2 — “STOP”

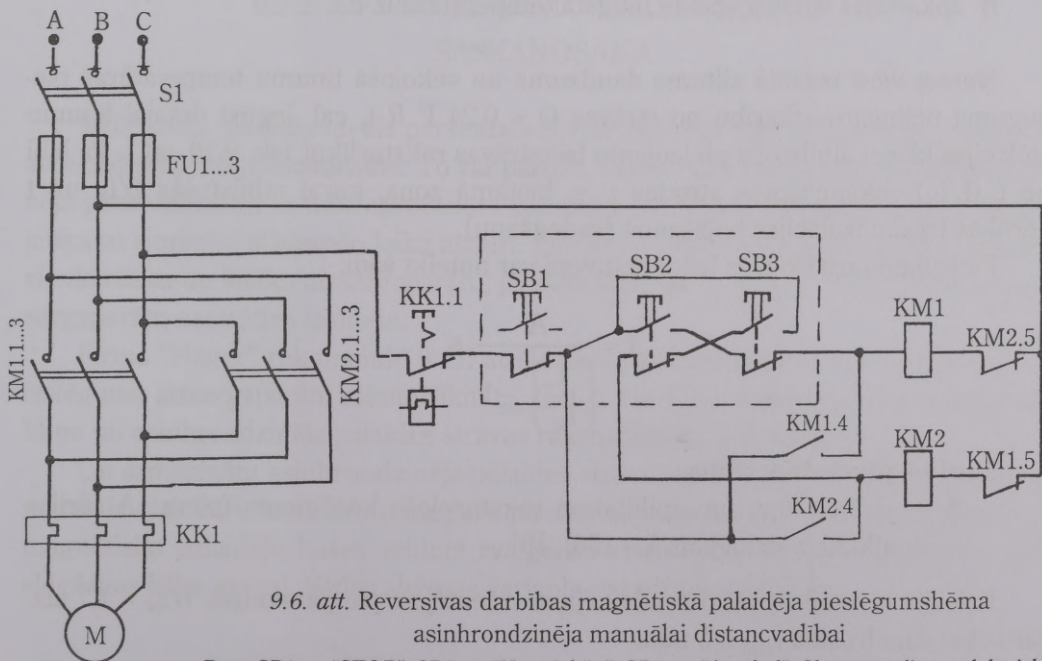


9.4.b att. Nereversīva magnētiskā palaidēja pieslēgumshēma asinhronzinēja manuālai distancvadībai. Aizsardzība ar automātslēdzi. Poga SB1 — “STOP”; SB2 — “START”

M0BRF/P
M1BRF/P
M2BRF/P
M3BRF/P



9.5. att. firmas "Lovato-Rez LTD" magnētiskā palaidēja
(elektromagnētiskā startera) pieslēgumshēma
Vadības pogas iemontētas magnētiskā palaidēja plastmasas
kārbas vākā



9.6. att. Reversīvas darbības magnētiskā palaidēja pieslēgumshēma
asinhrondzinēja manuālai distancvadībai

Poga SB1 — "STOP"; SB2 — "Uz priekšu"; SB3 — "Atpakaļ". Shēmā realizēta elektriskā dubultbloķēšana, tādēļ mehāniskā bloķēšana nav paredzēta. Pirms gaitā esoša asinhrondzinēja reversēšanas tas jāaptur, islaicīgi nospiežot pogu SB1.

9.2. ASINHRONDZINĒJU AVĀRIJAS REŽĪMU AIZSARGAPARĀTI

9.2.1. IESPĒJAMIE AVĀRIJAS REŽĪMI

Asinhronzinēju avārijas režīmi galvenokārt saistīti ar ievērojamu strāvas pieaugumu virs dzinēja tinumos pieļaujamās strāvas vērtības ilgākā vai isākā laika sprīdī.

Cēloņi:

- vienas fāzes pārtraukums (pārdedzis vienas fāzes kūstošā drošinātāja ieliktņi, bojāts komutācijas aparāta viens kontakts, pārlūzusi pievadkabeļa viena dzisla vai dzinēja vienas fāzes tinuma vads u. c.). Šajā gadījumā strāva pārejās tinumos $I \approx 0,86 I_{\text{pal}}$;
- darbmašīnas un dzinēja rotējošo daļu nosprūšana, strāvai sasniedzot vērtību $I = (5-7) I_N$;
- tehnoloģiskas pārslodzes, neievērojot apstrādājamo materiālu īpašības, kā arī pārsniedzot iekārtai paredzēto darba ražīgumu;
- nekvalitatīva frekvence un spriegums. Aptuveni var pieņemt, ka $I_{\text{fakt}} = I_N \cdot U_N / U_{\text{fakt}}$;
- tinumu vijumu isslēgumi;
- apkārtējās vides iespaids (augsta temperatūra u. c.).

Ņemot vērā izdalītā siltuma daudzuma un sekojošā tinumu temperatūras pieauguma nelineāro atkarību no strāvas $Q = 0,24 I^2 R t$, cal, iegūst dotajai tinumu izolācijas klasei atbilstošu pieļaujamo laikstrāvas raksturlielni (sk. 9.10. att.). Pa labi no t (I/I_N) raksturlielnes atrodas t . s. bīstamā zona, kurai atbilstošās I/I_N un t vērtības izsauc izolācijas bojāšanos (sadedšanu).

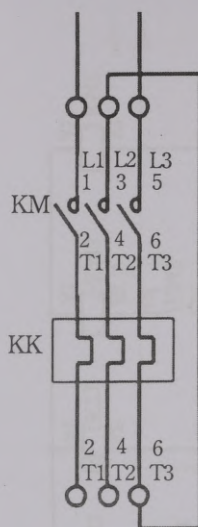
Pieļaujamo pārslodzes laiku aptuveni var noteikt šādi:

$$t = \frac{A}{\left(\frac{I}{I_N}\right)^2 - 1}, \text{ s,}$$

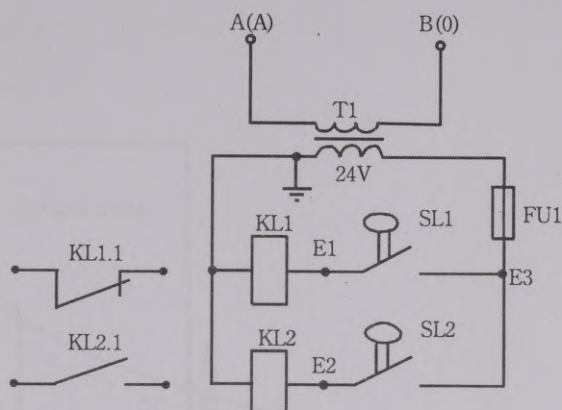
kur I — pārslodzes strāva,

A — dzinēja tipu un izpildījumu raksturojošs koeficients (piem., A sērijas atklātam dzinējam $A = 150$). [5]

Krievijā ražotajiem asinhronzinējiem orientējoši pie pārslodzes $I/I_N = 1,7$ aizsardzībai jānodrošina $t_{\text{aizs}} \leq 2$ min.



9.7. att. Magnētiskā palaidēja spēka ķēdes slēgums vienfāzes asinhronzinēja vadībai



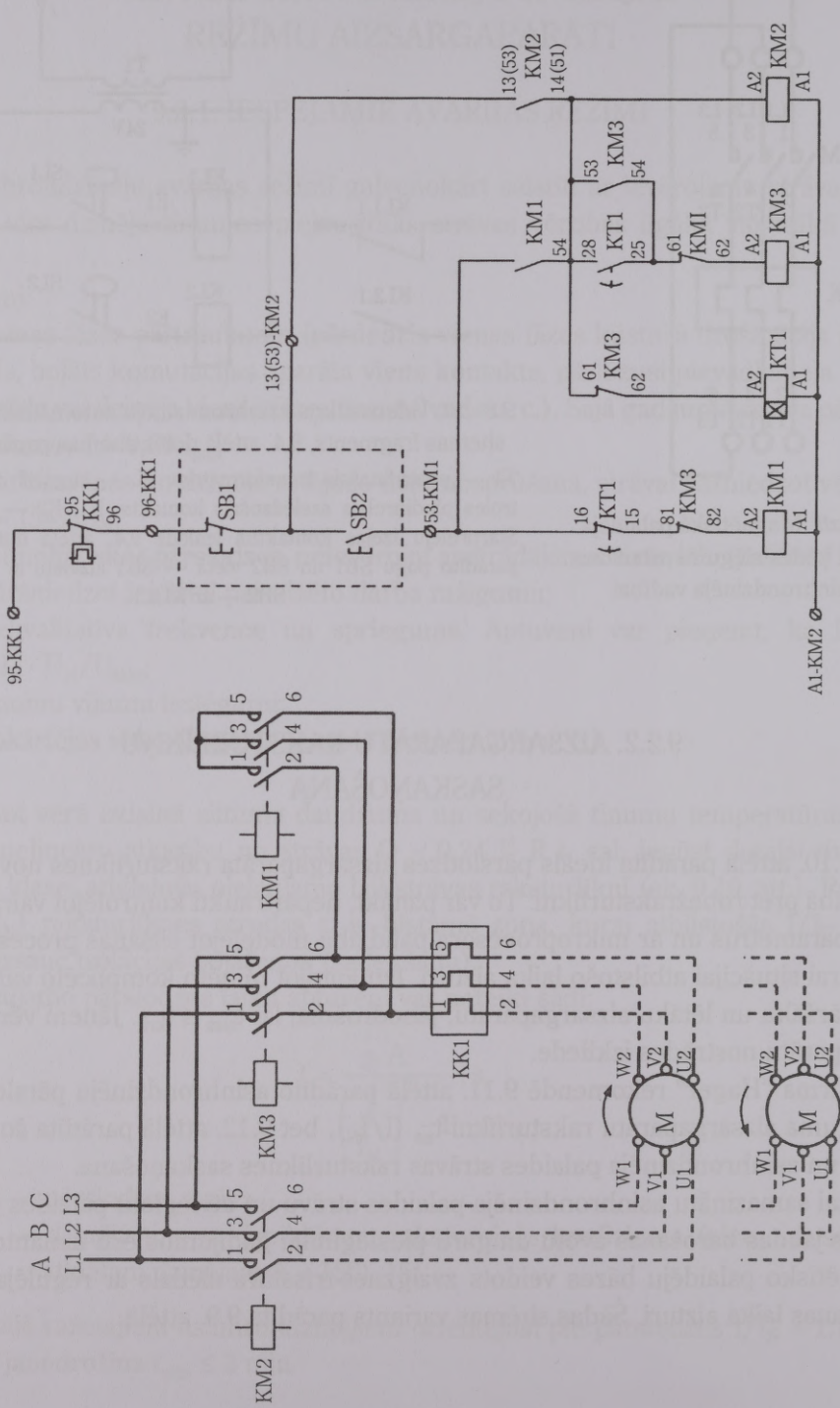
9.8. att. Ūdenssūkņa asinhronzinēja automātiskās vadības shēmas fragments, 9.4. attēlā dotās shēmas papildināšanai
T1 — pazeminošais transformators; SL — augšējā līmeņa kontroles pludiņpreleja saslēdzošais kontakts; K1, K2 — starpreleji. Starpreleju izejas kontaktus ieslēdz 9.4. attēlā dotajā shēmā parādīto pogu SB1 un SB2 vietā — SB1 aizvieto ar KL1.1, bet SB2 — ar KL2.1.

9.2.2. AIZSARGAPARĀTU RAKSTURLĪKŅU SASKAŅOŠANA

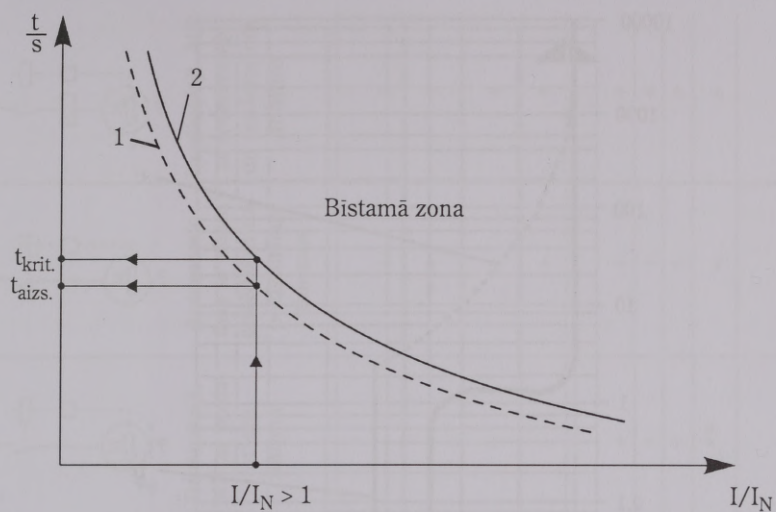
9.10. attēlā parādīts ideāls pārslodzes aizsargaparāta raksturliķnes novietojums attiecībā pret robežraksturliķni. To var panākt, nepārtraukti kontrolējot vairākus dzinēja parametrus un ar mikroprocesora palīdzību modelējot silšanas procesu, kā arī jebkurai situācijai atbilstošu laika aizturi. Izmantojot minēto komplicēto vai jebkuru vienkāršāku un lētāku aizsargaparātu, jānodrošina, lai $t_{\text{aizs}} \leq t_{\text{krit}}$. Jāņem vērā arī aizsargaparātu nostrādes izkliede.

Firma "Hager" rekomendē 9.11. attēlā parādīto asinhronzinēju pārslodzes un isslējuma aizsargaparātu raksturliķni $t_{\text{no}} (I/I_N)$, bet 9.12. attēlā parādīta šo raksturliķņu un asinhronzinēja palaides strāvas raksturliķnes saskaņošana.

Lai samazinātu asinhronzinēja palaides strāvu un atvieglotu palaides procesu, mazas jaudas barošanas avotu un garu pieslēglīniju gadījumos ērti izmantojams uz magnētisko palaidēju bāzes veidots zvaigznes-trīsstūra slēdzis ar regulējamu pārslēgšanas laika aizturi. Šādas shēmas variants parādīts 9.9. attēlā.

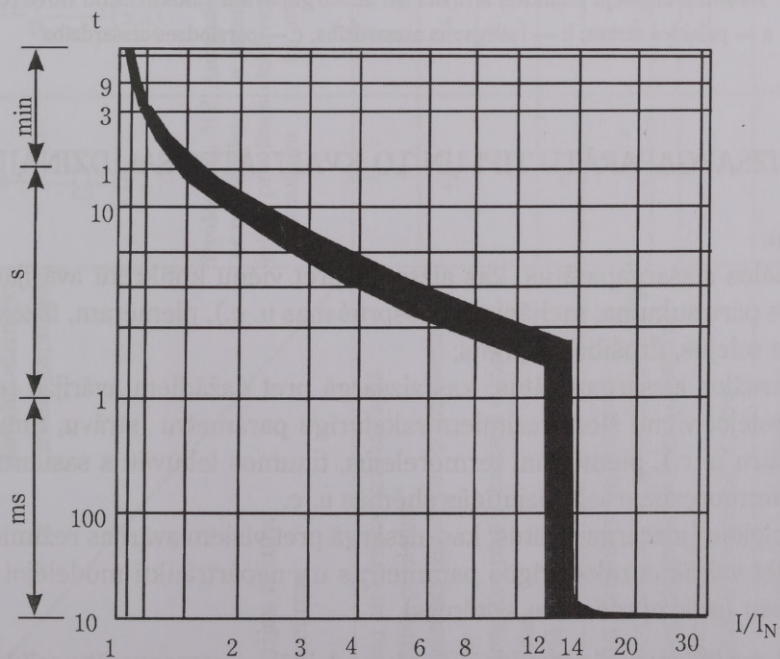


9.9. att. Ar magnētiskajiem palaidējiem veidots zvaigznes-trīsstūra slēdzis ar manuālu distancvadību. Uzņēmuma "Lovato-Rez LTD" variants (ar cipariem apzīmētas kontaktu spaiļes uz aparātiem, ar A1, A2 — spoļu izvadi)

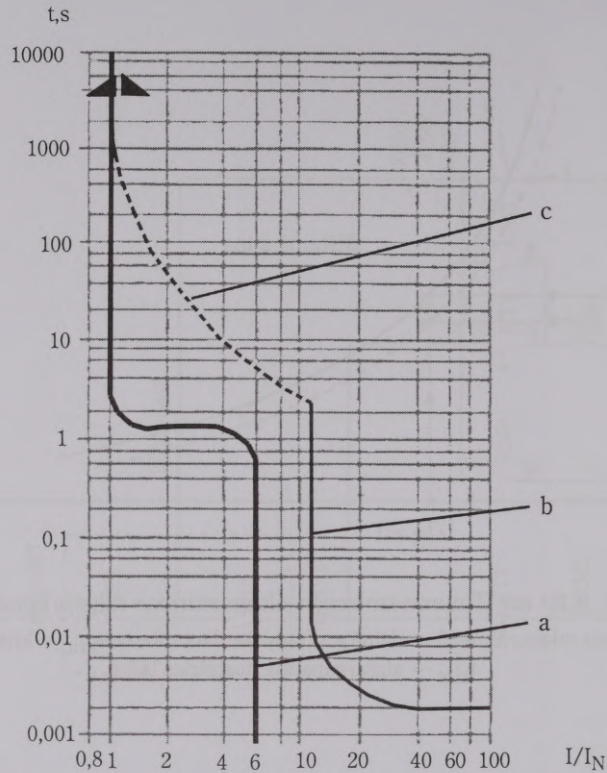


9.10. att. Tinumu izolācijas siltumizturības raksturlikne

1 — ideāla aizsardzības raksturlikne; 2 — dzinēja siltumizturības robeža; $t_{krit.}$ — kritiskais pārslodzes laiks; $t_{aizs.}$ — aizsargaparāta nostrādes laiks



9.11. att. Asinhrondzinēja aizsargaparātu raksturliknes variants



9.12. att. Asinhronzinēja palaišanas strāvas un aizsargaparātu raksturlielumu novietojums
 a — palaišanas strāva; b — īsslēguma aizsardzība; c — pārslodzes aizsardzība

9.2.3. AIZSARGAPARĀTU TIPI UN TO KVALITĀTES SALĪDZINĀJUMS

Izmanto:

- speciālos aizsargaparātus, kas aizsargā pret vienu konkrētu avārijas režīmu (fāzes pārtraukuma, mehāniska nosprūšanas u. c.), piemēram, fāzes pārtraukuma relejus, drošības sajūgus;
- universālos aizsargaparātus, kas aizsargā pret dažādiem avārijas režīmiem, kontrolējot vienu šiem režīmiem raksturīgu parametru (strāvu, tīnumu temperatūru u. c.), piemēram, termorelejus, tīnumos iebūvētus sasiluma sensorus (termorezistorus), fāzjutīgās shēmas u. c.
- kompleksos aizsargaparātus, kas aizsargā pret visiem avārijas režīmiem, kontrolējot vairākus raksturīgos parametrus un nepārtraukti modelējot silšanas procesu (mikroprocesoru sistēmas).

Uzņēmuma "Siemens" sastādītais asinhronzinēju aizsargaparātu salīdzinājums dots 9.2. tabulā.

Asinhrozinēju aizsargaparātu salīdzinājums

Asinhrozinēju aizsargaparāti							
Avārijas režīmu nosacījumi	Drošinātāji, MP ar termoreleju, MP jutīgu pret fāzes pazušanu	Automātslēdzis, ar termisko un elektro magnetisko atsēdži	Drošinātāji, automātslēdzis ar elektromagnētisko atsēdži un pozistoriem	Drošinātāji, MP ar pozistoriem	Automātslēdzis ar abām atsēdžiem un pozistoriem	Drošinātāji, MP ar termoreleju un termoreleju	Drošinātāji, MP ar termoreleju un pozistoriem
Tīnumu pārkaršana darbības laikā	+	+	+	+	+	+	+
1. Ilgstoša pārslodze	+/-	+/-	+	+	+	+	+
2. Pagarināts palaides un bremzēšanas laiks	-	-	+	+	+	+	+
3. Neregulārs pārtraukumains cikliskais režīms	-*	-*	+	+	+	+	+
4. Pārāk liels ieslēgšanas biežums	+	+/-	+	+	+	+	+
Tīnumu pārkaršana bojājumu dēļ	+	+	+	+	+	+	+
5. Fāzes pazušana vai sprieguma asimetrija	+	+	+	+	+	+	+
6. Sprieguma un frekvences svārstības	+	+	+	+	+	+	+
7. Rotora nosprūšana	+	+	+**	+	+	+	+
8. Palaide ar nosprūdušu rotoru	+	+	+**	+**	+**	+	+
Tīnumu pārkaršana nepietiekamas dzesēšanas dēļ	-	-	+	+	+	+	+
9. Apkārtējās temperatūras pieaugums	-	-	+	+	+	+	+
10. Dzesējošās gaisas plūsmas traucējumi	-	-	+	+	+	+	+

MP — magnētiskais palaidējs; + — aizsargā pilnīgi; +/- — aizsargā daļēji; - — aizsargā nevis; * — nerekomendē termoreleja kļūdainas darbības dēļ; ** — aizsargā daļēji asinhrozinējus ar jaudu virs 15 kW

9.2.3.1. AIZSARDZĪBAS RELEJU LIETOŠANA

Magnētiskos palaidējus to izgatavotājfirmas rekomendē komplektēt ar samērā lētiem universāliem unificētiem asinhronzinēju aizsargaparātiem — termorelejiem. To darbības princips, uzbūve un raksturliiknes apskatītas 8. nodaļā. Slēgums dzinēja shēmā redzams 9.4., 9.5. un 9.6. attēlā.

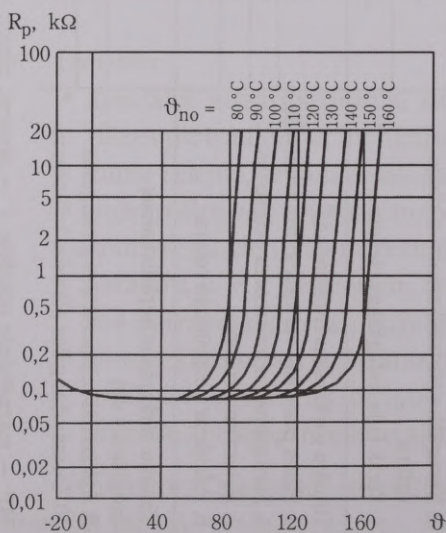
Termoreleji asinhronzinējus vislabāk aizsargā pret ilgstošām pārslodzēm (īpaši tad, ja dzinējs un termorelejs atrodas līdzīgos apkārtējās vides apstākļos). Īslaicīgā un pārtraukumaini cikliskā darba režīmā termorelejs darbojas neprecīzi, jo to ietekmē biežās elektrodzinēja palaišanas strāvas, arī elektrodzinēja un termoreleja silšanas un atdzišanas raksturliiknes ir atšķirīgas. Līdz 1990. gadam lietoto termoreleju apraksti doti literatūrā [11].

Neunificētos aizsargaparātus atšķirībā no termorelejiem montē ārpus palaidēja kontaktora kārbas, dažkārt iebūvē asinhronzinēju konstrukcijās.

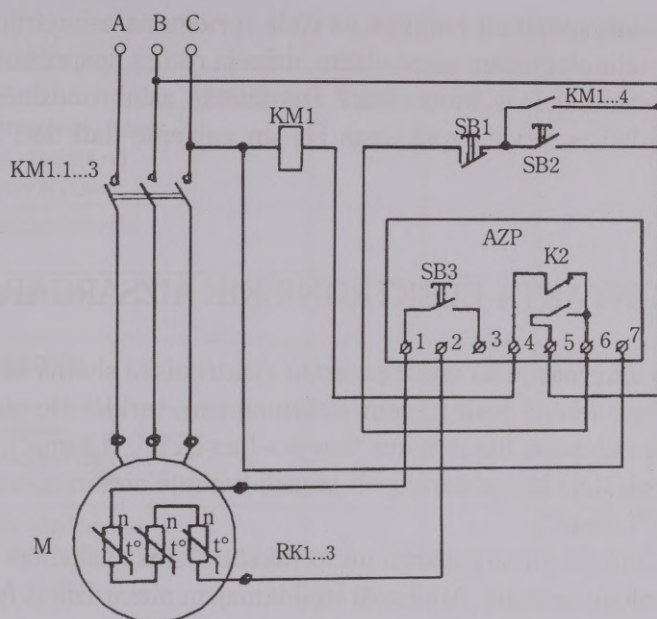
Nullsecības sprieguma releji. To spoles ieslēdz starp asinhronzinēja tinumu zvaigznes slēguma vai mākslīgo nullpunktu un barošanas tīkla nullvadu. Nostrādes spriegumu ieregulē eksperimentāli konkrētam dzinējam, imitējot avārijas režīmus. Releja atslēdzošos kontaktus ieslēdz MP kontaktora spoles ķēdē. Tuvākas ziņas atrodamas [5].

9.2.3.2. ASINHRONDZINĒJOS IEBŪVĒTIE AIZSARGAPARĀTU ELEMENTI

Pret temperatūras pieaugumu visjutīgākajā asinhronzinēju sastāvdaļā — tinumos ievieto neliela izmēra termosensorus, kas tieši kontrolē tinumu sasilumu. Šo sensoru masa ir relatīvi niecīga, tādēļ reaģēšanas kavējums praktiski neeksistē. Kā



9.13. att. Pozistoru raksturliiknes $R_p(\theta)$ dažādiem nostrādes temperatūras θ_{no} variantiem



9.14. att. Pozistoru aizsargaparāta AZP pieslēguma shēma SB3 — poga AZP atgriezei izejas stāvokli

sensorus izmanto miniatūrus bimetāliskos termorelejus, kā arī termorezistorus ar negatīvu (termistori) vai pozitīvu (pozistori) pretestības temperatūras koeficientu (% / °C). Aizsargaparātu shēmās parasti izmanto iebūvētos pozistorus to darbības releja efekta un nelielās parametru izkliedes dēļ. Pozistoru raksturlieknes dažādām nostrādes temperatūrām parādītas 9.13. attēlā. Pozistora tips saskaņā ar nostrādes temperatūru ϑ_{no} izvēlēts atbilstoši dzinēja tīnumu izolācijas klasei. 9.14. attēlā parādīta pozistoru aizsargaparāta AZP pieslēgšanas shēma. Pozistori ievietoti katras fāzes tīnumā un saslēgti virknē. Izvadi atrodas uz dzinēja pieslēgspaiļplāksnes.

Aizsargaparāti ar dzinēju tīnumos ievietotajiem sasiluma sensoriem ir vieni no visperspektīvākajiem un tiek nepārtraukti pilnveidoti.

9.2.3.3. FĀZJUTĪGIE AIZSARGAPARĀTI

Tie kontrolē fāžu nobīdes leņķa izmaiņas avārijas režimos. Šim nolūkam dzinēja barošanas ķēdē jāieslēdz speciāli strāvmaiņi, kuru izejas savukārt baro elektrisko lielumu salīdzināšanas shēmas (aļļa detektoru u. c.).

Papildinot shēmu ar atbilstošiem elektronikas elementiem [1,3,5], panākta kom-

binēta darbība, aizsargaparātam reaģējot uz tikla sprieguma asimetriju, nepilnfāžu režīmu, ilgstošām tehnoloģiskām pārslodzēm, dzinēja rotora nosprūšanu u. c.

Latvijas Lauksaimniecības universitātē izstrādātās asinhronzinēju fāzjutīgās kombinētās aizsardzības ierīces apskatītas [1] un galvenie dati doti katalogu apskatā.

9.3. BEZKONTAKTA ELEKTRONISKIE AIZSARGAPARĀTI

Kontrolējamo informāciju šo aizsargaparātu elektroniskā shēma saņem no asinhronzinēja barošanas ķēdē ieslēgtajiem strāvmaiņiem, turklāt šie strāvmaiņi var būt iebūvēti aparāta korpusā (uzņēmumi "Lovato-Rez LTD", "Lāsma").

Magnētiskā palaidēja kontaktora spoli parasti komutē aizsargaparātu izejas ķēdes tiristorlīdzis ("Lāsma").

Minēto firmu ražotie aizsargaparāti un to raksturlielnes apskatītas [2,6] un galvenie dati doti katalogu apskatā. Atbilstoši izpildāmajām aizsardzības funkcijām šos aparātus var uzskatīt par universāliem.

9.3.1. LATVIJĀ RAŽOTIE ASINHRONDZINĒJU AIZSARDZĪBAS APARĀTI

9.3.1.1. ZINĀTNISKI TEHNISKĀS FIRMAS "LĀSMA" KOPŠ 1992. G. RAŽOTO ASINHRONDZINĒJU AIZSARDZĪBAS APARĀTU EDA-1 — EDA-6 MODIFIKĀCIJU SALĪDZINĀJUMS

9.3. tabula

	EDA-1	EDA-2	EDA-3	EDA-4	EDA-5	EDA-6
Aizsargājamo asinhronzinēju jaudas robežas, kW	0,5 - 75	1 - 400	0,5 - 7,5	0,3 - 5	0,5 - 4	0,5 - 75
Funkcijas:						
Aizsardzība pret isslēgumu	+	+	-	-	-	-
Aizsardzība pret pārslodzi	+	+	+	+	+	+
Aizsardzība pret rotora nosprūšanu	+	+	+	+	+	+
Aizsardzība pret darbību nepilnfāžu režīmā	+	+	+	+	+	+
Aizsardzība pret tinumu pārkaršanu	-	-	-	-	+	+
Aizsardzība pret sūkņa un dzinēja "sausu" darbību	-	-	-	-	+	+

9.3. tabulas turpinājums

	EDA-1	EDA-2	EDA-3	EDA-4	EDA-5	EDA-6
Aizsardzības nostrādes strāvas ērta iestatīšana atkarībā no dzinēja jaudas un slodzes	+	+	+	+	+	+
Dzinēja atslēgšanas iemesla indikācija	+	+	+	+	+	+
Atkārtotas ieslēgšanas bloķēšana	+	+	+	+	+	+
Automātiska atkārtota ieslēgšana	-	-	-	-	-	+
Salāgošana ar citiem automātiskās vadības shēmas elementiem	+	+	+	+	+	+
Montāža uz DIN sliedēm	-	-	-	-	+	+

Piezīme.

Pēc pasūtījuma pieprasījuma iespējams mainīt iekārtas nostrādes laika iestatījumus, veikt ūdens esamības kontroli dziļurbumu akās (ja iekārtas izmanto dziļurbumu elektrosūkņu aizsardzībai), nodrošināt iekārtas bezkontakta izejas komutatora nostrādi no automātikas devēju kontaktiem vai no elektrodzinēju tinumos iebūvēto termodevēju signāliem u. c.

Aizsardzības iekārtu ieteicams novietot magnētiskā palaidēja kastē termoreleja vietā.

9.3.1.2. ASINHRODZINĒJU AIZSARDZĪBAS APARĀTU EDA JAUNĀKĀS MODIFIKĀCIJAS EDA-6 APRAKSTS

Vispārīgs raksturojums: EDA-6 izpilda 9.3. tabulā norādītās aizsardzības funkcijas komplektā ar strāvmaini TA_S dzinējam ar jaudu 0,5–4,0 kW vai strāvmaini TA_B dzinējiem ar jaudu 1–75 kW.

Aparāta EDA-6 tehniskie parametri:

- barošanas spriegums $\sim 230\text{ V} \pm 15\text{ V}$; 50 Hz;
- pašpatēriņš $< 3\text{ W}$;
- izejas releja komutācijas spēja:
 - aktīvai slodzei $\sim 230\text{ V}$, 5 A;
 - induktīvai slodzei $\sim 230\text{ V}$, 0,5 A;
- nostrādes laiks:
 - nepilnfāžu barošanās režīmā 5 s;

- elektrodzinēja pārslodzes gadījumā nostrādes laiks ir apgriezti proporcionāls strāvas I un nostrādes strāvas vērtību attiecībai, pie $I = 6I_{\text{ano}} 5s$;
- apkārtējās vides temperatūra no -10°C līdz $+45^{\circ}\text{C}$;
- aparāts atbilst izpildījumam IP 30 (VVST 14254-80);
- aizsardzībai pret klimatisko faktoru iedarbi atbilst V izpildījumam un 4. kategorijai (VVST 15150-69).

Aparāta EDA-6 pieslēgšana un ekspluatācija.

Aparātu EDA-6 un strāvmaini TA_S dzinēja vadības skapī nostiprina uz DIN sliedes. Strāvmaini TA_B vadības skapī nostiprina atsevišķi.

Aparātu EDA-6 ar strāvmaini TA_S pieslēdz aizsargājamā dzinēja barošanas un vadības ķēdēm atbilstoši 9.15. attēlā parādītajai shēmai, bet EDA-6 ar strāvmaini TA_B — atbilstoši 9.16. attēlā parādītajai shēmai.

Strāvmaiņa TA_B izmantošanas gadījumā barošanas tīkla jebkuru divu fāžu vadus atvieno no magnētiskā palaidēja kontaktora spailēm un izver caur attiecīgo strāvmaiņu logiem. Abu vadu vēršanas virzieniem jābūt vienādiem. Pēc izvēršanas atvienotos fāžu vadus pievieno atpakaļ kontaktora spailēm. Pie strāvmaiņa izejas spailēm (+ -) atbilstoši dzinēja jaudai pievieno balasta rezistoru R (sk. 9.4. tab.).

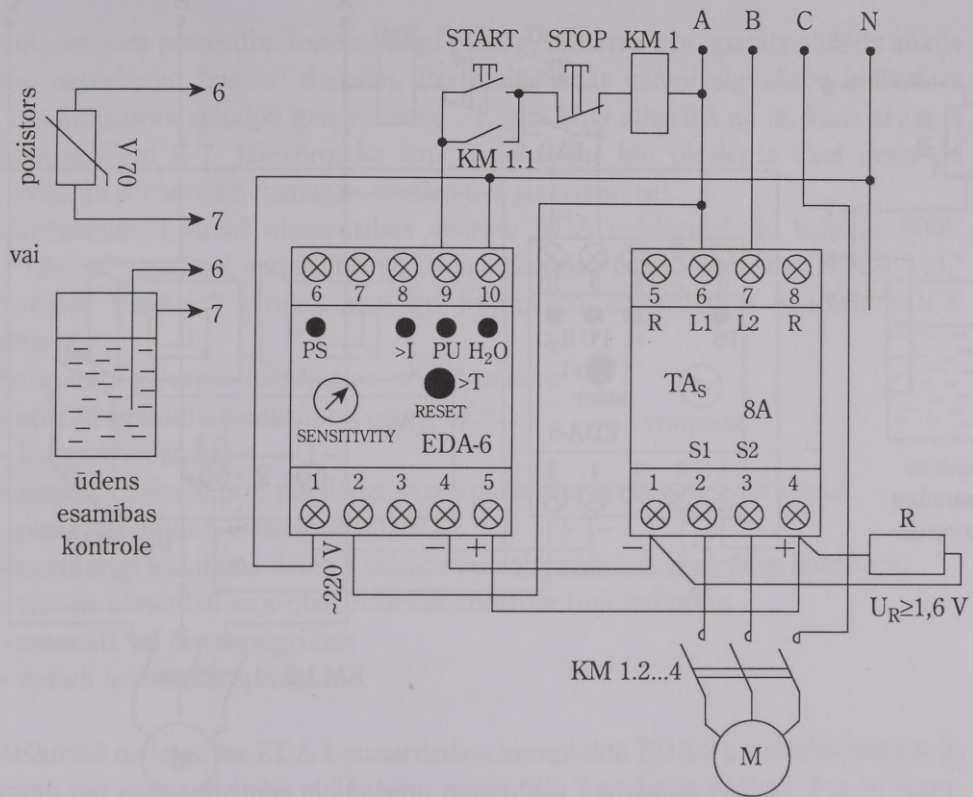
Balasta rezistora R pretestības vērtības strāvmaiņiem TA_B

9.4. tabula

Dzinēja jauda, kW	Pretestība Ω
5,5	390
7,5	240
11	180
16	130
18,5	110
22	82
30	56
37	43
45	39
55	36
75	30

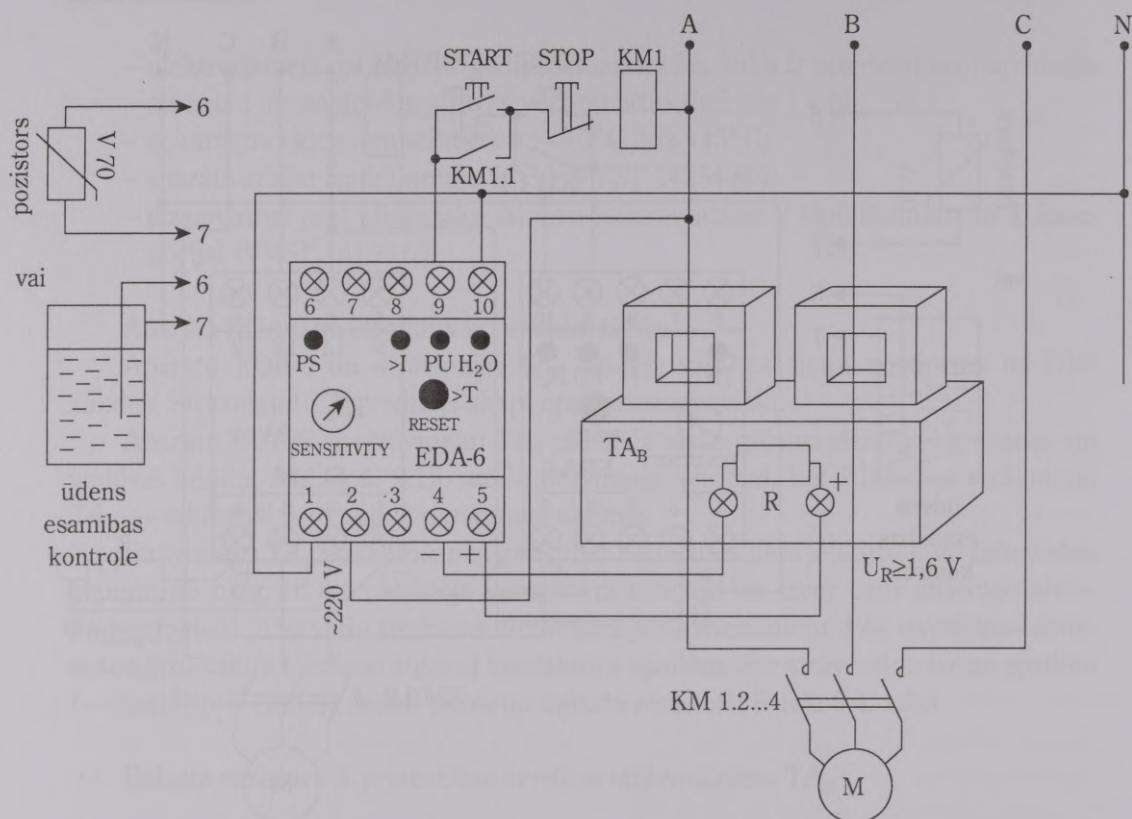
Piezīmes:

- rezistora jauda 0,5 W;
- dzinējiem ar jaudu līdz 5,5 kW izmanto TA_B iebūvēto rezistoru
- jābūt izpildītam noteikumam, ka sprieguma kritums rezistorā $U_R \geq 1,6V$



9.15. att. Aizsardzības aparāta EDA-6 ar strāvmaini TA_S pieslēgšanas shēma (elektrodzinējiem ar jaudu 0,5–4 kW)

Indikatoru funkcionālā nozīme: PS — barošanas sprieguma esamība, $>I$ — pārslodze, PU — fāzes pazušana vai fāžu asimetrija, H_2O — ūdens neesamība, $>T$ — dzinēja tinuma pārkāršana, SENSITIVITY — jutības regulatora poga, RESET — atgriezes poga



9.16. att. Aizsardzības aparāta EDA-6 ar strāvmaini TA_B pieslēgšanas shēma (elektrodzinējiem ar jaudu 1–75 kW). Indikatoru funkcionālo nozīmi un pogu funkcijas sk. 9.15. attēlā

Aizsardzības aparāta EDA-6 nostrādes strāvu I_{ano} iestata šādi:

- aizsardzības aparāta nostrādes strāvas I_{ano} regulēšanas potenciometra pogu (SENSITIVITY) pagriež līdz galam pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam;
- ieslēdz elektrodzinēju un tā maksimāli pieļaujamās vai nominālās slodzes režīmā potenciometru iestata tādā stāvoklī, lai būtu vērojama pārslodzes indikatora $>I$ mirgošana. Pēc tam potenciometru pagriež atpakaļ līdz stāvoklim, kurā indikators pārtrauc mirgot.

Ja aizsardzības aparāta nostrādi un dzinēja atslēgšanu izraisījusi pārslodze, par to signalizēs indikators $>I$, bet ja atslēgšanas iemesls bijis nepilnfāžu (fāzes pazušanas) režīms, par to signalizēs indikators PU. Ja dzinēja tinumos ievietoti sasiluma sensori — pozistori, tos pieslēdz aparāta papildieejas spailēm 6–7 (sk. 9.15. att.). Tinuma pārkaršanas gadījumā pozistoru pretestība lēcienvēidīgi pieaug, aizsardzības aparāts atslēdz dzinēju un par atslēgšanas cēloni signalizēs indikators $>T$. Šīs pašas spailēs var izmantot ūdens esamības kontroles sensora pieslēgšanai (sk. 9.15. att.). Ūdenim

pazūdot, sensora pretestība lēcienveidīgi pieaug, aizsardzības aparāts atslēdz sūkņa dzinēju, nepieļaujot "sauso" darbību. Par atslēgšanas cēloni signalizēs indikators H_2O . Šis indikators apkalpo gan situāciju $>T$, gan H_2O atkarībā no tā, kāds sensors pieslēgts spailēm 6–7. Jāievēro, ka šīm spailēm var būt pieslēgts tikai viens no sensoriem. Ja sensorus neizmanto, spaiļes 6–7 jāsavieno īsi!

Uzņēmums "Lāsma" aizsardzības aparātu EDA modernizāciju turpina. 2006. gadā "Lāsma" uzsākusi sadarbību ar Dienvidkorejas firmu "Samwha EOCR Ltd." ("Schneider Electric" grupa) analogu kompakto aizsardzības aparātu EOCR realizēšanā.

Šo aparātu galvenās īpašības un priekšrocības:

- aparāti izpildīti uz mikroprocesoru bāzes;
- kompakts dizains;
- aizsargā dzinēju pret pārslodzi, fāzes pazušānu un rotora iesprūšanu;
- plašs iestatījumu diapazons līdz 1:10;
- neatkarīgi iestatāma dzinēja palaišanas un aizsardzības nostrādes laikzture;
- vizuāla aizsardzības jutības robežas kontrole (mirdzdiode);
- manuālā vai distantatgrieze;
- dažādi barošanas spriegumi.

Atšķirībā no iekārtas EDA-1 aizsardzības komplektā EDA-2 paredzēta indikācija ar atmiņu par elektrodzinēja atslēgšanu nepilnfāžu barošanas režīmā. Par to signalizē mirdzdiode "PU". Par iekārtas nostrādi īsslēguma gadījumā signalizē mirdzdiode "SC", bet pārslodzes gadījumā — mirdzdiode "O".

Iekārtas EDA-2 nostrādes strāvas iestatīšanu un atkārtotu ieslēgšanu pēc tās nostrādes veic saskaņā ar instrukciju.

9.3.1.2. LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTES IZSTRĀDĀTIE ASINHRONDZINĒJU AIZSARGAPARĀTI

EFKA (ražoja Paņevežas rūpnīca "Ekranas") [1]

Fāzjutīgie kombinētie aizsargaparāti EFKA paredzēti zemsprieguma (0,38 kV) trīsfāžu asinhronzinēju aizsardzībai pret lielu elektriskā tīkla spriegumu asimetriju un nepilnfāžu režīmu, ilgstošām tehnoloģiskām pārslodzēm un rotora nosprūšanu, statora tinumu pārkaršanu (elektrodzinējiem ar iebūvētiem pozistoriem), kā arī pret statora tinumu izolācijas caursiti tās samitrināšanās gadījumā. Pieļaujamā apkārtējās vides temperatūra $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, gaisa relatīvais mitrums līdz 80% $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrā.

EFKA elektronikas bloks nodrošina asinhronzinēja (AD) statora tinumu izolā-

cijas pretestības diagnosticēšanu pirms katras tā ieslēgšanas, kā arī AD atslēguma iemeslu selektīvu signalizāciju.

Aizsargaparāti EFKA sastāv no unificēta elektronikas bloka un fāzgriezējtransformatora (FGT). FGT sastāv no diviem serdeņiem, trim primārajiem tinumiem ar vijumu skaitu $w_1 = 1$ un diviem sekundārajiem tinumiem ar maināmu vijumu skaitu ($w_2 = 200, 150, 100, 50$ vij.), kurus izvēlas pēc elektrodzinēja nominālās strāvas atbilstoši P.9.2. tabulas datiem.

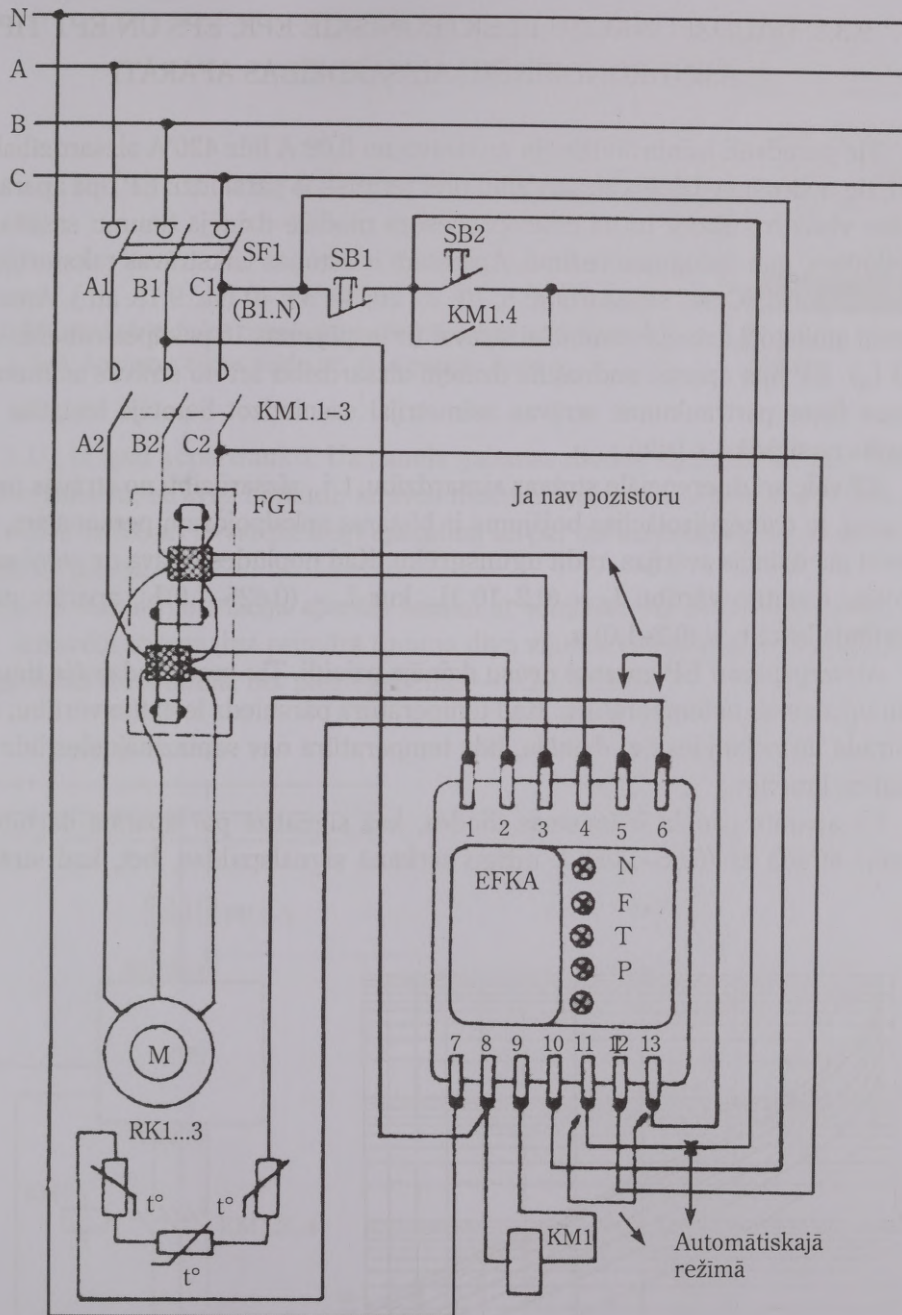
Tipveida aparāti EFKA paredzēti AD ar nominālo strāvu 25 A līdz 400 A aizsardzībai.

Mazākas jaudas AD ar nominālo strāvu $I_N < 25$ A aizsardzībai jāpalielina FGT primāro tinumu vijumu skaits w_1 tieši proporcionāli nominālās strāvas samazinājumam zem $I_N = 25$ A. Ja, piem., $I_N = 2,5$ A, tad $w_1 = 10$ vij.

EFKA pieslēgšanas shēma parādīta 9.17. attēlā. Aparāta montāžu un iestatīšanu atbilstoši aizsargājamā asinhronā dzinēja parametriem un konkrētam slodzes režīmam veic saskaņā ar instrukciju [1].

Tā kā aparāts ir fāzjutīgs, vislielākā vērība jāpievērš pareizai vadu izvilkšanas kārtībai caur fāzgriezējtransformatora serdeņu logiem.

Aparāta gaismas indikatori: N — iestatīšana un īslaicīga pārslodze, P — ilgstoša pārslodze, T — tinumu pārkaršana, F — fāzes pazušana (nepilnfāzu režīms), I — izolācijas bojājums.



9.17. att. Aizsargaparāta EFKA elektrisko savienojumu montāžas shēma

1,2,3,4 — FGT sekundāro tinumu pieslēgšanas spaiļes; 5, 6 — pozistoru pieslēgšanas spaiļes; 7 — nullvada pieslēgšanas spaiļes; 8, 9 — magnētiskā palaidēja spoles KM1 pieslēgšanas spaiļes; 10 — aizsardzības releja kontakta izejas spaiļes; 11 — aizsargaparāta barošanas bloka BB ieejas spaiļes; 12, 13 — izolācijas pretestības kontroles ķēdes ieejas spaiļes; N, F, T, P, I — aizsargaparāta iestāšanās un nostrādes signalizācija

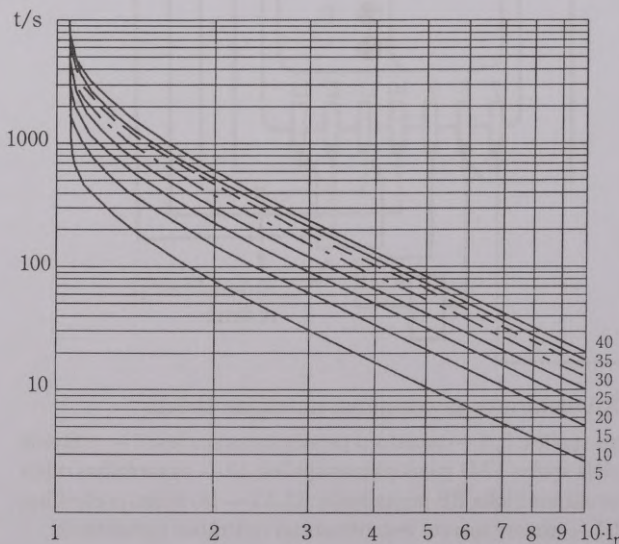
9.3.2. DAUDZFUNKCIJU ELEKTRONISKIE EPR, EPS UN EPT TIPA ASINHRONDZINĒJU AIZSARDZĪBAS APARĀTI

Tie paredzēti asinhronizēju ar strāvu no 0,09 A līdz 420 A aizsardzībai. Pirmkārt, tie nodrošina dzinēja aizsardzību pret termiskos pārslodzi: EP tipa aparāti mēra strāvu visās trīs fāzēs, un tā mikroprocesors modelē dzinēja tinumu sasilšanu gan pārslodzes, gan īsslēguma režīmā. Aparātam ir astoņas laikstrāvas raksturliķņu klases atbilstoši IEC 947 standartam: 5; 10; 15; 20; 30; 35; 40 (sk. 9.18. att.). Aparātu var iestatīt atbilstoši dzinēja nominālai strāvai (ir iespējamas 16 pakāpes robežās $(0,625-1,0) I_N$). EP tipa aparāti nodrošina dzinēju aizsardzību arī no strāvas asimetrijas un vienas fāzes pārtraukuma: strāvas asimetrijai sasniedzot lietotāja iestatīto līmeni, aparāts nostrādā 4 s laikā.

EP veic arī diferenciālo strāvas aizsardzību, t. i., aizsardzību no strāvas noplūdes uz zemi, jo dzinēja izolācijas bojājums ir bistams apkalpojošam personālam, tas var novest pie dzinēja avārijas, radīt ugunsgrēku. Kad noplūdes strāva uz zemi sasniedz lietotāja iestatīto vērtību $I_Z = (0,2-10) I_r$, kur $I_r = (0,625-1,0) I_N$, aparāts nostrādā iestatītajā laikā $t_Z = (0,2-1,0) s$.

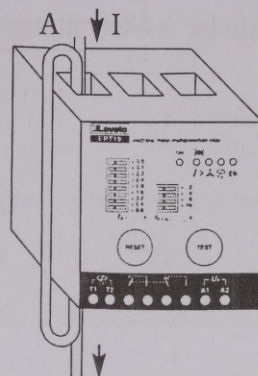
Aizsargaparāti EP garantē drošu dzinēja palaidi. Tie modelē dzinēja tinumu sasilšanu un atceras to temperatūru. Kad temperatūra pārsniedz iestatīto vērtību, aparāts nostrādā un neļauj ieslēgt dzinēju, līdz temperatūra nav samazinājusies līdz pieļaujamajam līmenim.

Uz aparāta paneļa ir gaismas diodes, kas signalizē par aparāta darbību. Kad dzinējs strādā ar $(0,95-1,05) I_r$ mirgo sarkanā signālspludze, bet, kad strāva pār-



9.18. att. Aizsargaparātu EPR, EPS un EPT laikstrāvas raksturliķnes

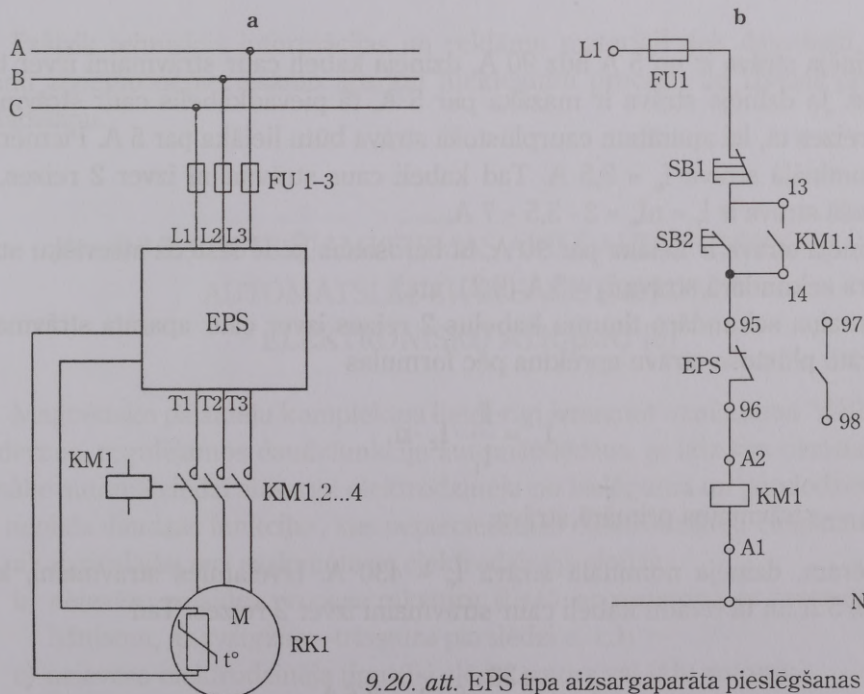
I_r — uz aparāta skalas iestatītā dzinēja strāva



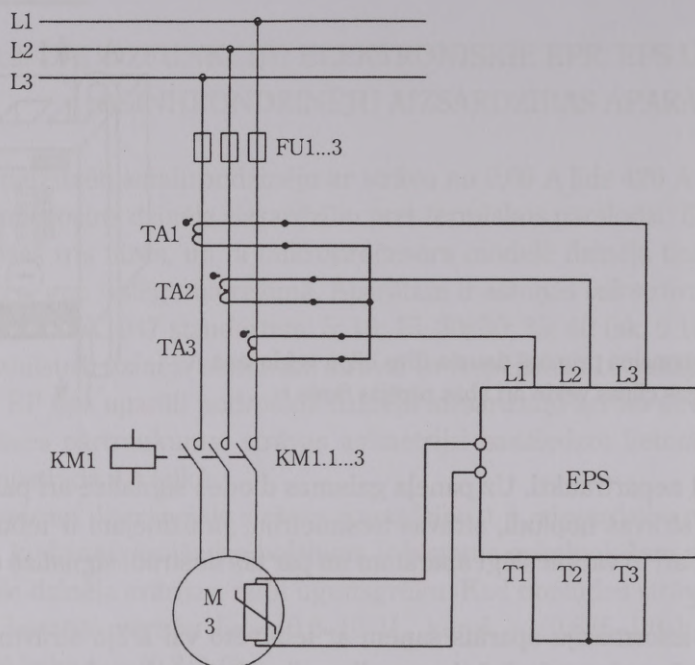
9.19. att. Iebūvētā strāvmaiņa primārā tinuma divu cilpu veidošana A fāzē. Analogas cilpas veido arī abās pārējās fāzēs

sniedz $1,1I_n$, tā spīd nepārtraukti. Uz paneļa gaismas diodes signalizē arī par citiem avārijas režīmiem: strāvas noplūdi, strāvas nesimetriju. Ja dzinējam ir iebūvētā pozistoru aizsardzība, arī to var pieslēgt aparātam un par tās nostrādi signalizē attiecīgā spuldzīte uz paneļa.

Nepieciešamo informāciju aparāts saņem ar iebūvēto vai ārējo strāvmaiņu palīdzību. Iebūvētā strāvmaiņa primārā tinuma divu vijumu veidošana ar pievadkabeļa dzislu parādīta 9.19. attēlā, bet pieslēgshēma — 9.20. attēlā.



9.20. att. EPS tipa aizsargaparāta pieslēgšanas shēma
a — elektrodzinēja spēka ķēde ar iebūvētās aizsardzības pieslēgumu;
b — elektrodzinēja vadības ķēde



9.21. att. Aizsargaparāta EPS pieslēgšana ar papildu strāvmaiņiem (ja $I_e > 90$ A)

Ja dzinēja strāva ir no 5 A līdz 90 A, dzinēja kabeli caur strāvmaini izver tikai vienu reizi. Ja dzinēja strāva ir mazāka par 5 A, tā pievadkabelis caur strāvmaini jāizver n reizes tā, lai aparātam caurplūstošā strāva būtu lielāka par 5 A. Piemēram, dzinēja nominālā strāva $I_e = 3,5$ A. Tad kabeli caur strāvmaini izver 2 reizes, un caurplūstošā strāva ir $I_r = nI_e = 2 \cdot 3,5 = 7$ A.

Ja dzinēja strāva ir lielāka par 90 A, tā barošanas ķēdē ieslēdz atsevišķu strāvmaini, kura sekundārā strāva $I_2 = 5$ A (9.21. att.).

Strāvmaiņa sekundāro tinumu kabelus 2 reizes izver caur aparāta strāvmaini. Caur aparātu plūstošo strāvu aprēķina pēc formulas

$$I_r = \frac{I_e}{I_1} \cdot I_2 \cdot n,$$

kur I_1 — strāvmaiņa primārā strāva.

Piemēram, dzinēja nominālā strāva $I_e = 430$ A. Izvēlamies strāvmaini, kam $I_1/I_2 = 500/5$ A un tā izvadu kabeli caur strāvmaini izver 2 reizes. Tad

$$I_r = \frac{430}{500} \cdot 5 \cdot 2 = 8,6 \text{ A.}$$

Aizsargaparātu EPR, EPS un EPT tehniskie dati doti P.9.3. tabulā, bet 9.4. tabulā apkopotas ziņas par atslēdzamo avāriju režīmiem.

9.4. tabula

Atslēdzamo avāriju veidi

Aizsargaparātu tips Avāriju režīmi	EPR	EPS	EPT
Pārslodze	+	+	+
Fāžu asimetrija	+	+	+
Fāzes pazušana	+	+	+
Tinuma pārkaršana (kontrolē ar pozistoru)	-	+	+
Fāžu vektoriālā asimetrija	-	-	+
Strāvas noplūde uz zemi	-	+	+

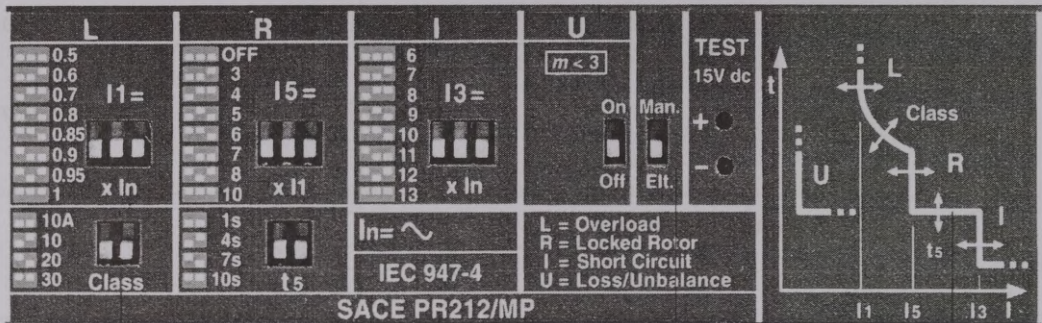
Pašlaik tehniskās informācijas un reklāmu materiāli tiek datorizēti, kas ievērojami atvieglo nepieciešamo aparātu meklējumu procesu un izvēles programmu sastādīšanu.

9.3.3. REGULĒJAMI FIRMAS ABB DAUDZFUNKCIJU AUTOMĀTSLĒDŽI AR SACE PR212/MP ELEKTRONISKO ATKABNI [9]

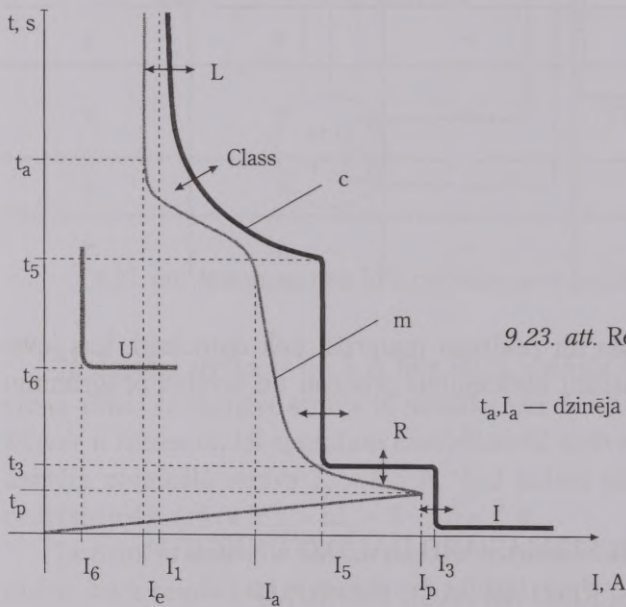
Magnētisko palaidēju komplektos lietderīgi izmantot uzņēmuma "ABB" ražotos modernos, regulējamus daudzfunkciju automātslēdžus, jo līdz šim pazīstamie tradicionālie automātslēdži aizsargā elektrodzinēju no išslēguma un pārslodzes strāvām, bet nepilda daudzas funkcijas, kas nepieciešamas elektrodzinēju ekspluatācijā:

- aizsardzība nav saskaņota ar elektrodzinēja slodzi;
- neievēro palaides procesa raksturu (tiešā, ar rezistoru, ar reversēšanas mehānismu, ar zvaigznes-trīsstūra pārslēdži u. c.);
- neievēro elektrodzinēja tipu (isi slēgts rotors vai fāžu rotors);
- nereagē uz bojājumu barošanas tīklā.

Šo funkciju izpildi jaunākās paaudzes automātslēdžos nodrošina elektroniskais



9.22. att. Automātslēdža SACE PR212/MP regulēšanas panelis



9.23. att. Regulējama automātslēdža laikstrāvas raksturlikne
 t_a, I_a — dzinēja palaišanas laiks un strāva; I_p — palaišanas virspārejas strāva

atkabnis, kas izveidots uz mikroprocesoru bāzes. Tas nodrošina lietotājam iespēju regulēt laikstrāvas raksturlikni, kā tas norādīts uz automātslēdža priekšējā paneļa (sk. 9.22. att.).

Automātslēdžu ar elektronisko atkabni laikstrāvas raksturlikne sastāv no četriem posmiem: L, R, I un U, kas nodrošina konkrētas aizsardzības funkcijas.

9.23. attēlā dota automātslēdža laikstrāvas raksturlikne c un parādīts, kā tā sašķaņota ar dzinēja palaišanas strāvas $I_p(t)$ raksturlikni m .

Posms L atbilst dzinēja aizsardzībai no pārslodzes strāvām. I_1 — termoatkabņa nenostāšanās strāva; $I_1 \geq I_e$, kur I_e — elektrodzinēja nominālā strāva. Uz automātslēdža paneļa ir regulēšanas pogas, ar kurām var iestatīt $I_1 = (0,5-0,6-0,7-0,8-0,85-0,9-0,95-1) I_N$, kur I_N — automātslēdža nominālā strāva. Piemēram, ja $I_e = 135$ A,

izvēlas tuvāko automātslēdzi ar $I_N = 160$ A un iestata $I_1 = 0,85 I_N = 136$ A. Dzinēja palaides laikam atbilst palaides klases: 10 A, 10, 20, 30, kuras iestata atbilstoši IEC 947-4-1 standartam (sk. 9.5. tab.).

Precizāk palaides laiku un strāvu var noteikt pēc atsevišķi dotās L posma laikstrāvas raksturlieknes (9.24. att.).

Posms R atbilst dzinēja aizsardzībai rotora nosprūšanas gadījumā. Šo aizsardzību var arī izslēgt ar pogu uz paneļa vai iestatīt $I_5 = 3-4-5-6-7-8-10 I_1$ un $t_5 = 1-4-7-10$ s, kur I_5 — R atkabņa nostrādes strāva, t_5 — attiecīgais nostrādes laiks, ko var iestatīt 1-4-7-10 s.

9.5. tabula

Elektrodzinēju palaides aizsardzības klases

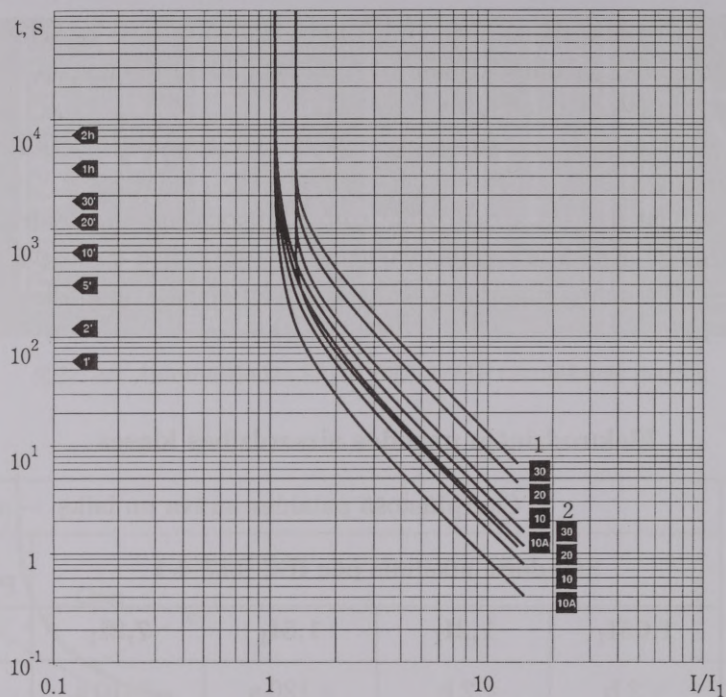
Klase	Caurplūstošā palaides strāva un laiks				
	Standarta atkabnis pēc IEC 947-4-1				Atkabnis PR212/MP
	$1,05I_1$	$1,2I_1$	$1,5I_1$	$7,2I_1$	$7,2I_1$
10A	> 2 h	< 2 h	< 120 s	2-10 s	4 s
10	> 2 h	< 2 h	< 240 s	4-10 s	8 s
20	> 2 h	< 2 h	< 480 s	6-10 s	16 s
30	> 2 h	< 2 h	< 720 s	9-30 s	24 s

Piemēram: 10 A klasei pie $I = 1,05I_1$ $t_{no} > 2$ h

Posms I atbilst dzinēja aizsardzībai no išslēguma strāvām. Šī atslēdze nostrādā praktiski momentāni (no 10 ms līdz 30 ms), ja $I \geq I_3$. Uz paneļa I_3 var iestatīt $I_3 = 6-7-8-9-10-11-12-13 I_N$.

Posms U atbilst dzinēja aizsardzībai no fāzes "pazušanas" vai sprieguma nesimetrijas, to var arī izslēgt ar pogu uz paneļa. Ja strāva vienā vai divās fāzēs samazinās zem $0,4 I_1$ vismaz uz 4 s, tad automātslēdzis atslēdz dzinēju. Šeit $I_6 = 0,4 I_1$ un $t_6 = 4$ s.

SACE PR212/MP automātslēdzus izgatavo nominālām strāvām 100, 160, 200, 320, 400, 630 un 1000 A; nominālam spriegumam līdz 690 V. Tātad tos var lietot elektrodzinējiem ar nominālo strāvu no $I_1 = 0,5 \cdot 100 = 50$ A līdz 1000 A.



9.24. att. SACE PR212/MP laikstrāvas raksturlienes L posms:

likņu saime 1 — modelētam aukstam elektroniskam atkabnim; 2 — modelētam siltam elektroniskam atkabnim

9.3.4. ASINHRONDZINĒJU DAUDZFUNKCIJU AIZSARDZĪBAS APARĀTI AR AUTOMĀTISKU LAIKSTRĀVAS RAKSTURLĪKNES KOREKCIJU

Uzņēmuma “AREVA T&D SA” filiāle Latvijā piedāvā MICOM P211 tipa daudzfunkciju aizsardzības aparātus uz mikroprocesoru bāzes, nodrošinot noteiktas zemsprieguma un vidsprieguma asinhronzinēju aizsardzības, uzraudzības un vadības funkcijas:

- aizsardzību pret šādiem avārijas režīmiem:
 - tinumu pārkaršanu;
 - īsslēgumu;
 - zemesslēgumu;
 - drošību pie asimetriska sprieguma;
 - darbību nepilnfāžu režīmā (fāzes pazušana);
 - darbību pie slodzes pazušanas (minimālās strāvas režīmā);
 - palielinātu palaides laiku;
 - palaidi ar bloķētu rotoru;

- temperatūras sensora pieslēgšanas iespēju;
- ārējās aizsardzības atslēgšanas komandas izpildi;
- atkārtotas dzinēja palaides skaita ierobežošanu;
- zvaigznes / trijstūra slēguma palaides realizēšanu;
- dzinēja atkārtotas palaides realizēšanu pie īslaicīgas sprieguma pazušanas (kontaktoru shēmās), kontrolējot bezsprieguma pauzes ilgumu un ieslēgšanas laiku pēc sprieguma atjaunošanās;
- Modbus RTU komunikācijas protokola realizēšanu, programmēšanai izmantojot MiCOM S1 programmu, kā arī pievienošanu tehnoloģiskā procesa vadības sistēmai vai SCADA.

Bieži zemsprieguma elektrodzinējiem izmanto elektromehānisko pārslodzes aizsardzību. Taču šādas aizsardzības raksturlikne ir vienkārša un elektrodzinēja sasilšana netiek ņemta vērā, kā rezultātā vairumā gadījumu dzinēja atslēgšana notiek par ātru. Eksploatācijas personāla pieredze rāda, ka pēc aizsardzības nostrādes elektrodzinēju atkal var ieslēgt bez tā sabojāšanas. Tomēr dažreiz dzinēja atslēgšana ir bijusi pareiza un atkārtota ieslēgšana var to bojāt. Šā iemesla dēļ aizsardzības aparāta nostrādes raksturliknei ir jābūt iespējami korektai.

Daudzi ražotāji piedāvā izmantot dzinēja termiskās pārslodzes aizsardzību. Šī aizsardzības funkcija balstās uz dzinēja sasilšanas pakāpes matemātisku aprēķināšanu, un tās nostrādes precizitāte ir atkarīga no sasilšanas un atdzišanas laika konstantes iestatījuma. Tomēr elektrodzinēja sasilšanas un atdzišanas process ir komplikēts, un ražotāji šādus parametrus bieži neuzrāda. Nezinot konkrētā elektrodzinēja sasilšanas laika konstantes, aizsardzības iestata ar rezervi, tādējādi nonākot pie līdzīga rezultāta kā ar elektromehānisko pārslodzes aizsardzību.

MiCOM P211 aizsardzības aparāta termiskās aizsardzības funkcijai ir divi galvenie iestatāmie parametri: bāzes strāva I_b (A) (nominālā strāva) un atslēgšanas laiks t_{6I_b} (s) no dzinēja palaides brīža pie seškārtīgas bāzes strāvas. Izmantojot t_{6I_b} iestatījumu, aparāts aprēķina sasilšanas un atdzišanas laika konstantes. Ja palaides strāva atšķiras no $6I_b$, iestatāmo atslēgšanas laiku aprēķina atbilstoši instrukcijai, izmantojot faktisko palaides strāvas un laika vērtību. Šīs vērtības var noteikt eksperimentāli, izmantojot aizsardzības aparātā iebūvēto digitālo mēriekārtu ar "atmiņas" funkciju.

Minēto parametru izmantošana vienkāršo aizsardzības funkcijas iestatīšanu, tādējādi atvieglojot eksploatācijas personāla darbu. Protams, šāda pieeja ir zināms kompromiss starp termiskā modeļa precizitāti un iespēju izmantot labākos pieejamos iestatījumus, tomēr, kā apliecina pieredze, šīs metodes izmantošana ir efektīva. Pateicoties precīzākai sasilšanas pakāpes aprēķināšanai, elektrodzinējus var optimālāk noslogot, lieki nepārtraucot tehnoloģisko procesu.

9.4. MAGNĒTISKO PALAIDĒJU IZVĒLE

9.4.1. NEPIECIEŠAMIE IZEJAS DATI

1. Vadāmā asinhronzinēja nominālie parametri: P_N , kW; U_N , V; I_N , A; $\cos \varphi_N$, η_N (daļās), palaides strāvas vairākkārtīgums I_{pal}/I_N , slodzes koeficients $\beta = I_{\text{fakt}}/I_N$. Ja nav dota I_N vērtība, to aprēķina:

$$I_N = \frac{P_N \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \eta_N \cos \varphi_N}, \text{ A.}$$

Faktiskā slodzes strāva: $I_{\text{fakt}} = I_N \cdot \beta$, A.

2. Prognozējamais darba režīms, ciklu intensitāte, nepieciešamais resurss, drošums, izmaksu robeža.

3. Vadības shēma, kas nosaka vadības aparātu nomenklatūru, aparātu lietošanas kategoriju un novietojumu.

4. Dzinēja nomaiņas vai remonta problēmas un izmaksas (ar to saistīta aizsargaparātu izvēle).

9.4.2. IZVĒLES NOSACĪJUMI

Izmantojot firmu katalogos uzrādīto aparātu datus, jāizvēlas aparāti, kuru parametri apmierina izejas datu prasības. Komutācijas aparātus var izvēlēties ar nelielu rezervi, kas savukārt noved pie izmaksas un gabarītu, kā arī resursa un drošuma pieauguma, turpretī aizsardzības aparātu parametriem jābūt precīzi saskaņotiem ar aizsargājamā objekta prasībām. Tāpat jābūt izpildītam noteikumam, ka spēka ķēdē ieslēgtiem išslēguma aizsardzības aparātiem jāpārtrauc išslēgums, pirms sprieguma samazināšanās dēļ sāk atkrist palaidēja kontaktora darbinātāja elektromagnēta enkurs, t. i.,

$$t_{\text{issl}} < t_{\text{at,pal}},$$

kur $t_{\text{at,pal}}$, — palaidēja atgriezes laiks,

jo kontaktora galvenie kontakti nedrīkst atvērties išslēguma procesa laikā t_{issl} .

9.4.3. KONTAKTORA VADĪBAS APARĀTU IZVĒLE

Manuālās vadības pogas izvēlas saskaņā ar vadības shēmu (nereversīvs vai reversīvs magnētiskais palaidējs), kontaktora darbinātāja elektromagnēta spoles parametriem (spriegums, strāvas veids, ieslēgšanas un izslēgšanas jauda, strāva), no-

vietojumu un apkārtējās vides iedarbību. Lai izslēgtu operatora subjektīvo iespaidu uz komutācijas procesu spiedpogu kontaktu ķēdē, lietderīgi izvēlēties konstrukciju kontaktu lēcienveida pārslēgšanai. Maiņstrāvas elektromagnētu spoļu ķēdē smagākais ir ieslēgšanas process, jo ieslēgšanas strāva 8–10 reizes pārsniedz nominālo (elektromagnēta ieslēgtā stāvokli), turklāt kontakti nedrīkst sametināties. Līdzstrāvas elektromagnētu spoļu ķēdē savukārt smagākais ir atslēgšanas process, jo elektromagnētiskajā sistēmā uzkrātās enerģijas atpildes rezultātā vadības aparātu kontaktu spraugā veidojas elektriskais loks, ievērojami bojājot kontaktu virsmu. Loka efekta samazināšanai katalogos doti lokdzēses kontūru unificēti varianti [6], vai arī tie aprēķināmi saskaņā ar 7.4.3. punktā doto metodiku. Šo lokdzēses kontūru darbība savukārt var negatīvi iespaidot kontaktora galveno kontaktu dinamiku un komutācijas procesu.

Vadības relejus (spiediena, limeņa, siltuma, apgaismojuma u. c.) izvēlas saskaņā ar ieejas parametra nostrādes un atgriezes vērtībām, izejas kontaktu pāru skaitu un funkcijām (ieslēdzošie, atslēdzošie, pārslēdzošie), kā arī saskaņā ar šo kontaktu komutācijas parametriem, kas minēti 8.1. apakšpunktā.

Kontaktora palīgkontakti un to papildbloki parasti saskaņoti ar dotā kontaktora elektromagnēta parametriem.

Dažos gadījumos kontaktora palīgkontakti kalpo kādas citas ķēdes komutācijai (signalizācijas, bloķēšanas, bremzēšanas u. c. iekārtu ieslēgšanai), tādēļ jāpārbauda šo palīgkontaktu atbilstība.

Ja programmvadības iekārtu izeju komutējošo elementu (tiristoru, optronu, mikroreleju u. c.) parametri neatbilst palaidēju kontaktoru spoļu komutācijas parametriem, jāizmanto salāgojošie elementi — starpreleji, optroni u. c.

9.4.4. SAVIENOJOŠO VADU VAI KABEĻU IZVĒLE

Magnētisko palaidēju un asinhronzinēju savienojamo vadu vai kabeļu marku nosaka elektroiekārtu uzstādīšanas un lietošanas nosacījumi (atklāta vai slēgta, stacionāra vai daudzkārt pārvietojama iekārta, telpu kategorija u. c.), bet šķērsriezumu — aizsargājošā kūstošā drošinātāja nominālā strāva vai automātslēdža iestatījuma strāva.

Vadības ķēdēs, kas satur kontaktoru un releju spoles, signālspuļdzes, salāgojošos mazjaudas transformatorus u. c., paredzēta strāva līdz 10 A, tāpēc parasti jāizvēlas minimāli pieļaujama savienojamo vadu šķērsriezums no mehāniskās izturības viedokļa.

9.4.5. MAGNĒTISKĀ PALAIDĒJA IZVĒLES PIEMĒRS

Ventilatoru darbina asinhronzinējs, kura nominālie dati: $P_N = 4\text{ kW}$, $U_N = 380\text{ V}$, $\eta_N = 84\%$, $\cos \varphi_N = 0,84$, $I_p / I_N = 6$, $\beta = 0,8$. Vadības shēma parādīta 9.4. attēlā. Vadības un aizsargaparāti novietoti pie ēkas ārējās sienas. Režīms S1, lietošanas kategorija

Izvēle

1. Variants: vadības un aizsargaparāti ievietoti slēgtā skapī (IP65) pie ēkas ār-sienas, tātad aparāti var būt atklāta izpildījuma (IP00).

Aprēķina

$$I_N = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,84 \cdot 0,84} = 8,62\text{ A}$$

$$I_{\text{fakt}} = 0,8 \cdot 8,62 = 6,9\text{ A}$$

$$I_p = 6 \cdot 8,62 = 51,72\text{ A}$$

Atdalošā slēdža izvēles piemērs dots 2. nodaļas, bet drošinātāju — 5. nodaļas noslēgumā.

Kontakora izvēle. Salīdzinot dzinēja datus ar uzņēmuma “Lovato-Rez LTD” kataloga datiem P.7.5. tabulā, tuvākais piemērotais ir MC9 tipa kontakors (pasūtījuma šifrs 11MC9.10).

Parametrs	Kontakors		Asinhronzinējs
I_N , A	9	>	8,62 (6,9)
P_N , kW	4	=	4
U_N , V	< 690	>	380
U_{iz} , V	< 415	>	380

Kontaktorā iebūvēts 1 ieslēdzošs palīgkontakts, spoles spriegums 380 V un palaidedarba jauda 35 / 4 VA (no P.9.1. tabulas).

Izmēri: 44 · 48 · 56 mm, svars — 0,14 kg. Vadu pievienojums — ar skrūvspailēm, elektriskais resurss — $N = 100\ 000$ komutācijas ciklu. Tieši pievienojams RF9 tipa termorelejs.

Termoreleja izvēle. P.7.5. tabulā doti termoreleja dati. Izvēlas TRD 9.10 termoreleju ar sildelementa regulējuma diapazonu 6–10 A. Termorelejs izveidots ar diferenciālo sistēmu un manuālo atgriezī. Kontakora termoreleja kopējā bloka izmēri ir 44 · 87 · 48 mm, svars — 0,250 kg.

Vadības pogu izvēle. Kataloga [6] 113. lpp. doti slēgta izpildījuma (IP65) LP2T tipa vadības pogu komplekti. Izvēlas komplektu ar 2 elementiem ("START", "STOP"). Izmēri ir 71 · 117 · 65 mm. Kontakta komutācijas spēja — kategorijai AC15 (maiņstrāvas elektromagnēta vadība) un 400 V spriegumam — 1,9 A. Izvēlētā 11MC9.10 tipa kontaktora spoles ieslēgšanas strāva

$$I_{iesl} = \frac{S_{iesl}}{U_{iesl}} = \frac{35}{380} = 0,092 \text{ A} \ll 1,9 \text{ A}$$

Resurss — 1 000 000 komutācijas ciklu, nepieciešamais spiediens uz pogu — 8N.

2. variants: palaidējs (elektromehānisks dzinējstarteris, sastāvošs no kontaktora, termoreleja un vadības pogām) slēgtā (IP65) plastmasas korpusā. Shēma parādīta 9.5. attēlā. Kataloga [6] 74. lpp. doti to dati. Izvēlas 11M1BRF/R11 tipa palaidēju, režīms — AC3, $I_N = 11 \text{ A}$, $P_N (380 \text{ V}) = 0,37\text{--}5,5 \text{ kW}$, ar termoreleja 11RF25.10 sildelementa regulējuma diapazonu 6–10 A. Izmēri ir 115 · 185 · 141 mm, svars — 0,9 kg.

Papildus nepieciešams atdalošais slēdzis un drošinātāji vai automātslēdzis.

3. variants: 11MC9.10 tipa kontaktors, LP2T tipa vadības pogas un uzņēmuma "Lāsma" EDA — 1 tipa aizsargaparāts [2], kas aizsargā asinhron dzinēju pret isslēgumu, pārslodzi un darbību nepilnfāžu režīmā.

Shēmā jāparedz atdalošais slēdzis, vadībai jāizmanto 220 V maiņspriegums.

4. variants: var izvēlēties magnetotermisko dzinēja aizsargslēdzi [6] 52. lpp. Piemērots ir 11LMS25.10T tipa slēdzis, taču tas vairāk atbilst automātslēdžu variantiem, kas apskatīti 8. nodaļā.

Piezīme: izmaksu salīdzināšanai jāizmanto attiecīgajā periodā spēkā esošie uzņēmumu cenrāži. Drošuma parametri uzņēmumu katalogos atrodami samērā reti.

9.4.6. IZVĒLES PROCESA DATORIZĀCIJA

Vadošās elektroiekārtu izgatavotājfirmas savu izstrādājumu pamatdatus ieraksta disketēs, lai lietotāji varētu ērti pārskatīt plašo nomenklatūru un pēc tam vajadzīgo informāciju paplašināt.

Piemēram, uzņēmums "Siemens" piedāvā katalogu CD PROKOM, EXCEL V 4.0, DATANORM V 4 u. c. formātos. Izmantojot šo informāciju, var sastādīt aparātu izvēles daudzkritēriju datorprogrammu vai arī izmantot firmu piedāvātās izvēles programmas, piemēram, ELLE versiju 2.1 ("Siemens") maiņstrāvas kontaktoru izvēlei pēc jaudas, lietošanas kategorijas, elektriskā resursa, kā arī komplicētas slodzes gadījumos.

9.4.7. AIZSARGAPARĀTU IZVĒLES EKONOMISKAIS PAMATOJUMS

Priekšrocība ir variantam ar vismazākajiem iegādes, montāžas un ekspluatācijas izdevumiem. Turklāt jāievēro zaudējumi, ko lietotājs cieš sakarā ar aizsardzības darbības nedrošumu (vai nepietiekamu drošumu).

Izdevumi, attiecināti uz vienu darba gadu, nosakāmi šādi:

$$I = k_e \cdot K + E + Z,$$

kur K — dzinēja un aizsardzības iekārtas izmaksa, ieskaitot transportēšanas un montāžas izdevumus;

k_e — amortizācijas, iekārtas atjaunošanas un remonta atskaitījuma koeficients;

E — ekspluatācijas izdevumi (aizsardzības iekārtu apkopes un patērētās elektroenerģijas izmaksas);

Z — zaudējumi sakarā ar aizsardzības atteici (bojājumu) vai kļūdainu darbību.

Zaudējumi ietver 2 sastāvdaļas

$$Z = p_0 \cdot k_D + p_0 \cdot z_t,$$

kur k_D — bojātā dzinēja un aizsardzības iekārtas nomaiņas izmaksa, ieskaitot vecās iekārtas demontāžas un jaunās iekārtas montāžas izdevumus;

z_t — dzinēja avārijas tehnoloģiskie zaudējumi (neizgatavotās vai bojātās produkcijas vērtība);

p_0 — aizsardzības iekārtas atteices vai kļūdainas darbība varbūtība, kā rezultātā dzinējs avarējis.

Ekspluatācijas izdevumi parasti sastāda mazāko daļu no kopējiem izdevumiem. Tādēļ dārgākas un efektīvākas aizsardzības ierīces atmaksājas, ja zaudējumi samazinās vairāk nekā pieaug papildizdevumi.

9.4.8. MAGNĒTISKO PALAIDĒJU IZMANTOŠANA CITA TIPĀ SLODZĒM

Asinhronzinēju vadībai paredzētos magnētisko palaidēju kontaktorus nedrīkst lietot kondensatoru, kvēlspuldžu un fāžu rotoru ķēžu komutācijai bez režīmu saskaņošanas ar izgatavotājfirmu, jo ievērojami mainās ieslēgšanas procesa noteikumi. Kondensatoru ieslēgšanai firmas izgatavo speciālus kontaktorus (sk. [8], 225. lpp., [6], 233. lpp.).

Magnētisko palaidēju komplektā ietilpstošo aizsargaparātu raksturliknes jāsaņā ar slodzes iekārtu prasībām.

Vienfāzes asinhronzinēju vadībai ieteikta 9.7. attēlā dotā kontaktora slēguma shēma.

9.4.9. MAGNĒTISKO PALAIDĒJU IZMANTOŠANAS PERSPEKTĪVAS

Neskatoties uz asinhronzinēju elektrisko programmējamo vadības bezkontakta aparātu straujo attīstību un plašo lietojumu, iepriekš aplūkotie modernie magnētiskie palaidēji ir konkurētspējīgi galvenokārt zemāku izmaksu dēļ. Firmu pētnieciskie centri turpina strādāt palaidēju parametru uzlabošanas virzienā. Piemērs: uzņēmumā "REK" veikti rezultatīvi pētījumi palaidēju kontaktoru ieslēgšanas vibrāciju novēršanas un darbinātāju optimizācijas jomā (Dr. V. Tujevs) un par oriģināliem risinājumiem saņemtas LR autorapliecības. Izmantojot pētījumu rezultātus jaunu kontaktoru konstrukciju veidošanā, paaugstinās magnētisko palaidēju drošuma un resursa parametru līmenis. Izmantojot dažādu vadības aparātu sistēmu priekšrocības, tiek veidoti arī hibrīdaparāti.

Kontroluzdevumi

1. Atbilstoši dotajiem norādījumiem uzzīmēt asinhronzinēja pieslēgšanas shēmu, izvēlēties vadības un aizsardzības aparātus, sastādīt iekārtu pieprasījumu.
2. Izvēlēties līdzstrāvas dzinēja vadības un aizsardzības aparātus.
3. Vienam elektrodzinēja variantam izvēlēties un salīdzināt divu dažādu firmu vadības un aizsardzības aparātus.

Piezīme: uzdevumu variantiem nepieciešamie dzinēju dati doti P.9.4. un P.9.5. tabulā.

Kontroljautājumi

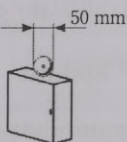
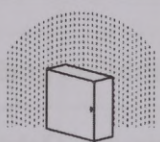
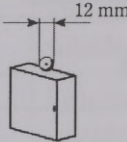
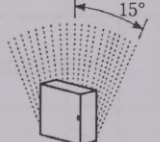
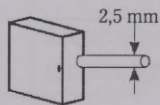
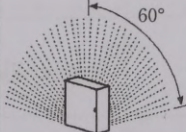
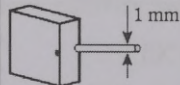
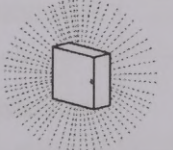
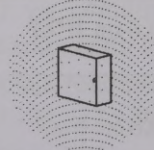
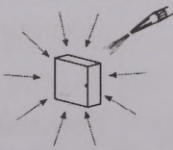
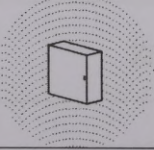
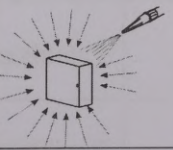
1. Kāda atšķirība starp kontaktoru un magnētisko palaidēju?
2. Kas ir magnētiskā palaidēja aksesuāri?
3. Kādas ir magnētiskajos palaidējos izmantojamo kontaktoru īpašības?
4. Pret kādiem asinhronzinēju avārijas režīmiem jāparedz magnētiskajos palaidējos uzstādāmie aizsargaparāti?
5. Kā klasificē aizsargaparātus?
6. Kādas ir asinhronzinējos iebūvēto aizsargelementu priekšrocības un trūkumi?
7. Kādas Latvijas firmas ražo asinhronzinēju vadības un aizsardzības aparātus? Salīdzināt šo firmu produkciju.

8. Kādi ir magnētisko palaidēju, vadības un aizsardzības aparātu izvēles nosacījumi?
9. Kāpēc virknē ar magnētisko palaidēju jāparedz išslēguma aizsargaparāts?
10. Kā ekonomiski pamatot aizsargaparātu izvēli?
11. Kādas ir magnētisko palaidēju izmantošanas perspektīvas?

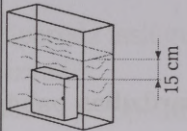
PIELIKUMI

P.I.1. tabula

Aizsardzības pakāpes atbilstoši IP klasifikācijai

1. simbols – aizsardzība no svešķermeņiem			2. simbols – mitrumaizsardzība		
IP			IP		
1	2	3	4	5	6
0		Nav aizsargāts	0		Nav aizsargāts
1		Aizsargāts no svešķermeņiem, kas diametrā lielāki par 50 mm (nejaušs roku kontakts)	1		Aizsargāts no ūdens plūsmas krītošas vertikāli
2		Aizsargāts no svešķermeņiem, kas diametrā lielāki par 12 mm (pirksti)	2		Aizsargāts no ūdens plūsmas, krītošas ne vairāk kā 15° leņķi
3		Aizsargāts no svešķermeņiem, kas diametrā lielāki par 2,5 mm (instrumenti un kailvadi)	3		Aizsargāts no ūdens plūsmas, krītošas ne vairāk kā 60° leņķi
4		Aizsargāts no svešķermeņiem, kas diametrā lielāki par 1 mm (instrumenti un kailvadi)	4		Aizsargāts no ūdens plūsmas visos virzienos
5		Aizsargāts pret putekļiem	5		Aizsargāts no ūdens strūkļas visos virzienos
6		Pilnīgi aizsargāts pret putekļiem	6		Aizsargāts no ūdens strūkļas visos virzienos




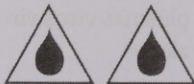
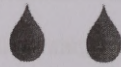
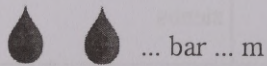

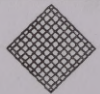
Noteikts ar CEI 70-1-IEC 144 standartu

1	2	3	4	5	6
			7		Aizsargāts no iegremdēšanas efekta līdz 15 cm dziļumam
			8		Pilnīgi aizsargāts pret iegremdēšanas efektu

Noteikts ar CEI 70-1-IEC 144 standartu

P.I.2. tabula

Iekārtu aizsardzības grafisko apzīmējumu atbilstība IP kodam

Grafiskais apzīmējums	Iekārtas aizsardzība	Alfanumeriskais apzīmējums
Nav apzīmējuma	Neaizsargāts	IPOO
	Pilienaizsargāts	IPX1 un IPX2
	Smalkpilienaizsargāts	IPX3
	Šļakataizsargāts	IPX4
	Strūklaizsargāts	IPX5
	Ūdensaizsargāts, ūdensblīvs	IPX6 un IPX7
	Ūdensspiediendrošs	IPX8
	Putekļāizsargāts	IP5X
	Putekļblīvs	IPX6

Lietošanas kategorijas līdzstrāvas (DC)

Kategorija	Ieslēdzamā slodze	Parametri					
		Ieslēgšana			Atslēgšana		
		I/I_N	U/U_N	L/R , ms	I/I_N	U/U_N	L/R , ms
DC-1	Aktīva vai mazinduktīva slodze	1	1	1	1	1	1
DC-2	Paralēlās ierosmes dzinēji: palaide, atslēgšana gaitā	2,5	1	2	1	0,1	7,5
DC-3	Paralēlās ierosmes dzinēji: palaide, bremzēšana, grūdienrežīms	2,5	1	2	2,5	1	2
DC-4	Virknēs ierosmes dzinēji: palaide, atslēgšana gaitā	2,5	1	7,5	1	0,3	10
DC-5	Virknēs ierosmes dzinēji: palaide, bremzēšana, grūdienrežīms	2,5	1	7,5	2,5	1	7,5
DC-11	Elektromagnēti: ¹⁾ kontaktoriem, ventiļiem, piedziņai	1	1	6P ³⁾	1	1	P ³⁾
DC-12	Aktīvas slodzes un optronu vadības ķēžu vadība	1	1	6P ³⁾	1	1	P ³⁾
DC-13	Elektromagnētu ^{1),2)} vadība	1	1	6P ³⁾	1	1	P ³⁾

¹⁾ Anormālos nosacījumos, ko rada atvērtā stāvoklī nobloķēti elektromagnēti (δ max), var komutēt $1,1I_N$ pie $1,1U_N$.

²⁾ Bezkontakta komutējošiem elementiem uzrādot anormālos nosacījumus, jāparedz izgatavotāju rekomendētās pārslodzes aizsardzības palielināšana.

³⁾ $P = U_N \times I_N$, W. Vērtība 6 P iegūta no empīriskas formulas, kas atbilst lielākai daļai līdzstrāvas elektromagnētu slodzei līdz pat $P = 50$ W. Tātad $6 P = 6 \cdot 50 = 300$ ms.

Lietošanas kategorijas maiņstrāvas ķēdēs (AC)

Kategorija	Ieslēdzamā slodze	Nominālā strāva	Pārbaudes strāva					
			Ieslēgšana			Atslēgšana		
			I/I_N	U/U_N	L/R, ms	I/I_N	U/U_N	L/R, ms
AC-1	Aktīva vai mazinduktīva slodze	Visas vērtības	1	1	0,95	1	1	0,95
AC-2	Slidgredzenu asinhronie dzinēji: palaide, atslēgšana gaitā	Visas vērtības	2,5	1	0,65	2,5	1	0,65
AC-3	Īsslēgti asinhronie dzinēji: palaide, atslēgšana gaitā	$I_N \leq 17A$	6	1	0,65	1	0,17	0,65
		$I_N \leq 100A$	6	1	0,35	1	0,17	0,35
		$I_N > 100A$	6	1	0,35	1	0,17	0,35
AC-4	Īsslēgti asinhronie dzinēji: palaide, bremzēšana, grūdienrežīms	$I_N \leq 17A$	6	1	0,65	6	1	0,65
		$I_N \leq 100A$	6	1	0,35	6	1	0,35
		$I_N > 100A$	6	1	0,35	6	1	0,35
AC-11	Elektromagnēti: kontaktoriem, ventiļiem, piedziņai		10	1	0,7	1	1	0,4

I_{at} — atslēgšanas strāva;

U_k — komutācijas pārspriegums (reģeneratīvais spriegums).

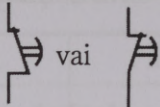
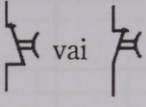
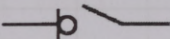

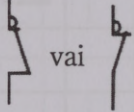
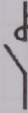
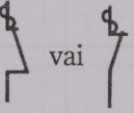
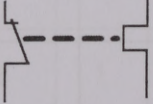
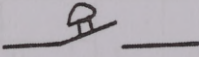
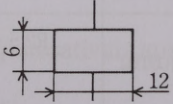

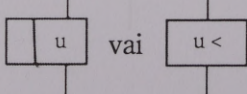
IEC 947-5 uzrāda vēl šādas kategorijas:





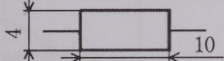
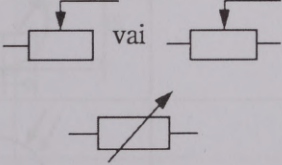
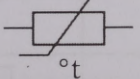
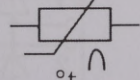
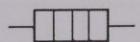

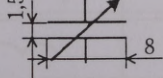
AC — 12 — aktīvas slodzes un optisko sajūgelementu ieejas ķēžu pusvadītāju slodzes vadība;

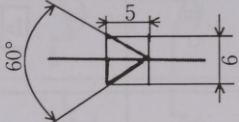

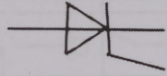
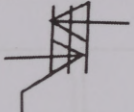

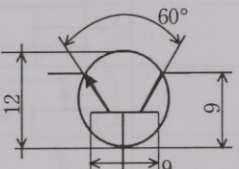
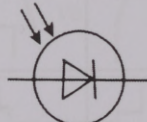
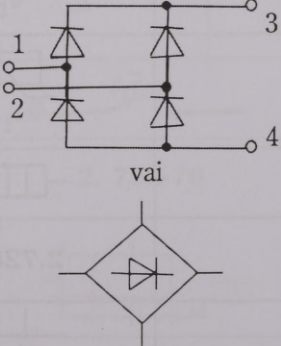
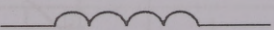
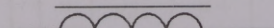
AC — 13 — pusvadītāju slodzes vadība, ja ķēdes atdalītas ar transformatoru (induktīvā saite).

Elektrisko aparātu un shēmu elementu apzīmējumi

Nosaukums	Apzīmējums, standarts	Burtu apzīmējums
1	2	3
Savienotājvadi	2. 751-73	
vienfāzes		L L1...L3 N PE
trīsfāžu		
neitrāles		
zemējuma vads		
vadu savienojuma vieta		
pievienojuma spaile		
zemējums		
Kontakti	2. 755-74	
saslēdzējkontakts		Aparāta apzīmējums un kontakta kārtas skaitlis
pārtraucējkontakts		
saslēdzējkontakts ar laika kavējumu pie nostrādes		
saslēdzējkontakts ar laika kavējumu pie atgriezes		

1	2	3
pārtraucējkontakts ar laika kavējumu pie nostrādes	 vai	
pārtraucējkontakts ar laika kavējumu pie atgriezes	 vai	
atdalītājslēdža kontakts		S
saslēdzējkontakts ar lokdzēsi		
pārtraucējkontakts ar lokdzēsi	 vai	
lokdzēses noslēdzējkontakts		
lokdzēses pārtraucējkontakts	 vai	
termoreleja kontakts vadības ķēdē		
līmeņa kontroles releja kontakts		SL
Kontaktora, releja spole	2. 756-76	
ar vienu tinumu		K
ar diviem tinumiem		
sprieguma spole	 vai	KV



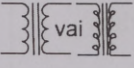


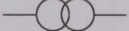

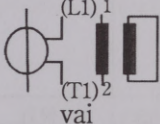

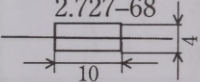
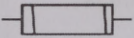
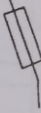

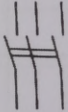
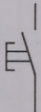
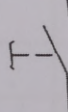
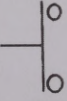
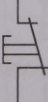
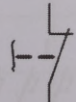

1	2	3
strāvas spole		KA
polarizēta elektromagnēta spole		KP
spole, kas nostrādā ar laikizturi		KT
spole, kas atslēdzas ar laikizturi		KT
Rezistors	2. 728-74	
ar nemainīgu pretestību		R
ar maināmu pretestību		RP
termorezistors lineārs		RK
termorezistors nelineārs		RK
sildelements		EK
Kondensators	2.728-74	
ar nemainīgu kapacitāti		C
maiņkondensators		C

1	2	3
Pusvadītāji	2.730-73	
diode		VD
stabilitrons		VD
tiristors		VS
simistors		VS
Tranzistors p-n-p tipa		VT
n-p-n tipa		VT
fotodiode		VD
taisngriežu tiltiņš		VD1-VD4
Induktivitāte (drosele)	2.723-68	
spole bez dzelzs serdes		L
spole ar dzelzs serdi		L

* ASV un Eiropas valstīs induktivitāti apzīmē:



Elektrisko aparātu apzīmējumi

Nosaukums	Standarts apzīmējums	Itālija	Vācija	ASV	Burtu apzīmē- jums
1	2	3	4	5	6
Transformators	 2.723-68			 vai 	T
Spriegummainis	 2.723-68				TV
Strāvmainis	 2.723-68	 (L1) 1 (T1) 2 vai			TA
Drošinātājs	 2.727-68 10				FU
Slēdzis- drošinātājs					Q-FU
Signālspludze, kvēlspludze	 2.732-68			H	HL
Trīspolu slēdzis	 2.755-74			S	SA
Spiedpoga ar saslēdzošiem kontaktiem					SB
Spiedpoga ar pārtraucēj- kontaktiem					SB

1	2	3	4	5	6
Starprelejs					KP
Ceļa slēdzis					SQ
Polarizētais relejs					KP
Termoatkabnis					
Termorelejs					KK
Termorelejs, ja atgrieze ar pogu					KK
Atdalitājslēdzis					S
Kontaktors					KM
Automātslēdzis					QF

Grāmatā izmantotie apzīmējumi un mērvienības (SI)

Parametrs	Apzīmējums	Mērvienība	Piezīmes
1	2	3	4
Garums	l	m (cm, mm)	
Laukums	S(q)	m ² (mm ²)	
Tilpums	V	m ³	
Laiks	t	s, h	
Frekvence	f	Hz	1Hz = 1/s
Leņķiskā frekvence	ω	1/s	$\omega = 2\pi f$
Masa	m	kg	
Blīvums	γ	kg/m ³	
Ātrums	v	m/s	
Spēks	F	N	1N = 1 (kg·m)/s ²
Spiediens	p	Pa	1Pa = 1 N/m ² = 10 ⁻⁵ bar
Temperatūra	$\vartheta(T)$	°C (K)	$\vartheta = T - T^{\circ}$; $T_0 = 273,15^{\circ}\text{C}$
Virstemperatūra	θ	°C (K)	$\theta = \vartheta - \vartheta_0$; $\vartheta_0 = 40^{\circ}\text{C}$
Siltuma daudzums	Q	J	1J = 1Nm = 1Ws
Strāva	I	A	
Spriegums	U	V	1V = 1W/A
Strāvas blīvums	j	A/m ²	
Kapacitāte	C	F(μF)	1F = 10 ⁶ μF
MDS	(I _w)	A	ampērvijumi
Pretestība	R	Ω	1 Ω = 1V/A
Vadāmība	G	S	G = 1/R; S = 1/ Ω

1	2	3	4
Īpatnējā pretestība	ρ	$\Omega \cdot \text{m}$	
Magnētiskā plūsma	Φ	Wb	$1\text{Wb} = 1\text{V} \cdot \text{s}$
Magnētiskā lauka intensitāte	H	A/m	
Magnētiskā indukcija	B	T	$1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$
Induktivitāte	L	H	$1\text{H} = 1\text{Wb}/\text{A}$
Aktīvā jauda	P	W	$1\text{W} = 1\text{J}/\text{S}$
Reaktīvā jauda	Q	VAr	
Pilnā jauda	S	VA	
Energija	W	J	$1\text{J} = 1\text{Nm} = 1\text{Ws}$
Pilnā pretestība	Z	Ω	
Reaktīvā pretestība	X	Ω	
Fāžu nobīdes leņķis	φ	rad (grādi)	$1^\circ \approx 0.0175 \text{ rad}$ $(90^\circ = 1,57 \text{ rad})$

Zemsprieguma aparātu pasēs un katalogos biežāk sastopamo terminu saraksts
latviešu, angļu, krievu un vācu valodā

N.p.k.	Latviešu	Angļu	Krievu	Vācu
1	2	3	4	5
1	Aizsardzības pakāpe	Protection class	Степень защиты	Schutzgrad
2	Aktīvi induktīva slodze	Active inductive load	Активно-индуктивная нагрузка	Aktiv-induktives Belastung
3	Apkārtējā gaisa temperatūra	Ambient air temperature	Температура окружающего воздуха	Umgebungs-temperaturs
4	Atgriezes koeficients	Resetting ratio	Коэффициент возврата	Rückfallverhältnis
5	Atgriezes strāva	Reset[ting] current	Ток возврата	Rückfallstrom, Rückstellstrom
6	Automātslēdzis	Automatic switch, circuit breaker	Автоматический выключатель	Selbst [aus] schalter
7	Drošinātājs	Fuse	Предохранитель	Sicherung
8	Džoula integrālis	Joule integral	Интеграл Джоуля	Joule-Integral
9	(Ceļaslēdzis) Pozīcijaslēdzis	Position switch	(Путевой) Позиционный выключатель	Wegschalter
10	Elektriskais loks	Electric arc	Электрическая дуга	Lichtbogen
11	Elektrodinamiskā izturība	Dynamic strength	Динамическая прочность	Dynamische Festigkeit
12	Elektrodzinējs	Electric motor	Электродвигатель	Elektromotor
13	Elektromagnēta spole	Magnet coil	Катушка электромагнита	Magnetspule
14	Fāžu skaits	Number of phases	Число фаз	Phasenzahl
15	Frekvence	Frequency	Частота	Frequenz
16	Galaslēdzis	Final switch, limit switch	Конечный выключатель	End[lage]schalter

1	2	3	4	5
17	Herkons, magnēt- vadāms kontakts	Magnetically ope- rated sealed contact	Геркон, магни- тоуправляемый контакт	Herkon
18	Hersikons	Magnetically ope- rated sealed contact	Герсикон	Lastherkon
19	Ilgstošs režīms	Continious [running] duty	Продолжитель- ный режим работы	Dauerbetrieb
20	Induktivitāte	Inductivity	Индуктивность	Induktivität
21	Izolācijas klase	Insulation class	Класс изоляции	Isolationsklasse
22	Īslaicīgs režīms	Short-time duty	Кратковремен- ный режим работы	Kurzzeitbetrieb
23	Komutācijas biežums	Switching rate	Частота коммутационных операций	Schalhäufigkeit
24	Kontaktors	Contactore	Контактор	Schütz
25	Kontakts	Contact	Контакт	Kontakt
26	Kontaktu pārejas pretestība	Contact resistance	Переходное сопротивление контакта	Kontakt- [übergangs] widerstand
27	Laika konstante	Time constant	Постоянная времени	Zeitkonstante
28	Laika relejs	Time relay	Реле времени	Zeitrelais
29	Laikstrāvas raksturlikne	Time-current characteristic	Время-токовая характеристика	Zeit- Strom- Kennlinie
30	Lietojumkategorija	Utilization category	Категория применения	Gebrauchs- kategorie
31	Līdzstrāva	Direct current, DC	Постоянный ток	Gleichstrom
32	Lokdzēses kamera	Arc chute	Дугогасительная камера	Lichtbogen-lösch kammer
33	Lokpūtes spole	[Arc] blow- out coil	Катушка магнитного дутья	Blasspule, Licht- bogenblasspule

1	2	3	4	5
34	Magnētatkabe	Magnetic releasing	Магнитное расцепление	Magnetische Auslösung
35	Mainstrāva	Alternating current, AC	Переменный ток	Wechselstrom
36	Mehāniskā raksturlīkne	Mechanical characteristic	Механическая характеристика	Mechanische Kennlinie
37	Nominālā jauda	Rated power	Номинальная мощность	Nennleistung, Bemessungsspannung
38	Nominālais spriegums	Rated voltage	Номинальное напряжение	Nennspannung, Bemessungsleistung
39	Nominālā strāva	Rated current	Номинальный ток	Nennstrom, Bemessungsstrom
40	Noplūdes aizsargslēdzis	Earth leakage circuit breaker	Защитный дифференциальный выключатель	Leckstromautomat
41	Nostrādes strāva	Operating current	Ток срабатывания	Auslösestrom, Ausprechstrom
42	Paketslēdzis	Cam disk switch paketype switch	Пакетный выключатель	Paketschalter
43	Palaides strāva	Starter~, Starting~ current	Пусковой ток	Anlaufstrom
44	Palaidējs	Starter	Пускатель	Anlasser
45	Palīgkontakts	Auxiliary contact	Вспомогательный контакт	Hilfskontakt
46	Pārslēdzējkontakts	Change-over contact	Переключающий контакт	Wechsler, Wechsler kontakt
47	Pārtraucējkontakts	Break contact, "b" contact	Размыкающий контакт	Öffner, Öffnungskontakt
48	Pārtraukumaini cikliskis režīms	Intermittent periodic duty	Повторно-кратковременный режим работы	[einfacher] Aussetzbetrieb
49	Pieļaujamā temperatūra	Permissible temperature	Допустимая температура	Zulässige Temperatur
50	Relejs	Relay	Реле	Relais

1	2	3	4	5
51	Resurss	Life	Ресурс	Brauchbarkeitsdauer
52	Sadurkontakts	Butt contact	Стыковой контакт, торцевой контакт	Stirnkontakt, Kopfkontakt
53	Saslēdzējkontakts	Make contact, "a" contact	Замыкающий контакт	Schließer, Schließkontakt
54	Slēdzis	Switch	Выключатель	Schalter
55	Svirslēdzis	Lever switch	Рубильник	Hebelschalter
56	Spriegummainis	Voltage transformer	Трансформатор напряжения	Spannungswandler
57	Strāvmainis	Current transformer	Трансформатор тока	Stromwandler
58	Termiskā izturība, termoizturība	Heat resistance	Термостойкость	Wärmebeständigkeit
59	Termoatkabe	Thermal releasing	Тепловое расцепление	Thermische Auslösung
60	Termorelejs	Thermal relay	Тепловое реле, термореле	Wärmerelais, Thermorelais
61	Trīspolu	Three-pole	Трёхполюсный	Dreipolig
62	Vadības kontakts	Control contact	Контакт управления	Steuerkontakt
63	Vadības poga	Control button	Кнопка управления	Steuerknopf, Bedienungsknopf
64	Vienpola	Single-pole	Однополюсный	Einpolig
65	Vilces raksturlikne	Traction [force] characteristic	Тяговая характеристика	Zugkraftkennlinie
66	Virstemperatūra	Temperature rise	Превышение температуры	Übertemperatur
67	Zirgspēja	Horsepower	Лошадиная сила	Pferdstärke

Dažu vadu un reostatatu materiālu fizikālie parametri

Materiāls	Bļivums γ , kg/m ³	Īpatnējā pretestība pie 0 °C ρ_0 , 10 ⁻⁸ Ω·m	Pretestības temperatūras koeficients α , 10 ⁻³ K ⁻¹	Siltumvadā- mība pie 0 °C γ , W/(mK)	Siltumietilpība c , J/(kgK)	Kušanas temperatūra θ , °C
Alumīnijs	2700	2,62	4,2	210	950	660
Alvas bronza	8700	14-16	0,6-0,7	64	360	900-950
Volframs	19300	5,1	4,2	170	140	3410
Grafitis	1700-1800	700-1400	-1,3	160	650-850	—
Duralumīnijs	2750	3,3	2,2	160	930	650
Dzelzs	7900	9-10	6,5	79,5	640	1530
Konstantāns (400-700)	8700-8900	45-52	0,003-0,005	—	—	1270
Misiņš (A68)	8500	7,0	1,5	100	380	900
Varš	8700-8900	1,62	4,3	390	390	1083
Nihroms (X20H80)	8200	100-112	0,14	—	—	1390
Alva	7300	11,0	4,5	64	230	232
Svins	11300	19,5	4,1	35	130	1540
Sudrabs	10500	1,5	4,0	420	234	960
Tērauds	7800	10-13	9,0	40	470	1300-1400

Galvenie izplatītāko herkonu parametri

Parametrs	KĀM-1	KĀM-6	KĀM-27	MK-17	KĀM-2	MK-16	MK-10	MKB-1	KĀM-3	KĀM-5	KĀM-6
Kopējais garums, mm	79	64	45	45	41	30	40	48	54	65	67,5
Balona garums, mm	50	37	28	20	20	16	10	23	18	44	43
Balona diametrs, mm	5,4	4,2	3,6	3,1	3	2,6	2,3	4,4	4	8	8
Maksimālā komutējamā jauda, W	30	12	12	7,5	9	0,3	0,6	6,0	7,5	200	80
Maksimālā komutējamā strāva, A	1,0	0,15	0,35	0,25	0,25	0,01	0,03	0,2	0,25	2	3
Maksimālais komutējamais spriegums, V	250	220	127	80	180	30	36	36	180	100	20
Maksimālais nostrādes laiks, ms	3	2	2,3	1,5	1,0	1,0	0,8	1,0	1,5	10	4
Maksimālais atgriezes laiks, ms	0,8	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	-	20	8	3
Maksimālais nostrādes MDS, A	110	50	80	80	65	35	40	120	100	300	-
Maksimālais atgriezes koeficients	0,85	0,9	0,85	0,9	0,9	0,9	0,9	-	0,9	-	-
Minimālais atgriezes koeficients	0,45	0,3	0,35	0,5	0,35	0,3	0,5	-	0,35	0,2	-

Svirslēdžu tipi un tehniskie dati

Tips	Nominālais spriegums U_N (V)	Nominālā strāva I_N (A)
BP3235A	660	250
BP 3235B	660	250
LO 250Z	660	250
BP 3237	660	400
PE 19-41-31120-00	1000	1000
Hager	400	25
Legrand 03113	400	32
03173	400	63
03193	400	100
R21, R31	500	100
R22, R32	500	250
R24, R34	500	400
RB21, RB31	500	100
RB22, RB32	500	250
RB24, RB34	500	400
RPB21, RPB31	500	100
RPB22, RPB32	500	250
RP B24, RP B34	500	400
RPC21	500	100
RPC22	500	250
RPC24	500	400

Parametrs	Tips	Dilos 00				Dilos
Termiskās izturības strāva I_{th}		16A	25A	32A	40A	32A
Polu skaits		2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P	2/3/4
Frekvence, Hz		50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Pieļaujamā strāva pie 40°		16A	25A	32A	40A	32A
50°		16A	25A	32A	40A	32A
60°		16A	25A	32A	40A	32A
Viena pola jaudas zudumi, W		0.12	0.35	0.6	1	0.6
Spaiļu šķersgriezums (Cu) min., mm ²		1.5	1.5	1.5	1.5	2.5
max., mm ²		16	16	16	16	25
Maksimālais spēka moments uz spailēm, Nm		2.2	2.2	2.2	2.2	–
Darba spriegums U_e , V		690	690	690	690	440
Izolācijas spriegums U_i , V		690	690	690	690	440
Pieļaujamais sprieguma impulss (2000m) U_{imp}		8kV	8kV	8kV	8kV	8kV
Pārbaudes sprieguma impulss (jūras limenī), kV		12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
Darba strāva I_e pie $U_e = 400V$		16A	25A	32A	40A	32A
AC21A, AC22A, AC23A 415V		16A	25A	32A	40A	32A
500V		16A	25A	32A	40A	–
690V		16A	25A	32A	40A	–
Maksimālā slodzes jauda pie $U_e = 400V$		7.5	7.5	11	11	17
AC23A 415V		7.5	7.5	11	11	17
(kW) 500V		7.5	7.5	11	15	–
690V		11	11	11	18.5	–
Komutācijas spēja ieslēgšana		160A	250A	320A	400A	320A
pie 415V AC23A atslēgšana		128A	200A	256A	320A	256A
Īslaicīgi pieļaujamā strāva (kA)	1s	1kA	1kA	1.2kA	1.2kA	2.5kA
	0,25s	–	–	–	–	–
Pieļaujamā išslēguma $U_e = 400V$		4.5	4.5	4.5	4.5	6
strāva I_{cm} (kA amplit.) 415V		4.5	4.5	4.5	4.5	6
500V		3	3	3	3	–
690V		3	3	3	3	–
Pieļaujamā išslēguma triecienstrāva (kA)		6kA	6kA	6kA	6kA	10kA
Darba strāva 2P virknē 110V		16A	25A	32A	40A	–
DC23A 2P virknē 220V		16A	25A	–	–	–
4P virknē 220V		–	–	32A	40A	–
Resurss (darba ciklu skaits) elektriskais		3000	3000	3000	3000	1000
mehāniskais		40000	40000	40000	40000	10000

tehniskie dati

Dilos 0			Dilos 1					Dilos 2	
40A	63A	80A	40A	63A	80A	100A	125A	160A	200A
2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P	2/3/4P
50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
40A	63A	80A	40A	63A	80A	100A	125A	160A	200A
40A	63A	80A	40A	63A	80A	100A	125A	160A	200A
40A	63A	80A	40A	63A	80A	100A	125A	160A	200A
1	1.6	2.6	0.48	1.2	1.84	2.9	4.5	6.5	10
2.5	2.5	2.5	6	6	6	6	6	Cu-sliede	Cu-sliede
25	25	25	50	50	50	50	50	max 20x6	max 20x6
-	-	-	12	12	12	12	12	12	12
440	440	440	690	690	690	690	690	690	690
440	440	440	690	690	690	690	690	690	690
8kV	8kV	8kV	8kV	8kV	8kV	8kV	8kV	8kV	8kV
12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
40A	63A	80A	40A	63A	80A	100A	125A	160A	200A
40A	63A	80A	40A	63A	80A	100A	125A	160A	200A
-	-	-	40A	63A	80A	100A	125A	160A	200A
-	-	-	40A	63A	80A	100A	125A	160A	200A
21	21	21	21	27	44	44	44	69	88
21	21	21	22	28	46	46	46	72	92
-	-	-	22	22	35	35	35	86	86
-	-	-	22	22	36	36	36	60	76
400A	630A	800A	756A	756A	1875A	1875A	1875A	3200A	4000A
320A	504A	640A	504A	630A	1000A	1000A	1000A	1920A	2400A
2.5kA	2.5kA	2.5kA	3kA	3kA	3kA	3kA	3kA	3kA	3kA
-	-	-	6kA	6kA	6kA	6kA	6kA	6kA	6kA
6	6	6	10	10	10	10	10	10	10
6	6	6	10	10	10	10	10	10	10
-	-	-	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
-	-	-	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
10kA	10kA	10kA	10kA	10kA	10kA	10kA	10kA	10kA	10kA
-	-	-	40A	63A	80A	100A	100A	160A	160A
-	-	-	40A	63A	-	-	-	100A	100A
-	-	-	-	-	80A	100A	100A	160A	160A
1000	1000	1000	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1000
10000	10000	10000	20000	20000	20000	20000	20000	10000	10000

Parametrs		Nominālā strāva	16A	25A	40A	63
Izolācijai pieļaujamais spriegums	U_i (V)		690	690	690	690
Termiskās izturības strāva	I_{th} (A)		25	40	63	80
Darba strāva	I_e (A)					
	AC-21	400/415V	25	40	63	80
		500V	25	40	63	80
		690V	25	40	63	80
	AC-22	400/415V	16	25	40	63
		500V	16	25	40	63
		690V	16	25	40	63
	AC-23	400/415V	16	25	32	40
		500V	16	25	32	40
		690V	16	25	32	40
3 fāžu asinhronzināja ar isi slēgtu rotoru jauda	(kW)					
	AC-23	400/415V	7,5	11	15	22
		500V	7,5	15	22	30
		690V	11	22	30	37
Drošinātājam caurplūstošās isslēguma strāvas						
Ieejas drošinātāja I_N	(A)		63	63	63	80
Strāvas vidējā kvadrātiskā vērtība	I_k (kA)		50	50	50	50
Trieciensrāva	(kA)		7,2	7,2	7,2	8,7
Pieļaujamā isslēguma strāva (termiskā)	I_{cm} (kA)		2,5	2,5	2,5	3,3
Īslaicīgi pieļaujamā strāva (1s)	I_{cw} (kA)		1,7	1,7	1,7	2,3
Komutācijas spēja	I_{cn} (A)					
	AC-23	400/415V	128	200	256	320
		500V	128	200	256	320
		690V	128	200	256	320
Elektriskais resurss (operāciju skaits)			3000	3000	3000	300
Mehāniskais resurss (operāciju skaits)			50000	50000	50000	5000
Spailes/skrūves izmērs	Cu (mm ²)		1,5 - 16	1,5 - 16	1,5 - 16	2,5 -
Maksimālais skrūvēšanas moments	(Nm)		1,8	1,8	1,8	2,5

* Atdalītājslēdža koda atšifrējums

KE M 3 16 Y/R

- Korpusa krāsa (angļu valodā — dzeltens/sarkans)
- Nominālā strāva, AC-22
- Polu skaits: 1,2,3,4,6 vai 8
- M — Polikarbonāta korpuss
- T — Tērauda skārda korpuss
- A — Alumīnija korpuss
- R — Nerūsošā tērauda korpuss
- KE — Firmas Katko slēdzis

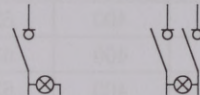
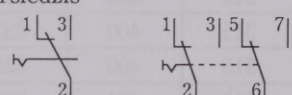
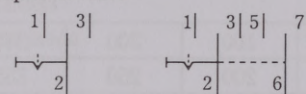
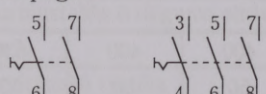
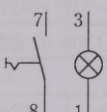
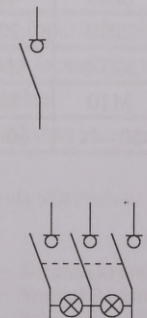
atdalītājslēdži*

80A	100A	125A	160A	200A	250A	315A	400A	630A	800A
690	690	690	690	1000	1000	690	690	690	690
100	125	160	200	200	250	315	400	630	800
100	125	160	200	200	250	315	400	630	800
100	125	160	200	200	250	315	400	630	800
80	100	125	160	200	250	315	400	630	800
80	100	125	160	200	250	315	400	630	800
80	100	125	160	200	250	315	400	630	800
63	63	80	135	200	250	315	400	630	800
40	40	80	125	200	250	315	400	630	800
40	40	80	125	200	250	315	400	630	800
30	30	45	75	110	132	160	200	355	355
30	30	55	75	132	160	200	250	355	250
37	37	55	90	160	250	315	355	500	315
80	80	160	160	250	250	400	400	630	800
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
8,7	8,7	15	15	18	18	26	26	32	39
3,3	3,3	4,1	5,1	7	7	12	12	17	-
2,3	2,3	3,5	3,5	5	5	7	7	10	-
504	504	640	1080	1600	2000	2520	3200	5040	5040
320	320	640	1000	1600	2000	2520	3200	4000	3200
320	320	640	1000	1600	2000	2520	3200	4000	2500
3000	3000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	500
50000	50000	16000	16000	16000	16000	10000	10000	10000	2500
2,5 - 35	2,5 - 35	6 - 70	6 - 70	M10	M10	M10	M10	M12	M12
2,5	2,5	4,5	4,5	30 - 44	30 - 44	30 - 44	30 - 44	50 - 75	50 - 75

Slēdži, spiedpogas

• Nominālais spriegums
250 V AC

• Aizsardzība pret pieskaršanos
strāvu vadošām daļām

Tips	Apzīmējums/ nosaukums	Polu skaits	I_N , A
SB125V	Slēdzis ar indikācijas lampu 	1 NO	25
		1+N	25
SF118	Pārslēdzis 	1	25
		2	25
SV045	Grupas slēdzis 	1	25
		2	25
SV071	Spiedpogas  Spiedpoga ar zaļu indikācijas lampu 	1 NO	16
		3 NO	16
		1 NC	16
SB106... ...SB340	Slēdži* 	1	16
		2	16
		3	16
		4	16
		1	32
		2	32
		3	32
		4	32
		3	40**
		3	63
4	40**		
4	63		
3	80**		
3	100**		

* Nominālais spriegums
230/400 V AC

** Slēdži līdz 40A, 80A un 100A
aprikoti ar kontaktu stāvokļa
indikāciju (sarkans un zaļš)

Rezistoru ПЭВ (neregulējami) un ПЭВР (regulējami) tehniskie dati

ПЭВ		ПЭВР	
P_N, W	$R_{min} - R_{max}, \Omega$	P_N, W	$R_{min} - R_{max}, \Omega$
3	3-510	10	3-220
7,5	$1-3,3 \cdot 10^3$	15	5,1-220
10	$1,8-10 \cdot 10^3$	20	10-430
15	$3,9-15 \cdot 10^3$	25	10-510
20	$4,7-20 \cdot 10^3$	30	$15-1 \cdot 10^3$
25	$10-24 \cdot 10^3$	50	$22-1,5 \cdot 10^3$
30	$10-30 \cdot 10^3$	100	$47-2,7 \cdot 10^3$
40	$18-51 \cdot 10^3$		
50	$18-51 \cdot 10^3$		
75	$47-56 \cdot 10^3$		
100	$47-56 \cdot 10^3$		

Pretestības temperatūras koeficients $\alpha = +200 \cdot 10^{-6}, 1/^\circ C$.

Maksimālais darba spriegums:

maiņstrāvai $U_{max} = 1400 V$;

līdzstrāvai $U_{max} = 1000 V$.

Minimālais resurss $N = 10000 h$.

Apkārtējās vides temperatūra no $-60^\circ C$ līdz $+40^\circ C$.

Stieples vienkarkasa reostatu tehniskie dati

$I_{Rpieļ}$, A	Reostatu tipi			
	PCII-1	PCII-2	PCII-3	PCII-4
	Pretestība, Ω			
0,25	1440	2800	4300	6500
0,35	740	1450	2200	3350
0,45	410	825	1280	1950
0,55	260	520	800	1200
0,7	180	345	530	800
0,85	125	240	370	560
1,0	95	170	265	400
1,4	50	105	165	250
1,7	30	65	100	150
2,1	20	41	63	95
2,6	15	30	45	70
3,0	10,5	22	33	50
3,4	8	17	25	38
4,0	6,5	13	20	30
4,5	–	10	15,5	23
5,0	–	8	12,5	19
5,5	–	6,8	10,6	16
6,2	–	5,5	8,5	13
7,0	–	4,5	7	11

Čuguna rezistoru kastes*

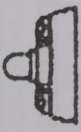
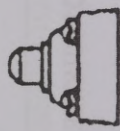
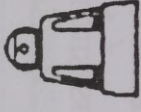
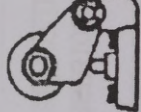
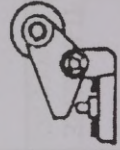
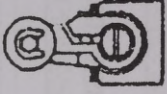
Kastes tips	Nr.	Kastes pretestība, Ω	Elementu skaits kastē	Viena elementa pretestība, Ω	Silšanas laika konstante, s	Ilgstošā pieļaujamā strāva, A
ЯС-2	5	0,1	20	0,005	850	215
"	7	0,14	20	0,007	820	181
"	10	0,2	20	0,01	635	152
"	14	0,28	20	0,014	555	128
"	20	0,4	20	0,02	572	107
"	28	0,56	20	0,028	432	91
"	40	0,8	20	0,04	547	76
"	55	1,1	20	0,055	420	64
"	80	1,6	20	0,08	550	54
"	110	2,2	20	0,11	423	46
ЯС-1	38	1,42	40	0,038	600	55
"	54	2,16	40	0,054	600	46
"	75	3,0	40	0,075	532	39
"	105	4,2	40	0,105	400	33
"	140	5,6	40	0,14	520	29
"	200	8,0	40	0,2	386	24

* Visi lielumi doti pie 20 °C

Stieples dubulto reostatu tehniskie dati

RSPS-2				RSPS-3			
Paralēls elementu savienojums		Elementi savienoti virknē		Paralēls elementu savienojums		Elementi savienoti virknē	
$I_{R_{pieļ}}, A$	R, Ω	$I_{R_{pieļ}}, A$	R, Ω	$I_{R_{pieļ}}, A$	R, Ω	$I_{R_{pieļ}}, A$	R, Ω
0,5	1400	0,25	5600	0,5	2150	0,25	8600
0,7	725	0,35	2900	0,7	1100	0,35	4400
0,9	412	0,45	1650	0,9	640	0,45	2560
1,1	260	0,55	1040	1,1	400	0,55	1600
1,4	172	0,7	690	1,4	265	0,7	1060
1,7	120	0,85	480	1,7	185	0,85	740
2,0	85	1,0	340	2,0	132	1,0	530
2,8	52	1,4	210	2,8	82,5	1,4	330
3,4	32	1,7	130	3,4	50	1,7	200
4,2	20,5	2,1	82	4,2	31,5	2,1	126
5,2	15	2,6	60	5,2	22,5	2,6	90
6,0	11	3,0	44	6,0	16,5	3,0	66
6,8	8,5	3,4	34	6,8	12,5	3,4	50
8,0	6,5	4,0	26	8,0	10	4,0	40
9,0	5,0	4,5	20	9,0	7,7	4,5	31
10,0	4,0	5,0	16	10,0	6,2	5,0	25
11,0	3,4	5,5	13,6	11,0	5,3	5,5	21,2
12,4	2,7	6,2	11	12,4	4,2	6,2	17
14,0	2,2	7,0	9	14,0	3,5	7,0	15

SIEMENS firmas gala un ceļa slēdžu (pozīcijaslīdzību) tipi

Sērija, korpusa veids, aizsardzības pakāpe, kustības uztvērēja gājiens	Kontaktnozīme Kontaktnozīme S-saslēdzējkontakts; P-pārtraucējkontakts	Kustības uztvērēja veids					
							
1	2	3	4	5	6	7	8
3SE32, plastmasas korpuss, IP56 Kustības uztvērēja gājiens — 6 mm Korpusa platums 31 mm	Momentkontakts ¹ 1S+1P Lēnkontakts ² 1S+1P Lēndarbigi pārslaidkontakts ³	— — —	3SE3200-1C 3SE3200-0C 3SE3200-3C	3SE3200-1D 3SE3200-0D 3SE3200-3D	3SE3200-1E 3SE3200-0E 3SE3200-3E	3SE3200-1F 3SE3200-0F 3SE3200-3F	3SE3200-1G 3SE3200-0G 3SE3200-3G
Tas pats	Momentkontakts 1S+1P Lēnkontakts 1S+1P	— —	3SE3210-1C 3SE3210-0C	3SE3210-1D 3SE3210-0D	3SE3210-1E 3SE3210-0E	3SE3210-1F 3SE3210-0F	3SE3210-1G 3SE3210-0G
Korpusa platums 50 mm	Lēndarbigi pārslaidkontakts 1S + 1P	—	3SE3210-3C	3SE3210-3D	3SE3210-3E	3SE3210-3F	3SE3210-3G

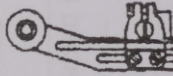

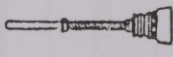
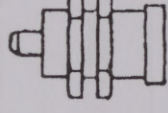
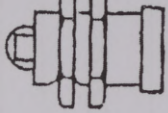
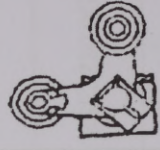
1	2	3	4	5	6	7	8
Tas pats	Momentkontakti 1S+1P	—	3SE3220-1C	3SE3220-1D	3SE3220-1E	3SE3220-1F	3SE3220-1G
Korpusa platums 70 mm	Lēnkontakti 1S+1P	—	3SE3220-0C	3SE3220-0D	3SE3220-0E	3SE3220-0F	3SE3220-0G
	Lēndarbīgi pārlaidkontakti 1S + 1P	—	3SE3220-3C	3SE3220-3D	3SE3220-3E	3SE3220-3F	3SE3220-3G
3SE31/SSE33/ 3SE34, metāla korpuss, IP67, gājiens 6 mm	Momentkontakti 1S+1P	3SE3120-1B	3SE3120-1C	3SE3120-1D	3SE3120-1E	3SE3120-1F	3SE3120-1G
Korpusa platums 40 mm	Lēnkontakti 1S+1P	3SE3120-0B	3SE3120-0C	3SE3120-0D	3SE3120-0E	3SE3120-0F	3SE3120-0G
	Lēndarbīgi pārlaidkontakti 1S + 1P	3SE3120-3B	3SE3120-3C	3SE3120-3D	3SE3120-3E	3SE3120-3F	3SE3120-3G
Tas pats	Momentkontakti 1S+1P	3SE3100-1B	3SE3100-1C	3SE3100-1D	3SE3100-1E	3SE3100-1F	3SE3100-1G
Korpusa platums 56 mm	Lēnkontakti 1S+1P	3SE3100-0B	3SE3100-0C	3SE3100-0D	3SE3100-0E	3SE3100-0F	3SE3100-0G
	Lēndarbīgi pārlaidkontakti 1S + 1P	3SE3100-3B	3SE3100-3C	3SE3100-3D	3SE3100-3E	3SE3100-3F	3SE3100-3G

1	2	3	4	5	6	7	8
Tas pats	Momentkontakti 1S + 2P	3SE3303-0B	3SE3303-0C	3SE3303-0D	3SE3303-0E	3SE3303-0F	3SE3303-0G
	Lēnkontakti 2S + 1P	3SE3303-1B	3SE3303-1C	3SE3303-1D	3SE3303-1E	3SE3303-1F	3SE3303-1G
Trīs kontaktnozīģi	Lēndarbīgi pārleid- kontakti 1S + 2P	3SE3303-2B	3SE3303-2C	3SE3303-2D	3SE3303-2E	3SE3303-2F	3SE3303-2G
	Lēndarbīgi pārleid- kontakti 2S+1P	3SE3303-3B	3SE3303-3C	3SE3303-3D	3SE3303-3E	3SE3303-3F	3SE3303-3G
Korpusa platums 56 mm	Momentkontakti 2S + 2P	3SE3404-1B	3SE3404-1C	3SE3404-1D	3SE3404-1E	3SE3404-1F	3SE3404-1G
	Lēnkontakti 2S + 2P	3SE3404-0B	3SE3404-0C	3SE3404-0D	3SE3404-0E	3SE3404-0F	3SE3404-0G
Četri kontaktnozīģi	Lēndarbīgi pārleidkontakti 2S + 2P	3SE3404-2B	3SE3404-2C	3SE3404-2D	3SE3404-2E	3SE3404-2F	3SE3404-2G
Korpusa platums 56 mm							

¹ Lēcienveidīgi ieslēdzoties vai izslēdzoties kontakti (lēcejkontakti).

² Laideni ieslēdzoties vai izslēdzoties kontakti.

³ Laideni ieslēdzoties vai izslēdzoties kontakti, kuru darbība savstarpēji nobīdīta.

Sērija, korpusa veids, aizsardzības pakape, kustības uztverēja gājiens	Kontakmezgla veids S-saslēdzējkontakti; P-pārtraucejkontakti	Kustības uztverēja veids					
		9	10	11	12	13	14
1	2						
3SE32, plastmasas korpuss, IP56 Kustības uztverēja gājiens 6 mm Korpusa platums 31 mm	Momentkontakti ¹ 1S+1P	3SE3200-1U	3SE3200-1W	3SE3200-1R	3SE3200-1L	3SE3200-1M	—
	Lēnkontakti ² 1S+1P	3SE3200-0U	3SE3200-0W	3SE3200-0R	3SE3200-0L	3SE3200-0M	—
	Lēndarbīgi pārlaidkontakti ³	3SE3200-3U	3SE3200-3W	3SE3200-3R	3SE3200-3L	3SE3200-3M	—
Tas pats Korpusa platums 50 mm	Momentkontakti 1S+1P	3SE3210-1U	3SE3210-1W	3SE3210-1R	3SE3210-1L	3SE3210-1M	—
	Lēnkontakti 1S+1P	3SE3210-0U	3SE3210-0W	3SE3210-0R	3SE3210-0L	3SE3210-0M	—
	Lēndarbīgi pārlaidkontakti 1S + 1P	3SE3210-3U	3SE3210-3W	3SE3210-3R	3SE3210-3L	3SE3210-3M	—

1	2	9	10	11	12	13	14
Tas pats Korpusa platums 70 mm	Momentkontakti 1S+1P	3SE3220-1U	3SE3220-1W	3SE3220-1R	3SE3220-1L	3SE3220-1M	—
	Lēnkontakti 1S+1P	3SE3220-0U	3SE3220-0W	3SE3220-0R	3SE3220-0L	3SE3220-0M	—
	Lēndarbīgi pārļaidkontakti 1S + 1P	3SE3220-3U	3SE3220-3W	3SE3220-3R	3SE3220-3L	3SE3220-3M	—
3SE31/SSE33/ 3SE34, metāla korpuss, IP67, gājiens 6 mm	Momentkontakti 1S+1P	3SE3120-1U	3SE3120-1W	3SE3120-1R	—	—	3SE3120-1T
	Lēnkontakti 1S+1P	3SE3120-0U	3SE3120-0W	—	—	—	—
	Lēndarbīgi pārļaidkontakti 1S + 1P	3SE3120-3U	3SE3120-3W	—	—	—	—
Tas pats Korpusa platums 40 mm	Momentkontakti 1S+1P	3SE3100-1U	3SE3100-1W	3SE3100-1R	—	—	3SE3100-1T
	Lēnkontakti 1S+1P	3SE3100-0U	3SE3100-0W	—	—	—	—
	Lēndarbīgi pārļaidkontakti 1S + 1P	3SE3100-3U	3SE3100-3W	—	—	—	—

1	2	9	10	11	12	13	14
Tas pats	Momentkontakti 1S + 2P	3SE3303-0U	3SE3303-0W	—	—	—	—
Trīs kontaktmegļi	Lēndarbīgi kontakti 2S + 1P	3SE3303-1U	3SE3303-1W	—	—	—	—
Korpusa platums 56 mm	Lēndarbīgi pārleid- kontakti 1S + 2P	3SE3303-2U	3SE3303-2W	—	—	—	—
	Lēndarbīgi pārleid- kontakti 2S+1P	3SE3303-3U	3SE3303-3W	—	—	—	—
Tas pats	Momentkontakti 2S + 2P	3SE3404-1U	3SE3404-1W	—	—	—	3SE3404-1T
Četri kontaktmegļi	Lēndarbīgi kontakti 2S + 2P	3SE3404-0U	3SE3404-0W	—	—	—	—
Korpusa platums 56 mm	Lēndarbīgi pārleidkontakti 2S + 2P	3SE3404-2U	3SE3404-2W	—	—	—	—

Tehniskie dati:

Nominālais izolācijas spriegums — AC 500 V, DC 600 V;

Nominālā termiskās izturības strāva — 10 A;

Nominālais (darba) spriegums — AC 500 V, AC 380 V;

Nominālā (darba) strāva:

Kategorijai AC-15	24 V, 10 A	230 V, 6 A	400 V, 4 A
Kategorijai DC-13	24 V, 10 A	110 V, 1 A	220 V, 0,4 A

Īsslēguma aizsardzība — DIAZED tipa drošinātāji 6 A TDz; 10 A Dz.

Mehāniskais resurss — $10^6 \cdot 30^{\circ}$ ciklu.

Elektriskais resurss — darbinot magnētisko palaidēju kontaktorus $10^6 - 30^{\circ}$ ciklu, pārtraucot nominālo strāvu AC 230 V ķēdē

(kategorija AC-15) — $0,5 \cdot 10^6$ ciklu.

Komutācijas intensitāte — līdz $6 \cdot 10^6$ ciklu stundā.

Nostrādes punkta novirze — 0,05 mm.

Apkārtējās vides pieļaujamā temperatūra — $-30^{\circ}\text{C} - +85^{\circ}\text{C}$.

Kontaktmezglēm pievienojamo vara vadu šķēsgriezums:

- a) lokanais vads — $1,5 \text{ mm}^2$
- b) viendzīslas vads — $2,5 \text{ mm}^2$.

NH tipa drošinātāju tehniskie dati

Gabarīts	Kataloga Nr.	Ampēri, A	Gabarīts	Kataloga Nr.	Ampēri, A
00C	35000,0020	2	2C	372504	40
00C	35000,0040	4	2C	372505	50
00C	35000,0060	6	2C	372506	63
00C	35000,0100	10	2C	372508	80
00C	35000,0160	16	2C	372510	100
00C	35000,0200	20	2C	372512	125
00C	35000,0250	25	2C	372516	160
00C	35000,0350	35	2C	372520	200
00C	35000,0500	50	2C	372522	224
00C	35000,0630	63	2C	372525	250
00C	35000,0800	80			
00C	35000,1000	100	2	372030	300
			2	372031	315
1C	371525	25	2	372035	355
1C	371535	35	2	372040	400
1C	371540	40			
1C	371550	50	3C	373531	315
1C	371563	63	3C	373535	355
1C	371580	80	3C	373540	400
1C	371590	100	3	373242	425
1C	371592	125	3	373250	500
1C	371596	160	3	373263	630
1	371020	200	4a	474350	500
1	371024	224	4a	474363	630
1	371025	250	4a	474380	800
			4a	474390	1000

P.5.2. tabula

Drošinātāju PN-2 tehniskie dati

Drošinātāja tips	Kūstošā ieliktņa nominālā strāva (A)	Atslēgšanas robežstrāva (trīsfāžu isslēguma strāvas efektīvā vērtība) (kA)
PN - 2 - 100	30,40,50,60,80,100	50
PN - 2 - 250	100,120,150,200,250	40
PN - 2 - 400	200,250,300,350,400	25
PN - 2 - 600	300,400,600	25

P.5.3. tabula

DIAZED tipa drošinātāju kūstošā elementa nominālās strāvas

Cokola vītne	Ieliktņu nominālās vērtības (A)
E - 16	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25,
E - 27	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25,
E - 33	35, 50, 63, 80, 100

SIEMENS drošinātāju lietojuma apzīmējumi:

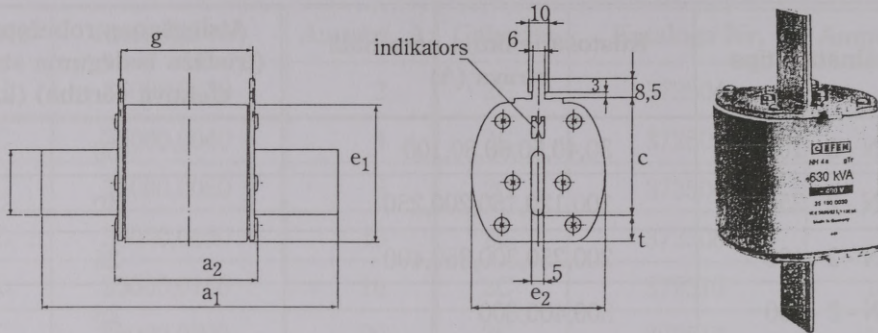
gL (DIN, VDE); gG (IEC) — kabeļu un līniju aizsardzībai

aM (DIN); aM (VDE); aM (IEC) — elektrodzinēju aizsardzībai

aR (DIN); aR (VDE); aR (IEC) — pusvadītāju aizsardzībai

gR (DIN); gR (VDE); gR (IEC) — galvenokārt pusvadītāju aizsardzībai

Drošinātāju un transformatoru tehniskie dati



gTr drošinātāju izmēri

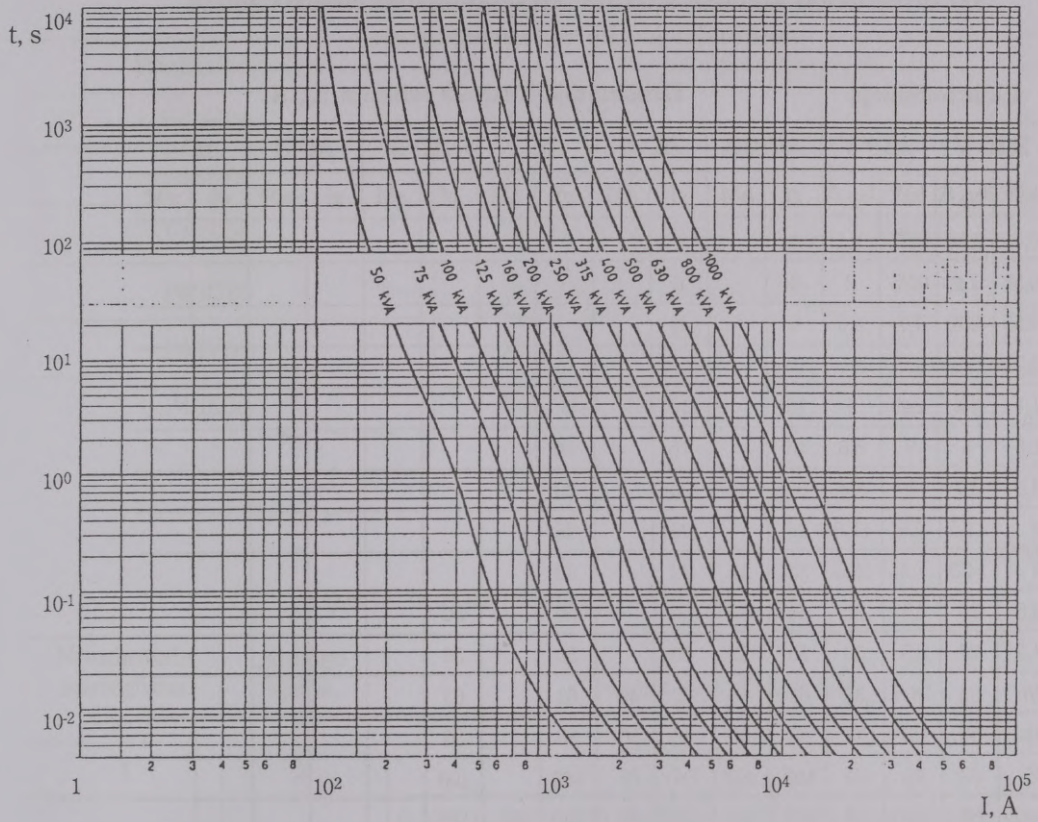
Gabarīts	a ₁	a ₂	b	c	e ₁	e ₂	f	g
2	150	72	26	48	60	53	14	65
3	150	72	32	60	70	62	14	65
4a	200	98	50	85	110	102	28	87

Drošinātāju izvēle transformatoriem

Gabarīts	S _N , kVA	I _N , A	Metālplāksnes pasūtījuma numurs	VE	Gabarīts	S _N , kVA	I _N , A	Metālplāksnes pasūtījuma numurs	VE	
2	0	72	35076,0010	3	3	100	144	35081,0040	1	
						200	289	35081,0050		
						250	361	35081,0010		
						315	455	35081,0020		
						400	577	35081,0030		
						250	361	35100,0050		1
						315	455	35100,0060		
	400	577	35100,0010							
500	722	35100,0020								
2	200	289	35076,0060	3	4a*	630	909	35100,0030	1	
						800	1155	35100,0040		
						250	361	35076,0070		

VE = iepakojuma veids

Transformatoru drošinātāju gTr laikstāvas raksturlieknes (AC 400V gTr)



**NH drošinātāju kustošā ieliktna izvēle atbilstoši elektrodzinēja
nominālai jaudai un spriegumam**

Elektrodzinējs				Drošinātāja kustošā ieliktna I_N , A											
220 V		380 V		AC-00		AC-0		AC-1		AC-2		AC-3		AC-4	
kW	I_N , A	kW	I_N , A	gl	aM	gl	aM	gl	aM	gl	aM	gl	aM	gl	aM
0,18	0,94	0,37	1,1	4		4									
0,37	1,9	0,75	2	6		6									
0,55	2,8	1,1	2,6	6		6									
0,75	3,5	1,5	3,5	10		10									
1,1	4,4	2,2	5	16		16									
1,5	6	3	6,6	16		16		16							
2,2	8,7	4	8,5	20	10	20		20							
3	11,5	5,5	11,5	25		25		25							
4	14,5	7,5	15,5	32	16	32		32							
5,5	20	10	20	50	25	50		50		50					
7,5	27	15	30	50	32	50		50		50					
10	35	18,5	37	63	40	63	40	63		63					
11	39	22	44	80	50	80	50	80		80					
15	52	25	51	100	63	100	63	100		100					
18,5	64	30	60	125	80	125	80	125	80	125					
22	75	37	73	125	80	125	80	125	80	125					
25	85	45	85	160	100	160	100	160	100	160	100				
30	103	55	105		125	200	125	200	125	200	125				
45	147	75	138		160		160	250	160	250	160	250			
55	182	90	170				200		200	315	200	315			
75	239	110	205						250	400	250	400			
		132	245								315	500		500	
90	295	160	300								315	500		500	
110	366	200	370								400	630	400	630	
132	425	250	475										500	800	500
160	520	300	560										630	1000	630
220	705	400	750											1250	800

aM — lietošanas klase elektrodzinēju aizsardzībai

gl — lietošanas klase vadu un kabeļu liniju aizsardzībai

P.5.6. tabula

P 40.06. tipa drošinātāju tehniskie dati

Drošinātāju tips	Nominālās strāvas, A
P40K06	10, 16, 20, 25
P40N06	32, 40, 50, 63
P40T06	16, 20, 25, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160
P40U06	80, 100, 125, 160, 200, 250
P40V06	200, 250, 315 400
P40X06	315, 400, 500, 630

P.5.7. tabula

FERRAZ tipa drošinātāju tehniskie dati

Nominālais spriegums U_N , V	Atslēgt-spēja, kA	Nominālās strāvas, A
1	2	3
125	20	0,125, 0,160, 0,200, 0,250, 0,315, 0,400, 0,500, 0,630, 0,800, 1, 1,1, 1,25, 1,60, 2, 2,5, 3,15, 4, 5, 6,3, 8, 10, 12,5, 14, 16, 20, 25, 30
250	20	0,125, 0,160, 0,200, 0,250, 0,315, 0,400, 0,500, 0,630, 0,800
	50	1, 1,25, 1,60, 2, 2,5 3,15, 4, 5, 6,3
	20	10, 12,5, 14, 16, 20
380	30	0,125, 0,160, 0,200, 0,250, 0,315, 0,400, 0,500, 0,630, 0,800, 1, 1,25, 1,60, 2, 2,5, 3,15, 4, 5, 6,3, 8, 10, 12,5, 14, 16
440	30	0,125, 0,160, 0,200, 0,250, 0,315, 0,400, 0,500, 0,630, 0,800, 1, 1,25, 1,60, 2, 2,5, 3,15, 4, 5, 6,3, 8
500	20	0,125, 0,160, 0,200, 0,250, 0,315, 0,400, 0,500, 0,630, 0,800, 1, 1,25, 1,60, 2, 2,5, 3,15, 4
250	200	60, 90
	100	100, 140

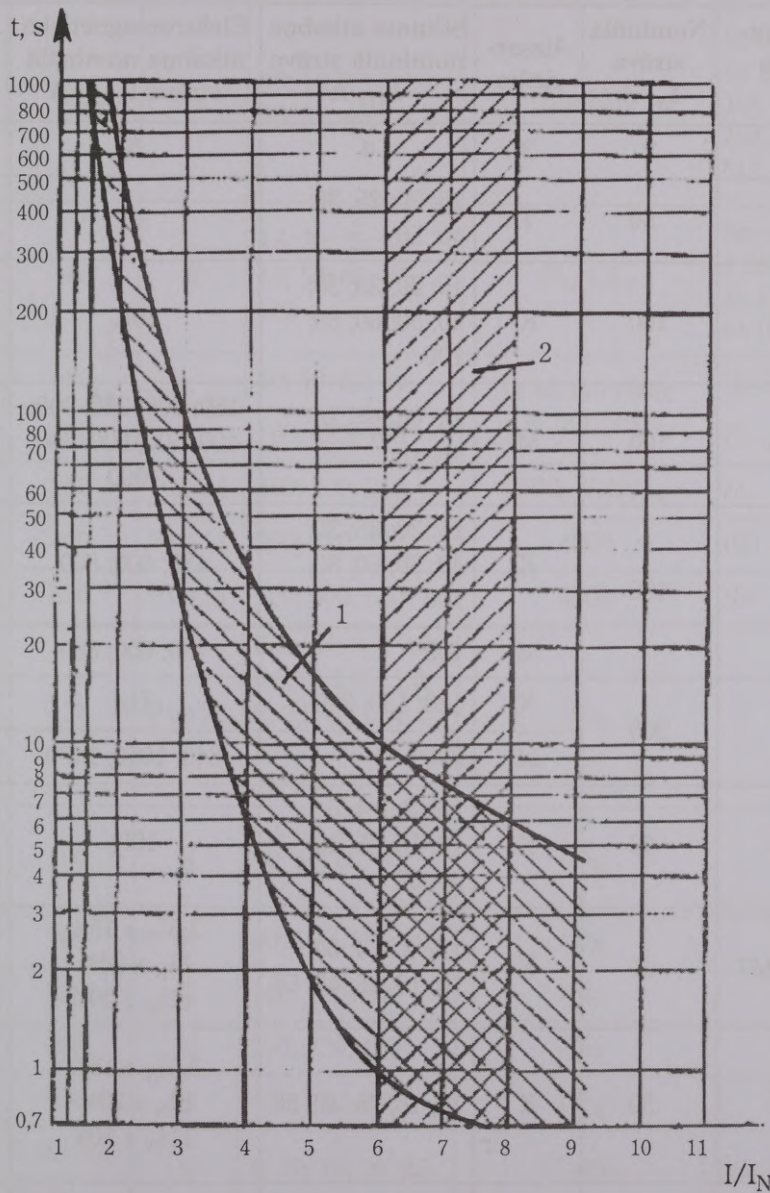
1	2	3
250	200	225
500	150	700, 800, 1000, 1100, 1400, 1500, 2000, 2200, 2800, 3000
600	100	6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
1000	150	250, 315, 350, 375, 400, 425, 450, 500, 525, 550, 630, 700, 725, 800, 900, 1000, 1250, 1400, 1450, 1600, 1800
3000	70	80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 275, 315, 350, 400, 500, 550, 630, 700

P.5.8. tabula

Vadu un kabeļu pieļaujamās strāvas I_p un drošinātāja ieliktņa nominālās strāvas I_{Niel} normētās attiecības

Instalācijas veids	Telpu raksturojums	Normētā attiecība I_p/I_{Niel}
Pret īsslēguma strāvām aizsargājami tīkli		
Visa veida instalācijas	Visas telpas	$\geq 0,33$
Pret pārslodzi aizsargājami tīkli		
Atklāti instalēti neaizsargāti izolēti vadi ar degošu apvalku	Sprādzienbīstamas ražošanas telpas Pārējās telpas	$\geq 1,25$
Aizsargāti vadi, gumijas un plastmasas izolācijas kabeļi, vadi caurulēs	Ugunsdrošas ražošanas telpas Rūpniecības uzņēmumi, Tirdzniecības, sadzīves pakalpojumu, sabiedriskās, dzīvojamās ēkas, sprādzienbīstamas iekārtas	$\geq 1,25$

Automātslēdža АП-50 laikstrāvas raksturlikne



- 1 — termiskās pārslodzes atkabņa darbības zona;
 2 — elektromagnētiskā atkabņa darbības zona.

Automātslēdžu tehniskie dati

Automātslēdža tips	Nominālā strāva I_N , A	Aizsardzība	Siltuma atkabņa nominālā strāva I_{NT} , A	Elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva I_{NEM} , A	Atslēgtspēja I, kA, ja $U_N=380$ V
1	2	3	4	5	6
A3163	50	T	15; 20; 25; 30; 40; 50	—	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5
A3114/1	100	K	15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80; 100	$10I_N$	3,2; 4; 5; 7; 8,5; 10; 11; 11,5; 12
A3114/5	100	M	15; 20; 25; 40; 70; 100	150; 200; 250; 300; 400; 500; 600; 800; 1000	3; 4; 5; 7; 9; 12
A3124	100	K	15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80; 100	430; 600; 800	5,5; 6; 9; 10; 13; 19; 20; 22; 23
		M	100	430; 600; 800	23
A31134	200	K	120; 150; 200	$7I_N$	19; 23; 30
		M	200	840; 1050; 1400	30
API-50B	63	K	1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	$10I_N$	—
API-50-3MT	50	K	1,6; 2,5; 4; 6,4; 10; 16; 25; 40; 50	$3,5I_N \pm 15\%$; $8I_N \pm 20\%$; $11I_N \pm 20\%$	Strāvai $I_N=1,6A-0,3$; $2,5A-0,4$; $4A-0,6$
API-50-2M3TO; API-50-2M3TO;	50	K	10; 16; 25; 40; 50	$3,5I_N \pm 15\%$; $8I_N \pm 20\%$; $11I_N \pm 20\%$	Strāvai $I_N=6,4A-0,8$; $10A<1,5kA$
AE-2036P	25	K	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	$3I_N$; $12I_N$	Strāvai $I_N=0,6-$ $1,6A-1,5$; $2-4,5A-0,9$; $6-12,5A-1,5$; $16-25A-3$ kA

P.6.2. tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6
AE-2046	63	K	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	$3I_N; 12I_N$	Strāvai $I_N=10$ un 12,5A - 2; 16A - 3; 20 un 25A - 3,5; 32 - 63A - 6 kA
AE-2056	100	K	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	$3I_N; 12I_N$	Strāvai $I_N=16A$ - 3; 20-25A-4; 32-40A-6; 50-100A-9 kA
A3714B	80	P un M	40; 50; 63; 80	Ja M, tad 1000; ja P, tad $(3;5)I_N$	18-36
	160		100; 125; 160		75
A3714B	250	P un M	160; 200; 250	$2500; (7;10)I_N$	74
A3744B	400	P un M	250; 320; 400	4000	100
A3744B	630	P un M	400; 500; 630	6300	100
BA51G-25	25	P un M	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	$10I_N$	—
BA51G-31	100	K	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	$14I_N$	—
BA51G-33	160	K	80; 100; 125; 160	$14I_N$	—
BA51G-35	250	K	160; 200; 250	$10I_N$	—
BA51G-37	400	K	250; 320; 400	$10I_N$	—
BA51G-39	630	K	400; 500; 630	$10I_N$	—
LS65	6; 10; 16; 20; 25	K	6; 10; 16; 20; 25	$(3.5)I_N$	1,5

T - termo-, K - kombinētais, M - elektromagnētiskais, P - pusvadītāju atkabnis

KTA3 sērijas automātslēdži elektrodzinēju aizsardzībai

Termobimetālisā atkabna regulēšanas strāvas, A	Elektromagnētiskā atkabna darba strāvas, A	Trisfāžu asinhronā elektrodzinēja jauda, AC-2, AC-3; kW		I _{CU} , kA	I _{CS} , kA	Tips rokasgrāmatās
		230 V	400 V			
1	2	3	4	5	6	7
0,1–0,16	1,8	-	0,02	100	100	KTA 3-25-0,16A
0,16–0,25	2,8	-	0,04	100	100	KTA 3-25-0,25A
0,25–0,4	4,4	-	0,06/0,09	100	100	KTA 3-25-0,4A
0,4–0,63	6,9	0,06/0,09	0,09/0,12	100	100	KTA 3-25-0,63A
0,63–1,0	11	0,09/0,12	0,18/0,37	100	100	KTA 3-25-1A
1,0–1,6	18	0,18/0,35	0,37/0,55	100	100	KTA 3-25-1,6A
1,6–2,5	28	0,37	0,55/0,75	100	100	KTA 3-25-2,5A
2,5–4,0	44	0,55/0,75	1,1/1,5	100	100	KTA 3-25-4,0A
4,0–6,3	69	1,1/1,5	2,2/2,5	100	100	KTA 3-25-6,3A
6,3–10	110	1,5/3,0	3,0/5,5	20	16	KTA 3-25-10A
10–16	176	3,7/4,0	5,5/7,5	10	6	KTA 3-25-16A
16–20	220	5,5	7,5/10	8	6	KTA 3-25-20A
20–25	275	5,5/7,5	11/12,5	8	6	KTA 3-25-25A
16–25	350	5,5/7,5	7,5/12,5	65	65	KTA 3-100-25A
25–40	560	10/11	15/22	65	50	KTA 3-100-40A
40–63	882	12,5/20	25/31,5	65	50	KTA 3-100-63A
63–90	1260	22/25	37/45	50	25	KTA 3-100-90A
40–50	300–600	—	25	65	33	KTA 3-160S-50A
50–63	380–760	—	31,5	65	33	KTA 3-160S-63A
63–80	480–960	—	37/45	65	33	KTA 3-160S-80A
80–100	600–1200	—	50/55	65	33	KTA 3-160S-100A

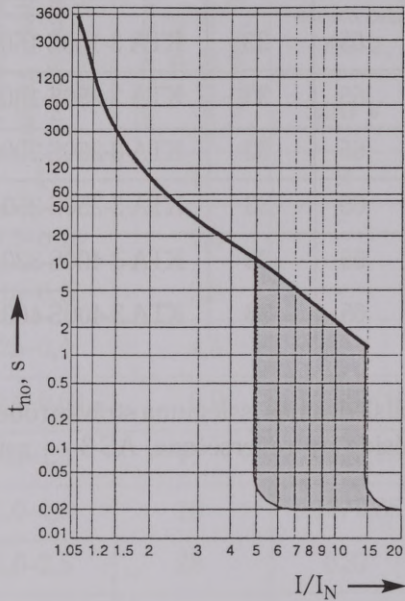
P.6.3. tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7
100-125	750-1500	—	63	65	33	KTA 3-160S-125A
125-160	950-1900	—	75/90	65	33	KTA 3-160S-160A
125-200	950-1900	—	75/90	65	33	KTA 3-250S-160A
160-200	1200-2400	—	110	65	33	KTA 3-250S-200A
200-250	1500-3000	—	132/150	65	33	KTA 3-250S-250A
250-320	1900-3800	—	160/185	65	33	KTA 3-400S-320A
320-400	2400-4800	—	200/220	65	33	KTA 3-400S-400A

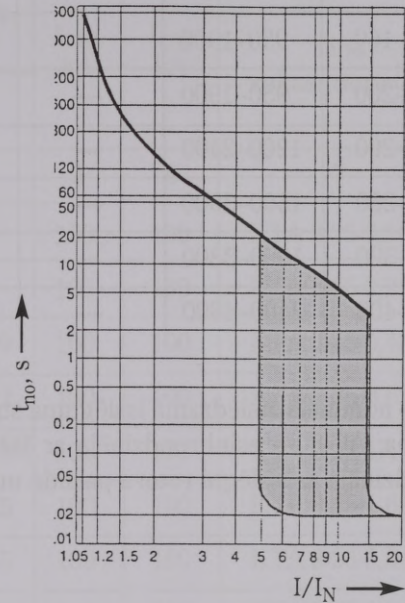
I_{CS} — nominālā atslēdzamā isslēguma strāva; I_{CU} — atslēdzamās isslēguma strāvas robežvērtība; AC-2 — asinhronzinēja ar fāžu rotoru palaide un reversēšana, AC-3 — asinhronzinēja ar isslēgtu rotoru palaide un atslēgšana.

Automātslēdžu KT3 laikstrāvas raksturlīknes

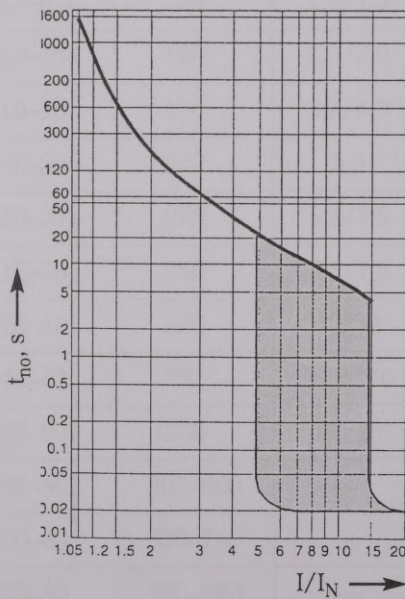
KTA 3-180S (4)



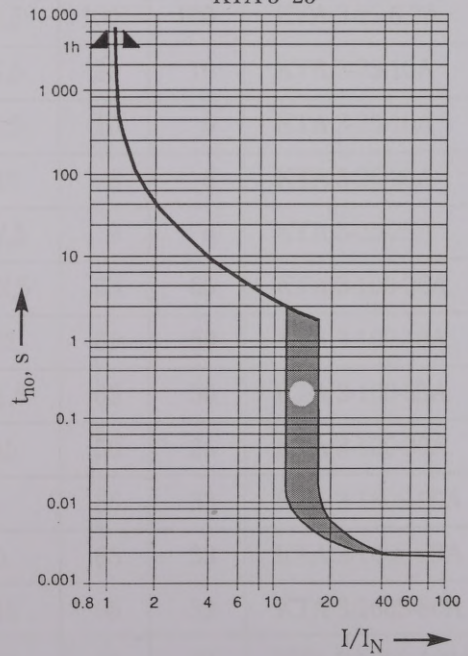
KTA 3-250S (4)



KTA 3-400S (4)



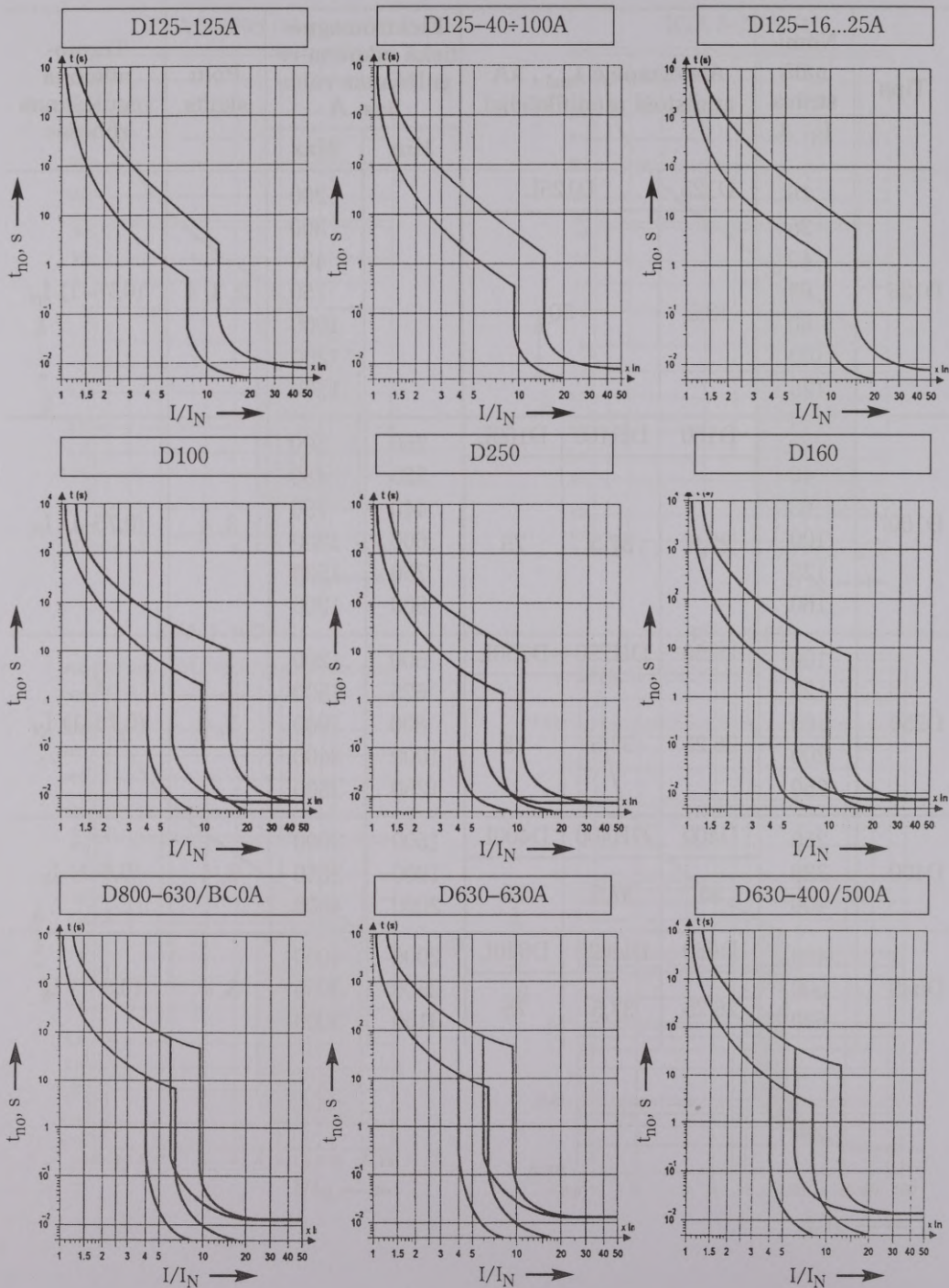
KTA 3-25



RECORD tipa automātslēdžu tehniskie dati

Tips	Nominālā strāva I_N , A	Atslēgtspēja $I_{atsl.}$, kA atbilstoši modifikācijai			Elektromagnētiskā atkabņa regulēšanas robežas, A		Polu skaits	Termoatkabņa regulēšanas robežas
					Min	Max		
D125	16	D125	D125L			200	2, 3, 4	$(0,75-1) I_N$
	25					300		
	40		480					
	63	12,5	50	750				
	80			1000				
	100			1200				
	125			1200				
D160	25	D160	DH160	D160L	250	300	3, 4	$(0,75-1) I_N$
	40				320	480		
	63				440	750		
	100	22,5	37,5	75	600	1200		
	125				750	1500		
	160				800	1900		
D250	100	D250	DH250	D250L	500	1200	3, 4	$(0,75-1) I_N$
	125				625	1500		
	160	26,25	37,5	75	800	1900		
	200				1000	2400		
	250				1250	2500		
D400	250	D400	DH400	D400L	1500	3000	3, 4	$(0,8-1) I_N$
	320				1900	3850		
	400	35	37,5	75	2000	4800		
D630	400	D630	DH630	D630L	2000	4000	3, 4	$(0,8-1) I_N$
	500				2500	5000		
	630	26,25	37,5	75	3150	5000		

RECORD tipa automātslēdžu laikstrāvas rasturliknes



Automātslēdžu L4, L7, LH tehniskie dati

Nosaukums	Automātslēdža tips			
	L4	L7	LH	
Atslēgtspēja	4,5 kA	10 kA	20 kA	
Laikstrāvas raksturlienes	B, C	B, C, D	C, D	
Drošinātāju maksimālā strāva, ja drošinātājs ir pirms automātslēdža	100 A gG (4,5kA)	100 A gG (10kA)		
Pievienojamā vada šķēsgriezums (mm ²)	1-25	1-25	2,5-50	
Nominālās strāvas I _N , A	Polu skaits 1	2, 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40	0,16; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,6; 2,4; 6; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125
	Polu skaits 1+N		2; 4; 6; 10; 13; 16; 20; 25; 32	
	Polu skaits 2	2; 4; 6; ;10; 13; 16; 20; 25; 32; 40	0,5; 1,2; 4; 6; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125
	Polu skaits 3	2; 4; 6; ;10; 13; 16; 20; 25; 32; 40	0,5; 1; 2; 4; 6; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125
	Polu skaits 3+N		6; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125

Piezīme: šie automātslēdži izgatavoti atbilstoši standartam IEC898 (EN60898). To nominālais spriegums 230/400 V; frekvence 50/60 Hz; aizsardzības pakāpe IP40; darba temperatūra no -5 °C līdz + 40 °C.

DXTM markas noplūdes strāvas automātslēdžu tehniskie dati
(pēc firmas *Legrand* kataloga)

2-polu 230V~			4-polu 400V~		
Tips AC	Tips A	I _N , A	Tips AC	Tips A	I _N , A
089 06	090 53	I _Δ =10 mA	089 93	091 40	I _Δ =30 mA
		16			25
089 09	090 56	I _Δ =30 mA	089 94	091 41	40
		25	089 95	091 42	63
089 10	090 57	40	089 96	091 43	80
089 11	090 58	63	089 99	091 46	I _Δ =100 mA
089 12	090 59	80			
089 15		I _Δ =100 mA	090 00	091 47	40
		25	090 01	091 48	63
089 16		40	090 02	091 49	80
089 17		63	090 11	091 58	I _Δ =300 mA
089 18		80			
089 27	090 74	I _Δ =300 mA	090 12	091 59	40
		25	090 13	091 60	63
089 28	090 75	40	090 14	091 61	80
089 29	090 76	63	090 23	091 70	I _Δ =500 mA
089 30	090 77	80			
Tips AC-S	Tips A-S	I _Δ =300 mA	090 24	091 71	40
089 35	090 82	63	090 25	091 72	63
			090 26	091 73	80
			Tips AC-S	Tips A-S	I _Δ =300 mA
			090 18	091 65	40
			090 19	091 66	63

DTTM markas maksimālās* un noplūdes strāvas
automātslēdžu tehniskie dati

1-pola+N 230 V~		2-pola+N 230/400 V~		4-pola+N 400 V~	
Tips AC	I _N , A	Tips AC	I _N , A	Tips AC	I _N , A
	I _Δ =10 mA		I _Δ =10 mA		I _Δ =30 mA
078 79	16	077 45	10	080 07	10
		077 46	16	080 09	16
	I _Δ =30 mA	077 47	20	080 10	20
078 81	3			080 11	25
078 83	6		I _Δ =30 mA	080 12	32
078 84	10	079 11	10	080 13	40
078 86	16	079 19	16	080 14	50
078 87	20	079 20	20	080 15	63
078 88	25	079 21	25		
078 89	32	079 22	32		I _Δ =300 mA
078 90	40	079 29	40	080 25	10
		079 30	50	080 27	16
	I _Δ =300 mA	079 31	63	080 28	20
078 94	6			080 29	25
078 95	10		I _Δ =300 mA	080 30	32
078 97	16	079 44	10	080 31	40
078 98	20	079 46	16	080 32	50
078 99	25	079 47	20	080 33	63
078 00	32	079 48	25		
078 01	40	079 49	32		
		079 50	40		
		079 51	50		
		079 52	63		

*Maksimālās strāvas automātslēdzim ir C tipa laikstrāvas raksturliktne un atslēgt-spēja 6–10 kA.

DXTM markas noplūdes strāvas automātslēdžu moduļi, kas pievienoti DX un DX-h markas maksimālās strāvas automātslēdžiem, tehniskie dati

2-polu 230/400 V~

Tips AC	Tips A	Jutība	I _{max} , A
074 01	074 83	30 mA	32
074 02	074 84	30 mA	63
074 07	074 89	300 mA	32
074 08	074 90	300 mA	63
074 11	074 93	300 mA tips S	63
074 23		1 A tips S	63

3-polu 400 V~

Tips AC	Tips A	Jutība	I _{max} , A
074 28		30 mA	32
074 29	075 11	30 mA	63
074 34		300 mA	32
074 35	075 17	300 mA	63
074 38	075 20	300 mA tips S	63

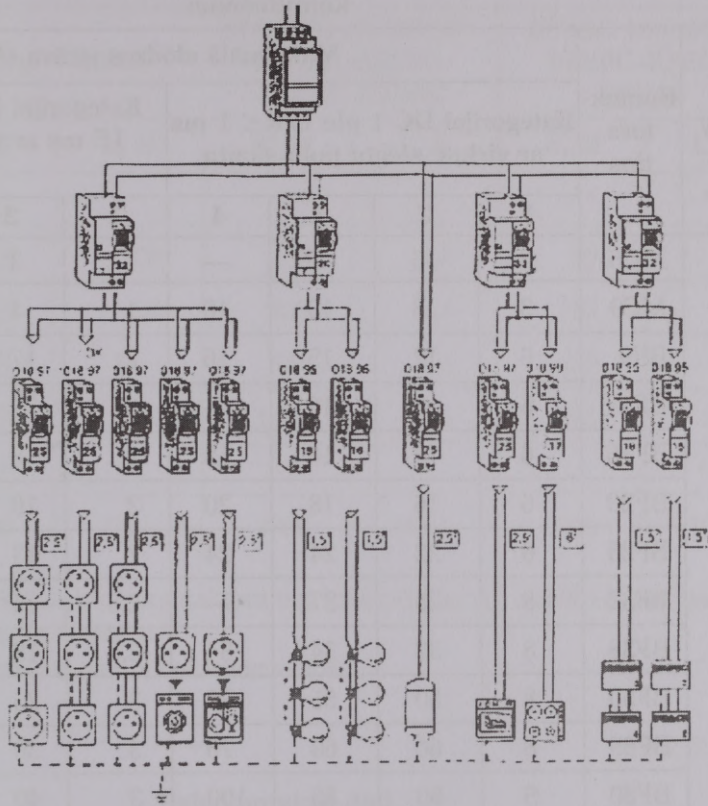
4-polu 400 V~

Tips AC	Tips A	Jutība	I _{max} , A
074 55	075 37	30 mA	32
074 56	075 38	30 mA	63
074 61	075 43	300 mA	32
074 62	075 44	300 mA	63
074 65	075 47	300 mA tips S	63
074 77		1 A tips S	63

Tipiska automātslēdžu lietojuma shēma

Ievada
automātslēdzisDiferenciālās
aizsardzības
automātslēdžiGrupu
automātslēdži

Lietotāji



"Lovato Rez LTD" uzņēmuma kontaktoru izmantošana līdzstrāvas ķēžu komutēšanai

U _N , V	Kontaktora tips	Maksimālā slodzes strāva, A							
		Kategorijai DC 1 pie L/R ≤ 1 ms ar virknē slēgtu polu skaitu				Kategorijai DC3-DC5 pie L/R 15 ms ar virknē slēgtu polu skaitu			
		1	2	3	4	1	2	3	4
110	MC6	3	6	8	—	1	3	4	—
	MC9	3	8	10	10	1	4	5	5
	BF9	6	12	15	16	2	7	11	12
	BF12	6	13	16	—	2	8	12	—
	BF16	6	13	16	18	2	8	12	13
	BF20	6	16	18	20	2	10	15	16
	BF25	6	22	24	24	7	13	18	20
	BF32	8	25	27	—	2,5	15	20	—
	BF38	8	32	34	34	2,5	18	73	23
	BF50	8	50	55	60	3	25	30	45
	BF65	8	60	60	70	3	30	35	50
	BF80	S	80	85	100	3	40	60	75
BF95	8	80	85	—	3	40	60	—	
220	BF9	4	8	10	12	0,75	1,5	5	7
	BF12	4	8	11	—	0,75	1,5	6	—
	BF16	4	8	11	13	0,75	1,5	6	8
	BF20	4	8	12	14	0,75	1,5	8	10
	BF25	5	12	14	14	0,75	1,5	10	15
	BF32	5	14	16	—	1	3	12	—
	BF38	5	20	26	26	1	4	15	15
	BF50	6	36	45	50	1	5	20	25
	BF65	6	36	50	60	1	5	25	30
	BF80	6	40	55	70	1	7	35	40
BF95	6	40	55	—	1	7	35	—	

Kontaktoru darbinātāju elektromagnētu līdzstrāvas spoļu dati

Kontak- toru tips	MCAC - MC9C		BF9-BF12C-BF16C- BF20C-BF25C- BF32C-BF38C		BF38C.40-BF50C- BF65C-BF80C- BF95C	
	U _N , V	R, Ω	L, H	R, Ω	L, H	R, Ω
12	**	**	**	**	**	**
24	140	1,9	58	1,3	39	1,28
48	566	7,6	237	5,4	160	5,1
60	833	11	380	8,6	250	8
110	3120	42,5	1377	28	765	27
125	**	**	**	**	**	**
220	12700	170	4900	113	3110	108

Piezīme: 'l' - pēdējais burts kontakta tipa apzīmējumā (C) norāda līdzstrāvas elektromagnēta lietojumu darbinātājā;

** — dati jāsaņem uzņēmuma pārstāvniecībā.

Palīgkontakta dati

Kontaktoru tipi		MC6-MC9	BF9-BF12- BF16	BF20C-BF25C
Tehniskie dati				
Ilgstošā strāva, A		16	25	40
Izolācijas spriegums, V		690	690	690
Ieslēgšanas un atslēgšanas strāva, A				
Kategorija	Spriegums, V			
AC15	220	66	66	66
	380/415	50	66	66
	660	40	66	66
DC13	24	16,6	27,5	44
	110	1,5	4	4
	220	0,6	0,4	0,6

Ar emalju izolēta vara vada standartizētie diametri un aizpildes koeficienti k_0

d ₁ , mm neizolēts	Vads ПЭВ-1		Vads ПЭВ-2	
	d ₂ , mm izolēts	k ₀	d ₂ , mm izolēts	k ₀
1	2	3	4	5
0,050	0,070	0,280	0,080	0,250
0,063	0,085	0,330	0,090	0,290
0,071	0,095	0,380	0,100	0,340
0,080	0,105	0,430	0,110	0,380
0,090	0,115	0,460	0,120	0,410
0,100	0,125	0,490	0,130	0,440
0,112	0,135	0,510	0,140	0,460
0,125	0,150	0,520	0,155	0,480
0,140	0,165	0,535	0,170	0,495
0,160	0,190	0,550	0,200	0,510
0,180	0,210	0,568	0,220	0,527
0,200	0,230	0,580	0,240	0,538
0,224	0,260	0,594	0,270	0,550
0,250	0,290	0,605	0,300	0,560
0,280	0,320	0,616	0,330	0,572
0,315	0,355	0,627	0,365	0,580
0,355	0,395	0,637	0,415	0,589
0,400	0,440	0,647	0,460	0,597
0,450	0,490	0,656	0,510	0,605
0,500	0,550	0,663	0,570	0,612
0,560	0,610	0,668	0,630	0,618
0,630	0,680	0,674	0,700	0,625
0,710	0,760	0,679	0,790	0,631

P.7.4. tabulas turpinājums

1	2	3	4	5
0,750	0,810	0,680	0,840	0,634
0,800	0,860	0,682	0,890	0,637
0,850	0,910	0,684	0,940	0,640
0,900	0,960	0,685	0,990	0,643
0,950	1,010	0,686	1,040	0,646
1,000	1,070	0,687	1,100	0,648
1,060	1,130	0,688	1,160	0,650
1,120	1,190	0,689	1,220	0,651
1,180	1,260	0,690	1,280	0,652
1,250	1,330	0,690	1,350	0,652

Piezīme: līdzstrāvas ķēdē var iekļaut arī maiņstrāvas spoles, aprēķinot nepieciešamo papildpretestību; taču mainās vilces raksturliktne un kontaktors var nenostādāt.

"Lovato Rez LTD" uzņēmuma kontaktoru izmantošana trīsfāžu asinhronzinēju komutēšanai (kategorijai AC3)

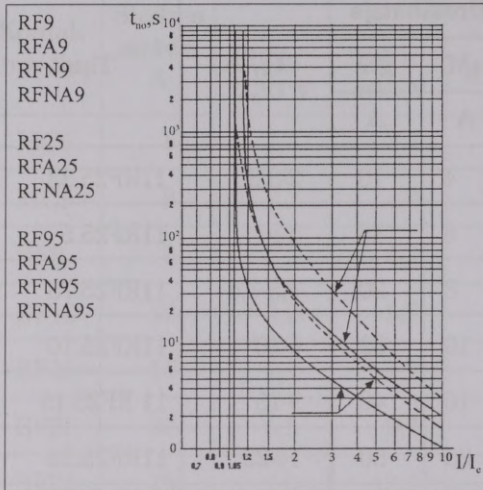
Kontak- tora tips	Slodzes strāva, A	Dzinēja jauda kW spriegumam, V						
		220/ 230 V	380/ 400 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V
MC6	6	1,5	2,2	2,4	2,5	3	3	—
MC9	9	2,2	4,0	4,3	4,5	5	5	—
BF9	9	2,2	4,2	4,5	4,8	5,5	7,2	—
BF12	12	3,2	5,7	6,2	6,2	7,5	10	—
BF16	16	4,3	7,7	8,5	8,5	10	10	—
BF20	20	5,5	9,7	10,6	10,6	13	15	—
BF25	25	7,0	12,5	13,4	13,4	15	18	—
BF32	32	8,8	16	17	17	20	22	—
BF38	38	10	18,5	18,5	18,5	20	22	—
BF50	50	14,3	25	27,2	27,2	33,2	43,5	—
BF65	65	18,5	33	36	36	45,3	59,7	—
BF80	80	23	41	46	46	56	74	—
BF95	95	27,6	50	55	55	56	79	—
B115	110	33	61	66	70	80	100	63
BI45	150	46	80	88	93	100	120	75
B180	180	55	96	105	112	120	140	300
B250	250	78	132	146	155	166	200	147
B400	400	124	215	235	250	258	335	198
B500	500	150	280	294	315	353	400	300
B630	630	198	335	368	368	368	440	368

11 RF tipa termoreleji un ar tiem saskaņoto kustošo drošinātāju strāvu diapazoni

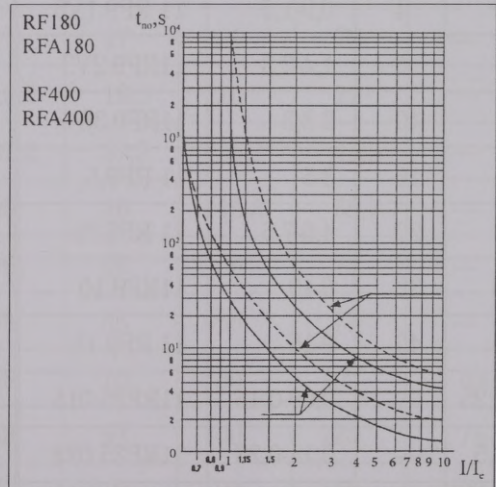
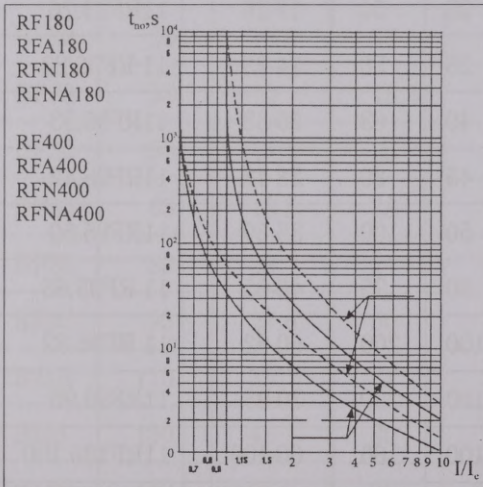
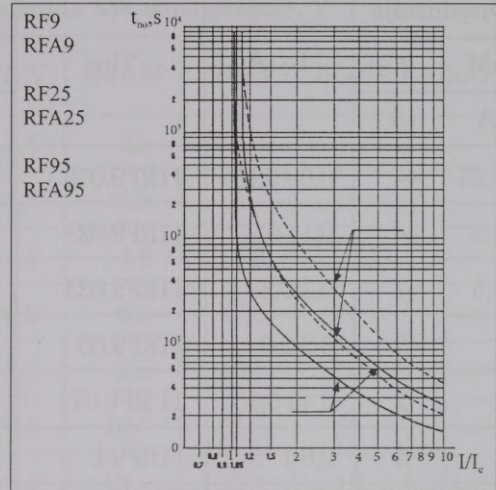
Drošinātājs		I _N , A	Tips	Drošinātājs		I _N , A	Tips
aM	gG			aM	gG		
A	A			A	A		
0,25	—	0,09-0,15	11RF9.015	4	10	2-3,3	11RF25.33
0,5	—	0,14-0,23	11RF9.023	6	16	3-5	11RF25.5
0,5	1	0,2-0,33	11RF9.033	8	20	4,5-7,5	11RF25.75
1	2	0,3-0,5	11RF9.05	10	32	6-10	11RF25.10
1	2	0,45-0,75	11 RF9.075	16	40	9-15	11 RF25.15
2	4	0,6-1	11RF9.1	25	50	14-23	11RF25.23
2	4	0,9-1,5	11 RF9.1V5	32	50	17-26	11RF25.26
4	6	1,4-2,3	11RF9.2V3	25	50	14-23	11 RF95.23
4	10	2-3,3	11RF9.33	40	63	20-33	11RF95.33
6	16	3-5	11 RF9.5	45	80	28-42	11RF95.42
8	20	4,5-7,5	11 RF9.75	50	100	35-50	11RF95.50
10	32	6-10	11RF9.10	80	125	46-65	11 RF95.65
16	40	9-15	11 RF9.15	100	200	60-82	11 RF95.82
0,25	—	0,09-0,15	11RF25.015	100	200	70-95	11RF95.95
0,5	—	0,14-0,23	11RF25.023	100	160	60-100	11RF180.100
0,5	1	0,2-0,33	11RF25.033	125	200	75-125	11RF180.125
1	2	0,3-0,5	11RF25.05	160	250	90-150	11RF180.150
1	2	0,45-0,75	11 RF25.075	200	315	120-200	11 RF180.200
2	4	0,6-1	11RF25.1	250	400	150-250	1 1 RF400.250
2	4	0,9-1,5	11RF25.1V5	315	500	180-300	11 RF400.300
4	6	1,4-2,3	11RF25.2V3	400	630	250-420	1 1 RF400.420

RF tipa termoreleju laikstrāvas raksturlīknes

Trīsfāžu režīms



Divfāžu režīms



* Nostrāde vienas fāzes pārtraukuma gadījumā, kad darbojas bidņu diferenciālsistēma (8.17.a, b att.)

1 — atdzisušam relejam; 2 — siltam relejam.

Kontaktori

Trispolu ar AC vadību		—	—
Trispolu ar DC vadību		—	—
Četrpolu ar AC vadību		11 MCA	11 CF4
Četrpolu ar DC vadību		11 MCAC	—
AC1 Darba strāva (≤ 40 °C)	A	10	10
AC3 asinhron- dzinējiem	Maks. jauda	Darba spriegums V	—
		Darba jauda kW	—
		Darba jauda ZS	—
		Darba strāva A	—

Termoreleji

Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un rokas atgriezi	—
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar rokas atgriezi	—
Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un automātisko atgriezi	—
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar automātisko atgriezi	—
Darba strāvas regulēšanas diapazons	A

Spoles patērētā jauda

Kontaktors	AC vadība	DC vadība
11 MCA..	35/4.5 VA	4/4 W
11 MC6..	35/4.5 VA	—
11 MC9..	35/4.5 VA	4/4 W
11 MC12	35/4.5 VA	—
11 CF4..	65/9 VA	—
11 BF9..	65/9 VA	9/9 W
11 BF12..	65/9 VA	9/9 W
11 BF16..	65/9 VA	9/9 W
11 BF20..	65/9 VA	9/9 W
11 BF25..	65/9 VA	9/9 W
11 BF32..	95/12.3 VA	9/9 W
11 BF40..*	95/12.3 VA	9/9 W
11 BF50..	210/18 VA	15/15 W
11 BF65..	210/18 VA	15/15 W

Kontaktors	AC vadība	DC vadība
11 BF80..	210/18 VA	15/15 W
11 BF95..	210/18 VA	15/15 W
11 B115..	300/10 VA	300/10 W
11 B145..	300/10 VA	300/10 W
11 B180..	300/10 VA	300/10 W
11 B250..	300/10 VA	300/10 W
11 B310..	300/10 VA	300/10 W
11 B400..	300/10 VA	300/10 W
11 B500..	400/18 VA	400/18 W
11 B630..	400/18 VA	400/18 W
11 B630 1000	400/18 VA	400/18 W
11 B1250..	800/45 VA	—
11 B1600..	800/45 VA	—

Kontaktori

Trīspolu ar AC vadību		11 MC6					11 MC9					11 MC12							
Trīspolu ar DC vadību		—					11 MC9C					—							
Četrpolu ar AC vadību		—					11 MC9 4					—							
Četrpolu ar DC vadību		—					11 MC9C 4					—							
AC1 Darba strāva (≤ 40 °C)		A		16					20					20					
AC3	Maks. jauda asinhrondzinējiem	Darba spriegums V		230	400	415	500	690	230	400	415	500	690	230	400	415	500	690	
		Darba jauda kW		1.5	2.2	2.4	3	3	2.2	4	4.3	5	5	3.2	5.7	6.2	5		
		Darba jauda ZS		2	3	3.3	4	4	2.9	5.5	5.8	6.8	6.8	4.3	7.7	8.4	6.8	6	
		Darba strāva A		6					9					12					

Termoreleji

Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un rokas atgriezi		11 RF9																	
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar rokas atgriezi		11 RFN9																	
Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un automātisko atgriezi		11 RFA9																	
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar automātisko atgriezi		11 RFNA9																	
Darba strāvas regulēšanas diapazons A		0.09-0.15			0.14-0.23			0.2-0.33			0.3-0.5			0.45-0.75			0.6-1		
		0.9-1.5			1.4-2.3			2.3-3			3-5			4.5-7.5			6-10 9-15		

P.9.1. tabulas turpinājums

11 BF9	11 BF12	11 BF16	11 BF20 00	11 BF25 00
11 BF9C	11 BF12C	11 BF16C	11 BF20C	11 BF25C
11 BF9 40	—	11 BF16 40	11 BF20 40	11 BF25 40
11 BF9C 40	—	11 BF16C 40	—	11 BF25C 40
25	25	25	36	40
230 400 415 500 690	230 400 415 500 690	230 400 415 500 690	230 400 415 500 690	230 400 415 500 690
2.2 4.2 4.5 5.5 7.2	3.2 5.7 6.2 7.5 10	4.3 7.7 8.5 10 10	5.5 9.7 10.6 13 15	7.0 12.5 13.4 15 18
2.9 5.7 6.1 7.4 9.7	4.3 7.7 8.4 10 13	5.8 10.4 11.3 13.3 13.3	7.3 12.9 14.1 17.3 20	9.3 16.6 17.8 20 24.4
9	12	16	20	25

11 RF25

11 RFN25

11 RFA25

11 RFNA25

0.09-0.15 0.14-0.23 0.2-0.33 0.3-0.5 0.45-0.75 0.6-1 0.9-1.5

1.4-2.3 2.3-3 3-5 4.5-7.5 6-10 9-15 14-23 17-26

Kontaktori

Trīspolu ar AC vadību		11 BF32 00	11 BF40 00	
Trīspolu ar DC vadību		11 BF32C 00	11 BF40C 00	
Četrpolu ar AC vadību		—	11 BF40 40	
Četrpolu ar DC vadību		—	11 BF40C 40	
AC1 Darba strāva (≤ 40 °C)		A	55	60
AC3	Maks. jauda	Darba spriegums V	230 400 415 500 690	230 400 415 500 690
	asinchron- dzinējiem	Darba jauda kW	8.8 16 17 20 22	11 18.5 18.5 20 22
		Darba jauda ZS	11.7 21.3 22.6 26.6 29.3	13.3 24.6 24.6 26.6 29.3
		Darba strāva A	32	9

Termoreleji

Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un rokas atgriezi	11 RF95
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar rokas atgriezi	11 RFN95
Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un automātisko atgriezi	11 RFA95
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar automātisko atgriezi	11 RFNA95
Darba strāvas regulēšanas diapazons A	14-23 20-33 28-42 35-50

P.9.1. tabulas turpinājums

11 BF50 00	11 BF65 00	11 BF80 00	11 BF95 00
11 BF50C 00	11 BF65C 00	11 BF80C 00	11 BF95C 00
11 BF50 40	11 BF65 40	11 BF80 40	—
—	11 BF65C 40	11 BF80C 40	—
90	110	125	125
230 400 415 500 690	230 400 415 500 690	230 400 415 500 690	230 400 415 500 690
14.3 25 27.2 33.2 43.5	18.5 33 36 45.3 59.7	23 41 46 56 74	27.6 50 55 56 74
19 33.3 36.2 44.2 58	24.6 43.9 47.9 60.2 79.4	31 55 62 76 100	36.7 66.5 73.1 76 100
50	65	80	95

11 RF95

11 RFN95

11 RFA95

11 RFNA95

14-23 20-33 28-42 35-50 46-65 60-82 70-95

Kontaktori

Trīspolu ar AC vadību		11 B500 00	11 B630 00	
Trīspolu ar DC vadību				
Četrpolu ar AC vadību		11 B500 4 00	11 B630 4 00	
Četrpolu ar DC vadību				
AC1	Darba strāva (≤ 40 °C) A	700	800	
AC3	Maks. jauda			
	Darba spriegums V	230 400 415 690 1000	230 400 415 690 1000	
	Darba jauda kW	156 290 306 416 312	198 335 368 440 368	
	Darba jauda ZS	208 388 408 554 416	270 455 490 600 500	
	Darba strāva A	520	630	

Termoreleji

Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un rokas atgriezi	11 RF25 5 + 11 G230 + C.T.*	
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar rokas atgriezi	11 RFN25 5 + 11 G230 + C.T. *	
Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un automātisko atgriezi	11 RFA25 5 + 11 G230 + C.T. *	
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar automātisko atgriezi	11 RFNA25 5 + 11 G230 + C.T. *	
Darba strāvas regulēšanas diapazons A	300-500 480-800	

* Termorelejs pieslēgts ar strāvmaini

P.9.1. tabulas turpinājums

11 B630 1000 00	11 B1250 24	11 B1600 24
11 B630 1000 4 00	11 B1250 4 24	11 B1600 4 24
1000	1250	1600
—	—	—
—	—	—
—	—	—
—	—	—

—	—	—
—	—	—
—	—	—
—	—	—
—	—	—

Kontaktori

Trīspolu ar AC vadību		11 B115 00	11 B145 00	11 B180 00	
Trīspolu ar DC vadību					
Četrpolu ar AC vadību		11 B115 4 00	11 B145 4 00	11 B180 4 00	
Četrpolu ar DC vadību					
AC1 Darba strāva (≤ 40 °C)		A	160	250	275
AC3 asinhron- dzinējiem	Maks. jauda	Darba spriegums V	230 400 415 690 1000	230 400 415 690 1000	230 400 415 690 1000
		Darba jauda kW	33 61 66 100 63	46 80 88 120 75	57 100 108 144 103
		Darba jauda ZS	46 82 88 135 85	62 108 117 162 100	76 133 144 192 137
		Darba strāva A	110	150	185

Termoreleji

Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un rokas atgriezi	11 RF180
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar rokas atgriezi	11 RFN180
Ar aizsardzību no nepilnfāžu režīma un automātisko atgriezi	11 RFA180
Bez aizsardzības no nepilnfāžu režīma un ar automātisko atgriezi	11 RFNA180
Darba strāvas regulēšanas diapazons A	60-100 75-125 90-150 120-200

P.9.1. tabulas turpinājums

11 B250 00	11 B310 00	11 B400 00
11 B250 4 00	11 B310 4 00	11 B400 4 00
350	450	550
230 400 415 690 1000	230 400 415 690 1000	230 400 415 690 1000
83 140 155 212 156	100 170 188 256 180	130 225 247 352 208
110 187 206 282 208	133 227 250 341 240	173 300 329 469 277
265	320	420

11 RF400

11 RFN400

11 RFA400

11 RFNA400

150-250 180-300 250-420

EFKA tehniskie dati

Elektriskie un ekspluatācijas parametri	Moduļu 1–4 elektrisko un ekspluatācijas parametru normas			
	1	2	3	4
FGT primāro tinumu vijumu skaits w_1	1	1	1	1
FGT sekundāro tinumu vijumu skaits w_2	200	150	100	50
FGT spaiļu plāksnes izvadi	1-4, 5-8	1-3; 5-7	1-2; 5-6	2-3,3-4; 6-7,7-8
Darba strāvu diapazons, A	22–50	50–100	100–200	200–400
Jaudu diapazons, kW	13–25	25–50	50–100	100–160
Nostrādes strāva nepilnfāzu režīmā ne vairāk kā, A	25	50	100	200
Nostrādes laika kavējums, izkritot fāzei ne vairāk kā, s	4	4	4	4
Nostrādes laika kavējums, pie pārslodzes $1,5I_N$, s	35±15	35±15	35±15	35±15
Nostrādes laika kavējums, pie pārslodzes $4I_N$, s	15±8	15±8	15±8	15±8
Nostrāde pie pozistoru pretestības ne vairāk kā, $k\Omega$	4+10%	4+10%	4+10%	4+10%
Izolācijas pretestības iestatišanas diapazons, $M\Omega$	$(0,5-1) \pm 10\%$	$(0,5-1) \pm 10\%$	$(0,5-1) \pm 10\%$	$(0,5-1) \pm 10\%$
Patērētā jauda ne vairāk kā, W	4	4	4	4
Aparāta barošanas spriegums, V	220	220	220	220
Darba spriegums, V	380	380	380	380

EP tipa termoreleju parametri

Releja kods	Iestatījuma strāva, A	Barošanas spriegums*
11 EPR20.220	8-20,7	220/240V 50/60 Hz
11 EPR31.220	16-31,9	220/240V 50/60 Hz
11 EPR46.220	30,6-46,5	220/240V 50/60 Hz
11 EPS17.220	5-17,7(<5A un >90A)**	220/240V 50/60 Hz
11 EPS40.220	15-40,5	220/240V 50/60 Hz
11 EPS90.220	40-90,8	220/240V 50/60 Hz
11 EPT19.220	7-19,7	220/240V 50/60 Hz
11 EPT45.220	19,5-45	220/240V 50/60 Hz

* Vajadzības gadījumā barošanas spriegums var būt 48V 50/60 Hz; 110/120 V 50/60 Hz; 12 V un 24 V līdzstrāvai.

** Pieslēgumu un iestatījuma aprēķinu sk. 8. nodaļā.

Trīsfāžu asinhronzinēju dati

1. Nominālais spriegums 380V, sinhronā rotācijas frekvence 3000 min⁻¹

Nr.	P _N , kW	η _N , %	cos φ _N	$\frac{I_P}{I_N}$	Nr.	P _N , kW	η _N , %	cos φ _N	$\frac{I_P}{I_N}$
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0,09	60	0,7	5	16	15	88	0,91	7,5
2	0,12	63	0,7	5	17	18,5	88,5	0,92	7,5
3	0,18	66	0,76	5	18	22	88,5	0,91	7,5
4	0,25	68	0,77	5	19	30	90,5	0,9	7,5
5	0,37	70	0,86	5	20	37	90	0,89	7,5
6	0,55	73	0,86	5	21	45	91	0,9	7,5
7	0,75	77	0,87	5,5	22	55	91	0,92	7,5
8	1,1	77,5	0,87	5,5	23	75	91	0,89	7,5
9	1,5	81	0,85	6,5	24	90	92	0,9	7,5
10	2,2	83	0,87	6,5	25	110	91	0,89	7
11	3	84,5	0,88	6,5	26	132	91,5	0,89	7
12	4	86,5	0,89	7,5	27	160	92	0,9	7
13	5,5	87,5	0,91	7,5	28	200	92,5	0,9	7
14	7,5	87,5	0,88	7,5	29	250	92,5	0,9	7
15	11	88	0,9	7,5	30	315	93	0,91	7

2. Nominālais spriegums 380V, sinhronā rotācijas frekvence 1500 min⁻¹

Nr.	P _N , kW	η _N , %	cos φ _N	$\frac{I_P}{I_N}$	Nr.	P _N , kW	η _N , %	cos φ _N	$\frac{I_P}{I_N}$
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
31	0,06	50	0,6	5	46	11	87,5	0,87	7,5
32	0,09	55	0,6	5	47	15	89	0,88	7
33	0,12	63	0,66	5	48	18,5	90	0,88	7
34	0,18	64	0,64	5	49	22	90	0,9	7
35	0,25	68	0,65	5	50	30	91	0,89	7
36	0,37	68	0,69	5	51	37	91	0,9	7
37	0,55	70,5	0,70	4,5	52	45	92	0,9	7
38	0,75	72	0,73	4,5	53	55	92,5	0,9	7
39	1,1	75	0,81	5	54	75	93	0,9	7
40	1,5	77	0,83	5	55	90	93	0,91	7
41	2,2	80	0,83	6	56	110	92,5	0,9	7
42	3	82	0,83	6,5	57	132	93	0,9	6,5
43	4	84	0,84	6	58	160	93,5	0,91	7
44	5,5	85,5	0,86	7	59	200	94	0,92	7
45	7,5	87,5	0,86	7,5	60	250	94,5	0,92	7
					61	315	94,5	0,92	7

Līdzstrāvas paralēlās ierosmes dzinēju dati

Nr.	P_N , kW	U_N , V	η , %	R_a^* , Ω	R_{pp}^* , Ω	R_f^* , Ω
1	2	3	4	5	6	7
1	1	110	71,5	0,6	0,85	92
2	1	220	72,5	2,52	1,47	365
3	2	110	78,5	0,201	0,135	73
4	2	220	79	0,805	0,57	265
5	3,6	110	78,5	0,084	0,089	33,6
6	3,6	220	79	0,42	0,356	129
7	5,3	110	79,5	0,242	0,051	25,3
8	5,3	220	80	0,46	0,195	96,3
9	10,5	220	84	0,14	0,094	111
10	10,5	440	85	0,564	0,336	111
11	1,9	110	71	0,322	0,27	37,5
12	1,9	220	72	1,28	1	138
13	1,9	440	70,5	6,42	4,45	520
14	7	110	81	0,067	0,049	25,6
15	7	220	83	0,226	0,166	111
16	8,5	220	84	0,167	0,124	89
17	14	220	86	0,08	0,066	76
18	3	110	73,5	0,226	0,166	35
19	3	220	74	0,906	0,692	134
20	4	110	77,5	0,14	0,094	25,6
21	4	220	80,5	0,472	0,308	111
22	6	220	83,5	0,226	0,166	111

* R_a — enkura tinuma pretestība, R_{pp} — papildpolu tinuma pretestība, R_f — ierosmes tinuma pretestība.

P.9.5. tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7
23	7,5	220	85	0,14	0,094	111
24	13	220	85,5	0,081	0,056	61,5
25	18	220	87	0,037	0,024	53,1
26	16	220	86,5	0,044	0,031	49,4
27	24	220	86	0,024	0,017	49,4
28	8	220	86,5	0,145	0,101	148
29	9,5	110	86	0,02	0,018	53
30	9,5	220	87,5	0,082	0,056	148
31	16	220	87	0,037	0,024	53,1
32	5,6	110	78,5	0,084	0,056	17,5
33	5,6	220	79	0,338	0,221	74,8
34	8	220	83	0,181	0,122	74,8
35	15	220	85,5	0,084	0,056	15
36	26	220	88	0,038	0,025	49,2
37	14	220	89	0,058	0,037	98
38	17	220	89	0,038	0,025	132
39	20	220	90	0,025	0,018	98,5
40	26	220	89	0,022	0,015	49,5
41	36	200	88,5	0,026	0,016	46
42	37	200	85	0,035	0,019	28,7
43	55	200	87	0,0185	0,0098	26,8
44	30	200	84	0,051	0,031	33,4
45	45	200	85,5	0,03	0,016	25,09
46	75	200	89	0,013	0,0077	23,5
47	90	200	88,4	0,012	0,0053	19,7
48	132	200	90,6	0,00604	0,034	25,2
49	200	200	91	0,003	0,0017	21
50	220	200	91	0,003	0,0017	21

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

IEVADS

1. Elektroenerģētikas pamatterminu skaidrojošā vārdnīca, 2. daļa. — R.: Jumava, 1999.
2. Contactor Selection Made Easy. Application handbook written by Sprechers + Schuh, 1997.
3. *Stephen W. Fardo, Dale R. Patriek*. Electrical Power Systems Technology. — Boston: Newnes, 1980.
4. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. ГОСТ 2.710-81(СТ СЭВ 2182—80) — М.: Гос. Ком. СССР по стандартам, 1981.

1. NODAĻA

1. Elektroenerģētikas pamatterminu skaidrojošā vārdnīca — R.: Jumava, 1999.
2. *K. Timmermanis, J. Rozenkrons*. Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa. — R.: Zvaigzne, 1988.
3. *Буткевич Т.В., Дегтярь В.Т., Сливинская А.Т.* Задачник по электрическим аппаратам. — М.: Высш. шк., 1987.
4. *Витенберг М. И.* Расчет электромагнитных реле. — Л.: Энергия, 1975.
5. *Новиков Ю. Н.* Теория и расчет электрических аппаратов. — Л.: Энергия, 1970.
6. Основы теории электрических аппаратов / под ред. Буткевича Г. В. — М.: Высш. шк., 1970.
7. *Родитейин Л. А.* Электрические аппараты. — Л.: Энергоатомиздат, 1989.
8. *Чунихин А. А.* Электрические аппараты. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
9. *G. Burkhard*. Schaltgeräte der Elektroenergie-technik. — Berlin: Verlag Technik, 1985.
10. Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen. Siemens Handbuch. — München: Publicis MCD Verlang, 1997.

2. NODAĻA

1. *Baltiņš A.* Lauksaimniecības elektroapgāde. — R.: Zvaigzne, 1982.
2. *K. Timmermanis, J. Rozenkrons*. Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa. — R.: Zvaigzne, 1988.

3. Общий каталог 1998. Инсталляционные материалы. Промышленные компоненты. — Рига: Klinkmann Villa, 1998.

4. *Родштейн Л. Д.* Электрические аппараты. — Л.: Энергоиздат, 1981.

5. *Рожкова Л. Д. Козулин В. С.* Электрооборудование станций и подстанции. — М.: Энергия, 1980.

3. NODAĻA

1. *Родштейн Л. А.* Электрические аппараты. — 3-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоиздат, 1981.

2. Справочник. Резисторы / под общ. ред. И. И. Четверткова и В. М. Терехова / М.: Радио и связь, 1987.

3. *Чунихин А. А.* Электрические аппараты. — М.: Энергоатомиздат, 1988.

4. NODAĻA

1. *M. Lindmayer*, Schaltgeräte. — Springer-Verlag Berlin, 1987.

2. Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen. Siemens Handbuch. Publicis MCD Verlag, 1997.

3. *Келин Ю. М.* Электромеханические и магнитные элементы систем автоматики. — М.: Высшая шк., 1991.

4. *Коробков Ю. С., Флора В. Д.* Электрические аппараты автоматики — М.: Энергоатомиздат, 1991.

5. Haupt-katalog 1997–1998 Lovato. Componenti e sistemi per automazione.

6. *J. Putniņš.* Metālgriešanas mašīnu elektroiekārta. — Rīga: Zvaigzne, 1979.

7. ГОСТ 9601—84 Выключатели (переключатели) путевые силовые.

8. Siemens Positionsschalter Programmübersicht, 1993.

5. NODAĻA

1. *Arājs R., Staltmanis I.* Elektroiekārtas un to ekspluatācija. — R.: Liesma, 1977.

2. *Baltiņš A.* Lauksaimniecības elektroapgāde. — R.: Zvaigzne, 1982.

3. Katalogs. NH tipa drošinātāji. — R.: Energofirma "Jauda", 1999.

4. *Putniņš J.* Elektroapgādes sistēmas relejaizsardzība un automātika. — R.: Zvaigzne, 1993.

5. *K. Timmermanis, J. Rozenkrons.* Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa. — R.: Zvaigzne, 1988.

6. Deutsche Norm. DIN 57636 Teil 21 (VDE 0636). Niederspannungssicherungen NH-System; VDE-Verlag GmbH, 1984.

Kabel — und Leitungsschutz bis 1250 A und ~ 500 V, = 400 V sowie ~ 660 V. — Berlin:

7. *Родштейн Л. А.* Электрические аппараты. — 3-е изд. перераб. и доп.: — Л.: Энергоиздат, 1981.

8. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанции. — 2-е изд. и перераб. — М.: Энергия, 1980.
9. Чунихин А. А. Электрические аппараты. — М.: Энергоатомиздат, 1988.

6. NODAĻA

1. K. Timmermanis, J. Rozenkrons. Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa. — R.: Zvaigzne, 1988.
2. Guide to protection by residual current devices. — Legrand SNC, 1998.
3. Katalogs: LS65 Automatic circuit breaker. — EIA, 1994.
4. Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen. Siemens Handbuch. — München: Publicis MCD Verlag, 1997.
5. Кузнецов Р. С. Аппараты распределения электрической энергии на напряжение до 1000 В. — М.: Энергия, 1970.
6. Родштейн Л. А. Электрические аппараты. — Л.: Энергоатомиздат, 1989.
7. Чунихин А. А. Электрические аппараты. — М.: Энергоатомиздат, 1988.

7. NODAĻA

1. Contactor Selection Made Easy. Application handbook written by Sprecher + Schuh, 1997.
2. Haupt-Katalog 1997–1998 Lovato. Componenti e sistemi per automazione.
3. Katalogs. Contactors and thermal Relays up to 630A-AC3 and 1600A-AC1. — Bergamo: Lavato, 1998.
4. M. Lindmayer, Schaltgeräte. — Berlin: Springer-Verlag, 1987.
5. Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen. Siemens handbuch. Publicis MCD Verlag, 1997.
6. Могилевский Т. В. Гибридные электрические аппараты низкого напряжения. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
7. Родштейн Л. А. Электрические аппараты. — Л.: Энергоатомиздат, 1989.

8. NODAĻA

1. Control Gears and Automation Systems / DESST Export Technical data. — Heidelberg: ABB, 1999.
2. Родштейн Л. А. Электрические аппараты.: — Л.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Ройзен В. З. Электромагнитные малогабаритные реле. — Л.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Чунихин А. А. Электрические аппараты. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
5. Б. К.Буль, В. А. Азанов, В. Н. Шоффа. Электрические аппараты автоматики. — М.: Высш. шк., 1988.

9. NODAĻA

1. Asinhrono elektrodzinēju fāzjutīgo kombinētās aizsardzības ierīču EFKA montāža un ekspluatācija / sast. A. Šnīders, A. Grundulis. — Jelgava: LLU, 1994.
2. Elektrodzinēju aizsardzības iekārta EDA. Firms "Lāsma" katalogs.
3. A. Grundulis. Elektrodzinēju aizsardzība lauksaimniecībā. — R.: Liesma, 1975.
4. J. Putniņš. Elektroapgādes sistēmas relejaizsardzība un automātika. — R.: Zvaigzne, 1993.
5. V. Zeibots. Elektrodzinēju aizsardzības ierīces. — R.: Avots, 1993.
6. Haupt-katalog 1997–1998 Lovato. Componenti e sistemi per automazione.
7. Motor Protection-Basics Of Circuit Breakers-Information For The Practical Use Of Circuit Breakers. Sprecher + Schuh, 1997.
8. Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen. Siemens Handbuch. Publicis MCD Verlag, 1997.
9. Technical catalogue. Low voltage moulded-case circuit-breaker for motor protection SACE Isomax S, ABB SACE L.V., 649284/011en, April 1999.
10. Weishaupt R. Motorsdurchschalter mit Temperaturwächter oder Kaltleiter. — ETZ, 1983, Bd. 104, H. 9., S. 423–425.
11. Мусин А. М. Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты. — М.: Колос, 1979.

Piezīmēm

www.piezimem.lv

izdevums — SIA "EKV" uzdevums Nr. 14/2014

izdevums no izdevuma SIA "EKV" uzdevums Nr. 14/2014

Pielikums

www.jumava.lv

Izdevējs — SIA "J.L.V.", Dzirnau ielā 73, Rīgā, LV-1011

Iespiests un iesiets SIA "EKLV" tipogrāfijā, Mūkusalas ielā 63, Rīgā, LV-1004



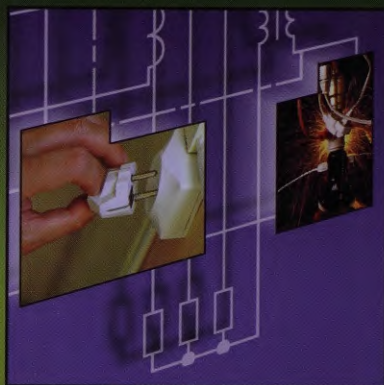
2008-5
L 3

Zemsprieguma elektriskie aparāti

Grāmatas otrajā papildinātajā izdevumā ietvertas tēmas par elektriskajiem aparātiem, atsevišķās nodaļās īpašu uzmanību veltot zemsprieguma aparātu

- grupām,
- darbības principiem,
- uzbūvei,
- lietošanai,
- izvēlei.

Mācību līdzeklis paredzēts profesionālo izglītības iestāžu audzēkņiem un visu novirzienu elektrotehnikas studentiem. Tas dos iespēju papildināt zināšanas un profesionalitāti visiem, kuri ir saistīti ar inženiertehniskajiem darbiem.



JUMAVA

ISBN 978-9984-38-311-8



9 789984 383118