**Profesionālās izglītības kompetences centrs**

**Rīgas Valsts tehnikums**

**Elektriskie aparāti**

Lekciju konspekts

Vladimirs Meļņikovs

|  |
| --- |
| **es_zils_dzeltens_ar_parakstu_2ESF**        **IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ** |

**Rīga**

**2012**

**PRIEKŠVĀRDS**

Lekciju konspekts „Elektriskie aparāti” paredzēts Rīgas Valsts tehnikuma Enerģētikas specialitātes izglītojamiem. 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.

Šajā lekciju konspektā galvenokārt apskatīti kontaktaparāti. Bezkontakta aparāti (uz pusvadītāju bāzes) apskatīti tajos gadījumos, kad vadības un aizsardzības shēmas praktiski nav reali­zējamas bez to lietojuma. Lekciju konspekts "Elektriskie aparāti" ir uzrakstīta kā metodiskais materiāls šādu priekšmetu apgū­šanai: „Elektroiekārtu montāža, apkope”, „Elektroapgāde” un ‘’Elektriskās mašīnas, piedziņa, vadība”.

Lekciju konspekts sastāv no priekšvārda un desmitām nodaļām. Pirmajā nodaļā dota zemsprieguma elektrisko aparātu klasifikācija un to lietojums. 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.

Lekciju konspekta saturs atbilst Profesionālās izglītības centra Rīgas Valsts tehnikuma īstenojamai programmai „Enerģētika un elektrotehnika”.

Lekciju konspekts satur 305. lpp. teksta, 286. ilustrācijas, 105. tabulas, 39. nosaukuma informācijas avotus.

**SATURS**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Priekšvārds | | | 2 |
|  | Saturs | | | 3 |
| 1. | Elektrisko aparātu klasifikācija | | | 6 |
| 2. | Galvenie fizikālie procesi elektriskajos aparātos | | | 12 |
|  | 2.1. | Elektrisko aparātu silšana | | 12 |
|  |  | 2.1.1. | Pieļaujamās temperatūras | 12 |
|  |  | 2.1.2. | Elektrisko aparātu silšana | 14 |
|  |  | 2.1.3. | Viendabīga vadītāja silšana ilgstošā režīmā | 15 |
|  | 2.2. | Elektriskie kontakti | | 17 |
|  |  | 2.2.1. | Kontaktu klasifikācija | 17 |
|  |  | 2.2.2. | Kustīgo kontaktu darba režīmu prasības | 19 |
|  |  | 2.2.3. | Kontaktu galvenie parametri | 19 |
|  |  | 2.2.4. | Kontaktu materiāli | 22 |
|  |  | 2.2.5. | Kontaktu stāvokļa kontrole ekspluatācijas apstākļos | 24 |
|  | 2.3. | Elektriskais loks un tā dzēšana | | 25 |
|  |  | 2.3.1. | Procesi elektriskajā lokā | 25 |
|  |  | 2.3.2. | Līdzstrāvas elektriskā loka voltampēru raksturlīknes | 27 |
|  |  | 2.3.3. | Līdzstrāvas elektriskā loka dzēšanas metodes | 29 |
|  |  | 2.3.4. | Maiņstrāvas elektriskā loka dzēšanas noteikumi | 30 |
|  |  | 2.3.5. | Līdzstrāvas elektriskā loka dzēšanas metodes | 31 |
|  |  | 2.3.6. | Maiņstrāvas elektriskā loka dzēšana | 35 |
|  |  | 2.3.7. | Elektriskā loka dzēšana vidē ar paaugstinātu spiedienu | 35 |
|  |  | 2.3.8. | Elektriskā loka dzēšana vakuumā | 36 |
|  |  | 2.3.9. | Aprēķinu piemēri | 36 |
| 3. | Drošinātāji | | | 39 |
|  | 3.1. | Drošinātāja uzbūve un darbības princips | | 39 |
|  | 3.2. | Drošinātāja raksturlielumi | | 43 |
|  | 3.3. | NH sistēmas drošinātāji | | 46 |
|  | 3.4. | Diazed, Neozed, Silized un D tipa drošinātāji | | 52 |
|  | 3.5. | Vidsprieguma drošinātāji | | 54 |
|  | 3.6. | Drošinātāju izvēle | | 57 |
|  | 3.7. | Aprēķinu piemēri | | 60 |
| 4. | Automātslēdži | | | 64 |
|  | 4.1. | Automātslēdža darbības princips | | 64 |
|  | 4.2. | Automātslēdžu klasifikācija | | 70 |
|  | 4.3. | Automātslēdžu raksturojošie parametri | | 72 |
|  | 4.4. | Automātslēdžu selektīva darbība | | 77 |
|  | 4.5. | Mazgabarīta automātiskie slēdži (MAS) | | 80 |
|  | 4.6. | Vītņotais mazautomātslēdzis | | 86 |
|  | 4.7. | Vidējas strāvas automātslēdži | | 87 |
|  | 4.8. | Lielas strāvas automātslēdži | | 94 |
|  | 4.9. | Automātslēdžu izvēle | | 97 |
|  | 4.10. | Aprēķinu piemēri | | 100 |
|  | 4.11. | Noplūdes strāvas aizsardzības automātslēdži | | 104 |
|  |  | 4.11.1. | Elektriskās strāvas iedarbība uz cilvēka organismu | 104 |
|  |  | 4.11.2. | Strāvas noplūdes automāta darbības princips | 107 |
|  |  | 4.11.3. | Noplūdstrāvas aizsardzības ierīču klasifikācijas kritēriji | 108 |
|  |  | 4.11.4. | Selektīvā aizsardzība | 112 |
| 5. | Svirslēdži, paketslēdži | | | 118 |
|  | 5.1. | Svirslēdža nozīme un darbības princips | | 118 |
|  | 4.2. | Svirslēdžu izvēle | | 122 |
|  | 4.3. | Paketslēdži | | 123 |
| 6. | Kontaktori | | | 125 |
|  | 6.1. | Definīcija, lietošana | | 125 |
|  | 6.2. | Iedalījums | | 125 |
|  | 6.3. | Līdzstrāvas kontaktori | | 126 |
|  | 6.4. | Maiņstrāvas kontaktori | | 129 |
|  | 6.5. | Hibrīdkontaktori | | 136 |
|  | 6.6. | Maiņstrāvas kontaktoru tehniskie dati un izvēle | | 137 |
|  | 6.7. | Mazgabarītie (moduļa) kontaktori un palīgierīces | | 138 |
| 7. | Releji | | | 142 |
|  | 7.1. | Darbības princips, galvenie parametri | | 142 |
|  | 7.2. | Releju iedalījums | | 144 |
|  | 7.3. | Releju uzbūves pamatprincipi | | 145 |
|  | 7.4. | Elektromagnētiskie releji | | 145 |
|  |  | 7.4.1. | Līdzstrāvas elektromagnētiskie releji | 146 |
|  |  | 7.4.2. | Maiņstrāvas elektromagnētiskie releji | 148 |
|  |  | 7.4.3. | Polarizētie releji | 151 |
|  |  | 7.4.4. | Elektromagnētisko releju izvēle un salīdzinājums | 152 |
|  |  | 7.4.5. | Herkonu releji | 152 |
|  | 7.5. | Elektromagnētiskie un elektroniskie laika releji | | 153 |
|  |  | 7.5.1. | Indukcijas tipa elektromagnētiskais laika relejs | 153 |
|  |  | 7.5.2. | Elektromagnētiskais laika relejs ar kondensatoru | 154 |
|  |  | 7.5.3. | Elektroniskais laika relejs | 157 |
|  | 7.6. | Termoreleji | | 158 |
|  | 7.7. | Releju izvēle | | 162 |
| 8. | Magnētiskie palaidēji | | | 164 |
|  | 8.1. | Magnētisko palaidēju komplektācija | | 164 |
|  | 8.2. | Magnētiskajos palaidējos izmantojamo kontaktoru īpašības | | 165 |
|  | 8.3. | Asinhronā dzinēja tiešā palaišana | | 167 |
|  | 8.4. | Asinhronā dzinēja reversīvā palaišana | | 169 |
|  | 8.5. | Rezerves dzinēja palaišana | | 172 |
|  | 8.6. | Asinhronā dzinēja palaišana ar pazeminātu spriegumu | | 173 |
|  |  | 8.6.1. | Palaišana ar zvaigznes trīsstūra pārslēgšanu | 173 |
|  |  | 8.6.2. | Asinhronā dzinēja „mīksta” (laidena) palaišana | 176 |
|  | 8.7. | Asinhrono dzinēju griešanās ātrumu regulēšana | | 179 |
|  |  | 8.7.1. | Asinhrono dzinēju polu skaita izmaiņa | 179 |
|  |  | 8.7.2. | Rotora rotācijas frekvences regulēšana ar tīkla frekvenci | 180 |
|  | 8.8. | Asinhronā dzinēja dinamiskā bremzēšana | | 184 |
|  | 8.9. | Asinhronā dzinēja bremzēšana ar pretslēguma metodi | | 185 |
|  | 8.10. | Asinhronā dzinēja ar fāzes rotoru palaišana | | 186 |
|  | 8.11. | Magnētisko palaidēju izvēle | | 189 |
|  |  | 8.11.1. | Magnētiskā palaidēja izvēles piemērs | 190 |
|  |  | 8.11.2. | Izvēles procesa datorizācija | 192 |
|  |  | 8.11.3. | Aizsardzības un komutācijas aparātu izvēles ekonomiskais pamatojums | 193 |
| 9. | Komandaparāti | | | 194 |
|  | 9.1. | Definīcija, lietošana | | 194 |
|  | 9.2. | Iedalījums | | 194 |
|  | 9.3. | Spiedpogas, spiedpogu stacijas | | 194 |
|  |  | 9.3.1. | Spiedpogas, spiedpogu stacijas, paneļi | 194 |
|  |  | 9.3.2. | Herkonu spiedpogu konstrukcijās | 197 |
|  |  | 9.3.3. | Spiedpogu raksturojušie parametri un izvēle | 199 |
|  | 9.4. | Krustslēdži | | 199 |
|  | 9.5. | Tumbleri | | 199 |
|  | 9.6. | Drošības troses slēdži | | 201 |
|  | 9.7. | Ceļa-gala slēdži un rotācijas slēdži | | 205 |
|  | 9.8. | Mikroslēdži | | 208 |
|  | 9.9. | Komandkontrolleri | | 209 |
|  | 9.10. | Komandaparātu izvēles principi | | 213 |
| 10. | Rezistori un reostati | | | 217 |
|  | 10.1. | Rezistori | | 217 |
|  | 10.2. | Rezistoru izvēle | | 221 |
|  | 10.3. | Reostati | | 223 |
|  | Pielikumi | | | 228 |
|  | Izmantotā literatūra | | | 304 |

**1. NODAĻA**

**ELEKTRISKO APARĀTU KLASIFIKĀCIJA**

Elektriskie aparāti ir zemsprieguma sadalnes aparāti un galvenais uzdevums viņiem ir:

* Elektriskā aizsardzība;
* Droša izolēšana no strāvu vadošam daļām;
* Vietēja un distanču komutācija.

Elektrisko aparātu galvenās funkcijas (1.1. tabula):

* elektriskā aizsardzība;
* elektrisko ķēžu atvienošana (izolēšana);
* elektroenerģijas pārveidotāju, patērētāju un sadales iekārtu vadība un kontrole.

Elektriskie aparāti 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.

1.1. tabula

**Elektrisko aparātu galvenās funkcijas**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Elektriskā**  **aizsardzība no** | **Izolēšana (atvienošana)** | **Vadība un kontrole** |
| - pārslodzes strāvām;  - īsslēguma stāvām;  - izolācijas caursišanai | ■ kontaktu atvienošana , ko skaidri parada mehāniskais indikators**;**  ■ skaidri redzams attālums vai uzstādītais izolējošais ekrāns starp atvienotiem kontaktiem | **■** funkcionāla komutācija**;**  ■ avārijas atslēgšana;  ■ avārijas apstādināšana;  ■ atslēgšana mehāniskās mezglos tehniskajai apkalpošanai |

**Elektriskā aizsardzība.** Mērķis - novērst vai ierobežot pārslodzes strāvas un īsslēguma strāvas sekas, kā arī atdalīt bojātas ķēdēs daļās no elektroietaisēm.

Elektriskās aizsardzības iedalījums:

* Elektriskās ķēdes aizsardzība no pārslodze vai īsslēguma. Aizsardzību nodrošina konkrētas sadalnes drošinātāji vai automātslēdži;
* Cilvēku un dzīvnieku aizsardzība no izolācijas caursišanu. Aizsardzību nodrošina drošinātāji vai automātslēdži, noplūdes automāti un/vai izolācijas pretestības kontrole pret zemi;
* Elektrodzinēju aizsardzība pret īsslēgumu un pārslodze ar drošinātājiem vai automātslēdžiem, pret pārkāršanu ar speciāliem relejiem;
* Elektroiekārtas elementu aizsardzība (kabeļi, vadi, sadales aparatūra u.c.);
* Sadzīves elektroiekārtas aizsardzība.

**Izolēšana (atvienošana).** Mērķis – izolēt (atvienot) eklektisko ķēdi, aparatūru vai elektroiekārtas daļu (piem., elektrodzinēju), pie kurām vajadzēs strādāt, kā arī no elektroiekārtām, kurām iespējama nejauša pieskaršanās, izpildot darbu. Atslēdzot spriegumu, ķēdes nedrīkst būt noslogotas, lai neveidotos elektriskais loks.

*Prasības pret atslēguma ierīcēm:*

* Visiem kustīgiem kontaktiem jābūt atslēgtā stāvoklī;
* Atslēguma ierīču bloķēšana, kas ir operāciju kopums, kas nepieļauj atslēgšanas ierīces iedarbināšanu. Veicot fizisko bloķēšanu starp izslēgšanas ierīces daļām, kuras ir nepieciešams bloķēt, ievieto izolējošu elementu, lai kontaktiem fiziski nebūtu iespējams savienoties. Veicot mehānisko bloķēšanu, atslēgšanas vadības elements tiek fiksēts nekustīgā stāvoklī, izmantojot atslēgas vai slēdzenes;
* Atslēguma ierīču kontaktu stāvokli pārbaude iespējas vizuāli vai ar mehāniskā indikatora palīdzību.
* Atslēguma ierīču kontaktu noplūdes strāvas pārbaude iespējas. Atslēgtā stāvoklī noplūdes strāva starp kontaktiem nevar būt lielāka par 0,5 mA jaunajām ierīcēm un 6 mA ierīču ekspluatācijas beigās.
* Atslēguma ierīču kontaktiem atslēgtā stāvoklī ir nepieciešams izturēt sprieguma impulsu ar ilgumu 1,2/50 μs ar piķa vērtību 6, 8 un 12 kV, ja tīkla spriegums attiecīgi 230/400, 400/690 un 690/1000 V (IEC 60664, IEC 60947).

**Vadība.** Sadales aparatūras vadības funkcija atļauj modificēt jebkura laikā momentā sistēmu zem slodzēm atkarība no tekošiem prasībām, ieskaitot:

* Funkcionālo vadību (operatīvā komutācija u.c.);
* Avārijas atslēgšana;
* Energoapgādes sistēmās tehniskās apkalpes darbi.

*Funkcionāla vadība* attiecas pie visiem komutācijas operācijām normālos ekspluatācijas apstākļos: barošanas piegāde, sistēmas daļas vai elektroiekārtas, vai agregāta atslēgšana u.c.

Sadales aparatūra funkcionālai vadībai vismaz jāuzstāda:

Jebkurās elektroiekārtās ievadā;

Elektriskās ķēdes galos vai slodzes galējos punktos. Priekšroku jādod risinājumiem, kad slēdži uzstādīti katrā sadales līmenī, t.i., katrā līnijā no sadalnēm.

*Avārijas atslēgšana* nodrošina automātisku vai manuālu bojātās iekārtas atslēgšanos. Piemēram, kad iziet no ierindas vai tiek atslēgta kāda no pārvades līnijas aizsardzības sistēmām, pārvades elementu nekavējoties atslēdz remonta veikšanai.

Dažreiz attiecīgo pārvades elementu atstāj darbā uz noteiktu laiku, ja piemēram, vajadzīgs noteikts laiks mehāniskās sistēmas bremzēšanai.

*Sprieguma atslēgšana tehniskai apkopei.*Operācija nodrošina mašīnas apstāšanu un pie tam nav iespējama atkārtota mehānismu ieslēgšana. Spriegums tiek atslēgts no visām strāvu vadošām daļām un slēgta ieeja blakus elektroiekārtā, kas atrodas zem sprieguma. Uz atdalītāju, nodalītāju un slodzes slēdžu piedziņām, uz distances vadības atslēgām un pogām, uz komutācijas aparātiem, ar kuru ieslēgšanu var pievadīt spriegumu, jāizvieto aizlieguma zīmi. Ja izmantota TN sistēma PEN vadu nedrīkst atslēgt, jo viņš izpilda aizsardzības vada un nullvada funkcijas.

Zemsprieguma sadales aparatūras funkcionālas komutācijas iespējas sakopotas 1.2. tabulā.

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 šādās grupās.

1. Komutācijas aparāti, kas paredzēti elektrisko ķēžu ieslēgšanai un izslēgšanai. Pie šīs grupas pieder svirslēdži, paketslēdži, automatslēdzi, drošinātāji. Šai grupai raksturīgs samērā neliels ieslēgšanas un izslēgšanas operāciju skaits laika vienībā.
2. Palaišanas un regulēšanas aparāti, kas paredzēti elektrisko mašīnu vai citu  
   elektroenerģijas patērētāju palaišanai, strāvas un sprieguma regulēšanai. Pie šīs grupas pieder kontrolieri, kontaktori, palaidēji, rezistori un reostati. Šai grupai rakstu­rīgas

1.2.tabula

**Sadales aparatūrās elementu funkcijas**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sadales aparatūrās elements** | **Atvienošana (izolēšana)** | **Vadība** | | | | **Elektriskā aizsardzība** | | |
| **Funkcionālā** | **Avārijas**  **atslēgšana** | **Avārijas**  **apstāšana**  **(mehānisma)** | **Atslēgšana**  **tehniskai**  **apkopei** | **No pārslodzēm** | **No īsslēguma** | **No noplūdes strāvām** |
| Atdalītājs (4) | ■ |  |  |  |  |  |  |  |
| Slēdzis (5) | ■ |  | ■ (1) | ■ (1) (2) | ■ |  |  |  |
| Noplūdes automāts (5) | ■ |  | ■ (1) | ■ (1) (2) | ■ |  |  | ■ |
| Slēdzis - atdalītājs | ■ | ■ | ■ (1) | ■ (1) (2) | ■ |  |  |  |
| Kontaktors |  | ■ | ■ (1) | ■ (1) (2) | ■ | ■ (3) |  |  |
| Divpozīcijas slēdzis ar distancvadību |  | ■ | ■ (1) |  | ■ |  |  |  |
| Drošinātājs | ■ |  |  |  |  | ■ | ■ |  |
| Automātslēdzis (5) |  | ■ | ■ (1) | ■ (1) (2) | ■ | ■ | ■ |  |
| Automātslēdzis - atdalītājs (5) | ■ | ■ | ■ (1) | ■ (1) (2) | ■ | ■ | ■ |  |
| Noplūdes automāts + automātslēdzis (5) |  | ■ | ■ (1) | ■ (1) (2) | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Uzstādīšanas vieta (vispārējais princips) | Katra ķēdē ievadā | Visās vietās, kur nepieciešama procesu apstāšana saskaņā ar ekspluatācijas prasībām | Katra sadale ieejas ķēdē (EIN) | Mašīnās pieslēgšanas vietās pie barošanas tīkla un/ vai uz attiecīgās mašīnās | Mašīnas pieslēgšanās vietās | Katrās ķēdēs ievadā | Katrās ķēdēs ievadā | Katrās ķēdēs ievadā (sistēma TN-S, IT, TT) |

(1) Visās vietās kur nepieciešama sprieguma atslēgšana; (2) Vajadzīgs noteikts laiks mehāniskās sistēmas bremzēšanai. (3) Ja savienots ar siltuma releju; (4) Atdalītājs ar redzamu atstatumu starp kontaktiem elektroiekārtas ievadā, ja barošana notiek tieši no transformatora; (5) Komutācijas aparatūras elementi derīgi ka izolēšanai, tā arī atvienošanai (piemēram, noplūdes automāti saskaņā ar standartu IEC1008)

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 palaišanai pat ar lielām palaišanas 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 izpildāmas loģiskas 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 sa­slēgšanu (vadības atkārtojumu), ķēdes pārtraukšanu (vadības inversiju), reaģēšanas laika aizturi, atmiņu vai to kombināciju, vienlaikus veicot arī jaudas pastiprinātāja vai izejas ķēžu sadalītāja funkcijas.

Iepriekš minētas pamatfunkcijas var realizēt gan kontaktaparāti, gan bezkontaktaparāti. Bezkontakta komutācijas funkcijas var izpildīt arī magnētiskie pastiprinātāji re­leja režīmā, optroni un līdzīgi aparāti, kuros vadības un slodzes ķēdes ir galvaniski atdalītas.

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 un kādās elektroapgādes posma viņi uzstādīti (1.1. att.). Pie­mēram, ķēdēs ar palielinātu induktivitāti samazinās komutācijas aparātu spēja kva­litatīvi ieslēgt un atslēgt elektrisko ķēdi.

Lietošanas kategorija nosaka, ka ieslēdzamā slodze ietekmes aparāta kontaktu nominālo strāvu. Elektroenerģijas patērētājus iedala kategorijās atsevišķi maiņstrā­vai (kategoriju apzīmējums AC) un atsevišķi līdzstrāvai (kategoriju apzīmējums DC). Aiz šiem apzīmējumiem seko cipari, kas norāda kategorijas grupu (tabula). Tās atbilst starptautiskajiem standartiem: kontaktoriem IEC 158-1, palaidējiem IEC 292-1-4, vadības slēdžiem IEC 337-1 un 337-lA, elektromagnētu vadībai IEC 947-5.

Lai atvieglotu grāmatā ievietoto shēmu lasīšanu, P.I.7. - P.I.8. 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.

*Konstruktīvi* zemsprieguma sadalnēs izveido no dažāda izmēra vienpusēji vai divpusēji apkalpojamiem metāla skapjiem, kuros iemontēti komutācijas, aizsardzības aparāti un mēraparāti. Šos skap­jus izmanto gan zemsprieguma sadalnes komplektēšanai apakšstacijā, gan atsevišķi vai grupas uzstāda cehos pie elektrouzņēmējiem. To izmēri un iekšējais konstruktīvais izveidojums galvenokārt at­karīgs no pievienojumu (grupu) skaita, jaudas un komutācijas apa­rātu tipa.

|  |
| --- |
|  |

1.1. att. Zemsprieguma elektroapgādes shēma: I – galvenā sadalne (In līdz 6300 a);

II – spēka sadalne dzinēju vadībai (In līdz 2500 A); III - starpsadalne (In līdz 2500 A);

IY gala sadalne (In līdz 630 A); Y – elektrouzņēmēji.

Zemsprieguma sadalnēm izvirza vairākas *vispārīgas prasības:*

* dažāda sprieguma un strāvas veida ķēdēm jābūt izpildītām un izvietotām tā, lai tās varētu viegli atšķirt un pazīt;
* jābūt paredzētām vietām, kur uzlikt pārnesamos zemējumus, jo zemsprieguma komutācijas aparātiem (svirslēdžiem, automātiem) nav īpašu zemēšanas nažu, ar kuriem iezemēt atslēgtās ķēdes remonta laikā;
* aparāti un ierīces jāizvieto tā, lai ekspluatācijā iespējamās dzirk­steles vai elektriskais loks neapdraudētu personālu un neizraisītu avārijas;
* pievienojumos ar automātiem jāparedz iespēja automāta remonta vai nomaiņas laikā atslēgt pievienojumu no sprieguma, piemēram, ierīkojot pirms automāta svirslēdzi;
* skrūvējamiem drošinātājiem barošanas vads jāpievada pie cen­trālā kontakta, bet aizejošais vads — pie vītņotās daļas;
* starp dažādas polaritātes strāvu vadošām daļām, kā arī starp strāvu vadošām un metāla strāvu nevadošām daļām attālums ne­drīkst būt mazāks par 20 mm pa izolācijas virsmu vai 12 mm pa gaisu;
* ja sadalne ierīkota neelektrotehniskam personālam pieejamas tel­pās, tad sadalnes strāvu vadošajām daļām jābūt aizsargātām ar vien­laidu vai sietveida nožogojumu.

**2. NODAĻA**

**GALVENIE FIZIKĀLIE PROCESI ELEKTRISKAJOS APARĀTOS**

Galvenie fizikālie procesi elektriskajos aparātos ir silšana, 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 2.1. tabulā.

2.1. tabula

**Fizikālie procesi elektriskajos aparātos**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aparātu grupa** | **Konstruktīvais izpildījums** | | | **Fizikālie procesi** | | |
| **Kontaktu** | **Bezkontaktu** | **Hibrīdveida** | **Silšana** | **Elektris­kais loks** | **Elektro-dinamiskie**  **spēki** |
| Komutācijas aparāti | **+** | **+** | **+** | **+**  **+**  **+** | **+**  **-**  **-** | **+**  **+**  **+** |
| Palaišanas - regulēšanas aparāti | **+** | **+** | **+** | **+**  **+**  **+** | **+**  **-**  **-** | **+**  **+**  **+** |
| Kontroles aparāti | **+** | **+** | **+** | **+**  **+**  **+** | **+**  **-**  **-** | **-**  **-**  **+** |
| Asinhrondzinēju aizsardzības aparāti | **+** | **+** | **+** | **+**  **+**  **+** | **+**  **-**  **-** | **+**  **-**  **+** |
| Regulējošie aparāti | **-** | **+** | **-** | **+** | **-** | **+** |

**2.1. ELEKTRISKO APARĀTU SILSANA**

**2.1.1. PIEĻAUJAMĀS TEMPERATŪRAS**

Lai nodrošinātu ilgstošu elektriskā aparāta ekspluatāciju, tā temperatūra nedrīkst pārsniegt noteiktu lielumu, ko sauc par pieļaujamo temperatūru. Izšķir pieļaujamo temperatūru ilgstošā režīmā un īsslēguma 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 (2.2. tab.).

Tā kā īsslēgums ir īslaicīgs (mazāks par 5 s) un reti notiekošs, īsslēguma re­žīmā pieļaujamā temperatūra ir divas trīs reizes lielāka nekā ilgstošā režīmā.

Metāla konstrukcijām pieļaujamo temperatūru nosaka materiāla mehāniska izturība. Kontaktiem — temperatūra, kurā sākas to intensīva oksidēšanās. Elek­triskā aparāta temperatūru ietekmē arī apkārtējās vides temperatūra *θ*0. Parasti elektriskie aparāti aprēķināti darbam *θ*0 = 40° C. Aparāta temperatūra

*Θ* = *θ*0 + *θ* , (2.1)

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

Zemsprieguma elektrisko aparātu elementu pieļaujamās virstemperatūras dotas 2.3. tabulā.

2.2. tabula

**Elektroizolācijas materiālu siltumizturības klases**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Klase** | **Pieļaujama 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 |

2.3. tabula

**Zemsprieguma elektrisko aparātu pieļaujamas virstemperatūras**

**(apkārtējās vides temperatūrai +40 °C)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aparāta elementa**  **nosaukums** | **Energosadales aparāti (S1)\*** | | **Vadības sistēmu aparāti (Sl, S2, S3)\*** | |
| **Gaisā** | **Transforma­toru eļļā** | **Gaisā** | **Transforma­toru eļļā** |
| Komutējošie kontakti galvenajās ķēdēs  a) vara  b) ar sudraba galva­nisku pārklājumu  c) kontaktplāksnītes no sudraba vai metālkeramikas | 55  (3)  (4)  80 | 40  50  50  50 | 65 (1, 2)  (3)  (4)  80(2) | 65(1)  65  65  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 |
| 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 (Sl) 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.

**2.1.2. ELEKTRISKO APARĀTU SILSANA**

**Siltuma avoti elektriskajos aparātos.** Par siltuma avotiem elektriskajos aparātos sauc elektriskos un papildu zudumus strāvu vadošas daļas un zudumus spoles vai transformatora tērauda serdē. Elektriskie zudumi rodas ja pa strāvu vadošam daļām plūst elektriskā strāva, piemēram, spolēs, elektriskajos kontaktos, kopnēs utt. Elektroenerģijas pārvēršanās ātrumu siltuma nosaka jauda

, (2.2)

Tā kā SI sistēmā siltuma daudzuma mērvienība, tāpat ka enerģijas mērvienība, ir džouls (J), tad pretestībā izdalītais siltuma daudzums

, (2.3)

kur *P* — jauda, kas izdalās vadītājā, W,

*R = ρ l*/*S* — vadītāja omiskā pretestība, Ω,

*ρ* – īpatnējā pretestība, Ω∙m;

*S* – vadītāja šķērsgriezuma laukums, m2;

*l* – vadītāja garums, m.

***1.1. piemērs.*** Noteikt siltuma daudzumu, kas izdalās sildaparātā 15 minūtēs, ja aparāta pretestība ir 22 Ω un tīkla spriegums 110 V.

Strāvas stiprums līdzstrāvas gadījumā



Sildaparātā izdalītais siltuma daudzums



Maiņstrāvas gadījumā strāvu vadošās daļās parādās papildu zudumi kas saistīti ar skinefektu un tuvuma efektu. Lai ievērot pretestības palielināšanu izmanto papildu koeficientu *Kp*, kas ievēro pretestības palielināšanos maiņstrāvas gadījumā:

*Kp = Kt∙KV* > 1, (2.4)

kur *Kt* – tuvuma efekta koeficients;

*KV* – virsmas efekta koeficients.

Tā kā elektriskajos aparātos ir detaļas no feromagnētiskā materiāla, pa kurām noslēdzas magnētiskā plūsma, tajos rodas magnētiskie zudumi. Tos rada materiāla pārmagnetizēšana (histerēzes zudumi *Ph*) un inducēto virpuļstrāvas radītie zudumi *Pv*. Tātad

*Pm = Ph + Pv*. (2.5)

Virpuļstrāva rada mainīga magnētiskā plūsma, kas magnētvadā inducē EDS. Ja magnētvads ir viengabala, pa to noslēdzas šī EDS ra­dītā strāva. Bez tam inducētā strāva rada magnētisko plūsmu, kas vienmēr vērsta pretēji pa­mata plūsmai, to samazinot.

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

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

*Pm = σG*, (2.6)

kur *G* — magnētvada masa, kg,

*Β* — magnētiskā indukcija magnētvadā, T.

**2.1.3. 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.

Vadītāja temperatūra pārejas pro­cesā pieaug pēc eksponenciālas likumsakarības

 (2.7)

no vērtības *θ* = 0 līdz vērtībai

 (2.8)

kur *Ρ* — vadītāja izdalītā siltuma jauda, W; (*Ρ = Kp·I*2*·R*)

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

*G* — vadītāja masa, kg

*S* — siltumatdeves virsma, m2.

*KT -* siltumatdeves koeficients W/(m2·K) (sk. 2.4. un 2.5. tabulu).

Lielumu 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:

 (2.9)

Grafiski šo vienādojumu attēlo eksponente 2 (2.1. att.).

Ja aparātu ieslēdz jau sasilušu, t.i., pie *t* = 0 un *θ = θ*0, tad

 (2.10)

kas grafiski attēlots ar eksponenti 1.

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

2.4. tabula

**Siltumatdeves koeficients dabīgas 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 |

2.5. tabula

Empīriskas formulas siltumatdeves koeficienta aprēķinam

|  |  |
| --- | --- |
| **Siltumatdeves koeficienta raksturojums** | **Formula** |
| Nokrāsota taisnstūra kopne ar šķērsgriezumu 120x10 mm, kas atrodas mierīgā gaisā un novie­tota uz malas | *KT* = 9,2 (1 + 0,9·10-2 *θ*) |
| Nokrāsots apaļš vadītājs, novietots horizontāli mierīgā gaisā | *KT* = 10*K*1 (1 + *K*2 · 10-2*θ*) |
| Apaļa caurule ar diametru d, pa kuru plūst ūdens ar ātrumu w | *KT* = 1710*w*0,8*d*0,2(22 - *θ*)0,4 |
| Cilindriska spole ar sānu virsmas laukumu  10-4 < < *S* < 10-2 m2 |  |
| Cilindriska spole ar sānu virsmas laukumu 10-2 < < *S* < 0,5 mm2 |  |

2.6. tabula

*K*1 un *K*2 noteikšana

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vada diametrs, mm | 0,3 | 10 | 40 | 80 | 200 |
| *K*1 W/(m2·K) | 4,5 | 2,24 | 1,11 | 1,08 | 1,02 |
| *K*2, K-1 | 1,7 | 1,14 | 0,88 | 0,75 | 0,68 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 2.1. att. Vadītāja silšanas process:  1 — silšana no sākuma virstemperatūras *θ*0;  2 — silšana, ja *θ*0 = 0; 3 — atdzišana |

Ja vadītāja silšana notiek bez siltumatdeves apkārtējai videi, tad vadītāja temperatūra mainās pēc likumsakarības

 (2.11)

Tas ir taisnes vienādojums, kas iet kā pieskare eksponentei 2 (2.1. att.). Ja šajā vienādojumā ievieto *θ = θ∞*, tad

 (2.12)

Tātad *Τ* var noteikt grafiski, kā parādīts 2.1. attēlā, un silšanas laika konstante ir laiks, kurā vadītājs sasilst līdz stabilai virstemperatūrai, ja nenotiek sil­tumatdeve apkārtējai videi.

Ja aparātu izslēdz notiek vadītāja atdzišana pēc likumsakarības

 (2.13)

ja atslēgšanas brīdī *θ = θ∞*.

Grafiski tā ir krītoša eksponente 3 (2.1. att.), kas ir eksponentes 2 spoguļattēls.

**2.2. ELEKTRISKIE KONTAKTI.**

Elektriskais kontakts (turpmāk – kontakts) ir elektriskās ķēdes nepārtrauktības nodrošināšana strāvu vadošu ķermeņu saskarē. Latīņu valoda *contactus* – pieskāriens. Strāvas pāreja no viena ķermeņa otrā ir fizikāli sarežģīts process, kas aptver gan tunelvadāmības, gan silšanas, gan elektroķīmiskās parādības, gan Peltjē, Kolera un Tomsona efektus, kurus tuvāk apskata fizikas disciplīnās. Tātad kontakts no vienas puses ir process, taču ar kontaktu saprot arī elektriskās ķēdes daļu, kura kalpo elektriskās strāvas komutēšanai un vadīšanai.

**2.2.1. KONTAKTU KLASIFIKĀCIJA**

Elektriskajos aparātos izmanto trīs kontaktu veidus.

1. Nekustīgos neizjaucamos kontaktus (kontaktsavienojumus), ko izgatavo, vadītājus sametinot, salodējot, sakniedējot, savalcējot vai sapresējot.
2. Nekustīgos izjaucamos kontaktus (kontaktsavienojumus), ko izgatavo izmantojot skrūves vai atsperes, tā nodrošinot savienojumam nepieciešamo saspiediena spēku. Skrūvjsavienojumu piemēri parādīti 2.2. att.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** |  |  |
| ***b*** |  | 2.2. att. *a* — skrūvjsavienojumu veidi; *b* — firmas ABB termoreleju pieslēgspaiļu marķējums (M — vītnes izmērs, h x 1 — atveres izmēri |

1. 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. 2.3. att.).

|  |
| --- |
|  |

2.3. att. Kontaktu tipi: *a, b, c* – punktveida; *d, e, f* – līnijas; *g* – plaknes. 1 – sfēra, 2 – konuss,

3 – cilindrs; 4 – plakne; 5 – prizma.

4. 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 2.4. attēlā, kā arī turpmākajās nodaļās apskatīto aparātu šķērsgriezumu attēlos.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |
| ***c*** | 2.4. att. Kustīgo kontaktu konstrukciju veidi: *a* — punktveida kontakti; *b* — līnijveida kontakti; *c* — plaknes veida kontakti |

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;
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.

**2.2.2. KUSTĪGO KONTAKTU DARBA REŽĪMU PRASĪBAS**

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

2. Ieslēgšanas pārejas procesam jānoris ar minimālu kontaktu atlēkšanas (vibrāciju) skaitu vai bez vibrācijām, ka arī jānodrošina stabila kontakta veidošanas, 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 pieļaujamas vērtības. Kontaktu pārejas pretestībai jābūt stabilai. Kontakti nedrīkst patvarīgi atslēgties mehānisku triecienu, vibrāciju vai elektrodinamisko spēku iespaidā, kā arī sametināties.

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

**2.2.3. KONTAKTU GALVENIE PARAMETRI**

1. Kontaktu pārejas pretestība *Rk*.

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

*Rk = Rkv + Rkm + Rkp* =  (2.14)

kur *Rkv* — strāvu vadošā šķērsgriezuma virsmas pretestība, *Rkm* — materiāla pretestība, *Rkp* — plēvītes pretestība, *Fk* — kontaktu spiediena spēks, *a* — kontaktdetaļu materiālu raksturojošs koeficients (Cu-Cu pārim *a* = 0,009-0,014 ΩN, Ag-Ag — 0,0006 ΩN*)*, *b* — kontaktu formu raksturojošs koeficients (sfēra-sfēra *b* = 0,5; sfēra-plakne *b* = 0,5; plakne-plakne *b* = 1,0).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

2.5. att.Kontakta veidošanas: 1 – oksīdu un nosēdumu plēvītes; 2 – strāvas pārejas vietas;

*Fk* – kontaktu spiediena spēks; *Rk* – kon­takta pārejas pretestība; *I* – strāva; Δ*Uk* – sprieguma kritums; – kontaktu sasiluma temperatūra; *a* – metāliskais kontakts; *b* – kvazimetāliskais kontakts; *c* – izolējošas plēves; *d* – šķietama virsma

*Rk* vērtību parasti lieljaudas aparātiem izsaka miliomos, jutīgiem mikrorelejiem — omos. Palielinot *Fk*, *Rk* samazinās.

2. Kontaktu spiediena spēks.

*Fk* būtiski ietekmē *Rk* vērtību (2.6. att.). Izjaucamos nekustīgos kontaktsavienojumos *Fk*nepieciešamo vērtību nodrošina pietiekams piespiedējskrūves pievilkšanas mo­ments, kustīgajos kontaktos — pareizi izvēlēta kontaktu atstarpes raksturlīkne. Orientējoši var izmantot rokasgrāmatās dotās īpatnējā spiediena vērtības N/A, piemēram, kontaktoriem ar vara kontaktiem rekomendē *Fkīp* = 0,145-0,24 N/A.

Uz kontaktu pārejas pretestību ietekmē arī strāvas stipruma vērtība (2.7. tab.).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 2.6. att. Kon­takta pārejas pretestības atkarība no spiediena | 2.7. att. Kon­takta pārejas pretestības atkarība no strāvas pie dažādiem spiedieniem. |

3. Sprieguma kritums kontakta pārejā Δ*Uk* (2.8. tabula):

Δ*Uk* = *I∙Rk*, V. (2.15)

Tas raksturo kontaktu stāvokli. Sasniedzot Δ*Uk* kritisko vērtību, pasliktinās kon­taktu materiāla mehāniskās īpašības strāvas pārejas vietas (2.7. tab. un 2.8. att.). Notiek materiāla mīkstināšana, kušana un pat vārīšana, rezultātā var notikt sametināšanās.

2.7. tabula

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Metāls** | **Δ*U*mīkstināšanās,**  **(Δ*U*mīkst), V** | **Δ*U*kušanas,**  **(Δ*U*kuš), V** | **Δ*U*vārīšanās,**  ***(*Δ*U*vār*)*, V** |
| Varš (Cu) | 0, 09-0,13 | 0, 43 | 0, 79 |
| Sudrabs (Ag) | 0, 08-0,1 | 0, 37 | 0, 68 |
| Platīns (Pt) | 0, 22-0,4 | 0, 65 | 1, 50 |
| Volframs (W) | 0, 40 | 1, 10 | 2, 10 |
| Zelts (Au) | 0, 08 | 0, 43 | 0, 90 |

Kon­takta pārejas pretestības atkarība no sprieguma krituma uz kontaktiem (*R –* Δ*U* raksturlīkne) parādīta 2.8. attēlā.

|  |
| --- |
|  |

2.8. att. Kontakta *R –* Δ*U* raksturlīkne

4. Ilgstoši pieļaujama kontaktu strāva *I*.

*I∞* = (0,5-0,8) (2.16)

5. Kontaktu sasilumu raksturojošā temperatūra.

 (2.17)

kur — apkārtējās vides temperatūra, *kT* — siltumatdeves koeficients, *S* — dzesējošā virsma.

Pieļaujamo vērtību nosaka pastāvošie standarti. Kontaktu materiālam un tu­vumā esošai izolācijai bīstamas vērtības var sasniegt, pasliktinoties kontaktu stā­voklim, t.i., dažādu cēloņu dēļ pieaugot *Rk* un Δ*Uk* vērtībām, kā arī pārslogojot kon­taktus.

2.8. tabula

**Δ*Uk* dažādiem kontaktu materiāliem**

|  |  |
| --- | --- |
| **Materiāls** | **Δ*Uk*,**V |
| Varš | 0,09-0,13 |
| Sudrabs | 0,08-0,1 |
| Platīns | 0,22-0,4 |

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 Δ*Gīp* 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

Δ*Gīp* = *k(tn - c)*, g, (2.18)

kur *tn* — loka atbalsta punkta nekustības laiks uz kontakta virsmas, *k* un *c* — empīriski koeficienti.

Konkrētā gadījumā (*UN* = 40 V, *IN* = 250 A, lokdzēses magnētiskā lauka indukcija *Bdz* = =160∙104 T, *tn* = 5 ms, ķēdes laika konstante *T = L/R* = 12 ms, kontaktu materiāls KMKAl0m) Δ*Gīp* = 6 μg = 6∙10-6 g.

Īpatnējo kontaktu materiāla nolietojumu izlādes laikā var novērtēt pēc diagrammas (2.9. att.). Diagramma uzbūvēta izejot no datiem, kas iegūti no eksperimentiem ar īso loku (0,8 mm), strāvu 12 kA un loka iedarbību laiku 0,0085 s. ΔVM ir materiāla apjoma nolietojums, Δq – elektrības daudzums elektriskā loka izlādes laikā.

7. Orientējošais komutācijas ciklu skaits (resurss) N.  
 Ja pieņem Δ*Gīp* = const, tad

 (2.19)

kur ∑Δ*Gpieļ*. — pieļaujamais summārais kontaktdetaļas svara zudums (ap 2/3 no sākotnējā svara).

Tomēr ekspluatācijas laikā Δ*Gīp* mainās. Ciklu skaita izmaiņas atkarību no slodzes elektrisko aparātu izgatavotājfirmas parasti dod nomogrammu veidā.

8. Kustīgā kontakta atvirzes ātruma pieaugums atslēgšanas procesa sākumā.

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

1. Kontaktu atstarpe atslēgtā stāvoklī.
2. Kustīgā kontakta papildgājiens kontakta spiediena radīšanai, saspiežot kontaktatsperi.
3. Kontaktu pāra savstarpējā slīde un velšanās saskares zonā.
4. Ieslēgšanas un izslēgšanas robežstrāva un robežjauda.

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

|  |  |
| --- | --- |
|  | 2.9. att. Īpatnējo kontaktu materiāla  nolietojumu salīdzinājums |

**2.2.4. KONTAKTU MATERIĀLI**

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

No 2.9. tabula minētajiem datiem redzams, ka sudrabam ir vismazākā īpatnēja 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 slānīša 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.

2.9. tabula

**Kontaktu pamatmateriālu īpašību salīdzinājums**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Materiāls** | **Kušanas temperatūra , °C** | **Īpatnēja pretestība *ρ*, Ω∙mm2/m** | **Cietība (pēc Brinela),**  **N/mm2** |
| Sudrabs — Ag | 961 | 0,016 | 250 |
| Varš — Cu | 1083 | 0,0182 | 350-380 |
| Zelts — Au | 1063 | 0,024 | 185 |
| Volframs — W | 3350 | 0,053 | 3500 |
| Platīns — Pt | 1770 | 0,106 | 500 |
| Pallādijs — Pd | 1555 | 0,107 | 600 |

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

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

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

Komutējošo kontaktu drošumu palielina

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

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 dien­naktī 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 ari 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 bieza, nevadoša alumī­nija oksīda slāņa rašanos. Šādos kontaktos nesaderīgie metāli jāatdala ar cinkota tērauda paplāksnēm vai starplikām.

Kustīgo kontaktu mehānisku nolietošanos izsauc saslēgšanās triecieni, velša­nās, slīde. 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.

Kontaktu sistēmas stāvoklis ekspluatācijas laikā ir atkarīgs no atslēgšanas biežuma un strāvas lieluma atslēgšanas laikā. Ka piemērs 2.10. attēla parādītas kontaktu pārejas pretestības izmaiņas vakuumslēdžiem. Raksturlīknes 1, 2 doti slēdžiem, kas atslēdza īsslēguma strāvas 6 kA atbilstoši 10 un 20 reizes, bet raksturlīkne 3 tiem pašiem slēdžiem ar īsslēguma strāvu 4 kA un atslēgšanas skaitu 40 reizes.

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 106.

|  |
| --- |
|  |

2.10. att. Kon­taktu pārejas pretestības izmaiņa ekspluatācijas apstākļos.

**2.2.5. KONTAKTU STĀVOKĻA KONTROLE EKSPLUATĀCIJAS APSTĀKĻOS**

Viens no galvenajiem kontaktu pārejas stāvokli raksturojošiem parametriem ir kontaktdetaļu sasilums. Kontaktu pārkāršana 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 aparatūras darbības traucējumus.

Kustīgo kontaktsavienojumu kontrolei izmanto

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

Kontaktu nesaslēgšanās var būt arī citu aparāta mezglu bojājumu sekas.

**2.3. 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



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

Izlādes procesa voltampēru raksturlīkne gāzes parādīta 2.11. attēlā. Ja strāvas atrodas diapazonā no 0,5 A līdz 1 A starp elektrodiem izveidojas elektriskais loks (diapazons 1). Ja strāva kļūst mazāka par 0,5 A izveidojas mirdzoša izlāde (diapazons 2), nākama stadija (diapazons 3) – Taunsenda sekundārā izlāde un pēdēja stadija ir izolējoša stadija, jo elektroni un joni parādās starp elektrodiem tikai no apkārtējas vides.

|  |
| --- |
|  |

2.11. att. Izlādes procesa voltampēru raksturlīkne gāzes

Voltampēru raksturlīknes pirmais posms – loka izlāde – raksturojas ar mazo sprieguma kritumu pie elektrodiem un lielo strāvas blīvumu. Ja palielina strāvu, loka temperatūra un vadītspēja palielinās, bet spriegums samazinās. Loka voltampēru raksturlīknei ir krītošs raksturs.

Elektriskā loka temperatūra pārsniedz 40000C, un rodas spēcīga gaismas plūsma. Lokam ir liela vadītspēja, tāpēc ķēdē ar mazu spriegumu (15-30 V) plūst lielas strāvas.

Mirdzošas izlādes posms (2) raksturojas ar lielo sprieguma kritumu pie katoda (250 – 300 V) un ar nelielu strāvu. Sprieguma kritums palielinās izlādes starpā, ja palielinās strāva.

Taunsenda sekundārā izlāde (3) raksturojas ar loti zemam strāvas vērtībām pie diezgan lieliem spriegumiem.

Nepastāvīgas vadītspējas posma (4) strāva pieaug proporcionāli spriegumam starp elektrodiem, pēc tam strāvas pieaugums samazinās un tad izbeidzas. Strāva sasniedz piesātinājuma vērtību, kuras gadījuma visi joni un elektroni nokļūst uz elektrodiem.

**2.3.1. 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. 2.10. tabulā dotas *I*0 un *U*0 vērtības bie­žāk sastopamajiem kontaktu materiāliem.

Elektriska loka rašanas un degšana gaisa sprauga starp kontaktiem liecina par gaisa jonizāciju tajā. Parastos apstākļos gaiss ir labs izolators (lai caursistu 1 cm 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.**

2.10. 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 |

Gāzes jonizāciju var izsaukt dažādu faktoru iedarbība, piemēram, gaisma, 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 (105 V/cm un vai­rāk). Tā kā kontaktus atslēdzot sākuma momentā kontaktu atstarpe ir ļoti maza, elektriskā lauka sprieguma gradients var sasniegt pat 108 V/cm. Autoelektronu emi­sijas strāva ir maza un tā ir pietiekama tikai elektriskā loka radīšanai.

**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 radīšanai, 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 (2.12. att.). Elektriskā lauka iespaidā tikko radies elektrons paātrinās un sašķeļ 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.

|  |
| --- |
|  |

2.12. att. Triecienjonizācijas shēma

**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.

Līdzstrāvas elektriskajā lokā stacionārā režīmā noteicoša ir termiskā jonizācija. Maiņstrāvas elektriskajā lokā laika momentā kad strāva tuva nullei būtiska loma ir triecienjonizācijai, bet pārējā laikā galvenais process ir termojonizācija.

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 (2.13. att.). 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.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

2.13. att. Rekombinācijas shēma: *a* – pozitīvo jonu ar elektronu;

*b* – pozitīvo jonu ar negatīvo jonu

**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 degstabili, 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.

Tātad 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, ūdeņraža siltumvadāmība ir 17 reizes lielāka nekā gaisam, un līdz ar to tas 7 reizes labāk dzēš elektrisko loku.

**2.3.2. LĪDZSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA VOLTAMPĒRU RAKSTURLĪKNES**

Sprieguma krituma atkarība no strāvas līdzstrāvas elektriskajā lokā (voltampēru raksturlīknes) parādīta 2.14. attēlā.

Raksturlīkne 1 ir loka statiskā raksturlīkne, 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 *Uai*, ko sauc par aizdedzes spriegumu. Raksturlīkne ir krītoša — pieaugot strāvai, sprieguma kritums lokā samazinās. Tas nozīmē, ka loka atstarpes pretestība samazinās straujāk nekā pieaug strāva. Ja strāvu no *I*o samazina ar dažādu ātrumu, iegūst līkņu saimi 2, kas atrodas zem līknes 1. Tās ir loka dinamiskās raksturlīknes. Jo ātrāk samazina strāvu, jo ze­māk iet raksturlīkne. Tas tāpēc, ka loka temperatūra un līdz ar to termojonizācijas process atpaliek no strāvas izmaiņas. Ja strāvu samazinātu līdz *I* = 0 bezgala ātri, iegūtu līkni 3, jo loka pretestība paliktu nemainīga, bet *I* = 0. Tā ir robežlīkne, ko praktiski iegūt nav iespējams.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 2.14. att. Līdzstrāvas elektriska loka volt­ampēru raksturlīknes |

Spriegumu *Udz*, pie kura elektriskais loks nodziest, sauc par dzīšanas sprie­gumu. Spriegums loka atstarpē pa loka garumu sadalās nevienmērīgi. 2.15. attēlā pa­rādīts, kā mainās sprieguma kritums *Ul*, un elektriskā lauka intensitāte *El* pa loka garumu (elektriskā lauka intensitāte ir sprieguma kritums lokā uz vienu tā garuma vienību).

Kā redzams no 2.15 att., loku var sadalīt trīs raksturīgās zonās, kurās *U*1, un *E*1 izmaiņa ir dažāda. Piekatoda un pieanoda zonā, kuru garums ir ‒ 10-4cm, ir straujš sprieguma kritums: *UK* — katoda sprieguma kritums, *UA* — anoda sprieguma kritums. To lielums atkarīgs no kontaktu materiāla un apkārtējās gāzes. Parasti sprieguma kritums pie elektrodiem

*Ue = UK + UA* ≈ 20 – 25 V

un

*Ee = EK + EA* ≈ 105 - 106 V/cm.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 2.15. att.Sprieguma krituma un sprieguma gradienta sadalījums pa līdzstrāvas elektriskā loka garumu: *Ul* – loka spriegums; *UK* – piekatoda sprieguma kritums; *Ust* – sprieguma kritums loka stabā; *UA* - pieanoda sprieguma kritums; *ll, lK, lst, lA* – loka garums, piekatodas zonas, lokas staba un pieanodas zonas garumi |

Loka kanālā sprieguma kritums *Ul*, praktiski ir tieši proporcionāls loka garu­mam, bet *El* = const ≈ 100 ‒ 200 V/cm. Līdz ar to sprieguma kritums elektriskajā lokā ir

*Ul* = *Ue* + *Elℓl*, (2.20)

kur *ℓl* — loka garums.

**2.3.3. LĪDZSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANAS METODES**

Lai nodzēstu elektrisko loku nepieciešams lai loka kanālā dejonizācijas procesi būtu lielāki par jonizāciju.

Elektriskā shēma aktīvi-induktīvas slodzes atslēgšanai, kad uz kontaktiem rodas elektriskais loks, dota 2.16. att.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

2.16. att. Līdzstrāvās loka dzēšanas noteikumi

Lai nodzēstu elektrisko loku sprieguma kritumam lokā jābūt lielākam par pievadīto sprie­gumu

*Ul > U — iR*. (2.21)

Grafiski tas parādīts 2.16.b att. Taisne 1 attēlo konstanto pieslēgto spriegumu *U*, taisne 2 — (*U — iR*), ķēdes reostatraksturlīkni, līkne 3 — sprieguma kritumu lokā *Ul*.

Tātad līdzstrāvas elektriskais loks nodzisīs, ja tā voltampēru raksturlīkne atra­dīsies virs ķēdes reostatraksturlīknes. Kā redzams no vienādojuma (2.21.), sprieguma kritumu lokā var palielināt divējādi: palielinot pieelektrodu sprieguma kritumu *Ue* vai izstiepjot loku (palielina *ll*). Loka garumu, pie kura tā voltampēru raksturlīkne pie­skaras ķēdes reostatraksturlīknei, sauc par loka kritisko garumu.

Spriegums uz kontaktiem loka dzišanas brīdī *Udz* pārsniedz tīkla sprie­gumu *U* (parasti vairākkārtīgi). Sprieguma pieaugumu *Uk*, ko izsauc pašindukcijas EDS, sauc par komutācijas pārspriegumu. To raksturo komutācijas pārsprieguma koeficients *kk*

 (2.22)

Jo lielāka ķēdes induktivitāte un jo straujāk samazinās strāva, jo lielāks komu­tācijas pārspriegums (sk. 2.17. att.). Tāpēc, atslēdzot ķēdi ar ātrdarbīgiem automātslēdžiem vai drošinātājiem, var rasties lieli pārspriegumi, kas izsauc atkārtotu loka aizdegšanos vai izolācijas bojā­jumus.

|  |
| --- |
| ***a b*** |

2.17. att. Sprieguma un strāvās oscilogrammas, atslēdzot lielu (*a*) un mazu (*b*) induktivitāti

Lai samazinātu komutācijas pārspriegumus, izmanto lokdzēses kameras. Relejos plaši izmanto arī *R-C* kontūras un induktivitāti šuntējošas diodes.

**2.3.5. MAIŅSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANAS NOTEIKUMI**

Maiņstrāvas gadījumā strāva mainās pēc sinusa likuma, t.i., katra pusperioda beigās samazinās līdz nullei, pie tam strāva atpaliek no sprieguma aptuveni par 900. Tādējādi samazinās lokam pievadītā enerģija *Wl* un to ir vieglāk nodzēst.

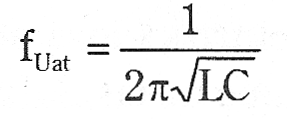
2.18. attēlā dotas maiņstrāvas elektriskā loka raksturlīknes *i*(*t*) un *u*(*t*).

Maiņstrāvas loks rodas, kad spriegums sasniedzis aizdedzes sprieguma vēr­tību *uai* un, pieaugot strāvai, sprieguma kritums loka kanālā samazinās. Kad strāva sasniegusi amplitūdas vērtību un sāk samazināties, sprieguma kritums pieaug līdz dzīšanas spriegumam *udz*. Tīkla spriegumam mainot polaritāti, arī strāva lokā un *ul* maina polaritāti. Tādējādi voltampēru rakstur­līkne iegūst cilpveida formu (2.18. a att.). Strāvai samazinoties līdz nullei, maiņstrā­vas loks dziest un atkal aizdegas, jo loka siltuma inerce nodrošina termojonizācijas turpināšanos, kas uztur tā saukto paliekošo strāvu ip. 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 (2.19. att.).

|  |
| --- |
|  |

2.18. att. Maiņstrāvas elektriskā loka raksturlīknes: а — loka degšanas; б — pēc loka dzēšana

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 (2.18. *a* att.), vai svārstību (2.18. *b* att.) Aperiodiska procesa gadījumā atjaunošanās spriegums nevar būt lielāks par barošanas avota EDS amplitūdas vērtību *Em*. Svārstību procesa gadījumā atjaunošanās sprieguma maksimālā vērtība nepārsniedz 2*Em*. Svārstību frekvence ir atkarīga no ķēdes para­metriem

 (2.23)

un var sasniegt vairākus tūkstošus Hz, piemēram, elektromagnētu spolēs, dzi­nēju tinumos. Viss pārejas process notiek 10-100 μs laikā.

Komutācijās aparātos nepieciešams ne tikai atslēgt kontaktus, bet arī nodzēst elektrisko loku. Lai nodzēstu elektrisko loku nepieciešams lai loka kanālā dejonizācijas procesi būtu lielāki par jonizāciju.

Strāvai samazinoties līdz nullei, maiņstrā­vas loks dziest un atkal aizdegas, jo loka siltuma inerce nodrošina termojonizācijas turpināšanos, kas uztur tā saukto paliekošo strāvu *ip*. 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 (2.19. *a* att.). Sākoties jaunam pusperiodam, loks aizdegas tikai tad, ja ir sasniegts *uai*, un tāpēc izveidojas bezstrāvas pauze *ti=*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 0,1μs.

Tādējādi, katru reizi strāvai samazinoties līdz nullei un atkal pieaugot, notiek divu procesu "sacensība": no vienas puses notiek elektriskās stiprības pieaugums loka atstarpē *ust*, bet no otras — sprieguma atjaunošanās tajā *uat*(2.19. *b* att.).

Par elektriskā loka (vai kontaktu) atstarpes elektrisko stiprību sauc šīs atstarpes caursišanas spriegumu, kas izsauc atkārtotu elektriskā loka aizdegšanos šajā at­starpē jebkurā laika momentā.

Loka atstarpes elektriskās stiprības straujš pieaugums strāvai samazinoties līdz nullei saistīts galvenokārt ar piekatoda sprieguma kritumu (maiņstrāvai līdz 150-300 V).

Tātad, maiņstrāvas elektriskais loks dziest, ja loka atstarpes elektriskā stiprība ir lielākā par atjaunošanās spriegumu uz kontaktiem jebkurā laika momenta pēc brīža, kad *i* = 0

*ust > uat*, (2.24)

bet, ja *u’st* = *uat*, loks atkal aizdegas.

|  |
| --- |
|  |

2.19. att. Maiņstrāvas loka dzēšanas noteikumi: *а* — strāvas izmaiņa pie *i* = 0; *b* — loka atstarpes elektriskās stiprības pieaugums strāvai samazinoties līdz nullei

**2.3.6. LĪDZSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANAS METODES**

Lai nodzēstu līdzstrāvas loku, sprieguma kritumam lokā *Ul* jābūt lielākam par pievadīto spriegumu *Ul* > *U* - *i∙R*, kur *Ul* nosaka formula (2.21). Līdzstrāvas gadījumā pieelektrodu sprieguma kritums *Ue* 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 2*δ* (2.20. att. *a*). Ja izmantosim tiltiņa kontaktus ar četriem ķēdes pārtraukumiem, tad pie kontakta gājiena *δ* loks tiek izstiepts līdz 4*δ* (2.20. att. *b*).

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. Tas pārvietojas ar noteiktu ātrumu v, kas proporcionāls magnē­tiskā lauka intensitātei *H* un strāvai lokā *I*

 (2.25)

kur *k* — proporcionalitātes koeficients.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

2.20. att. Elektriskā loka dzēšana : *a* – tiltiņa kontakts ar diviem ķēdes pārtraukumiem; *b* – tiltiņa kontakts ar četriem ķēdes pārtraukumiem

Šajā procesā vienlaikus palielinās elektriskā lauka intensitāte *El*, jo loks tiek dzesēts ar gaisa plūsmu (2.21. att.). *El* palielinās, arī intensīvi dejonizējot loku saskarsmē ar relatīvi auk­stām lokdzēses kameras sienām.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ***a*** | ***b*** |
| 2.21. att. Elektrisko loku izstiepšana ar  elektrodinamisko spēku palīdzību | 2.22. att.Elektriskais loks plata (*a*) un šaurā (*b*)  garenspraugā | |

Izmantojot visus šos faktorus, ir radītas efektīvas lokdzēses kameras. Izšķir ka­meras ar platu garenspraugu (2.22.*a*. att.) un ar šauru garenspraugu (2.22.*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. Ievel­kot šādā spraugā loku ar elektrodinamisko spēku palīdzību, tas izliecas ap šķērs­sienām un, tā garumam pārsniedzot *lkr*, dziest.

Kamerās ar šauru spraugu loks tiek deformēts, pagarināts, notiek dejonizācija uz ka­meras sienām (2.23. att.), un intensīva loka dzesēšana. Kameru spraugas 3 var būt ar ļoti da­žādu konfigurāciju (2.24. att.).

Loku kamerā ievelk ar elektrodinamisko spēku palīdzību. Lai samazinātu aero­dinamisko pretestību loka kustībai, sprauga sašaurinās pakāpeniski (2.23. att., 2.24. att. *a*). Ja jādzēš lielas strāvas loks, izmanto kameru ar vairākām paralēlām garenspraugām (2.24.b att.). Paralēlie loki nepastāv ilgi, izņemot vienu pēdējo. Tā dzēšanas notei­kumi ir tādi paši kā kamerā ar vienu spraugu. 2.24.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 garenspraugu, ribām un paplaši­nājumiem 4 (2.24.d att.) nodrošina elektriskā lauka intensitāte palielināšanos. 2.24.e. att. kamerā apvienotas pēdējo divu kameru konstrukcijas: zigzag sprauga un paplaši­nājumi. Tas paaugstina kameras efektivitāti.

|  |
| --- |
| 2.23. att. Loka dzēšanas process garensprauga kamerā |

|  |
| --- |
| A-A |
|  |
| ***a b c d e*** |

2.24. att.Lokdzēses kameras ar dažādas formas garenspraugām

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 magnētvada (tērauda plāksnītes pie kameras ārsienām) palīdzību magnētisko plūsmu novirza loka degšanas zonā. Spoles radītais magnētiskais lauks iedarbojas uz loku ar spēku

*F = I∙H∙δ*, (2.26)

kur *I* — strāva elektriskajā lokā,

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

*w* — spoles vijumu skaits,

*k* — proporcionalitātes koeficients,

*δ* — kontaktu atvērums.

Ievietojot *F* izteiksmē *H* vērtību

*F = kI2wδ*. (2.27)

Tātad virknē slēgta lokpūtes spole rada spēku, kura virziens nav atkarīgs no strāvas polaritātes (jo *F* ≡ *I*2). Spoles ampērvijumi jāizvēlas tā, lai nodrošinātu loka dzēšanu pie mazām strāvām (līdz 5A). Vai arī te jāpalielina kontaktu atvērums *δ*. Virknes lokpūtes spoles izolācijas līmeni nosaka tikai sprieguma kritums tinumos, 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* = 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. Līdzstrāvas elektriskā loka dzēšanai izmanto arī lokdzēses kameras ar eromagnētiska materiāla plāksnīšu lokdzēses režģi (2.25. att.). Lai plāksnītes neapdegtu, tās pārklātas ar varu vai cinku. Loku šajā kamerā ievelk elektrodinamiskie spēki. Režģī loks sadalās atsevišķos patstāvīgos lokos, kur katram ir savs katods un anods ar atbilstošo pieelektrodu sprieguma kritumu *U*1. Ja plāksnīšu skaits režģī ir *m*, veidojas (*m*-1) loks un kopējais sprieguma kritums tajos

*U*1 = *U*e(*m*-1) + *E*1*l*1. (2.28)

Lai loks nodzistu, jābūt *U*1>*Uat*. Tātad, jo lielāks barošanas spriegums *U*, jo vai­rāk plāksnīšu nepieciešams. Lai atvieglotu loka ievilkšanu režģī, plāksnītēm ir ķīļ­veida izgriezumi (2.25. att.). Lai loks neveidotu starp plāksnītēm šķidra metāla tiltiņu, minimālais attālums starp plāksnītēm *δP* > 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).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

2.25. att.Dejonu režģa lokdzēses kamera

1 — loks pirms ieiešanas režģī; 2 — feromagnētiska materiāla plāksnīte; 3 — loks sadalīts režģī

**2.3.7. MAIŅSTRĀVAS ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANA**

**Īsa maiņstrāvas loka dzēšana**. Zemsprieguma aparātos īsa maiņstrāvas loka dzēšanai visbiežāk izmanto lok­pūtes režģa kameras (2.25. att.). Maiņstrāvas loka dzēšanai šajās kamerās ir savas īpatnības. Pēc kontaktu atvēršanās elektrodinamiskie spēki loku ievelk režģī un sadala (*m*-1) daļās. (*m*-1) īsa loka rašanās ķēdē samazina strāvu, jo palielinās sprie­guma kritums tajos: U1∙(*m*-1). Rezultātā strāva samazinās līdz nullei pirms pusperioda beigām. Tas veicina loka atstarpes elektriskās stiprības atjaunošanos (300 V pie mazām strāvām, bet 70 V pie lielām) katrā loka daļā. Pateicoties tam, maiņstrāvas aparātu lokdzēses kamerās ir 7-8 reizes mazāk plāksnīšu nekā līdzstrāvas aparātos.

**Gara maiņstrāvas loka dzēšana.** Lai nodzēstu garu maiņstrāvas loku, iedarbojas uz procesiem loka kanālā: inten­sīvi to dzesē, izstiepj, dejonizē (2.26. att). 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 magnētvadā nav zudumu. Tāpēc tas jāizgatavo plākšņots. Zudumi magnētvadā 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.

|  |
| --- |
| 2.26. att. Gara maiņstrāvas loka dzēšana |

**2.3.8. 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:

*Ep =Eo pk ∙T-k*, (2.29)

kur *E*o — sprieguma gradients pie normāla atmosfēras spiediena,

*p* — spiediens, Pa,

*k* = 1/3, ja loks degstabili; *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 kūs­tošajos drošinātājos u.c. aparātos. Šeit visa elektriskajā lokā izdalītā enerģija tiek atdota slēgtā kamerā esošai gāzei. Ja kameras sieniņas neizdala gāzi, spēkā ir šāda sakarība:

 (2.30)

kur *V* — gāzes tilpums, cm3,

*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 sieniņas 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.

**2.3.9. ELEKTRISKĀ LOKA DZĒŠANA VAKUUMĀ**

Vakuumam 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∙(10-1 - 10-6) Pa) un ilgstoši saglabāt ekspluatācijas ap­stākļus.

Maiņstrāvas 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 = 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 radīšanai (sk. 2.27. att.). Caur vakuumslēdzi Ql plūst strāva *i*1*.* Kad atslēdz Ql, seko slēdža Q2 ieslēgšana un LC kontūra plūst strāva i2, kas pretdarbojas strāvai *i*1. Rezultātā kādā momentā summārā strāva būs vienāda ar nulli un loks nodzisīs. Pēc tam slēdzis Q2 atslēdzas.

|  |
| --- |
| 2.27. att.Shēma līdzstrāvas loka atslēgšanai vakuumkamerā |

Vakuumkameras izmanto vakuuma kontaktoros.

**2.3.10. APRĒĶINU PIEMERI**

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 μF. Strāva ķēdē I = 20 A.

Atrisinājums

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



No kurienes



Atbilde: komutācijas pārspriegums Uk = 77500Y

3. Aprēķināt maiņstrāvas loka nodzēšanai nepieciešamo lokdzēses režģa plāksnīšu skaitu. Tīkla spriegums U = 600 V, bet piekatoda sprieguma kritums Uol = 120 V. Lai loks droši nodzistu, jānodrošina loka atstarpes elektriskās stiprības straujš pie­augums: pēc 100 μs tai jāpalielinās 2 reizes (2.28. att.). Atjaunošanās spriegums mai­nās ar frekvenci f0 = 5000 Hz un tā maksimālā amplitūda pārsniedz tīkla sprieguma amplitūdu 1,4 reizes.

Atrisinājums

Atjaunošanās sprieguma amplitūda



Vienas spraugas elektriskā stiprība pēc 100 μs

*U*02 = 2*U*0l = 2·120 = 240 V.

Atjaunošanās sprieguma pusperiods, ja tā frekvence *f*0



|  |
| --- |
|  |

2.28. 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

*Umax* = l,2*U*02(*m* - l).

No kurienes



Atbilde: lokdzēses režģī nepieciešamas 7 plāksnītes.

**Kontroles jautājumi**

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 raksturlīkne 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?

**3. NODAĻA**

**DROŠINĀTĀJI**

**3.1. DROŠINĀTĀJA UZBŪVE UN DARBĪBAS PRINCIPS**

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.

Drošinātājs var aizsargāt elektrisko ķēdi pret īsslēgumu un pārslodzi (gG tipa drošinātāji) vai tikai no īsslēguma (aM tipa drošinātāji).

Praksē sastopami dažādas konstrukcijas drošinātāji, bet tie visi sastāv no divām daļām: drošinātāja izņemamās daļas un drošinātāja pamatnes (3.1. att.).

Drošinātāja izņemamā daļa sastāv no drošinātāja ieliktņa 6 un drošinātāja ieliktņa turētāja 1. Drošinātāja ieliktnis ir drošinātāja daļa, kam ir viens vai vairāki kūstošie elementi, kas izkūst, ja strāva aizsargājamā ķēdē zināmu laiku pārsniedz noteiktu vērtību un kas pēc drošinātāja nostrādes paredzēts nomaiņai.

Drošinātāja ieliktņa turētājs ir drošinātāja noņemama daļa, kas paredzēta dro­šinātāja ieliktņa saturēšanai. Izolējošie korpusi tiek izgatavoti no temperatūras svārstību noturīgiem materiāliem - steatīta, korderīta vai porcelāna caurules, kuras ārpuse ir kvadrātiska vai cilindriska, iekšpusē atrodas kūstošais elements. Tai pievieno drošinātāja ieliktņa kontaktdetaļas 2. Turklāt keramiskais korpuss ir aizpildīts ar kvarca smiltīm 7.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a b*** | ***c*** |

3.1. att. NH sērijas drošinātājs: *a* – drošinātāja ieliktnis un tā griezums; *b* – kopskats; *c* - grafiskais apzīmējums; 1 – drošinātāja korpuss; 2 – drošinātāja ieliktņa kontaktdetaļa (kontaktnazis); 3 – gala vāks;

4 – āķi ielikta satveršanai; 5 – skrūves vāka piestiprināšanai; 6 – kūstošais elements; 7 – kvarca smilšu pildījums; 8 – nostrādes indikators; 9 – indikatora atspere; 10 – indikatora stieplīte

Drošinātāja pamatne 3 ir drošinātāja balsta daļa, kura ar skrūvēm piestipri­nātas drošinātāja pamatnes kontaktdetaļas (2), kuras ar izņemamās daļas kontaktnažiem veido pārtraucamu kontaktu. Kontaktnaža serdi veido varš vai misiņš, bet aizsarakārtu - sudrabs vai niķelis. Lai samazinātu pārtraucamā kontakta pārejas pre­testību, pamatnes kontaktdetaļas saspiež tērauda gredzens. Drošinātāja izņemamo dalu apmaina, izmantojot speciālu maiņas rokturi, ko aizkabina aiz ieliktņa turētāja aizkabes (3.17. att.).

Ir arī drošinātāju ieliktņi ar nostrādes indikatoru 8. Pirms kūstošais elements ir pārdedzis, indikatora atsperīti 9 noslogo indikatora stieplīte 10. Kad elements pārdeg, stieplīte atbrīvo atsperi un nostrādes indikators tiek izstumts uz āru. Indikatora stāvokļus var apskatīt 3.2. attēlā.



***a b***

3.2. att. Nostrādes indikators: *a* - *nostrādājis, b – nav nostrādājis*

Ir tādi drošinātāju ieliktņi, kuriem nostrādes indikators ir arī gala vākā (3.1. att. *a* un 3.3. att.). Tādā gadījumā ir iespējams piemontēt mikroslēdzi, kas, reaģējot uz indikatora stāvokli, saslēdz vai atslēdz savus kontaktiņus (2.3. att. *b*). Tādejādi var organizēt attālinātu drošinātāju stāvokļa uzraudzību.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | ***c*** |

3.3. att. Mikroslēdzis: *a* – drošinātāji ar mikroslēdžiem; *b* – mikroslēdzis; *c* — mikroslēdža principshēma; 1, 2, 3— mikroslēdža pieslēgspailes.

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 0C, varam — 1083 0C. Varam mainīgas augstas temperatūras ietekmē mainās materiāla struktūra, kā arī kūstošā ieliktņa pārdegšanas laiks, tātad sama­zinās drošinātāja darbības efektivitāte. Drošinātāja kūstošo elementu izgatavo stiep­les vai metāla sloksnes veidā.

Kušanas ieliktni izgatavo no speciālas formas varu sloksnes un atsevišķās vietās samazina šķērsgriezumu (3.4. att.) ar izštancētiem caurumiem. Ieliktņus izgatavo no metāla ar labu vadītspēju, parasti no vara, lai samazinātu metāla daudzumu loka dzēšanas zonā, bet lieliem drošinātājiem ieliktņus veido no vairākiem paralēliem kustošiem elementiem.

Caurumu konfigurācija ir atkarīga no elektriskās ķēdes pārtraukšanas ātruma. Ja plūst nomināla strāva, siltums, kas izdalās ieliktnī samazināta šķērsgriezuma daļās, paspēj sadalīties vienmērīgi pa ieliktni.

Pārslodzes gadījumā, kad strāva ķēdē sasniedz (1,6-5)∙IN, drošinātāja nostrādes laiks ir relatīvi liels (no l s līdz 120 min) (sk. 3.12. att.). Siltums sadalās nevienmērīgi un sloksne kūst viskarstākajā vietā (3.5. att.). Šajā laikā līdz kušanas temperatūrai var sakarst ne tikai kūstošais elements, bet siltumvadāmības ceļā arī kontaktdetaļas, kas nav pieļaujams. Lai izvairītos no drošinātāja patrona sakarsumu pirms ieliktņa pārdegšanas samazina metalurģiskais efekts. Metalurģiskais efekts ir cieta metāla šķīšana izkausētā metālā. Šai nolūkā uz vara kustošā elementa noteiktā vietā uzkausē nelielu alvas lodīti 3.4. att. c), kurai ir daudz zemāka kušanas temperatūra nekā varam (2320C pret 10830C). Lodīti izkausē neliela strāva, šķidrā alva sāk šķīdināt vara kustošo elementu un veicina to pārdegšanu.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |
| ***c*** | ***d*** |
| ***e*** | 3.4. att. Drošinātāju kustoša ieliktņa uzbūve: *a, b* – parastie drošinātāji; *c* – drošinātājs PN-2 600 A; *d, e* - ātrdarbīgais drošinātājs; 1 — lodalvas lodītes; 2 — caurumi |

|  |  |
| --- | --- |
| 3.5. att. Drošinātāja nostrāde ilgstošas pārslodzes strāvas gadījumā | 3.6. att. Drošinātāja kūšanas ieliktņa nostrāde īsslēguma strāvas gadījumā |

Īsslēguma gadījumā kūstošā elementa sakāršana notiek tik strauji, ka siltum­vadāmība praktiski nenotiek un ieliktnis var pārdegt dažas vietās (3.6. att.). Pārdegot kūstošam elementam, rodas elektriskais loks. Tāpēc jāveic pasākumi tā dzēšanai. Šim nolūkam izmanto kvarca smiltis un dažādus gāzģenerējošus materiālus. Smiltī notiek elektriskā loka dejonizācija šaurās spraugās starp smilšu graudiņiem. Loks, kas radies stieples atrašanās vietā, ir piesātināts ar izkusušās stieples metāla jonizētiem tvaikiem. Augstās temperatūras un lielā spiediena rezultātā jonizētās daļiņas tiek izšķiestas radiālā virzienā, kur tās iekļūst starp smilšu graudiem, nosēžas uz tiem, atdziest un dejonizējas. Metalurģiskais efekts īsslē­guma gadījumā nepaspēj izpausties.

Atkarībā no izmantošanas mērķa, drošinātāji var būt parastie un ātrdarbīgie. Tā, drošinātājiem pusvadītāju iekārtu (diožu, tiristoru) aizsardzībai jābūt ātrdarbīgiem lai novērstu to iekšējo p-n pāreju bojājumus paaugstinātas temperatūras dēļ. Lai palielinātu drošinātāja atslēgtspēju izmanto speciālas formas sloksnes (3.4. att. *d*, *e*), Šajā gadījuma elektrodinamiskie spēki sapleš ieliktņi pirms to kušanu, ja paradās īsslēguma strāva. Šie drošinātāji tiek apzīmēti ar burtu P. piemēram, P40.06.

**Drošinātāji ar kustošo ieliktni no diviem elementiem (ar nostrādes aizturi).** Elektriskiem tīkliem ar lielu strāvu diapazona izmaiņām pret darba režīma (elektriskā piedziņa, transformatori) jāizvēlas parastos drošinātājus ar 3-4-kārtīgo rezervi. Rezultātā grūti nodrošināt aizsardzību avārijas pārslodzes režīmos. Tāpēc bija izstrādāti divelementu drošinātāji (drošinātāji ar laika aizturi). Tādiem drošinātājiem pārslodzes gadījumā nostrādā viens elements, bet īsslēguma gadījumā – otrs elements kas ir līdzīgs parastiem drošinātājiem. Elementi atrodas vienā korpusā un savienoti virknē (3.7. att.).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 3.7. att. Divelememtu drošinātāja kūstoša ieliktņa vienkāršotā shēmas uzbūve |

Attēlā 3.8. parādīts drošinātāja darbības princips, ja caur drošinātāju ilgstoši plūst pārstrāva. Notiek speciālas lodes ar strikti noteiktam īpašībām (kalibrētie siltum­vadāmība, siltumkapacitāte un kušanas temperatūra) silšana. Kad lode sasniedz kušanas temperatūru atspere atslēdz kontaktu (3.8. att.). Elektriskais loks ātri nodziest, jo attālums starp kontaktiem strauji palielinās. Tā ka lodes masa diezgan liela, elementa laika konstante arī ir liela.

Īsslēguma gadījumā aizsardzības funkcijas divelementu drošinātāja izpilda ieliktņa kūstošie pārvienojumi (3.9. att.).

|  |  |
| --- | --- |
| 3.8. att. Divelementu drošinātāja nostrāde  pārslodzes strāvas gadījumā | 3.9. att. Divelementu drošinātāja nostrāde īsslēguma strāvas gadījumā |

Sadzīves patērētāji visbiežāk izmanto drošinātājus, kura konstrukcija paradīta 3.10 attēlā. 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. 3.10. att.). Kūstošais elements ir tieva stieplīte, kas atrodas galviņas porcelāna izolācijas 3 iekšpusē. Galviņa pare­dzēta ieskrūvēšanai pamatnē, kurai ir vītne 4.

Galviņas vītnes daļa 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.

|  |
| --- |
| 3.10. att. Drošinātāju konstrukcija: 1 - drošinātāja pamatne; 2 - balstgredzens; 3 - drošinātāja ieliktnis ar kūstošo elementu; 4 - drošinātāja izskrūvējamā galviņa |

**3.2. DROŠINĀTĀJA RAKSTURLIELUMI**

Drošinātājiem uzrāda šādus tehniskos datus:

* nominālais spriegums Ue (UN.dr.) — elektroiekārtas spriegums, līdz kādam droši­nātāju var uzstādīt;
* drošinātāja nominālā strāva In (IN.dr.) — ilgstoši pieļaujamā strāva drošinātāju kontaktu sistēmai;
* drošinātāja kūstošā elementa nominālā strāva In (IN.iel.) — strāva, kuru drošinātāja kūstošais ieliktnis iztur neierobežoti ilgu laiku;
* drošinātāja atslēgtspēja — atslēgšanas strāvas vērtība, kādu drošinātājs spēj atslēgt noteiktos apstākļos un dotā sprieguma tīklā (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);
* drošinātāja laikstrāvas raksturlīkne — drošinātāja kūstošā elementa kušanas laika atkarība no caurplūstošās strāvas noteiktos apstākļos (3.12. un 3.13. att.).

Sērijā ražotiem drošinātājiem katalogos uzrāda nostrādes laika tno atkarību no caurplūstošās strāvas attiecības pret kūstošā ieliktņa nominālo strāvu Ic/IN.iel, tad viena laikstrāvas raksturlīkne der visiem šīs sērijas drošinātājiem. Precīzākas ir laik­strāvas raksturlīknes *t = f*(*Ip*), kur *Ip* — caurplūstošā pārbaudes strāva, kas atbilst iespējamai īsslēguma strāvai *Ik* (to Džoula integrāļi ir vienādi). Drošinātāja darbības raksturošanai izmanto papildjēdzienus: drošinā­tāja loka spriegums, drošinātāja lokdedzes laiks, Džoula integrālis, Džoula integrāļa raksturlīkne, pirmsloka laiks, drošinātāja pārdegšanas laiks, atslēgtspēja, caurlaides spēja, sagaidāmā strāva, selektivitāte.

Pirmsloka laiks *ts* — laika intervāls no avārijas strāvas plūšanas sākuma, līdz mo­mentam, kad aizdegas elektriskais loks.

Lokdedzes laiks *tt* — laika intervāls starp loka rašanās brīdi un loka nodzīšanas brīdi drošinātājā.

Drošinātāja nostrādes laiks *tn*0 — pirmsloka laika un lokdedzes laika summa.

Džoula integrālis — strāvas kvadrāta integrālis laika intervālā (*t*1 — *t*0):



Pirmsloka Džoula integrālis attiecas uz drošinātāja pirmsloka laiku, loka Džoula integrālis attiecas uz lokdzēses laiku, nostrādes integrālis — uz nostrādes laiku (3.11. att.).





Sagaidāmā strāva — strāva, kāda plūdīs drošinātāja elektriskajā ķēdē, ja droši­nātāja kūstošo ieliktni aizvietos ar spaiļu savienotāju, kura elektrisko pretestību var praktiski uzskatīt vienādu ar nulli.

Džoula integrāļa raksturlīkne — Džoula integrāļa vērtība kā neietekmētās strāvas un/vai sprieguma funkcija noteiktos apstākļos.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

3.11. att. Drošinātāja darbības princips: *ts* - pirmsloka laiks; *tt* - lokdedzes laiks un kopējais nostrādes laiks; *tt - tv* - drošinātāja ieliktņa kušanas laiks; *tv* – loka degšanas laiks; *ic* - maksimālā momentānā strāvas vērtība, kādu var sasniegt strāva drošinātāja atslēgšanas laikā, *is* - īsslēguma strāvas aprēķina amplitūda

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 kūstošā elementa nostrādes laiks atkarīgs no caurplūstošās strāvas lieluma un arī no apkārtējās vides temperatūras. Tāpēc drošinātājiem nevar precīzi noteikt nostrādes laiku atkarība no caurplūstošās strāvas lieluma, bet nostrādes laiku uzrāda dažreiz ar divām līknēm, kas ierobežo zonu, kurā iespējama kūstošā elementa pārdegšana (sk. 3.12. att.).

Nominālas strāvas gadījumā drošinātājs var strādāt neierobežoti ilgi. Darba pārslodzes diapazonā (I/In = 1…5) drošinātāja nostrādes laiks diezgan liels. Parastam drošinātajam, ja I/In = 5 sastāda 1 s, bet divelementu drošinātājam – 10 s. Tas atļauj aizsargājamai aparatūrai brīvi strādāt visas pārslodzes strāvas diapazonā. Bet ja pārslodzes strāva sasniedz vērtību I/In = 10..11, tad nostrādes laiks sastāda ~ 0,05 s parastam drošinātājam un 0,01 s – divelementu drošinātājam (3.12. un 3.13. att.).

Drošinātājiem tāpat kā pārējiem aizsardzības aparātiem jādarbojas selektīvi.

Sazarotā elektriskā tīklā vienā un tajā pašā līnijas posmā, slēgti virknē, var būt vairāki drošinātāji. To kūstošie elementi jāizvēlas tā, lai vispirms pārdegtu tā droši­nātāja kūstošais elements, kurš atrodas tuvāk bojājuma vietai, piemēram FU3 (3.14. att.).

Avārijas gadījumā līnijā C pārdeg tikai drošinātājas zarā BC, bet pārējie patērētāji turpina funkcionēt. Analogi patērētāji kas pieslēgti zaram A turpina strādāt ja notiek avārija līnijā B. Tādu selektīvu atslēgšanu ar drošinātājiem viegli realizēt ja darba strāvas attiecība sastāda 2:1 vai vairāk katram zemāk stāvošam zaram.

Ja aizsardzība organizēta ar drošinātājiem ar vienāda tipa raksturlīknēm, tad selektivitāti var pārbaudīt ar diviem vienkāršākiem paņēmieniem:

* saskaņojot aizsardzības darbības laikus;
* saskaņojot nominā­lās strāvas.

Drošāks ir pirmais paņēmiens. Laikus saskaņojot, ņem vērā raksturlīkņu kļūdas. Drošinātājiem laika kļūda var sasniegt ±50%. Nelabvēlīgākā gadījumā drošinātāja ieliktnis ar lielāko strāvu var pārdegt ātrāk nekā pēc raksturlīknes (0,5∙*tiel.*1), bet ieliktņa ar mazāko strāvu kušana var ieilgt (l,5∙*tiel.*2). Tātad selektivitāte tiks nodrošināta, ja *tiel.*1 *≥* 3*∙tiel.*2.Tā kā vienlaicīga un turklāt pretēja rak­stura kļūdu parādīšanās varbūtība ir neliela, tad parasti rēķinās ar bieži sastopamām ±25% novirzēm no raksturlīknes. Apkopojot abus gadījumus, iegūst

*tiel.*1 ≥ (l,7...3) *tiel.*2. (3.1)

Aizsardzības nostrādes laikus pārbauda ar maksimālo trīsfāzu īsslēguma strāvu Ik*,max*(3).Drošinātāju kušanas laiku trīskāršu atšķirību izmanto atbildīgiem patērētājiem, kad nepieciešams praktiski pilnīgi novērst neselektīvu nostrādi.

|  |  |
| --- | --- |
| 3.12. att*.* Drošinātāja PN-2 laikstrāvas raksturlīkne: 1 — aukstam drošinātājam; 2 — ar *IN* uzsilušam drošinātājam | 3.13. att. Divelementu drošinātāja laikstrāvas raksturlīkne (In = 200 A) |

|  |
| --- |
|  |

3.14. att. Drošinātāju selektīva darbība

Mazāk drošs selektivitātes nodrošināšanas paņēmiens ir drošinā­tāju izvēle pēc to ieliktņu nominālo strāvu skalas vērtību atšķirības. No pārbaudes pēc izteiksmes (3.1) var secināt, ka atšķirībai pa­rasti jābūt divām skalas pakāpēm. Dažkārt pietiek ar vienu pakāpi, citreiz nepieciešamas trīs pakāpes.

*Drošinātāja darbību sauc par selektīvu, ja drošinātāja kūstošais 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.*

**3.3. NH SISTĒMAS DROŠINĀTĀJI**

NH tipa drošinātājus izgatavo, ievērojot standartus EN 60 269-2-1, IEC 269, Vācijas rūpniecības normas DIN un Vācijas elektrotehniķu savienības VDE 0636 izstrādātos noteikumus un normas DIN VDE 0636, DIN VDE 0680 (2.1. tab.).

Izolējošie korpusi tiek izgatavoti no temperatūras svārstību noturīgiem materiāliem - steatīta vai korderīta. Standarta izpildījumā kūstošais ieliktnis ir izgatavots no vara. Kontaktnaži tiek gatavoti no vara, kas pārklāti ar sudrabu. NH (zemsprieguma lieljaudas drošinātāji) sistēmas drošinātāji sastāv no droši­nātāja pamatnes, maināma drošinātāja ieliktņa un apkalpes ierīces kūstošā ieliktņa nomaiņai (3.1. att.). Vienas drošinātāju sistēmas kūstošos ieliktņus var savstarpēji apmainīt.

Vienas un tas pašas drošinātāju sistēmas drošinātāji ir sagrupēti gabarītu pakā­pēs no 000 līdz 4a. Katrai gabarītu pakāpei ir noteikts nominālo strāvu diapazons un normētā masa paliek nemainīga. Drošinātāju funkcionālā konstrukcija ir ar plašu gabarītu un strāvu klāstu (3.1. tabula).

Iespējamā nominālā strāva, A: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 224, 250, 300, 315, 355, 400, 425, 500, 630, 710, 800, 1000, 1250, 1600.

3.1. tabula

**Drošinātāju gabarītu pakā­pēs**

|  |  |
| --- | --- |
| **Gabarīts** | **Strāva** |
| 00 C / 000 | 2A ÷ 100A |
| 00 | 16A ÷ 160A |
| 1 | 16A ÷ 250A |
| 2 | 25A ÷ 400A |
| 3 | 100A ÷ 630A |
| 4a | 400A ÷ 1600A |

Funkcijas klase nosaka, kādu strāvas diapazonu var atslēgt drošinātāja kūstošais ieliktnis:

* *g* funkcijas klasi raksturo vispārīgi lietojami plaša strāvas diapazona drošinātāji, kūstošie 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 ieliktņi 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. Aizsargājamie objekti ir šādi: L — kabeļi un vadi, M — komutācijas iekārtas, R — pusvadītāji, B — kalnrūpniecības iekārtas, Tr — transformatori.

Drošinātāju laika strāvas raksturlīknes atbilst Eiropas Normām EN 60 269 (IEC 269) un ir pieejamas šādas lietošanas klases drošinātāji:

gL/gG/gM – paredzēti kabeļiem un sprieguma aizsardzībai;

aM – lokālā aizsardzība slēgiekārtām un motoriem;

gTr – transformatoru aizsardzībai;

gR – pusvadītāju globālā aizsardzība un taisngriežu iekārtu aizsardzībai,

aR – pusvadītāju lokālā aizsardzība;

gB – paredzēti kalnu rūpniecības iekārtām.

Laikstrāvas raksturlīknes salīdzinājums dažādas lietošanas klases drošinātājiem paradīts 3.15. attēlā.

Drošinātāji ir ar divu veidu stāvokļa indikatoriem – sarkana podziņa, kas izlido, ja drošinātāja kūstošais elements ir pārdedzis vai karodziņš, kas darbojas pēc līdzīga principa (3.16. att.). Līdz ar to ir viegli noteikt bojājuma vietu un ieekonomējas patērējamais darba laiks. Šiem drošinātājiem nav izveidota aizsardzība pret pieskaršanos, jo tos ir paredzēts uzstādīt elektroiekārtās, ko apkalpo kvalificēti elektrospeciālisti; tos nedrīkst ap­kalpot elektriķi amatieri.

|  |  |
| --- | --- |
| 3.15. att. Dažādas lietošanas klases drošinātāju laikstrāvas raksturlīknes |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | 3.16. *att. NH tipa drošinātāji:*  *a - NH drošinātāji 500V "gL/gG" līniju aizsardzībai (500V AC, 220V DC); b* - NH drošinātāji 400V ‘’gTr ‘’ transformatoru aizsardzībai (EN 60 269-1. VDE 0636 / sadaļa 2011) |

Modernajos NH drošinātājos izmantojamo unificēto aksesuāru daudzveidība ļauj izveidot jebkuru nepieciešamo kombināciju, kā arī ekspluatācijas gaitā to ērti un ātri mainīt. NH drošinātāju aksesuāru daudzveidība parādīta 3.17. att.

**Drošinātāji gG (gM, gL) tipa.** Faktiski kūstošā elementa pārdegšana notiek ar zināmu laika izkliedi ±Δt, kas veido drošinātāja nostrādes zonu.Standartā izmantonosacīto nekušanas strāvu Inf un nosacīto kušanas strāvu I2 (3.18. att. un 3.2. tabula).

3.2. tabula

**Zemsprieguma drošinātāju gG un gM nostrādes zona**

**(standarts IEC 60269-1 и 60269-2-1)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nominālā strāva**  **In, А** | **Nosacītā nekušanas**  **strāva, Inf** | **Nosacītā kušanas**  **strāva, I2** | **Nosacīts laiks,**  **h** |
| In ≤ 14A | 1,5 In | 2,1 In | 1 |
| 4 < In < 16A | 1,5 In | 1,9 In | 1 |
| 16 < In ≤ 63 А | 1,25 In | 1,6 In | 1 |
| 63 < In ≤ 160A | 1,25 In | 1,6 In | 2 |
| 160 < In ≤ 400 А | 1,25 In | 1,6 In | 3 |
| 400 > In | 1,25 In | 1,6 In | 4 |

Nosacītā nekušanas strāva Inf – tā ir lielākā strāva, kas neizraisa elementa pārdegšanu noteiktā laikā. Šis laiks tiek reglamentēts atkarībā no In, un ir robežās no 1 līdz 4 stundām (3.2. tab.).

|  |
| --- |
|  |

3.17. att. Firmas Siemens NH drošinātāja aksesuāri:

1, 2 – pamatne uz kopnēm; 3 – pamatne 3-polīga; 4 – pamatne 1-polīga; 5 – spailes vāks; 6 – drošinātājs HRC; 7 – nostrādes uzrādītājs; 8 – starpfāzes izolācijas plāksne; 9 – aizsardzības vāks; 10, 12 – savienojuma ierīces (10.1, 10.2 – ierīces ar skrūvjsavienojumiem, 10.3 – ierīce ar sadura savienojumu); 11 – aizsardzības vāks savienojuma iekārtām; 13 – pamatnes sēgkārba; 14 – izolētais klanis ar izolēto kronšteinu; 15 – klanis ar neizolēto kronšteinu; 16 – drošinātāja izvilcējierīce ar uzmavu; 17 – drošinātāju vilcējs.

|  |  |
| --- | --- |
| **t**  **In Inf I2**  3.18. att. Drošinātāja gG un gM laikstrāvas  raksturlīkne: 1 - nosacītā nekušanas strāva Inf;  2 - nosacītā kušanas strāva I2 (standarts IEC 60269-1 un 60269-2-1). | **t**  3.19. att.Drošinātāji aM tipa laikstrāvas  raksturlīknes: 1 - minimāla laika līkne līdz  elektriskā loka rašanas; 2 - drošinātāja ieliktņa  kušanas līkne. |

*Piemērs:*Ja caur drošinātāju ar nominālo strāvu32 А ilgstoši plūst strāva 1,25∙In (40 А), tad drošinātāja ieliktnis nevar izkust 1 stundas laikā (2.2. tabula).

Nosacītā kušanas strāva I2 (3.18. att.) – ir strāva, kurā iedarbības rezultātā notiek drošinātāja ieliktņa kušana pirms noteiktā laika.

*Piemērs:*Ja caur drošinātāju ar nominālo strāvu32 А ilgstoši plūst strāva 1,6∙In (52,1 А), tad drošinātāja ieliktnis izkust 1 stundas laikā vai ātrāk (3.2. tabula).

Atbilstoši standartam IEC 60269-1 reāla drošinātāja raksturlīknei jāatrodas starp līknēm 1 un 2 3.18. attēlā.

*Piezīme.* Drošinātājs gM faktiski ir gG tipa drošinātājs, bet gM tipa drošinātāju raksturo divas strāvas: nominālā strāva In un strāva Ich. Strāvas Ich vērtība izvēlēta tā, lai izturēt dzinēja palaišanas strāvu. Piemēram, drošinātājs 32 M 63 (t.i., In M Ich) izgatavots nominālai strāvai In = 32 A, bet raksturlielumi analoģiski gG tipa drošinātājiem ar nominālo strāvu 63 A, tātad viņš var funkcionēt pie palaišanas strāvas Ich = 63 A. Drošinātājs gM tipa aizsarga dzinēju pret īsslēguma strāvām, bet neaizsarga pret pārslodzi un viņu var pielietot tikai kopa ar termoreleju. Salīdzinājumā ar drošinātājiem aM tipa gM tipa drošinātājs ir lētāks un mazāks pēc gabarītiem.

**Drošinātāji aM tipa elektrodzinēju aizsardzībai.** Drošinātāji aM tipa nodrošina aizsardzību tikai no īsslēguma. Drošinātājus aM tipa var pielietot tikai ar komutācijas aparātiem, kas aizsarga no pārslodzēm, ja strāvas I ≥ 4∙In. Drošinātāju aM tipa laikstrāvas raksturlīknes dotas tikai īsslēguma strāvām (3.19. att.) un sākas, ja strāvas ir apmēram 4∙In. Reāla drošinātāja darba raksturlīknes atrodas 3.19. attēla zonā starp līknēm 1 un 2 (IEC 60269).

**Drošinātāja nominālā atslēgtspēja īsslēguma gadījumā.** Īsslēguma strāvas ierobežošanas raksturs redzams 3.20. attēlā, kur ir parādīti ierobežojumi dažādām atslēgšanas ātrdarbībām. Atslēdzot strāvu momentāni pirms maksimālās vērtības sasniegšanas, īsslēguma strāva tiek ierobežota, kas pasargā iekārtu no nevēlamās termiskās un elektromehāniskās iedarbības (3.20. att.). Tāpēc drošinātāja nominālā atslēgtspēja ir atkarīga no īsslēguma strāvas periodiskās komponentes.

Ņemot vērā kūstošā elementa īso pārdegšanas laiku, ja uz to iedarbojas pietiekami liela īsslēguma strāva, silšanas procesu (3.21. att.), kura gaitā notiek kūstošā elementa sakaršana, kušana un iztvaikošana, var uzskatīt par adiabātisku.

|  |  |
| --- | --- |
| 3.20. att. Drošinātāja atslēgtspēja (strāvas ierobežojums): 1- īsslēguma laikā gaidāma maksimāla strāva; 2 – īsslēguma strāvas periodiskā komponente; 3 - ar drošinātāju ierobežota īsslēguma strāvas vērtība; tS - drošinātāja ieliktņa kušanas laiks līdz loka rašanas momentam; tV - loka pastāvēšanas laiks; tt – īsslēguma summārais atslēgšanas laiks | 3.21. att. Drošinātāja kūstošā elementa pārdegšanas procesa attēlojums laikā: tsilš1 - kūstošā elementa primārās silšanas laiks; tkuš – kūstošā elementa kušanas laiks; tsilš2 - kūstošā elementa sekundārās silšanas laiks; tiztv - kūstošā elementa iztvaikošanas laiks; tloka - loka degšanas laiks; t - drošinātāja nostrādes laiks; |

Strāvu ierobežojošie drošinātāji, pateicoties intensīvai loka dzēšanai, pārtrauc īsslēguma strāvu, kamēr tā vēl nav sasniegusi triecienstrāvas aplēses vērtību (itr.apl 3.22. att.). Laikā t1 pārslodzes vai īsslēguma strāva izkausē kūstošo elementu, kam seko metāla iztvaikošana. Tā kā metāla tvaiki sākumā ir vāji jonizēti, tad loka spraugas pretestība ir ievērojama, un strāva drošinātāja ķēdē strauji samazinās (laiks t2). Tieši šajā laikā veidojas pārspriegums, kura maksimālā vērtība udr.maks var vairakkārt pārsniegt tīkla sprieguma amplitūdas vērtību. Taču šāds stāvoklis neturpinās ilgi – sākas termiskā jonizācija un strāvas samazināšanās (laiks t3), kas savukārt samazina pārspriegumu. Pēc laika t kopš īsslēguma sākuma loks ir pilnīgi nodzisis, un strāva īsslēguma ķēdē pārtraukta. Starp drošinātāja kontaktiem iestājas nomināls tīkla spriegums udr = ut (3.22. att.).

Īsslēguma sākumā strāvas nemainīgas komponentes amplitūda un ilgums atkarīgi no bojāta ķēdes daļas attiecības XL/R. Barošanas avota tuvumā (pazeminošs transformators) sakarība Ipeak/Irms – īsslēguma strāvas periodiskās komponentes sākuma vērtība pret lielāko efektīvo vērtību var sasniegt 2,5, kas reglamentēts standartā (3.23. att.). Ipeak – strāvas amplitūdas vērtība, Irms – strāvas efektīva vērtība.

Patērētāju tuvumā induktīva pretestība XL daudz mazāka par aktīvo R un attiecība Ipeak / Irms = 1,41 raksturīga maiņstrāvai (sk. 3.20. att.).

Ierobežojuma efekts parādās tikai tad, ja īsslēguma periodiskā komponente sasniedz noteikto vērtību. Piemēram, drošinātājs uz nominālo strāvu 100 A var atslēgt īsslēguma strāvas amplitūdas vērtību, ja īsslēguma strāvas periodiskā komponente sasniedz vērtību 2 kA (sk. 3.23. att. punktu *a*). Bet, ja īsslēguma strāvas periodiskā komponente sasniedz vērtību 20 kA, tas pats drošinātājs var ierobežot īsslēguma strāvas amplitūdas vērtību 10 kA (3.23. att. punkts *b*). Bez drošinātāja īsslēguma strāvas amplitūdas vērtība var sasniegt jau 50 kA (3.23. att. punkts *c*).

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.

|  |
| --- |
|  |

3.22.att. Kustoša elementa pārdegšanas process: ik - sagaidāmā īsslēguma strāva; Ip0 apl - īsslēguma strāvas periodiskās komponentes efektīvā aplēses vērtība; *itr f* - īsslēguma faktiskā triecienstrāva; itr.apl - īsslēguma aplēses triecienstrāva; isļ - slodzes strāva; tsilš1 - kūstošā elementa primārās silšanas laiks; tkuš – kūstošā elementa kušanas laiks; tsilš2 - kūstošā elementa sekundārās silšanas laiks; tiztv - kūstošā elementa iztvaikošanas laiks; tloka - loka degšanas laiks; t - drošinātāja nostrādes laiks; udr - spriegums uz drošinātāja; udr.maks – maksimālais pārspriegums uz drošinātāja; ut - spriegums tīklā; φ — strāvas un sprieguma nobīdes leņķis;

|  |
| --- |
|  |

3.23. att. Īsslēguma strāvas ierobežojumu raksturlīknes

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. 3.3. tab.). Pieļaujamo komutējamo spriegumu augstākās vērtības kūstošiem ieliktņiem ar nominālo strāvu mazāku par 10 A vai vienādu ar 10 A ir starptautiski noteiktas. Kūstošā ieliktņa komutējamais spriegums samazinās, ja samazinās darba spriegums. Jāievēro, lai kūstošā ieliktņa komutējamais sprie­gums nepārsniegtu iekārtas izolācijas pieļaujamo spriegumu.

3.3. tabula

**Drošinātāju komutējamie spriegumi pēc DIN 57636**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kustoša ieliktņa nominālais spriegums**  **UN.kom. , V** | **Komutējama sprieguma maksimālās vērtības, V** | |
| Maiņspriegums un līdzspriegums | | |
| līdz 300 | 2000 |
| 301 līdz 660 | 2500 |
| 661 līdz 800 | 3000 |
| 801 līdz 1000 | 3500 |
| Līdzspriegums | |
| 1001 līdz 1200 | 3500 |
| 1201 līdz 1500 | 5000 |
| 1501 līdz 3000 | 10000 |

Nominālais komutējamās strāvas maiņspriegumam ir šādas: Ief. = 25; 50; 100 kA; līdzspriegumam I = 8,25 kA.

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:

In = 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 A.

**3.4. DIAZED, NEOZED, SILIZED UN „D” TIPA DROŠINĀTĀJI**

Zemsprieguma vītņotais drošinātājs ir viena no vecākajām drošinātāju konstrukcijām. Tos plaši lieto māj saimniecībās apgaismes tīkla un nelielu elektropatērētāju ķēžu aizsardzībai. Pēc Latvijas valsts standarta LVS HD 60269-3-1:2005 šāda veida drošinātājus sauc par D tipa drošinātājiem (no angļu valoda - D-type fuses). Praksē un literatūrā tos bieži sauc arī par DIAZED drošinātājiem. Minētajam drošinātāju tipam ir izveidots jaunāks nedaudz kompaktāks apakštips D0, kuru literatūrā pazīst arī ar apzīmējumu NEOZED (NEO no latīņu valodas jauns, ZED saglabāts no nosaukuma DIAZED).

**Drošinātāja uzbūve un sastāvdaļas.** Izgatavo atbilstoši standarta IEC 269 prasībām. DIAZED un NEOZED drošinātāju uzbūve dota 3.24. attēlā. Drošinātāja ieliktņa 3 korpuss ir veidots no keramikas materiāla. Tā abus galus noslēdz metāla daļa 4 un 5. Šīs metāla daļas vienlaikus kalpo arī kā kontaktdetaļas. Drošinātāja ieliktņa augšējā metāla daļā 4 ir iestrādāts nostrādes indikators. Tā krāsa norāda uz drošinātāja elementa nominālo strāvu (P.2.3. tabula). Drošinātāja ieliktnis 3 tiek ievietots keramikas galvā 1, kura ir aprīkota ar metāla vītni 2. Keramikas galvas augšpusē ir iestrādāts stikliņš, kas ļauj novērot nostrādes indikatora stāvokli un krāsu ekspluatācijas laikā. Keramikas galvu kopā ar drošinātāja ieliktni ieskrūvē pamatnes 8 metāla vītnē 9. Elektriskās ķēdes barotājvads tiek pieslēgts spailei 10, bet patērētāja ķēde pieslēgspailei 11. Lai paaugstinātu drošību pret pieskaršanos spriegumaktīvām daļām, pieslēgspailes un metāla vītni nosedz izolācijas vāks 7. Katram drošinātājam ir savs pieļaujamais strāvas stiprums, ko var vadīt tā kontaktdetaļas. Lai nepieļautu iespēju drošinātājā ievietot ieliktni ar lielāku nominālo strāvu nekā ir pieļaujams konkrētajam drošinātājam, lieto kontaktgredzenu 6. DIAZED drošinātājiem kontaktgredzenu pamatnē iestiprina ar kontaktgredzena vītni 6.1. NEOZED drošinātājiem šādas vītnes nav.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | ***f*** |
| ***c*** |
| ***d*** |
| ***e*** |

3.24. att. D un D0 tipa drošinātājs: *a-e*  - DIAZED tipa drošinātājs (D); *f* - NEOZED tipa drošinātājs (D0); 1 - keramikas galva; 2 – keramikas galvas metāla vītne; 3 - drošinātāja ieliktnis; 4 - drošinātāja ieliktņa augšējā metāla daļa; 5 – drošinātāja ieliktņa apakšējā metāla daļa; 6 - kontaktgredzens; 6.1 - kontaktgredzena vītne; 7 - izolācijas vāks; 8 - pamatne; 9 - pamatnes metāla vītne (cokols); 10 - pienākošā (barotājvada) pieslēgspaile; 11 - patērētāju ķēdes pieslēgspaile.

DIAZED un NEOZED drošinātājus ražo vairākām drošinātāja nominālajām strāvām  
un tām atbilstošiem cokola izmēriem (3.4. un 3.5. tabula).

3.4. tabula

D tipa drošinātāju galvenie raksturlielumi

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tips | Cokola izmērs | In iel., A | In dr., A | Un dr., V | Iatsl., kA |
| DI | E16 | 2-25 |  | 500 |  |
| DII | E27 | 2-25 | 25 | 500 | >50 |
| DIII | E33 | 35-63 | 63 | 500 | >50 |
| DIV | E44\* | 80-100 | 100 | 500 | >50 |

\* - no Edisona vītnes atšķirīga vītne

3.5. tabula

D0 tipa drošinātāju galvenie raksturlielumi

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tips | Cokola izmērs | In iel., A | In dr., A | Un dr., V | Iatsl., kA |
| D01 | E14 | 2-16 | 16 | 400 | >50 |
| D02 | E18 | 20-63 | 63 | 400 | >50 |
| D03 | E32\* | 80-100 | 100 | 400 | >50 |

\* - no Edisona vītnes atšķirīga vītne

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.

Drošinātāja ieliktņa korpuss 3 ir cilindrisks un veidots no materiāla ar augstu termisko izturību (keramikas). Tā vidū ir kūstošais elements, kuru ieskauj kvarca smilšu pildījums. Kūstošais elements ir piestiprināts pie drošinātāja ieliktņa augšējās un apakšējās metāla daļas 4 un 5, veidojot ar tām kontaktu. Drošinātāja ieliktņa augšējā metāla daļā 4 ir iestrādāts nostrādes indikators. Pirms kūstošais elements ir pārdedzis, indikatora atsperīti noslogo indikatora stieplīte. Kad elements pārdeg, stieplīte atbrīvo atsperi un nostrādes indikators tiek izstumts uz āru. Nostrādes indikatora krāsa norāda uz drošinātāja elementa nominālo strāvu (P.2.3. tabula).

D tipa drošinātāju kūstošie elementi ir veidoti, kā plāna vara vai tā sakausējuma plāksnīte. Kūstošo elementu paraugi doti 3.25. attēlā.

Nominālais spriegums DIAZED drošinātājiem AC 400 V/DC 250 V, AC 500 V/DC 500 V un nominālais strāvu diapazons 0,5 – 200 A. Standarti **DIN VDE 0636-301, CEE 16 и IEC 60269-3-1.** Pēc izmēra „D” tipa drošinātājiem ir trīs markas: **DI - 50x13 mm (3.24. att. c), DII - 50x27 mm (3.24. att. d) и DIII - 50x33 mm (3.24. att. e).**

Pēc laikstrāvas raksturlīknes arī ir trīs „D” tipa drošinātāju markas:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

3.25. att. DIAZED kustošais elements: a - DII gL/gG tipa drošinātāja kūstošais elements 20 A nominālajai strāvai; b - DII 'Flink' tipa drošinātāja kūstošais elements 25 A nominālajai strāvai; 1 - vieta, kur kūstošajam elementam samazināts šķērsgriezums; 2 - alvas uzlodējums.

* ar laika aizturi (slow type), marķējums **aM, gL/gG, gL/gl, TDZ** vai stilizētais gliemezis;
* bez laika aizturi, marķējums **F, flink**;

- ātrdarbīgie (**ultra rapid)** marķējums uberflink, silized, FF, gR, DZ vai dioda grafiskais apzīmējums.

NEOZED nominālais spriegums AC 415 V/DC 250 V un nominālo strāvu diapazonam 2 – 100 A. Nominālā atslēgtspēja 50 кА (AC 415 V) un 8 кА (DC 250 V). Drošinātājus izmanto apgaismes tīklu un nelielas jaudas elektrodzinēju aizsardzībai.

Drošinātājus **SILIZED** izmanto energoelektronisko iekārtu aizsardzībai.

**3.5. VIDSPRIEGUMA AROŠINĀTĀJI**

Atbilstīgi starptautiskajiem standartiem sprieguma diapazonu no 1 kV līdz aptuveni 100 kV dēvē par vidējo spriegumu. Saskaņā ar šo principu Latvijā vidējam spriegumam atbilst 6 kV, 10 kV un 20 kV, bet augstspriegums sākas ar 110 kV, kurā kūstošos drošinātājus vairs neizmanto.

Vidēja sprieguma spēka drošinātāji ir paredzēti vidēja sprieguma iekārtu (vadu, transformatoru, motoru, kondensatoru bateriju) aizsardzībai pret īsslēguma strāvas vai lielas pārslodzes strāvas nepieļaujamu termisko iedarbību. Pateicoties šo drošinātāju vienkāršajai montāžai un mazajiem izmēriem, tie kļūst par lielisku risinājumu gadījumos, kad cita veida aizsardzības izmantošana rada lielas izmaksas.

Turpmāk aplūkosim HH un ПK sērijas drošinātājus. HH drošinātāju konstrukcija un darbības princips ir līdzīgs ПK sērijas drošinātāja konstrukcijai un darbības principam. To kopskats ir paradīts 3.26. attēlā.

|  |
| --- |
| ***a*** |
| ***b*** |

3.26. att. Vidsprieguma drošinātāji: *a* - HH sērijas drošinātājs ar EFEN firmas ieliktni; *b* - ПK sērijas drošinātājs; 1 - balstizolators ; 2 - elektroķēdes pieslēgspaile ; 3 - gala vāks; 4 - balstizolatorā nostiprināta kontaktdetaļa (lūpas); 5 - saspiedējatspere; 6 - drošinātāja ieliktņa korpuss; 7 - pamatne.

Drošinātājs ir izveidots no metāla pamatnes 7, kurai ir piestiprināti balstizolatori 1 ar kontaktdetaļām 4. Drošinātāja ieliktņa 6 gala vāki 3 veido kontaktu ar balstizolatoros nostiprinātām kontaktdetaļām 4. Drošinātāju ieslēdz tīklā, izmantojot elektroķēdes pieslēgspailes 2. Lai papildus nodrošinātos pret ieliktņa izkrišanu un nodrošinātu labāku kontaktsavienojumu, atsevišķas ražotājfirmas piedāvā saspiedējatsperi 5.

Drošinātāja balstizolatoros nostiprinātajās kontaktdetaļās 4 var uzstādīt tikai tādus drošinātāja ieliktņus, kuru nominālā strāva ir vienāda vai mazāka par drošinātāja nominālo strāvu.

Mūsdienās vidsprieguma drošinātāja ieliktņu piedāvājums ir plašs un daudzveidīgs. Neskatoties uz to, ka katra firma izstrādā drošinātājus neatkarīgi no citām firmām, piedāvāto drošinātāju konstrukcijas būtiski neatšķiras. 3.27. attēlā ir parādīti rietumvalstīs ražotā HH un NVS valstīs ražotā ПK sērijas ieliktņa griezumi.

Ieliktņa korpusu 1 veido glazēta porcelāna caurule (ar ļoti augstu mehānisko un termisko izturību) uz kuras galiem hermētiski nostiprināti gala vāki 7. Tie veic kontaktu funkciju un aizsargā drošinātāja ieliktnī esošos elementus no apkārtējās vides iedarbības. Maināmā ieliktņa iekšpusē atrodas sudraba vai vara kūstošais elements 3, kas ir uztīts uz rievota porcelāna serdeņa 2 vai brīvi ievietots smilšu pildījumā. Kūstošā elementa 3 gali ir pieslēgti gala vākiem 7. Labākai siltuma novadīšanai no kūstošā elementa un loka dzēšanas apstākļu uzlabošanai, drošinātāja ieliktni aizpilda ar kvarca smiltīm 4. Ieliktņa konstrukcijā ir paredzēts nostrādes indikators 6. Drošinātāja ieliktnī ir ierīkota nostrādes indikatora turētājstieple 5, kas ir piestiprināta nostrādes indikatoram. Pārdegot šai stieplei, indikators atbrīvojas un atsperes iedarbības rezultātā tas tiek izgrūsts no drošinātāja ieliktņa.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | | ***b*** |
| ***c***  ***d*** |  | |

3.27. att. HH un ПK sērijas drošinātāja ieliktņi: a - HH sērijas drošinātāja ieliktņa garengriezums, b - HH sērijas drošinātāja ieliktņa šķērsgriezums; c - ПK sērijas drošinātāja ieliktnis strāvai līdz 7,5 A; d - ПK sērijas drošinātāja ieliktnis strāvai virs 7,5 A; I - drošinātāja ieliktņa korpuss (porcelāna caurule); 2 - rievots porcelāna serdenis, 3 – kūstošais elements, 4 - kvarca smiltis, 5 - nostrādes indikatora stieple; 6 - nostrādes indikators; 7 - gala vāks; 8 - metāla aptvere alvas lodīte; D.E - izmēri doti 2.6. tabulā.

Dažu tipu vidēja sprieguma drošinātājiem, kurus paredzēts lietot kopā ar slodzes slēdzi, nostrādes indikators apvienots ar īpašu mehānismu - belzni (3.28. att.), kas, pārdegot drošinātājam vienā fāzē, iedarbojas uz slodzes slēdža atslēdzējmehānismu, nodrošinot slodzes ķēdes visu trīs fāžu atslēgšanu. Spēku, ar kādu belznim jāiedarbojas uz atslēdzējmehānismu, reglamentē standarts IEC 60282-1.

3.6. tabula

**3.26. attēla *a* maināmā ieliktņa izmēra D un E atkarība no drošinātāja**

**nominālā sprieguma.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Un dr, kV | D, mm | E, mm |
| 6 | 192 | 33 |
| 10 | 292 | 33 |
| 20 | 442 | 33 |
| 35 | 537 | 33 |

|  |
| --- |
|  |

3.28. att. HH drošinātāja ieliktņa nostrādes indikators ar belzni: 1 - kūstošais elements; 2 - indikatora stieplīte; 3 - indikatora atspere; 4 - nostrādes indikators veselam kūstošajam elementam; 5 - nostrādes indikators pārdegušām kūstošajam elementam.

Vidēja sprieguma drošinātājiem vispiemērotākais kūstošā elementa materiāls ir sudrabs. Tam ir ļoti laba vadītspēja un nemainīgas īpašības paaugstinātā temperatūrā. Drošinātāja kūstošais elements parādīts 3.29. attēlā.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 3.29. att. Firmas ETI ražotais drošinātājā kustošais elements 25 A nominālajai strāvai un 12 kV nominālajam spriegumam: 1 - vieta, kur kūstošajam elementam samazināts šķērsgriezums; 2 - porcelāna serde, uz kuras uztīts kūstošais elements. |

**3.6. 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 palaides 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:

*In.iel.* ≥ (1,0-1,25) *IN.dz.* ,

kur *IN.dz* — 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 *UN.dr.* jābūt lielākam vai vienādam ar tīkla nominālo spriegumu *UN.t.*

*UN.dr. ≥ UN.t.* .

2. Apgaismes tīklā kūstošā ieliktņa nomināli strāvai *IN.iel.* jābūt lielākai vai vienādai ar aplēses strāvu *Iapr.*, ievērojot drošuma koeficientu *Kdr*.

*IN.iel. ≥ Kdr Iapr.* ,

kur *Kdr.* = 1, ja drošinātājs aizsargā apgaismes elektriskā tīkla posmu, kas baro gaismekļus ar kvēlspuldzēm vai sildierīces;

*Kdr.* = 1,25, ja drošinātājs aizsargā elektriskā tīkla posmu, kas baro gaismekļus ar luminiscences spuldzēm;

*Kdr.* = 1,1, ja drošinātājs aizsargā elektriskā tīkla posmu, kas baro gaismekļus ar dzīvsudraba loka spuldzēm.

3. Asinhrona elektrodzinēja ar īsslēgtu rotoru aizsardzībai drošinātāja kūstoša ieliktņa nominālai strāvai *IN.iel.* jābūt lielākai vai vienādai ar tā palaišanas strāvu *Ipal*, dalītai ar empīrisku koeficientu (pārslodzes) *Kpārsl.*



kur *Kpārsl.* = 1,6-2,5 (ja elektrodzinējs iegriežas ātrāk par 4 s, tad Kpārsl. = 2,5, ja iegriežas 5-10 s, tad *Kpārsl.* = 1,6-2).

Precīzāku rezultātu iegūst, izmantojot drošinātāja laikstrāvas raksturlīkni (sk. izvēles piemēru).

4. Ja drošinātājs aizsargā elektrisko tīklu (3.30. att.), elektriskā tīkla vadu vai kabeļu pie­ļaujamai strāvai *Ip* jābūt lielākai vai vienādai ar *IN.iel.*, dalītai ar koeficientu *Kaiz*



Gg tipa drošinātājiem: *Kaiz* = 1,31, ja drošinātāja nomināla strāva In < 16А; *Kaiz* = 1,10, ja drošinātāja nomināla strāva In ≥ 16А.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 3.30. att. Elektriskā tīkla aizsardzība ar drošinātājiem: 1- izolēto kabeļu vai vadu termiskās izturības raksturlīkne;  2 – drošinātāja laikstrāvas raksturlīkne; 3 – elektrodzinēja palaišana |

5. Ja drošinātājs aizsargā maģistrāllīniju, kas baro vairākus elektrodzinējus, drošinātāja kūstošā ieliktņa nominālai strāvai IN.iel jābūt lielākai vai vienādai ar aprēķina strāvu



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 3.7. tabulas datus vai 3.31 attēlu);

 — darbojošos elektrodzinēju darba strāvu summa, kad palaiž to elektrodzinēju, kuram attiecība *Ipal.*/*Kpārsl.* ir vislielākā.

3.7. tabula

**Vienlaicības koeficients *K*0 atkarībā no elektrodzinēju skaita**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Elektrodzinēju 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 |

6. Drošinātāju maksimālai atslēgtspējai jābūt lielākai vai vienādai ar maksimālo trīsfāžu īsslēguma strāvu



7. Lai drošinātāju aizsardzība būtu selektīva, virkne slēgtus drošinātājus izvēlas šādi: skaitot no elektroenerģijas patērētāja puses, katra nākamā drošinātāja kūstošā 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 kūstošos ieliktņus izvēlas selektīvi, ja aprēķina trīsfāžu īs­slēguma strāvu un pārbauda, vai katras nākamās pakāpes drošinātāju kūstošā ieliktņa nominālā strāva ir vienāda vai lielāka, izmantojot 3.8. tabulas datus.

|  |
| --- |
|  |

3.31. att. Koeficienta K0 atkarība no dzinēju skaita.

3.8. tabula

**Virknē slēgtu PN-2 drošinātāju kūstošo elementu izvēle**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **IN.iel., A**  **(drošinātājs vistuvāk**  **patērētājam)** | **I N.iel., A**  **(nākamais drošinātājs, skaitot no patērētāju puses)** | | | | |
| 30 | 50 | 60 | 120 | 150 | 200 |
| 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 |  |  |

Piemēram, ja trīsfāžu īsslēguma strāva *Ik*(3) ir 50 reizes lielāka par drošinātāja kūstošā elementa nominālo strāvu IN.iel. un elektroenerģijas patērētāja aizsardzībai uzstādīts 30 A kūstošais elements, nākamajam drošinātāja kūstošam elementam, kas slēgts virknē, jābūt vismaz 120 A.

8. Pārbaude: fāzes vada un nullvada šķērsgriezumam jābūt tādam, lai pieļaujamā vienfāzes īsslēguma strāva būtu vismaz trīs reizes lielāka par drošinātāja kūstoša ieliktņa nominālo strāvu

*Ik*(1) ≥ 3·*IN.iel*..

bet sprādziennedrošās zonās

*Ik*(1) ≥ 4·*IN.iel.*.

Šo nosacījumu var neievērot, ja tīkli 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

*Ik*(1) ≥ 3 *Ipieļ.*.

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.

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.

***3.1. Piemērs.*** Aprēķināt kūstošā ieliktņa strāvu un izvēlēties drošinātāju 4 kW asinhronam elektrodzinējam ar īsslēgtu rotoru, ja elektrodzinēja rotācijas frekvence *n* = 1420 min-1, lietderības koeficients *η =* 0,84, cos *φ* = 0,84, palaides strāva 6 reizes lielāka par nominālo strāvu.

**Atrisinājums**

1. Nominālā strāva 

1. Palaides strāva *Ipal.* = 6∙*IN* = 6∙8,7 = 52,2 A
2. Drošinātāja kūstošā ieliktņa nominālā strāva 
3. Izvēlas NH-gl tipa drošinātāju ar kustoša ieliktņa nominālo strāvu *IN.iel.* = 20 A (sk. P.2.5. tab.).
4. Pārbauda, vai izvēlētais drošinātājs nodrošina reālu dzinēja palaides laiku (*tpal* = l-4 s). No drošinātāju Ferraz NH-gG laikstrāvas raksturlīknēm 2.2. attēlā atrod, ka pie *Ipal* =52,2 A drošinātāja minimālais nostrādes laiks *tno* ≈ 3 s (2.2. att. a). No drošinātāju HRC NH-gG laikstrāvas raksturlīknēm, piemēram OFAF000H20 gabarīts 000 (2.6. tab.), 2.3. attēlā atrod, ka pie *Ipal* =52,2 A drošinātāja minimālais nostrādes laiks *tno* = 40 s. No drošinātāju Weber NH-gG/gL laikstrāvas raksturlīknēm, piemēram NH00LP 20MR gabarīts 00 (2.7. tab.), 2.4. attēlā atrod, ka pie *Ipal* =52,2 A drošinātāja minimālais nostrādes laiks *tno* = 60-70 s. Tātad dzinēja palaides laikam jābūt mazākam par 4 s, kas atbilst reālām iespējām.

Piezīme: ja iegūtais palaides laiks ir nepietiekams, jāizvēlas nākamā lielākā IN.iel. vērtība.

***3.2. piemērs.*** Aprēķināt kūstošo ieliktņu strāvas un izvēlēties drošinātājus mehānisko darbnīcu trīsfāžu četrvadu maiņstrāvas tīkla 380/220 V aizsardzībai, ja tam pieslēgti trīs elektrodzinēji RAM180M2 (*PN*1 = 22 kW, n1 = 2940 min-1; *η*1 *=* 0,91, cos*φ*1 = 0,89, *kI*1 = 7,5, *Kn*1 = 0,8), RAM100L2 (*PN*2 = 3 kW, n2 = 2840 min-1; *η*2 *=* 0,83, cos*φ*2 = 0,87, *kI*1 = 6, *Kn*1 = 0,9), RAM132SA2 (*PN*3 = 5,5 kW, n3 = 2895 min-1; *η*3 *=* 0,89, cos*φ*3 = 0,89, *kI*3= 6,5, *Kn*3 = 0,85).

Atrisinājums

1. Sastāda tīkla aprēķina shēmu (3.32. att.).

2. Izvēlas drošinātājus elektrodzinēju aizsardzībai pret īsslēgumu.

2.1. Pirmais elektrodzinējs

2. 1.1. Nominālā strāva: 

2.1.2. Aprēķina pirmā elektrodzinēja darba strāvu *Id*1 = *Kn*1*∙IN*1.

Elektrodzinēja *M*1 darba strāva *IM*1*d* = 0,8∙41,32 = 33,06 A.

2.1.3. Palaides strāva *Ipal.*1 = *kI*1 ∙*IN*1 = 7,5∙*IN*1 = 7,5∙41,32 = 309,9 A.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 3.32. att. Tīkla aprēķina shēma |

2.1.4. Drošinātāja kūstošā ieliktņa nominālā strāva



2.1.5. Izvēlas NH-gl tipa drošinātāju ar kustoša ieliktņa nominālo strāvu *IN.iel*.1 = 125 A (sk. P.2.4. tab.) vai NH-aM tipa drošinātāju ar kustoša ieliktņa nominālo strāvu *IN.iel.*1 = 63 A.

Izvēlamies drošinātāja HRC kūstošo ieliktni, kura nominālā strāva ir 40 A (P.2.5. tab.). Elektriskajās shēmās drošinātājus pieņemts apzīmēt šādi: , kur 3 — fāzu skaits; OFAF – drošinātāja tips, 00 – gabarīts, H – gG tipa drošinātājs, 125 – drošinātāja nominālā strāva (A), 50 A — kūstošā ieliktņa nominālā strāva. aM tipa drošinātājs .

2.1.6. Pārbauda, vai izvēlētais drošinātājs nodrošina reālu dzinēja palaides laiku (*tpal* = 4-10 s). No drošinātāju HRC NH-gl *tno* = 200 s (P.2.2. attēls). Dzinēja palaides laikam jābūt mazākam par 4 s, kas atbilst reālām iespējām *tpal.*1 < *tno.*1.

2.2. Otrais elektrodzinējs

2. 2.1. Nominālā strāva: 

2.2.2. Aprēķina elektrodzinēja darba strāvu *Id*2 = *Kn*2*∙IN*2.

Elektrodzinēja *M*2 darba strāva *IM*2*d* = 0,9∙6,32 = 5,69 A.

2.2.3. Palaides strāva *Ipal.*2 = *kI*2 ∙*IN*2 = 6∙*IN*2 = 6∙6,32 = 37,92 A

2.2.4. Drošinātāja kūstošā ieliktņa nominālā strāva



2.2.5. Izvēlas NH-gl tipa drošinātāju ar kustoša ieliktņa nominālo strāvu *IN.iel*.2 = 16 A (sk. P.2.4. tab.) vai NH-aM tipa drošinātāju ar kustoša ieliktņa nominālo strāvu *IN.iel.*2 = 10 A.

Izvēlamies drošinātāja HRC kūstošo ieliktni, kura nominālā strāva ir 16 A (P.2.5. tab.). Elektriskajās shēmās drošinātājus pieņemts apzīmēt šādi: , kur 3 — fāzu skaits; OFAF – drošinātāja tips, 000 – gabarīts, H – gG tipa drošinātājs, 16 – drošinātāja nominālā strāva (A), 16 A — kūstošā ieliktņa nominālā strāva. aM tipa drošinātājs .

2.2.6. Pārbauda, vai izvēlētais drošinātājs nodrošina reālu dzinēja palaides laiku (*tpal* = 4-10 s). No drošinātāju HRC NH-gl *tno* = 50 s (P.2.3. attēls). Dzinēja palaides laikam jābūt mazākam par 4 s, kas atbilst reālām iespējām *tpal.*2 < *tno.*2.

2.3. Trešais elektrodzinējs

2. 3.1. Nominālā strāva: 

2.3.2. Aprēķina katra elektrodzinēja darba strāvu *Id*3 = *Kn*3*∙IN*3.

Elektrodzinēja *M*3 darba strāva *IM*3*d* = 0,85∙10,56 = 8,98 A.

2.3.3. Palaides strāva *Ipal.*3 = *kI*3 ∙*IN*3 = 6,5∙*IN*3 = 6,5∙10,56 = 68,64 A

2.3.4. Drošinātāja kūstošā ieliktņa nominālā strāva



2.3.5. Izvēlas NH-gl tipa drošinātāju ar kustoša ieliktņa nominālo strāvu *IN.iel*.3 = 25 A (sk. P.2.4. tab.) vai NH-aM tipa drošinātāju ar kustoša ieliktņa nominālo strāvu *IN.iel.*3 = 10 A.

Izvēlamies drošinātāja HRC kūstošo ieliktni, kura nominālā strāva ir 25 A (P.2.5. tab.). Elektriskajās shēmās drošinātājus pieņemts apzīmēt šādi: , kur 3 — fāzu skaits; OFAF – drošinātāja tips, 000 – gabarīts, H – gG tipa drošinātājs, 25 – drošinātāja nominālā strāva (A), 25 A — kūstošā ieliktņa nominālā strāva. aM tipa drošinātājs .

2.3.6. Pārbauda, vai izvēlētais drošinātājs nodrošina reālu dzinēja palaides laiku (*tpal* = 4-10 s). No drošinātāju HRC NH-gl *tno.*3 = 20-30 s (P.2.3. attēls). Dzinēja palaides laikam jābūt mazākam par 4 s, kas atbilst reālām iespējām *tpal.*3 < *tno.*3.

2.4. Aprēķina galvenos (maģistrālajos) drošinātājus:

a) elektrodzinējam M1 ar lielāko pārstrāvu palaišanas brīdī jābūt spēkā šādai sakarībai:



b) pārbauda darba strāvu summu



Izvēlas galvenos drošinātājus  vai .

*tno.mag.* = 1000 s, ja palaišanas strāva 309,9 A.

Maģistrālā drošinātāja nominālo strāvu var aprēķināt arī pēc formulas:

2.5. Pārbauda drošinātāju selektivitāti

2.5.1. pēc nominālām strāvām



2.5.2. pēc aizsardzības darbības laiku



Pēc nostrādās laika selektivitāte ir nodrošināta visiem dzinējiem, bet pēc nominālajām strāvām pilnīgi nodrošināta 2. un 3. dzinējam, bet nav nodrošināta 1. dzinējam. Pirmajam dzinējam jāizveido atsevišķo aizsardzības līniju.

***Kontroles jautājumi***

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 kūstošo elementu?
5. Kādus metālus izmanto drošinātāja kūstošā elementa izgatavošanai?
6. Kādu parādību sauc par metalurģisko efektu?
7. Nosaukt drošinātāju raksturojošos parametrus.
8. Ko sauc par drošinātāja laikstrāvas raksturlīkni?
9. Kādu drošinātāju darbību sauc par selektīvu?
10. Nosaukt DIAZED tipa drošinātāja galvenās sastāvdaļas.
11. Nosaukt NH tipa drošinātāja galvenās sastāvdaļas.
12. Kas raksturo *g* funkcijas klasi?
13. Kas raksturo *a* funkcijas klasi?
14. Ar kādiem burtiem apzīmē NH drošinātāju lietošanas klases?
15. Kādas ir ātrdarbīgo drošinātāju konstrukcijas īpatnības?
16. Kā izvēlēties drošinātājus apgaismes tīklā?
17. Kā izvēlēties drošinātājus asinhroniem elektrodzinējiem ar īsslēgtu rotoru?

**4. NODAĻA**

**AUTOMĀTSLĒDŽI**

Automātslēdži ir elektriski aparāti, kas paredzēti līdzstrāvas vai maiņstrāvas ķēžu aizsardzībai nenormālos darba režīmos (nepieļaujami liela pārslodze, īsslēgums, sprieguma pazemināšanās), retai (līdz 30 reizēm diennaktī) elektrisko ķēžu atslēg­šanai un ieslēgšanai normālos darba režīmos. Automātslēdžos elektriskā loka dzēšanas vide ir gaiss, tāpēc literatūrā ir sasto­pams arī nosaukums automātiskie gaisa slēdži.

Automātslēdzis ir vienīgais komutācijas aparāts, kas spējīgs vienlaicīgi izpildīt visās galvenās funkcijās elektroiekārtā (4.1. tabula).

4.1. tabula

**Automātslēdža/atvienotāja funkcijas**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Funkcijās** | | **Iespējami nosacījumi** |
| Izolēšana (atvienošana) | | ■ |
| Vadība | funkcionāla | ■ |
| avārijas atslēgšana | ■ |
| atslēgšana mehāniskās iekārtās tehniskajai apkalpei | ■ |
| Aizsardzība | pārslodze | ■ |
| īsslēgums | ■ |
| izolācijas caursišana | ■ (kopā ar noplūdes automātu) |
| minimālais spriegums | ■ (ar minimālo sprieguma spole) |
| Distanču vadība | | ■ (iebūvēta vai papildu funkcija) |
| Indikācija un mērījumi | | ■ (parasti elektroniskā atkabņa papildu opcija) |

Automātslēdžiem izvirza šādas prasības.

1. Automātslēdža strāvu vadošai ķēdei jānodrošina nominālās strāvas caurlaide darba laikā;
2. Automātslēdzim jāiztur īsslēguma strāvas iedarbību noteikta laika gan ieslēgtā stāvoklī, gan elektriskās ķēdes pārtraukuma brīdī, nepārsniedzot pieļaujamo temperatūru;
3. Automātslēdzim jāatslēdz īsslēguma strāvas un nepieļaujami lielas pārslodzes strāvas, saglabājot darbspējas pēc īsslēguma strāvas vai pārslodzes strāvas izzušanas;
4. Automātslēdzim jābūt elektrodinamiski un termiski izturīgam, īsslēguma strāva jāatslēdz īsā laikā.
5. Automātslēdžiem jāstrādā selektīvi.

Rūpniecības automātslēdžus izgatavo atbilstoši IEC 60947 standartam. Sadzīves automātslēdžus izgatavo atbilstoši IEC 60898 standartam.

**4.1. AUTOMĀTSLĒDŽA DARBĪBAS PRINCIPS**

Lai izprastu automātslēdža darbības principu, apskata blokshēmu (4.1. att.). Iedarbes signāls Xied 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 mehānismu var iedarbināt arī vadības signāls VS (ar roku nospiesta spiedpoga, tālvadības signāls caur elektromagnētu).

Automātslēdža funkcionāla shēma ar elektromagnētisko un siltuma atkabni parādīta 4.2. attēlā, bet tikai ar elektromagnētisko atkabni 4.3. attēlā. Viens no automāta pamatmezgliem ir vienpola, divpolu vai trīspolu slēdzis, kas apgādāts ar loka dzēšanas iekār­tām un atslēgšanas atsperēm. Slēdzis paredzēts darba un īsslēguma strāvu atslēgšanai.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.1. att.Automatslēdža blokshēma |

|  |  |
| --- | --- |
| 4.2. att. Automāta ar temomagnētisko atkabni funkcionālā shēma: 1 – vadītāja cilpa elektrodinamiskajai kontaktu piespiešanai, 2 –loka dzēšanas kontakti, 3 – darba kontakti, 4 – lokans vads, 5 – bimetāla plāksnīte, 6 – papildpretestiba, 7 – sildelements, 8 – elektro­magnētiskā pārstravas atslēdze, 9 – mazsprieguma atslēdze, 10 – neatkarīgā at­slēdze, 11 – belznis (sprūda mehānisms), 12 – ieslēgšanas rokturis, 13 – elektromagnē­tiskā piedziņa, 14, 15 – brīvatkabes «lūsto­šās» sviras, 16 – kus­tīgo kontaktu svira, 17 – atslēgšanas at­spere, 18 – loka dzē­šanas kamera | 4.3. att. Automātslēdža ar elektromagnētisko atkabni uzbūve: 1  -  lokdzēsēs kontakti;  2  -  spēka ķēdes (galvenie) kontakti; 3  -  kontaktu svira; 4  -  atspere; 5  -  brīvatkabes mehānisma sviras; 6  - atslēgšanas elektromagnēts; 7  -  rokturis; 8  -  ieslēgšanas elektromagnēts; 9  -  lokdzēsēs kameras režģi |

Automātu ieslēdzot, atslēgšanas atsperes tiek uz­vilktas. Slēdzi ieslēgtā un atsperes uzvilktā stāvoklī notur sprūds vai aizkrite, kuras aizkrišanu nodrošina sviru griežpāra šarnīrpunkta pāreja pāri līdzsvara stāvoklim līdz atdurei. Ja kontaktu spiediena spēks samazinās, slēdzis atsperu ietekmē ātri atslēdzas. Atslēgšanai vajadzīgs ne­liels spēks, ko var attīstīt elektromagnētisko vai termisko releju enkuri. Šādus tiešās darbības relejus, kurus iebūvē automātos, sauc par atslēdzēm. Automāta ieslēgšana ir saistīta ar atslēgšanas at­speru saspriegšanu, un tāpēc ieslēgšanai vajadzīgs lielāks spēks nekā atslēgšanai. Lai automatizētu ieslēgšanu, nepieciešama pie­dziņa ar papildu enerģijas avotu. Tādu piedziņu uzstāda lieliem automātiem, kuru ieslēgšanai vajadzīgs ievērojams spēks, un to pa­rasti izveido ar universālo kolektordzinēju vai ar elek­tromagnētu.

Vispārīgā gadījumā ar automātiem var veikt šādas komutācijas operācijas: operatīvo ieslēgšanu un atslēgšanu, avārijas atslēgšanu ar atslēdzi un automātisko ieslēgšanu ar elektrisko piedziņu. Savu­kārt operatīvo ieslēgšanu un atslēgšanu var veikt ar manuālās va­dības mehānismiem vai distancvadības automātiku. Atkarībā no auto­māta lieluma manuālai vadībai izmanto divus pogslēdžus, mēlītes vai roktura tipa sviras.

Ar brīvatkabes mehānismu ieslēdz kontaktus, notur tos ieslēgta stāvoklī līdz brīdim, kad saņem atslēgšanas signālu. Tad tas atbrīvo atslēdzošo atsperi (vai iedarbina citu atslēgšanas mehānismu) un kontakti atslēdzas.

Brīvatkabes mehānisma darbība 4.4. 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 šādi: nekustīgais kontakts 1, — kustīgais kontakts 2, — lokanais pievads 6, — elektromagnēta spole 7.

|  |
| --- |
| ***a b c*** |

4.4. att. Automatslēdža vienkāršotā 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

Lai ieslēgtu automātslēdzi (sk. 4.4. att. a), rokturis 10 jāpagriež pretēji pulksteņa rādītāja virzienam, tad svira 5 pārvieto kustīgo kontaktu un izstiepj atslēdzošo atsperi 4, saslēdz automātslēdža kontaktus 1 un 2. Ja strāva spolē 7 palielinās līdz noteiktai vērtībai, spole 7 ievelk enkuru 8, belznis 9 iedarbojas mehāniski uz sviru sistēmu punktā a, tās pārvietojas uz augšu un atspere 4 pārtrauc kontaktus 1 un 2 (4.4. att. c).

Automātslēdžus izgatavo ar vienu vai vairākiem atkabņiem. Atkabnis ir komu­tācijas aparāta elektromehāniskās sistēmas sastāvdaļa (mezgls), kas avārijas režīmā atbrīvo noturētājsprūdu un padara iespējamu komutācijas aparāta atslēgšanos vai ieslēgšanos. Elektromagnētiskā atkabņa darbības princips ilustrēts 4.3. un 4.4. attēlā, bet 4.23. attēlā parādīts elektromagnētiskais un termobimetāliskais atkabnis.

Biežāk lietoto konstrukciju brīvatkabes mehānisms pēc avā­rijas atslēguma neatgriežas izejas stāvoklī. Rokas piedziņas mēlīte šādā gadījumā atrodas nedaudz zemāk kā ieslēgtam automātam. Tas ir *vizuāls signāls* par automātu nostrādi. Retos gadījumos auto­mātos uzstāda blokkontaktus, kas ir mehāniski saistīti ar piedziņu. Tos arī izmanto avārijas signalizācijai.

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 nenostrādā.

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 pārvadu. Ja atslēgšanas momentā tīklā izzūd spriegums, elektrodzinēja rotoram ir pietiekami liela inerces enerģija, lai atslēgtu automātslēdzi. Ieslēgšanas laikā nero­das triecieni, jo ātrums ir vienmērīgs.

Atkabnis kontrolē kādu aizsargājamās elektriskās ķēdes parametru, dod atslēg­šanas 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. Dažādas sistēmas konfigurācijas ļauj ātri risināt jebkurus uzdevumus, izmantojot minimālu iekārtu daudzumu.

Elektriskās shēmās automātslēdžus parāda izvērstā veidā (4.5. att. *a*) vai vien­kāršoti (4.5. att. *b*), kur ar 1, 3, 5 apzīmētas automātslēdža spailes barošanas līnijas L1, L2, L3 pieslēgšanai, bet ar 2, 4, 6 — izejas spailes aizsargājamā objekta spaiļu T1, T2, T3 pieslēgšanai.

|  |
| --- |
| ***a b***  4.5. att.Trīsfāžu maksimālās strāvas automātslēdžu apzīmējumi shēmās:  *a* — izvērstais; *b* — vienkāršotais |

Rūpniecībā izgatavo dažādas konstrukcijas automātslēdžus, bet tiem visiem ir šādi galvenie mezgli: kontakti, lokdzēses ierīce, piedziņa, brīvatkabes mehānisms, atkabnis. Automātslēdža galvenie mezgli izpilda četras galvenās funkcijās:

1. Atslēgšanas mezgli ar kustīgiem un nekustīgiem kontaktiem un lokdzēses kameru, kas atslēdz tīklu avārijas darba apstākļos. Lokdzēses kon­takti ieslēdzas pirms un atslēdzas pēc darba kontaktiem;

2. bloķēšanas mehānisms, kas ieslēdzas nenormālos darba režīmos. Mehānisms savienots ar rokturi;

3. Atkabņa izpildmehānisms ar sekojošiem aizsardzības ierīcēm:

* elektromagnētiskais atkabnis, kas iedarbojas tikai īsslēguma gadījumā;
* kombinētais atkabnis sastāv no elektromagnētiskā un siltuma atkabni. Ārzemju literatūrā viņu visbiežāk sauc par termomagnētisko atkabni. Siltuma atkabnis aizsarga pret pārslo-

dzi, bet elektromagnētiskais atkabnis aizsarga pret īsslēgumu;

* elektroniskais relejs, kas nodarbojas no mērtransformatoriem katrā fāzē.

4. Palīkontaktus izmanto lai palielināt automāta funkciju skaitu, piemēram, vadības un signalizācijas ķēžu komutēšanai.

Automātslēdžu komplektācijas princips parādīts 4.6. attēlā.

|  |
| --- |
|  |

4.6. att. Bloksistēma Compact NS slēdžiem: 1 - atslēgšanas bloks; 2 - atslēgšanas ierīces;

3 – diferenciālais bloks; 4 - izolācijas kontroles bloks; 5 - sprieguma noteikšanas indikators;

6 - ampērmetra bloks; 7 - atslēgšanas ierīce ; 8 - daudzfunkcionāls palīgkontakts; 9 - standarta grozāmais rokturis; 10 - iznesamais grozāmais rokturis; 11 - motors – reduktors; 12 - izbīdāmais cokols; 13 - piederumi izbīdāmā cokola palīgtīklu pievienošanai; 14 - savienošanas piederumi; 15 - īsie klemmju aizbāžņi; 16 - garie klemmju aizbāžņi

**Lokdzēses kamera.** 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



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

Lai nodzēstu loku viņu vajag izstiept, tas nozīme jāpalielina loka garumu vismaz līdz tā kritiskajam garumam. Loka garumu var palielināt mehāniski izmantojot, piemēram, tiltiņa kon­taktus, kas veido divus ķēdes pārtraukumus. Tad pie kontaktu gājiena *δ* loks tiek izstiepts līdz *2δ*.

Loku var arī izstiept 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. Tas pārvietojas ar noteiktu ātrumu v, kas proporcionāls magnē­tiskā lauka intensitātei *H* un strāvai lokā *I*



kur *k* — proporcionalitātes koeficients.

Loku dzēšanas kamerā ievelk ar elektrodinamisko spēku palīdzību. Lai samazinātu aero­dinamisko pretestību loka kustībai, sprauga sašaurinās pakāpeniski (4.7. att.). Ja jādzēš lielas strāvas loks, izmanto kameru ar vairākām paralēlām garenspraugām.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.7. att. Loka dzēšanas process  garensprauga kamerā |

Izmantojot abus šos faktorus (mehānisko un elektrodinamisko), ir radītas efektīvas lokdzēses kameras. Piemēram, elektriskā loka dzēšanai var izmantot lokdzēses kameras ar ferromagnētiska materiāla plāksnīšu lokdzēses režģi (4.8. att.). Lai plāksnītes neapdegtu, tās pārklātas ar varu vai cinku. Loku šajā kamerā ievelk elektrodinamiskie spēki. Režģī loks sadalās atsevišķos patstāvīgos lokos, Ja plāksnīšu skaits režģī ir *m*, veidojas (*m* - 1) loks. Jo lielāks barošanas spriegums *U*, jo vai­rāk plāksnīšu nepieciešams. Lai atvieglotu loka ievilkšanu režģī, plāksnītēm ir ķīļ­veida izgriezumi (4.8. att.). Lai loks neveidotu starp plāksnītēm šķidra metāla tiltiņu, minimālais attālums starp plāksnītēm *δP* > 2 mm. Dzēšot lielas strāvas elektrisko loku, plāksnītes stipri sakarst un var pat sadegt. Tāpēc tādās lokdzēses kameras lieto aparātos ar nelielu komutāciju biežumu (< 600 operāciju stundā).

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, grafīts), lokdzēses kontaktu virsmu arī veido no metālkeramikas plāksnītēm (sudrabs, niķelis, volframs). Lielu strāvu automātslē­džiem izveido vairākus paralēlus kontaktu pārus.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | 4.8. att.Lokdzēses kamera: 1 — loks pirms ieiešanas režģī; 2 — feromagnētiska materiāla plāksnīte; 3 — loks sadalīts režģī |

4**.2. 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 raksturlīknēm utt.

Maiņstrāvas un līdzstrāvas zemsprieguma tīklos visbiežāk ko­mutējamo strāvu diapazons ir apmēram 4 dekādes — 0,63...6300 A. Mazu strāvu diapazonā ar vienas sērijas automātiem var aptvert vairāk kā vienu dekādi, lielu strāvu diapazonā — mazāk par dekādi, bet ar 3 automātu grupām — visas 4 dekādes. Ņemot vērā šos dia­pazonus, automātus lietderīgi iedalīt

1) *mazautomātos* ar strāvu 0,63 ... 63 A;

2) *vidējos automātos* — 63 . . . 630 A;

3) *lielos automātos* — 630 .. . 6300 A.

Vidējos automātus un mazautomātus izgatavo ar plastmasas apvalkiem. Tos var uzstādīt telpās, kas pie­ejamas nekvalificētam personālam. Lielos automātus montē atklāti uz izolācijas materiāla plāksnes. Tādi automāti piemēroti uzstādī­šanai elektrotehniskās telpās vai aiz nožogojuma. Lielie automāti tiek izlaisti arī metāla apvalkos.

Bez minētajiem plaša pro­fila automātiem ir vēl speciāla funkcionāla uzdevuma automāti,

pie­mēram, magnētiskā lauka dzēšanas automāti, ko lieto sinhrono mašīnu ierosmes ķēdēs, anoda un katoda automāti, ko izmanto taisngriežu iekārtu aizsardzībai.

Automātos visbiežāk uzstāda pārstrāvas atslēdzes. Tās izmanto aizsardzībai no pārslodzes un īsslēguma strāvu iedarbības. Nereti automātos iebūvē arī neatkarīgo vai mazsprieguma atslēdzi. Pirmā ir paredzēta no neiebūvētiem relejiem izveidotas papildu aizsardzī­bas pieslēgšanai automātiem, bet otra — aizsardzībai no ievēroja­mas sprieguma pazemināšanās sekām. Abas atslēdzes var izmantot arī atslēgšanai no distances. Retāk izmanto pretstrāvas (līdzsprieguma ķēdēs) un mazstrāvas atslēdzes.

Zemsprieguma tīkliem ir vairākas pakāpes. 4.9. attēlā paradītā vienkāršotā zemsprieguma elektroapgādes struktūra. Visu pakāpju aizsardzības ir savstarpēji jāsaskaņo, lai panāktu to *selektīvu* darbību. Selektīvai aizsardzībai radiālos tīklos jāatslēdz no barošanas puses *tikai* tīkla bojātā pakāpe, bet barošanas avotam tuvāk stāvošā (aug­stākā) tīkla pakāpe, kurā arī plūst pārstrāva, nedrīkst tikt atslēgta.

Automātslēdžus izvēlas atbilstoši uzstādīšanas vietai shēmā, saskaņojot to ar lietotāja parametriem.

**A pakāpe.** Zemsprieguma tīklā galvenā sadalne ir vissvarīgākā daļa.Galvenā sadale pakāpē vissvarīgākā prasība ir elektroapgādes drošums (sistēmas barošana bez pārtraukumiem). Īsslēguma stāvas šajā pakāpē var sasniegt ļoti lielās vērtības no barošanas avota puses un vadītāju šķērsgriezumi ir aprēķināti uz lielām strāvām. Šajā pakāpē izmanto automātslēdžus uz lielām strāvām.

**B pakāpe - starpsadalnēs.** Elektroapgādes īpatnības šajā līmenī: elektroenerģijas sadalnei izmanto kabeļu līnijas un kopņvadus, attālums no apakšstacijām nav liels un īsslēguma strāvas var sasniegt 100 kA. Automātslēdžiem starpsadalnēs pakāpē ir ļoti svarīgi ierobežot siltuma un elektrodinamiskās iedarbības uz elektroiekārtām un būt koordinētam ar aizsardzības aparātiem A un C pakāpes. B pakāpē pielieto vidējas strāvas automātslēdžus (automātslēdži lietā korpusā) un viņi parasti ir ātrdarbīgie lai atslēgtu īsslēguma strāvas pirms vislielāko vērtību sasniegšanu.

|  |
| --- |
|  |

4.9. att. Zemsprieguma elektroapgādes struktūra

**C pakāpe** automātslēdži aizsarga patērētājus. Gala sadalnēs pakāpē vissvarīgākā prasība ir elektrodrošība un koordinācija ar augšējiem pakāpēm. C pakāpēm raksturīga nelielas īsslēguma strāvas vērtības. C pakāpē pielieto mazautomātus (moduļa automātslēdžus).

Tātad aizsardzības ierīces īpašības un koordinācija ir atkarīga no elektroiekārtas īpašībām un zemsprieguma elektroapgādes struktūru. Lai pareizi izvelēt aizsardzības ierīcēs jāzina tas raksturojošus parametrus.

**4.3. AUTOMĀTSLĒDŽU RAKSTUROJOŠIE PARAMETRI.**

Automātslēdžiem uzrāda šādus tehniskos datus:

**1. Nominālais spriegums *Ue*** (*UN* ) — elektroiekārtas spriegums, līdz kādam automātslēdzi var uzstādīt;

**2.** **Automātslēdža nominālā strāva *In*** (*IN*) — ilgstoši pieļaujamā strāva automātslēdžu kontaktu sistēmai dotajai temperatūrai bez pārkāršanas, piemēram, 125 A pie 400C;

**3. Termoatkabņa iestatījuma strāva *Ir* un *Irth*** (*Iiest.T.*) ir lielākā ilgstošā strāva, kura var plūst caur termoatkabni bez atslēgšanas. *Ir* jābūt lielākai par maksimālo slodzes strāvu *Ib*, bet mazākai par dotas ķēdes pieļaujamo strāvu *Iz*. Siltuma releji parasti regulējami diapazonā (0,7…1,0)∙*In*. Elektroniskie releji regulējami plašākā strāvu diapazonā (0,4…1,0)∙*In*. Ja automātslēdzim atkabnis nav regulējams, tad *Ir = In*.

Pārslodzes gadījumā strāvas bez termoatkabņa nostrādes (Ind) un ar nostrādi (Id) sastāda: *Ind* = (1,05-1,1) *Ir*; *Id* = (1,30-1,45) *Ir*.

Ja darba strāva ir lielāka par Id, termoatkabņa nostrādes laiks notiek atbilstoši laikstrāvas raksturlīknei. Iestatījuma strāvas *Ir* nosaukums – aizsardzība pret pārslodzēm (LТ vai fr. LR).

**4.** **Elektromagnētiskā atkabņa iestatījuma strāva *Im*** – lielākā ilgstošā strāva, kas garantē šim atkabnim rūpnīcas garantēto darbmūžu. Momentānas nostrādes vai ar laika aizturi elektromagnētiskie atkabni atslēdz elektrisko ķēdi īsslēguma strāvas gadījumā. Bieži literatūrā iestatījuma strāvu *Im* apzīmē ar *Isd* un sauc par selektīvo iestatījuma strāvu (*Im = Isd*).

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

4.10. att. Automātslēdža laikstrāvas raksturlīkne ar termomagnētisko (*a*) un pusvadītāju (*b*) atkabni: *Ir* – termoreleja vai releja ar īso aizturi iestatījuma strāva; *Im* – elektromagnētiskā releja vai releja ar lielo laika aizturi iestatījuma strāva*; Isd* – selektīva iestatījuma strāva; *Ii* – elektroniskā atkabņa momentānas nostrādes iestatījums īsslēguma gadījumā; *ICU* – atslēgtspēja

Strāva *Isd* (mērvienība kA) ir atkarīga no strāvas Ir (4.2. tab.) un raksturo aizsardzību no īsslēguma strāvām. Atslēgšana notiek atbilstoši laikstrāvas raksturlīknēm (4.10. att.) vai ar laika aizturi *tm*, vai saskaņā ar nosacījumu *I*2*t* = const, vai momentāni.

Rūpniecības automātslēdžiem ir liels atkabņu modifikācijas skaits, kas atļauj izvēlēt un adaptēt automātslēdža aizsardzības funkcijas konkrētas slodzes prasībām (sk. 4.2. tab. un 4.10. att. *a* un *b*).

Automātslēdžu iedalījums pēc raksturlīknēm A, B, C un D tipos nosaka to lietošanas iespējas. Kā izriet no 4.2. tabulā un redzams 4.11. attēlā, tās atšķiras ar *Im* vērtībām.

A tipam *Im* = (2-3)∙*In*, tātad šie automātslēdži der aktīvas slodzes aizsardzībai, kam ir ma­zas palaides strāvas.

B tipam *Im* = (3-4)∙*In* — tie paredzēti mazinduktīvas slodzes aizsardzībai, piemēram, sadzīves elektroiekārtām.

C tipam *Im* = (4,5-10)∙*In* — tie paredzēti elektrodzinēju aizsardzībai, kur pa­laides strāva Ip < 10∙IN.

D tipam *Im* = (10-20)∙*In* — tie paredzēti iekārtām ar smagiem palaides ap­stākļiem.

K tipam *Im* = (8-14)∙*In* — tie arī paredzēti iekārtām ar smagiem palaides ap­stākļiem.

Z tipam *Im* = (2,5-3,6)∙*In*.

4.2. tabula

**Automātslēdžus atslēgšanas strāvas diapazoni pārslodzes un īsslēguma gadījumā**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Automātslēdži** | **Atkabņa tips** | **Aizsardzība no pārslodzēm** | **Aizsardzība no īsslēguma** | | |
| Sadzīves automātslēdži IEC60898 | Termomagnētiskais (kombinētais) | *Ir = In* | Zemākais iestatījums. B tips.  3*In* ≤ *Im* ≤ 5In  (Im pastāvīga) | Standarta iestatījums. C tips.  5In ≤ *Im* ≤ 10In  (Im pastāvīga) | Augšējais iestatījums. D tips.  10*In* ≤ *Im* ≤ 20*In*  (Im pastāvīga) |
| Rūpniecības vidējās strāvas automāti  (IEC 60947) | Termomagnētiskais (kombinētais) | *Ir = In*  (neregulējama) | Zemākais iestatījums. B vai Z tips.  3.2*In* ≤ *Im* ≤ 4.8*In* | Standarta iestatījums. C tips.  7 *In* ≤ *Im* ≤ 10 *In* | Augšējais iestatījums. D vai K tips.  10 *In* ≤ *Im* ≤ 14 *In* |
| Rūpniecības lielās strāvas automāti  (IEC 60947) | Termomagnētiskais (kombinētais) | *Ir = In*  (neregulējama) | Pastāvīga: *Irn* = 7-10 *In* | | |
| Regulējama: 0,7*In* ≤ *Ir* ≤ *In* | Regulējama:  - Zemākais iestatījums: (2 – 5)∙*In*  - Standarta iestatījums: (5 – 10)∙*In* | | |
| Pusvadītāju (elektroniskais) | Ar lielo laika aizturi  0.4*In* ≤ *Ir* ≤ *In* | Ar īso laika aizturi, regulējams:  1.5*Ir* ≤ *Im* ≤ 10*Ir*  Momentāna nostrāde (I), aiztures laiks nav regulējams:  *I* = (12 - 15)∙*In* | | |

5. Automātslēdža atslēgtspēja *Icu* (*Ia*) — maksimālā īsslēguma strāva, kuras elektrisko loku var nodzēst lokdzēses kamerā un pie tam automātslēdzis paliek darba stāvoklī (*Icu* – rūpniecības automātslēdžiem, *Icn* – sadzīves automātslēdžiem).

Icu (nominālā maksimāla atslēgtspēja) un Ics (nominālā ekspluatācijas atslēgtspēja) ir noteikti standartā IEC 60947-2 dažādām izmantošanas kategorijām: kategorija A (momentāna atslēgšana) un kategorija B (atslēgšana ar laika aizturi).

*Icu* ir īsslēguma strāvas periodiskas komponentes darbīga vērtība. Tas nozīme, ka aperiodiskā komponente pārejas procesā ir vienāda ar nulli.

Automātslēdža atslēgtspēja *Icu* ir atkarīga no bojātas ķēdes posma jaudas koeficienta cos*φ* (4.3. tabula). Ja strāva ir fāzē ar spriegumu (cos*φ* = 1), tad atslēgt elektrisko ķēdi ir daudz vieglāk nekā citos gadījumos ar pazeminātu jaudas koeficientu.

**6. Automātslēdža atkabņa momentānas nostrādes iestatījums *Ii***(кА) ir atkarīgs no nominālas strāvas *In* un raksturo momentānu aizsardzību pret īsslēgumu. Ja īsslēguma strāva ir lielāka par *Ii* automātslēdzis momentāni atslēdz bojāto ķēdes posmu. Aizsardzība *Ii* var būt izslēgta B kategorijas aparātiem.

**7. Nominālais izolācijas pārbaudes spriegumu *Ui*** izmanto lai izvelēt spriegumu elektrisko izolācijas stiprības pārbaudei (parasti 2*Ui*). Darba strāvas nomināla vērtība nevar pārsniegt nominālais izolācijas spriegumu, t.i., *Ue = Ui.*

**8. Nominālais impulsa spriegums *Uimp* –** noteiktās formas un polaritātes spriegums, kuru spējīgi izturēt elektroiekārtas bez sagraušanas. Parasti rūpniecības automātslēdžiem *Uimp* = 8 kV, sadzīves automātslēdžiem – *Uimp* = 6 kV.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

4.11. att. Automātslēdžu (termobimetāliskā un elektromagnētiskā atkabņa) laikstrāvas raksturlīknes B, C, D (*a*), K, Z (*b*)

4.3. tabula

**Sakarība starp atslēgtspēju *Icu* un jaudas koeficientu cos*φ* īsslēguma gadījumā**

**(IEC 60947-2)**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Icu*** | **cos *φ*** |
| 6 kA < Icu ≤ 10 kA | 0.5 |
| 10 кА <Iсu ≤ 20 кА | 0.3 |
| 20 kA < Icu ≤ 50 kA | 0.25 |
| 50 kA < Icu | 0.2 |

**9. A un B kategorijas.** Standarts IEC 60947-2 uzstāda divas kategorijas rūpniecības komutācijas aparatūrai:

A kategorijas komutācijas aparātiem elektromagnētiskais atkabnis īsslēguma gadījumā nostrādā bez laika aizturi (4.12. att.). Parasti tas ir vidējas strāvas automāti.

B kategorijas komutācijas aparātiem paredzēta nostrādes laika aizture, ja īsslēguma strāvas vērtība ir zemāka par īslaicīgi pieļaujamo īsslēguma strāvasvērtību *Icw* (4.13. att.). Parasti tas ir lielas strāvas automātslēdži un daži tipi vidējas strāvas automātslēdži, kas domāti smagiem ekspluatācijas apstākļiem.

**10. Nominālā īslaicīgi pieļaujama īsslēguma strāva *Icw*** (4.14. att.)ir strāva, kuru automātslēdzis spējīgs izturēt termiskī un elektrodinamiskī bez bojājumiem laika momentā, kas norādīts izgatavotājfirmas tehniskā dokumentācijā.

**11. Nominālā ieslēgšanas spēja *Icm*** ir strāvas maksimālā momentāna vērtība, kuru automātslēdzis spējīgs ieslēgt pie nomināla tīkla sprieguma. Maiņstrāvas tīklā nomināla ieslēgtspēja *Icm* ir saistīta ar nominālo atslēgtspēju *Icu* un atkarīga no jaudas koeficienta cos*φ* (4.4. tabula)

|  |  |
| --- | --- |
| 4.12. att. A kategorijas automātslēdža laikstrāvas raksturlīkne | Im Ii Icw Icu  4.13. att. B kategorijas automātslēdža laikstrāvas raksturlīkne |

|  |
| --- |
|  |

4.14. att. Īslaicīgi pieļaujama īsslēguma strāva: 1 – īsslēguma triecienstrāva; 2 - īsslēguma strāvas periodiskā komponente; 3 - īsslēguma strāvas darbīga vērtība (īslaicīgi pieļaujama īsslēguma strāva)

**12. Nominālā ekspluatācijas atslēgtspēja *Isc*.** Atslēgtspēju *Isc* izmanto lai pārbaudīt vai automātslēdzis ir darba stāvoklī pēc īsslēguma strāvas atslēgšanu. Eiropā pieņemts *Isc = Icu*.

4.4. tabula

**Sakarība starp nominālo atslēgtspēju *Icu* un nominālo ieslēgtspēju *Icm* maiņstrāvas ķēdē īsslēguma gadījumā (standarts IEC 60947-2)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Icu*** | **cos*φ*** | ***Icm*** *=* ***k∙Icu*** |
| 6кА< *Iсu* ≤ 10кА | 0.5 | 1.7 х *Icu* |
| 10кА< *Iсu* ≤20кА | 0.3 | 2 x *Icu* |
| 20 кА < *Icu* ≤ 50 kA | 0.25 | 2.1 x *Icu* |
| 50 кА ≤ *Icu* | 0.2 | 2.2 x *Icu* |

*Piemērs.*Automātslēdzim Masterpact NW08H2 nominālā atslēgtspēja *Icu* = 100 кА. Automāta nominālas ieslēgtspējas piķa lielums sastāda *Icm = k∙Icu* = 2,2∙100 = 220 kA.

**Īsslēguma strāvas ierobežojums.** Liels skaits automātslēdžus konstruktīvi uzbūvēti tā, lai novērstu īsslēguma strāvas maksimālās vērtības un izlaist tālāk ierobežoto strāvas vērtību (4.15. att.). Strāvas ierobežojuma spējas izgatavotājfirmās parāda grafiski, viens no tādiem tipiskiem grafikiem redzams 4.16. attēlā.

Diagramma 4.16. att. *a* parāda ierobežoto strāvas amplitūdas vērtību atkarība no īsslēguma strāvas periodiskas komponentes vērtībām.

Diagramma 4.16. att. *b* parāda ka samazinās siltuma iedarbība, kas proporcionāla I2t, atkarība no īsslēguma strāvas periodiskas komponentes vērtībām.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | |
| 4.15. att. Īsslēguma strāvas ierobežojums ar automātslēdžiem: *a* - īsslēguma un faktiskā strāva; *b* - īsslēguma un faktiskā enerģija. | | |
| ***a*** | | ***b*** |

4.16. att. Tipiskā automātslēdža nostrādes raksturlīknes

**4.4. AUTOMĀTSLĒDŽU SELEKTĪVA DARBĪBA**

Automātslēdžiem elektroapgādes shēmās jādarbojas selektīvi, t.i., pēc atlases principa: avārijas gadījumā vispirms jānostrādā automātslēdzim B pie elektroenerģijas lietotāja un tikai tā atteices gadījumā nostrādā ievada vai barošanas līnijas automātslēdzis A (sk. 4.17. att.).

Selektivitātes veidi:

**Strāvas selektivitāte.** Laikstrāvas raksturlīknes ir nobīdītaslaikā ass virzienā. Selektivitātes robežstrāva Is vienāda ar (4.18. att.):

- Is = Isd2, ja Isd1 un Isd2 vērtības atrodas ļoti tuvu viens otrai vai savienoti starp sevi;

- Is = Isd1, ja Isd1 un Isd2 vērtības attālināti viens no otrā.

Parasti strāvas selektivitāte ir nodrošināta, ja Ir1/Ir2 > 2 un Isd1/Isd2 >2.

Selektivitātes robežvērtība šajā gadījumā ir: Is = Isd1**.**

Selektivitāte ir pilnā, ja Is > IК D2 vai Isd1 > IК D2, kur IK – īsslēguma strāva.

Pilnas selektivitātes nosacījumi parasti izpildās, ja

* + - * īsslēguma strāvas vērtības (IK D2) nav lielas;
      * nominālas strāvas automātslēdžiem D1 un D2 atšķiras starp sevi vismaz par vienu pakāpi.

|  |
| --- |
|  |

4.17. att. Pilnā vai daļējā selektivitāte (Is – selektivitātes robeža)

|  |  |
| --- | --- |
| 4.18. att. Strāvas selektivitāte | 4.19. att. Laika selektivitāte |

**Laika selektivitāte.** Šajā gadījumā automātslēdzis D1 var nostrādāt ar laika aizturi Δt. Laikstrāvas raksturlīknes automātslēdzim D2 ar iestatījuma strāvām Ir2, Isd2 un automātslēdzim D2 ar iestatījuma strāvām Ir1, Isd1 nekrustojas starp sevi (4.19. att).

Selektivitātes robežstrāva Is šajā gadījumā vismaz vienāda strāvai IiD1, t.i., momentānas atslēgšanas iestatījuma strāvai.

**Aizsardzība pret īsslēguma strāvām** (4.17. un 4.20. att.). Automātslēdži A un B saskaņoti selektīvai darbībai pilnīgi, ja maksimālā īsslēguma strāva B ķēdē (IscB) nav lielākā par automātslēdža A elektromagnētiskā atkabņa iestatījuma strāvu (ImA). Šajā gadījumā tikai automātslēdzis B var atslēgt īsslēguma strāvu (4.20. att.). Selektīva darbība būs daļēja, ja maksimālā īsslēguma strāva ķēdē B ir lielākā par automātslēdža A elektromagnētiskā atkabņa iestatījuma strāvu (ImA). Tādā gadījumā nostrādā abi automātslēdži A un B (4.21. att.).

Lai nodrošinātu selektīvo darbību, jāsaskaņo automātslēdžu laikstrāvas raksturlīknes gan pēc nostrādes laika, gan strāvas.

**Aizsardzība no pārslodzēm: uz strāvas līmenim dibināta selektīvā atslēgšana** (4.22. att. *a*). Metode var realizēt ja uzstādīti noteikta secība atslēgšanas sliekšņi elektroiekārtās dažādas pakāpēs, no zemākiem iestatījumiem līdz lielākiem iestatījumiem tuvāk pie barošana avota. Praktiski selektivitāte tiek nodrošināta, ja **IrA/IrB > 2**.

|  |  |
| --- | --- |
| 4.20. att. Automātslēdžu raksturlīknes  selektīvai darbībai | 4.21. att. Automātslēdžu raksturlīknes, ja selektivitāte daļēja |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | |
| ***c*** | | 4.22. att. Selektīvā atslēgšana |

**Aizsardzība pret nelieliem īsslēguma strāvām: uz diskrētā laika aizturi dibināta selektīvā aizsardzība** (4.22. att. *b*). Metode var realizēt ar elektromagnētiskiem atkabņiem, kuriem iebūvēta laika aizture. Zemākiem relejiem laika aizture ir mazāka un palielinās pakāpeniski tuvāk pie barošana avota.

**Selektīvā atslēgšana izmantojot pirmo un otro metodi** (4.22. att. *с*). Šajā gadījumā jāsaskaņo automātslēdžu laikstrāvas raksturlīknes gan pēc nostrādes laika, gan pēc strāvas.

Selektivitāte ir pilnā, ja Isc В < Irm А (momentānā nostrāde). Augšējam automātslēdzim ar ātrdarbīgo elektromagnētisko atkabni ir divi iestatījumi:

* Irm А (ar laika aizturi) vai elektroniskais taimers;
* Irm А (momentānā nostrāde) standarta iestatījums (piemēram, automātslēdzis Compact SA tipa).

Izpildot šos noteikumus, selektivitāte tiks no­drošināta.

Praksē bieži automātslēdžus lieto kopā ar kūstošajiem 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 (4.23. att.).

Pārslodzes gadījumā nostrādes laika starpībai jābūt lielākai par 1 s.

Ja līnijas pusē ir drošinātājs, bet pie lietotāja automātslēdzis (4.24. att.) Jāievēro iepriekšējie nosacījumi un jāņem vērā, ka pie lielām īsslēguma strāvām, kur rakstur­līknes krustojas, selektivitāte netiks nodrošināta. Tātad ķēdē iespējamai īsslēguma strāvai ir jābūt mazākai par *I*1.

|  |  |
| --- | --- |
| 4.23. att. Drošinātāja un automātslēdža selektīvas darbības raksturlīknes | 4.24. att. Automātslēdža un drošinātāja selektīvas darbības raksturlīknes |

Drošinā­tāju ampērsekunžu raksturlīknes gandrīz vienmēr izdodas saskaņot, bet atslēdžu raksturlīkņu saskaņošana ir krietni sarežģītāka. Ja rak­sturlīknes nekrustojas visā strāvu izmaiņas diapazonā, tad augstākās tīkla pakāpes aizsardzības darbības laiks ir *lielāks* nekā zemākajai pakāpei. Tas nozīmē, ka visiem automātiem, izņemot tos, kas uzstādīti tīkla nozarojumos līdz atsevišķiem patērētājiem, ir *vēlama un nereti nepieciešama atslēdžu atslēgšanas laika palieli­nāšana.* Šai nolūkā daļā automātu kopā ar atslēdzēm iebūvē to dar­bības *palēninātājus.* Jāpiebilst, ka palēninātāji dažkārt var būt vaja­dzīgi arī dzinēju un citu patērētāju aizsardzībai.

**4.5. MAZGABARĪTA AUTOMĀTISKIE SLĒDŽI (MAS)**

Mazgabarīta automātiskie slēdži paredzēti galējo sadales līniju aizsardzībai, kur nepieciešams ierobežot siltuma un elektrodinamisko iedarbību uz vadītājiem (kabeļi, vadi, pievienošanas iekārtas) un uz patērētājiem.

Mazgabarīta automātiskiem slēdžiem izvirza šādas prasības.

1. Automātslēdža strāvu vadošai ķēdei jānodrošina nominālās strāvas caurlaide darba laikā.
2. Atslēgtspēja ir atkarīga no konkrētā pielietojuma.
3. Nominālā strāva no 1 А līdz 125 А atkarība no patērētāja slodzes
4. Automātslēdzim jāatslēdz īsslēguma strāvas un nepieļaujami lielas pārslodzes strāvas, saglabājot darbspējas pēc īsslēguma strāvas vai pārslodzes strāvas izzušanas.
5. Automātslēdzim jābūt elektrodinamiski un termiski izturīgam, īsslēguma strāva jāatslēdz īsā laikā.
6. Ja MAS slēdži izgatavoti sadzīves pielietošanai, tad viņiem jāatbilst standarta IEC 60898 prasībām.
7. Ja MAS slēdži izgatavoti profesionālai pielietošanai, tad viņiem jāatbilst standarta IEC 60947-2 prasībām.
8. Automātslēdžiem jānodrošina pilno elektrodrošību personālām
9. Automātslēdžiem jāstrādā selektīvi.

Ekspluatācijas apstākļi:

Apkartēja gaisa temperatūra ne vairāk par +400C un ne mazāk par -50C;

Augstums virs jūra līmeni ne vairāk par 2000 m;

Relatīvais gaisa mitrums ne vairāk par 50%, ja apkartēja gaisa temperatūra ir 400C.

**Mazgabarīta slēdža uzbūve** (4.25. att.). Slēdža korpuss (1) izgatavots no nedegošas plastmasas, uz korpusa ir atsperslēdzenēs uzstādīšanai uz DIN līstēm (3). Siltuma atkabnis izgatavots uz bimetāla plāksnītes (6) bāzē un aizsarga pret ilgstošas pārslodzes. Darbības princips: ja caur slēdža mehānismu plūst pārstrāva, bimetāla plāksnīte sasilst līdz tādai temperatūrai, ka tā izliecas

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.25. att. Mazgabarīta slēdža uzbūve:  1 – korpuss; 2 – rokturis;  3 – atsperslēdzene uzstādīšanai uz DIN līstēm; 4 – spaile; 5 - lokdzēses kamera; 6 – termoatkabnis (bimetāliska plāksnīte); 7 – kustīgais kontakts; 8 – nekustīgais kontakts; 9 – spole (elektromagnētiskais atkabnis); 10 – metāla plāksnīte; 11 - brīvatkabes mehānisms; 12 – skrūve termoatkabņa regulēšanai; 13 - augstas temperatūras gāzes izvades kanāls. |

|  |  |
| --- | --- |
| ***a***  ***1 2 3 4***  ***b*** | 4.26. att. Automātslēdži:  *a* – moduļa izmēri;  1 – vienpolīgs,  2 – divpolīgs;  3 – trīspolīgs;  4 – četrpolīgs;  *b* - automātslēdža elektriskā shēma |

un iedarbojas uz brīvatkabes mehānismu (11) sviru un automātslēdzis atslēdzas. Elektromagnētiskā atkabņa galvenā sastāvdaļa ir spole ar serdeni (9). Ja elektriskajā ķēdē plūst īsslēguma strāva, tā, plūstot elektromagnētiskā atkabņa spolē, ievelk serdeni spolē. Tas atbrīvo brīvatkabes mehānisma (11) sviru un automātslēdzis atslēdzas momentāni. Brīvatkabes mehānisma sastāvā atrodas arī četrmalu lokdzēses kamera (5) ar deviņiem lokdzēses plāksnēm. Kombinētie spaili (4) izgatavoti no vara ar sudraba aizsargpārklājumu, kas nodrošina labu kontaktu ar vara un alumīnija vadiem ar šķērsgriezumu līdz 50 mm2 (4.5. tabula). Pret korpusa pārdegšanu īsslēguma gadījumā aizsarga metāliska plāksnīte 10.

Izgatavo vien-, div-, trīs- un četrpolīgos automātslēdžus (4.26. att.).

Pie automātslēdža spailēm var pievienot vara vadus ar šķērsgriezumiem atbilstoši 4.5. tabulas datiem.

4.5. tabula

**Vadu šķērsgriezumi atkarība no automātslēdža nominālām strāvām**

|  |  |
| --- | --- |
| Automātslēdža nominālā strāva, А | Vadu šķērsgriezums, mm2 |
| līdz 13 | 1,0-2,5 |
| 13 - 16 | 1,0-4,0 |
| 16 - 25 | 1,5-6,0 |
| 25 - 32 | 2,5-10,0 |
| 32 - 50 | 4,0-16,0 |
| 50 - 80 | 10,0-25,0 |
| 80 - 100 | 16,0-35,0 |
| 100 - 125 | 25,0 - 50,0 |

**MAS marķējums.** Automātslēdža marķējumā iekļauti sekojošie dati (4.27. att.):

* Nosaukums un izgatavotājfirmas preču zīme;
* Tipveida apzīmējums, kataloga vai sērijās numurs;
* Viena vai dažas nomināla sprieguma nozīmes;
* Laikstrāvas raksturlīkne tips (B, C vai D) un nomināla strāva ampēros, piemēram, C32 – laikstrāvas raksturlīknes tips ir C, automātslēdža nominālā 32 A;
* Nominālā frekvence, Hz;
* Nominālā atslēgtspēja, A;
* Komutācijas shēmu, ja pareizs pievienošanas veids nav acīm redzams;
* Apkārtēja gaisa nominālo temperatūru, ja viņa nav vienāda ar 300C;
* Aizsardzības pakāpe, ja viņa atšķiras no IP20;
* Automātslēdža atslēgto stāvokli apzīmē ar «О» (aplis), ieslēgto stāvokli ar zīmi «I» (vertikāla svītra). Nullvada izvadu apzīmē ar burtu «N».
* Automātslēdžus uzstāda dažāda rakstura telpās un tāpēc tos izgatavo atklātus, aizsargātus, putekļu un mitruma drošā izpildījumā.
* Māzautomāti sadalās pa grupām atkarība no strāvas diapazona un atslēgtspējas īpašībām.
* *Pirmā grupa* no mazautomātiem kalpo elektrotīklu vadībai un aizsardzībai pret pārslodzēm un īsslēgumiem administratīvajās un rūpnieciskajās ēkās.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | 4.27. att. MAS marķējums: 1 – sērijas numurs; 2 – saīsinājums no „Miniature Circuit Breaker”; 3 – atslēgšanas raksturlīkne tips C, nomināla strāva 16 A; 4 – nomināla atslēgtspēja (*a* - 10000 A, *b* – 3000 A); 5 – ierobežojuma klase; 6 – darbīgā daļa (*a* - atslēgtā stāvoklī, *b* – ieslēgtā stāvokļī); 7 – izgatavotājfirma; 8 – ieslēgtais stāvoklis; 9 – atslēgtais stāvoklis; 10 – nominālais darba spriegums; 11 – stāvokļa indikators; 12 – izolācijas nominālais spriegums |

Parametri: nominālā strāva: 0,5-63 A pie 30 °C; nominālais spriegums AC: 230/400 V.

Atslēgšanas strāva: Icu = 6 kA (IEC 60898) vai Icu = 6, 10 un 20 kV (IEC 60947.2).

Atslēgšanas raksturlīknes (P.3.1. att.): B - elektromagnētiskā aizsardzība nostrādā starp 3 un 5-kārtīgām nominālās strāvas vērtībām; C - elektromagnētiskā aizsardzība nostrādā starp 5 un 10-kārtīgām nominālās strāvas vērtībām; D - elektromagnētiskā aizsardzība nostrādā starp 10 un 14-kārtīgām nominālās strāvas vērtībām.

*Otra grupa* domāta kabeļu aizsardzībai pret pārslodzēm un īsslēgumu gala sadalē, tajā skaitā zemes noplūdes aizsardzība, kombinējot ar noplūdes strāvas moduļiem bez nominālu pazemināšanas no temperatūras: saskaņā ar standartu EN 61009 distances atslēgšana, liekot klāt papildu ierīces, kas ir vienādas visai MAS rindai.

Tehniskie dati: nominālā strāva no 63 līdz 125 A; nomināls spriegums AC: 440V; izolācijas spriegums Ui = 500 V; impulsa sprieguma izturība Uimp = 6 kV atbilst standartam EN 60898: ierīces ar nepieredzējušā personāla piekļūšanu. Saskaņā ar IEC 60947.2, Icu = 6, 10, 20 kV, darba atslēgšanas spēja Ics = 75%∙Icu; elektriskā izturība pie 63A: 10000 ciklu (iesl./izsl.), elektriskā izturība pie 80...125A: 5000 ciklu (iesl./izsl.); mehāniskā izturība: 20000 ciklu (iesl./izsl.).

Atslēgšanas raksturlīknes (P.3.2. att.): B līkne magnētiskā atslēgšanas ierīce nostrādā starp 3.2 un 4.8 In. Pielietojums ļoti garu kabeļu aizsardzībai, ģeneratorus saturošo tīklu aizsardzība.

C līkne - magnētiska atslēgšanas ierīce nostrādā starp 7 un 10 In. Pielietojums: standarta tīklu aizsardzībai.

D līkne - magnētiska atslēgšanas ierīce nostrādā starp 10 un 14 In. Pielietojums tīklu aizsardzībai, kuri baro slodzes ar augstam palaišanas strāvām (transformatorus, motorus utt.).

*Trešā grupā* iekļauti slēdži, kuri speciāli adaptēti ķēdēm, kas prasa augstu atslēgtspēju. Vispārējie parametri:nominālā strāva 10 – 80 A vai 10 - 125 A; darba temperatūra: 40 °C; izturība pret impulsspriegumu: 8 kV; izolācijas līmenis: 690 V; maksimālais nominālais spriegums: 500 V AC; impulsa sprieguma izturība: pēc IEC 60947.2 normas: 6, 9 vai 12,5 kV (1 polu MAS), 25, 36 vai 50 kA (2, 3, 4 poli).

Atslēgšanas raksturlīknes (P.3.3. att.): B - elektromagnētiskās aizsardzības nostrāde ar nominālas strāvas 4-kārtējo vērtību ± 20%; C - elektromagnētiskās aizsardzības nostrāde ar nominālas strāvas 8-kārtējo vērtību ± 20%; D - elektromagnētiskās aizsardzības nostrāde ar nominālas strāvas 12-kārtējo vērtību ± 20%.

Trīspozīciju vadības rokturis: "ieslēgts— atslēgts — avārijas atslēgšana". Elektriska nolietojumizturība: 10000 ciklu pie nominālas strāvas.

Automātslēdžiem uzstādīts termoatkab­nis, kura laika ieturējums ir apgriezti proporcionāls strāvai, un elektromagnētiskais atkabnis. Tātad šie automātslēdži aizsargā elektrisko ķēdi no īsslēguma un pārslo­dzes. Automātslēdžus izgatavo arī ar elektromagnētisko atkabni nullvadā. Ja strāva nullvadā ilg­stoši pārsniedz 0,6∙IN, automātslēdzis atslēdzas un tā aizsargā elektrisko ķēdi no vienfāzes īsslēguma attiecībā pret zemi. Automātslēdžiem var būt uzstādīts minimālā sprieguma vai distances atkabnis. Elektromagnētiskais atkabnis nostrādā momentāni, ja strāva ir lielāka par nominālo strāvu atbilstoši MAS atslēgšanas raksturlīknes. (sk. P.3.1. tab.).

Mazgabarīta automātslēdža iekšējo pretestību un jaudas zudumi var atrast P.3.2. tabulā.

Maksimāli pieļaujamā īsslēguma kontūra pilnā pretestība Zs , ja maiņstrāvas spriegums Ue = 230 V (Ue - nominālais spriegums pret zemējuma vadītāju: pie maiņstrāvas sprieguma Ue = 240 V pieņem 1,04Zs ; pie Ue = 127 V pieņem 0,55Zs ), lai apmierinātu IEC 60364-4 norādītos atslēgšanās nosacījumus. Nostrādes laiks tno < 0.4 s, maiņstrāvas spriegums 400 V tno < 0.2 s un pie maiņstrāvas sprieguma lielāka par 400 V tno < 0.1 s. MAS elektromagnētiskais atslēdzējs nodrošina nostrādes laiku tno < 0.1 s.

Aprēķins saskaņā ar DIN VDE 0100-520 lappusi 2:2002-11 (barošanas avota iekšējā pretestība jābūt vienādai ar 300 mΩ, c = 0.95 un vadītāja temperatūra 70°C ; reizinātājs 0.8). Aprēķinā ir ietverta MAS iekšējā pretestība.

Mazgabarīta automātslēdža maksimāli pieļaujamā īsslēguma kontūra pilnā pretestība Zs pie Ue = 230 V var atrast P.3.3. tabulā.

**Sprieguma zuduma aprēķins:** Piemēram, ar B raksturlīknes 16A MAS aizsargāta 1.5 mm2 vadītāja gadījumā, maksimālais aizsargātā kabeļa garums ir 82 m. Ja atļautais sprieguma kritums ir mazāks par 3%, tad maksimālais divdzīslu kabeļa garums ir tikai 17 m.

**Termoatkabņa atslēdzēja nostrādes sliekšņa aprēķins.** Mazgabarīta automātisko slēdžu termiskā atslēdzēja nostrādes sliekšņa aprēķinā tiek ņemti vērā trīs sekojoši faktori:

* apkārtējās vides temperatūras ietekme;
* slodzes režīma (ilgums) ietekme;
* blakusesošo MAS ietekme.
* 1. **Apkārtējās vides temperatūras ietekme.** B, C un D raksturlīkņu MAS termiskie atslēdzēji ir kalibrēti apkārtējai temperatūrai 30°C ; K un Z - 20°C temperatūrai;
* P.3.4. tabulā ir apkopoti MAS nostrādes sliekšņi atkarībā no apkārtējās vides temperatūras (no - 40°C līdz 70°C) raksturlīknēm B, C, D un K, Z.
* **2. Slodzes režīma ietekme.** Gadījumā, ja slogošanas ilgums pārsniedz 1 h, jāizmanto papildus reizinātājs 0.9.
* **3. Blakusesošo MAS ietekme.** Gadījumā, ja MAS ir uzstādīti rindā bez atstarpēm starp tiem, jāizmanto koeficientu Fm (skat. 4.6. tabulu un 4.28. att.).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.28. att. Blakusesošo MAS ietekme | 4.6. tabula  **Strāvas nestspējas koeficients Fm**   |  |  | | --- | --- | | MAS vienību skaits | Fm | | 1 | 1 | | 2 | 0.95 | | 3 | 0.9 | | 4 | 0.86 | | 5 | 0.82 | | 6 | 0.795 | | 7 | 0.78 | | 8 | 0.77 | | 9 | 0.76 | | > 9 | 0.76 | |

**Piemērs:** Aprēķināt automātslēdža S 202 C16 termoatkabņa nostrādes sliekšņa robežvērtību, ja ārēja gaisa temperatūra ir t = 35 °C. Aprēķins:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Slodze** | **Vērtība** | **Koeficienti** | **Formula** | **Aprēķins** | **Rezultāts** |
| Slodzes ilgums mazāk par vienu stundu | In (t0C) - skat. P.3.4. tabulā | interpolācija |  |  | In = 15,55 A |
| Slodzes ilgums vairāk par vienu stundu | In (t0C) - skat. P.3.4. tabulā | 0,9 | In(t0C) x 0,9 | 15,55 x 0,9 | In = 14,0 A |
| Slodzes ilgums vairāk par vienu stundu ar 8 bez atstarpēm uzstādītām ierīcēm | In (t0C) - skat. P.3.4. tabulā | 0,9,  Fm = 0,77 | In(t0C) x 0,9 x  x Fm | 15,55 x 0,9 x  x 0,77 | In = 10,8A |

**MAS izvēle apgaismojuma** ķēžu aizsardzībai un MAS nominālās strāvas noteikšana Lai izvēlētos atbilstošu MAS apgaismojuma ķēžu aizsardzību, ir jāzina slodzes tips, pēc kura nosaka MAS nominālo strāvu. Aizsargājamās ķēdes darba strāvu vienkārši var noteikt no nominālās jaudas un sprieguma, vai arī tā var būt jau uzrādīta. Atkarībā no darba strāvas, jāizvēlas MAS versija ar nākošo lielāko nominālo strāvu, atbilstoši izvēloties kabeļu šķērsgriezumu. Zemāk tabulās ir dotas MAS nominālo strāvu vērtības, kuras jāizvēlas, atkarībā no pieslēgto spuldžu tipa un jaudas.

**Augstspiediena gāzizlādes spuldzes.** 4.7. tabulā dotās MAS nominālās strāvas vērtībās maiņstrāva trīsfāžu tīklā ar nominālo spriegumu Ue **=** 230 V un 400 V ar vai bez kompensācijas kondensatora, zvaigznes vai trīsstūra slēgumā.

4.7. tabula

**MAS nominālo strāvu vērtības tīkla ar augstspiediena gāzizlādes spuldzēm**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Dzīvsudraba tvaiku luminiscences spuldze | Pw, W | <700 | <1000 | <2000 |
| I, A | 6 | 10 | 16 |
| Dzīvsudraba tvaiku metālhalogēnspuldze | Pw, W | <375 | <1000 | <2000 |
| I, A | 6 | 10 | 16 |
| Augstspiediena nātrija izlādes spuldze | Pw, W | <400 |  | <1000 |
| I, A | 6 |  | 16 |

**Luminiscences spuldzes.** Maiņstrāvas tīkls ar Ue = 230 V - vienfāzes vai trīsfāžu zvaigznes slēgums ar neitrāli (400 V). 4.8. un 4.9. tabulā uzrādīta MAS nominālā strāva atkarībā no spuldzes jaudas un tipa.

Aprēķina piemērs:

* Startera izkliedētā jauda: 25% no spuldzes jaudas;
* Jaudas koeficients: gaismeklis bez kondensatoriem cos*φ* = 0,6;

gaismeklis ar kondensatoriem cos*φ* = 0,86

Aprēķina metode:



4.8. tabula.

**Luminiscences spuldzes nomināla strāva** (luminiscences gaismekļi maiņstrāvas

vienfāzes / trīsfāžu zvaigznes slēgums ar neitrāli, UN = 230 V (400 V)).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Gaismekļa tips** | **Spuldzes jauda, W** | **Gaismekļu skaits fāze** | | | | | | | | | | | | | |
| Viena spuldze  bez kondensatora | 18 | 4 | 9 | 14 | 29 | 49 | 78 | 98 | 122 | 157 | 196 | 245 | 309 | 392 | 490 |
| 36 | 2 | 4 | 7 | 14 | 24 | 39 | 49 | 61 | 78 | 98 | 122 | 154 | 196 | 245 |
| 58 | 1 | 3 | 4 | 9 | 15 | 24 | 30 | 38 | 48 | 60 | 76 | 95 | 121 | 152 |
| Viena spuldze  ar kondensatoru | 18 | 7 | 14 | 21 | 42 | 70 | 112 | 140 | 175 | 225 | 281 | 351 | 443 | 562 | 703 |
| 36 | 3 | 7 | 10 | 21 | 35 | 56 | 70 | 87 | 112 | 140 | 175 | 221 | 281 | 351 |
| 58 | 2 | 4 | 6 | 13 | 21 | 34 | 43 | 54 | 69 | 87 | 109 | 137 | 174 | 218 |
| Divas spuldzes  ar kondensatoru | 2x18=36 | 3 | 7 | 10 | 21 | 35 | 56 | 70 | 87 | 112 | 140 | 175 | 221 | 281 | 351 |
| 2x36=72 | 1 | 3 | 5 | 10 | 17 | 28 | 35 | 43 | 56 | 70 | 87 | 110 | 140 | 175 |
| 2x58=116 | 1 | 2 | 3 | 6 | 10 | 17 | 21 | 27 | 34 | 43 | 54 | 68 | 87 | 109 |
| In [A] - 2P un 4P MAS | | 1 | 2 | 3 | 6 | 10 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 |

kur UN = nominālais spriegums 230 V;

* cos*φ* — jaudas koeficients;
* PL — gaismekļa jauda;
* nL — gaismekļu skaits fāzē;  
   - KST = 1.25;
* Kc = 1 — zvaigznes slēgumam, Kc = 1.732 — trīsstūra slēgumam.

4.9. tabula

**Luminiscences gaismekļi maiņstrāvas tīklā ar UN = 230 V - trīsfāžu trīsstūra slēgumā**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Gaismekļa tips** | **Spuldzes jauda,**  **W** | **Gaismekļu skaits fāze** | | | | | | | | | | | | | |
| Viena spuldze  bez kondensatora | 18 | 2 | 5 | 8 | 16 | 28 | 45 | 56 | 70 | 90 | 113 | 141 | 178 | 226 | 283 |
| 36 | 1 | 2 | 4 | 8 | 14 | 22 | 28 | 35 | 45 | 56 | 70 | 89 | 113 | 141 |
| 58 | 0 | 1 | 2 | 5 | 8 | 14 | 17 | 21 | 28 | 35 | 43 | 55 | 70 | 87 |
| Viena spuldze  ar kondensatoru | 18 | 4 | 8 | 12 | 24 | 40 | 64 | 81 | 101 | 127 | 162 | 203 | 255 | 324 | 406 |
| 36 | 2 | 4 | 6 | 12 | 20 | 32 | 40 | 50 | 64 | 81 | 101 | 127 | 162 | 203 |
| 58 | 1 | 2 | 3 | 7 | 12 | 20 | 25 | 31 | 40 | 50 | 63 | 79 | 100 | 126 |
| Divas spuldzes  ar kondensatoru | 2x18=36 | 2 | 4 | 6 | 12 | 20 | 32 | 40 | 50 | 64 | 81 | 101 | 127 | 162 | 203 |
| 2x36=72 | 1 | 2 | 3 | 6 | 10 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 81 | 101 |
| 2x58=116 | 0 | 1 | 1 | 3 | 6 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 31 | 39 | 50 | 63 |
| In, A (3P mazgabarītā automātiskie slēdži) | | 1 | 2 | 3 | 6 | 10 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 |

**Transformatoru aizsardzība**

**Ieslēgšanas strāva**. Ieslēdzot zemsprieguma atdalošos transformatorus, var rasties lielas palaišanas strāvas, kuras jāņem vērā izvēloties aizsardzības iekārtas. Palaišanas strāvas maksimālā vērtība var sasniegt 10 līdz 15 reizes no transformatora nominālas darba strāvas. Transformatoriem ar jaudu līdz 50 kVA, tā var būt pat 20 līdz 25 reizes lielāka. Šī strāva norimst ļoti ātri - ar laika konstanti T, kas ir no dažām milisekundēm līdz 10, 20 ms.

**Galvenā aizsardzība primārajā pusē.** Turpmāk dotās izvēles tabulas ir iegūtas MAS un transformatoru saskaņošanas testu rezultātā. Tabulās atkarībā no primārā tinuma sprieguma (230 V vai 400 V) un transformatora jaudas ir norādīti izmantojamie MAS gan vienfāzes, gan trīsfāžu transformatoriem.

Aplūkotajiem transformatoriem ir atsevišķs primārais un sekundārais tinums.

Piedāvātie MAS nodrošina:

* transformatora aizsardzību īsslēguma gadījumā;
* aizsardzību pret nevēlamu MAS nostrādi pie transformatora ieslēgšanas, ko panāk:

1. izmantojot MAS ar raksturlīknēm D vai K;
2. izmantojot MAS aprīkotu tikai ar elektromagnētisko atslēdzēju;

• ilgstošu MAS elektrisko kalpošanas laiku.

**Aizsardzība sekundārajā pusē.** Sakarā ar lielajām palaišanas strāvām primārā tinuma MAS var nenodrošināt transformatora un tam pieslēgtās līnijas termisko aizsardzību. Tādā gadījumā noteikti jāpārliecinās, vai vienfāzes īsslēguma gadījumā (pie minimālās Icc līnijas galā) nostrādā MAS elektromagnētiskā atslēdze. Parasti atslēdze nostrādā īsām pieslēglīnijām. Transformatora termisko aizsardzību var nodrošināt, uzreiz aiz tā uzstādot MAS ar nominālo strāvu, kas ir mazāka vai vienāda ar transformatora sekundāro strāvu.

Gadījumā, ja ir skaidri zināms apgaismes ķermeņu skaits, apgaismes sistēmās nav nepieciešama aizsardzība pret pārslodzēm.

Turklāt ķēdēs, kur nevēlama aizsardzības nostrāde var izrādīties bīstama (piem., ugunsdzēsības aparatūras barošanas ķēdēs), spēkā esošie standarti rekomendē izvairīties no pārslodžu aizsardzības ierīču uzstādīšanas.

Vienpola un vienpola ar atslēdzošu neitrāli MAS izvēle vienfāzes transformatoru aizsardzībai (primārais spriegums 230 V) dotā P.3.7. tabulā, divpola MAS izvēle – P.3.8. tabulā, trīspola MAS izvēle atrodas P.3.9. tabulā.

**4. 6. VĪTŅOTAIS MAZAUTOMĀTSLĒDZĪS**

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 (4.29. art).

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.

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 īsslēgumā 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.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | 4.29. att.Vītņotais mazautomātslēdzis 250 V: 1 - spiedpoga automatslēdža ieslēgšanai; 2 - spiedpoga automatslēdža atslēgšanai; 3 - sprūds; 4 - svira; 5 - kontaktu tiltiņš; 6 -  kustīgais kontakts; 7 - vītņotais kontakts; 8 -bīdītājs; 9 - atspere; 10 - metāla pamatkontakts; 11 - nekustīgais kontakts; 12 - bimetāliska plāksnīte; 13 - sprūda tapa; 14 - lokans vadītājs; 15 - elektromagnēta tinums; 16 - serde; 0, 01 – sviras u sprūda ass. |

Laikstrāvas raksturlīknes tips B (L).

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*/*IN* = 1,5), termoatkabņa nostrādes laikam jābūt ne mazākam par 60 min., bet, ja *I*/*IN* = 1,9, termoatkabnim jānostrādā ātrāk par 60 min.

Ja automātslēdžu nominālās strāvas ir 16 A, 20 A, 25 A un I/IN = 1,4, termoat­kabņa nostrādes laikam jābūt lielākam par 60 min., bet, ja I/IN = 1,75, tad jānostrādā ātrāk par 60 min.

**4.7. VIDĒJAS STRĀVAS AUTOMĀTSLĒDŽI**

Vidējas strāvas automātslēdži (VSA) parasti ir ātrdarbīgie. Galvenais VSA uzdevums ir ierobežot termisko un elektrodinamisko iedarbību uz spēka tīklu līnijām (kabeļu līnijas, kopnes) un uz patērētājiem. To var sasniegt ar kontaktu atgrūšanu (4.30. att.), pie tam agrāk, nekā īsslēguma strāva sasniedz savu maksimālu vērtību, t.i., notiek strāvas ierobežošana.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.30. att. Kontaktu atgrūšanās piemērs |

**Automātslēdžu uzbūve.** Vienkāršota elektromehāniska shēma un galvenās sastāvdaļas parādītas 4.31. att. Sprieguma avotu ar vadu pievieno pie augšējā nekustīgā kontakta 2 spailes 1. Nospiežot palaides 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 atslēdzes pogu 6, traversa ar kustīgo kontaktu atgriežas izejas stāvoklī. Ja tīklā strāva palielinās virs iestatījuma strāvas, termoatkabņa sildelements 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 aizturi 25, aiztures svira 23 pagriežas ap asi 24, atbrīvojot brīvās sakabes 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)∙*IN* (piemēram, īsslēguma strāva), tā, plūstot elektromagnētiskā atkabņa spole 19, ievelk serdeni 18 spolē. Tas mehāniski iedarbojas uz traversu 20, tā savukārt uz sviru 21, kas caur sviru 23

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.31. att. Automātslēdža elektromehāniskā shēma: 1 — no sprieguma avota pienākošā vada slēgt-spaile; 2 — nekustīgais kontakts; 3 — no izolācijas materiāla izgatavota traversa; 4, 9, 10 — brīvatkbes mehānisma sviras; 5 — ieslēgšanas spied­poga; 6 — atslēdzes spiedpoga; 7 — atslēdzes spiepogas svira; 8, 11 — sviru asis; 12 — traversas asis; 13 — siltumatkabņa iestatījuma strāvas skala; 14 — siltumatkabņa pieslēgspailes; 15, 21 — auto­mātiskā atkabņa mehānisma svira; 16 — bimetāla plāksnītes; 17 — sildelements; 18 — elektromag­nētiskā atkabņa serdenis; 19 — elektromagnētiskā atkabņa spole; 20 — traversa; 21 — atspere; 23 — aiztures svira; 24 — aiztures ass; 25 — aiz­ture; 26 — uz elektroenerģijas lietotāju aizejošā vada pieslēgspaile |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 4.32. att. Automātslēdža BA uzbūve: 1 — pamats; 2 — uz elektroenerģijas lietotāju aizejošā vada pieslēgspaile; 3 — dzirksteles dzesētājs; 4 — lokdzēses kamera; 5 — skava; 6 — ass; 7 — vāks; 8, 9 — mehānisma posms; 10 — rokturis; 11 — balsta svira; 12 — sprūds; 13 — atslēdzes spiedpoga; 14 — bimetāla plāksnītes; 15 — siltumatkabnis; 16 — elektromag­nētiskais atkabnis; 17 — brīvatkbes mehānisms; 18 — lokdzēses ragi; 19 — izolācijas plates; 20 — kustīgo kontaktu sistēma; 21 — nekustīgo kontaktu sistēma. | |

uz aizturi 25. Tas atbrīvo brīvatkabes sviru 9, automātslēdzis atslēdzas momentāni. Termoatkabnis neatslēdz automātslēdzi momentāni, jo nepieciešams laiks, lai sasiltu sildelements un bimetāla plāksnīte. Atsevišķu tipu automātslēdžiem 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 3.27. attēlā parādītais BA tipa automātslēdzis.

Automatslēdža ārējais izskats un automātslēdža komplektācijas princips parādīts 4.32. un 4.33. attēlā.

Automātslēdžu komplektācijas sērija - tie ir automātiskie slēdži strāvai no 15 līdz 3200 A ar strāvu diapazoniem līdz: 80, 100, 250, 400, 630, 1600 un 3200 A.

Izpildījums:1, 2, 3 vai 4 poli; stacionārais vai izbīdāmais; liela vadības bloku izvelē ar plašām iespējām.

Pielietojums: ACtīkli ar spriegumu līdz 1000 V; līdzstrāvas tīkli, rezerves ievadīšana.

Dažādas sistēmas konfigurācijas ļauj ātri risināt jebkurus uzdevumus, izmantojot minimālu iekārtu daudzumu.

|  |
| --- |
|  |

4.33. att. Automātslēdzis MCCB GB tipa 220/440/690 V (16-1600 A)

**Atkabni.** Vidējas strāvas automātslēdži var būt apgādāti ar divu atkabņu tipu: termomagnētisakis (siltuma un elektromagnētiskais) un pusvadītāju (elektroniskais). Iestatījumu strāvas regulēšana atļauj nodrošināt strāvas selektivitāte.

4.34. attēlā parādīts Compact sistēmas termomagnētiskais atkabnis ar regulējamiem iestatījumiem Ir un Im, bet 4.10. tabulā atkabņa tehniskie dati.

4.10. tabula

**Viena un divu polu Compact NS100 un NS160 slēdži, kas apgādāti ar iebūvētām**

**magnēttermiskām atslēgšanas ierīcēm.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nominālā strāva In, A** | **16** | **20** | **25** | **30** | **40** | **50** | **63** | **80** | | **100** | **125** | **160** |
| Slēdzim CompactNS100N/H | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ |  |  |
| CompactNS160N/H |  |  |  |  |  |  |  |  | | ■ | ■ | ■ |
| Aizsardzība pret pārslodzi (termiskā) | | | | | | | | | | | | |
| Iestatījums Ir, A (40°C) | pastāvīgais | | |  |  |  |  |  | |  |  | |
|  | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 63 | 80 | | 100 | 125 | 160 |
| Aizsardzība pret īssavienojumu (elektromagnētiskā) | | | | | | | | | | | | |
| Iestatījums Im, A | pastāvīgais | | | | | | | | | | | |
|  | 190 | 300 | 300 | 300 | 500 | 500 | 500 | 640 | 800 | | 1000 | 1250 |

Jāņem vērā, ka automātslēdžu elektromagnētisko un termobimetālisko atkabņu iestatījumi regulējami noteiktas robežas. Dažādas laikstrāvu raksturlīknes pieder slēdžiem, kuriem var izrādīties dažādi elektromagnētisko atkabņu iestatījumi. Līdz ar to nav izslēgtas pretrunīgas situācijas. Tā, piemēram, ja ir jānodrošina palaišana samērā jaudīgam asinhronam dzinējam ar smagiem palaišanas apstākļiem (10 s), var izrādīties, ka jāizvēlas slēdzis, izejot vienīgi no nepieciešamās C laikstrāvas raksturlīknes. Turpretim, elektromagnētiskā atkabņa strāvas iestatījums tad var izrādīties pārmērīgi liels, neatbilstošs īsslēguma strāvai, par ko paredzēta palielināta abonentmaksa. Lai iztiktu ar mazākiem automātslēdžu nominālām strāvām pielieto dzinējus ar vieglākiem palaišanas apstākļiem un mazākām palaides strāvām.

Jā izskata arī iespēja aizsargāt tīkla sākuma posmu ar drošinātāju, pielietojot automātslēdžus beigu posmos. Automātslēdžiem ar pneimo-, mehāniskiem, pulksten- un tml. atslēgšanas palēnināšanas iekārtām ir neatkarīgie laika iestatījumi

Vēlamās laikstrāvas raksturlīknes var panākt, izmantojot mikroprocesoru relejus, kas savukārt iedarbojas uz distancvadības atkabni.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

4.34. att. Compact NS100 un NS160 slēdžu magnēttermiskais atkabnis (atslēgšanas ierīce):

1 – termoatkabnis, 2 – elektromagnētiskais atkabnis.

**Pusvadītāju (elektroniskais)** **atkabnis.** Lai izprastu automātslēdža ar elektronisko atkabni darbības principu, apskata blokshēmu (4.35. att.).

Katrā automātslēdža ir strāvas devēji (1), kas deva informāciju par mainīgo strāvu uz vislielākā signāla izdalīšanas bloku (2). Par signālu devēju maiņstrāvas automātslēdžos izmanto strāvas transformatorus, līdzstrāvas slēdžos – magnētiskos pastiprinātājus.

Pārslodzes gadījumā signāls no bloka 2 aiziet uz bloku 3, kas palaiž releju bloku 4. Releju bloks 4 izveido no strāvu atkarīgo laika aizturi.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.35. att. Pusvadītāju atkabni blokshēma |

Īsslēguma gadījumā signāls no bloka 2 ir pietiekošs lai palaist bloku 5, kas veido signālu momentānai atslēgšanai. Ar bloka 6 palīdzību var uzdot nepieciešamo laika aizturi. Bloks 7 ir signālu patipinātājs no blokiem 4 un 6 un viņš padod atslēgšanas signālu uz elektromagnētu 8. Elektromagnēts izpildīts ka spole ar serdeni un elektromagnēta serdene iedarbojas uz atslēgšanas mehānismu, atbrīvojot kontaktus.

Šādas regulējamas aizsardzības ir izstrādājušas vairākas firmas. Piemēram, 4.36. att. paradīts pusvadītāju atkabnis STR22SE un STR22GE .

Arpusvadītāju atkabni STR22SE un STR22GE var izveidot sekojošo aizsardzību:

LT (ilgstoša) aizsardzība pret pārslodzi ar regulējamu Ir slieksni (1), kas pamatojas uz reālo vidējo kvadrātisko strāvas lielumu, saskaņā ar IEC 947-2, pielikums F;

ST (īslaicīga) aizsardzība pret īssavienojumu: ar regulējamu Im slieksni (3); ar fiksētu aizturi (4);

INST (momentānā) aizsardzība pret īssavienojumu ar fiksētu slieksni (5) ar 4P ķēžu atslēdzējiem tiek izvēlēta neitrālā aizsardzība, izmantojot nosegtu trīspozīciju iestatījumu (sk. 4.11. tabulu).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

4.36. att. Pusvadītāju atkabnis STR22SE un STR22GE

Ir pazīstams ABB SACE PR 212/MP aparāts dzinējiem ar strāvām virs 100 A (4.37. att.), kuram var ieregulēt laikstrāvas raksturlīkni, kas sastāv no 5 posmiem (4.38.att.). Aparāta funkcijas atbilstoši raksturlīknes posmiem paradīti 4.37. un 4.38. attēlā.

Automātslēdžus izgatavo arī ar minimālā sprieguma atkabni, ar elektrome­hānisko vai manuālo piedziņu, kā arī bez aizsardzības no pārslodzes.

|  |
| --- |
|  |

4.37. att. Elektroniskais atkabnis SACE PR212/MP

4.11. tabula

**Pusvadītāju atkabnis STR22SE un STR22GE**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Pusvadītāju atkabni parametri** | | **STR22SE** | | | | | **STR22GE** | | | |
| **1** | | **2** | | | | | **3** | | | |
| nominālā strāva, A, ja temperatūra mainās no 20 līdz 70 °C | | 40 | 80 | 100 | 160 | 250 | 40 | 100 | 160 | 250 |
| slēdzim  Compact NS100 N/H/L | | ■ |  | ■ |  |  | ■ | ■ |  |  |
| Compact NS160 N/H/L | | ■ | ■ | ■ | ■ |  | ■ | ■ | ■ |  |
| Compact NS250 N/H/L | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Aizsardzība pret pārslodzi (ilgstoša) | | | | | | | | | | |
| atslēgšanas slieksnis Ir, A | | regulējams (48 pozīcijas) 0.4...1 x In | | | | | regulējams (48 pozīcijas) 0.4...1 x In | | | |
| atslēgšanas laiks, s  pie 1.5 x Ir | | 90...180 | | | | | 12...15 | | | |
| pie 6 x Ir | | 5...7,5 | | | | | - | | | |
| pie 7.2 x Ir | | 3.2...5,0 | | | | | - | | | |
| neitrāla  aizsardzība | 4P 3d | 1 x Ir | | | | | - | | | |
| 4P 4d | 0,5 x Ir | | | | | - | | | |
| 4P 3d + N/2 | nav aizsardzības | | | | | - | | | |
| Aizsardzība pret īsslēgumu (īslaicīga) | | | | | | | | | | |
| atslēgšanas slieksnis (A) Im | | Regulējamas (8 pozīcijas) 2...10 x Ir | | | | | Regulējamas (8 pozīcijas) 2...10 x Ir | | | |
| 4.11. tabulas turpinājums | | | | | | | | | | |
| **1** | | **2** | | | | | **3** | | | |
| precizitāte | | ±15% | | | | | ±15% | | | |
| laika aizture (ms)  max. virsstrāva  laiks pirms atslēgšanas | | konstanta  ≤ 40 | | | | | konstanta  ≤ 40 | | | |
| kopējais atslēgšanas laiks (ms) | | ≤ 60 | | | | | ≤ 60 | | | |
| Aizsardzība pret īsslēgumu (momentānā) | | | | | | | | | | |
| atslēgšanas slieksnis Im, A | | konstants  ≥ 11 x In | | | | | konstants  ≥ 11 x In | | | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.38. att. Elektroniskās aizsardzības posmu laikstrāvas raksturlīkne: L - aizsardzība no pārslodzes strāvām; R - dzinēja aizsardzība rotora nosprūšanas gadījumā; I - dzinēja aizsardzība no īsslēguma strāvām; U - dzinēja aizsardzība no fāzes pazušanas (nesimetrijas); I1 - nostrādes strāva (L funkcija); I3 - nostrādes strāva (I funkcija); I5 - nostrādes strāva (R funkcija); t5 - nostrādes laiks (R funkcija); t6 - nostrādes laiks (U funkcija); Ie - dzinēja nominālā strāva; Ia – dzinēja palaišanas strāva; Ip – maksimālā strāva palaišana brīdī; ta – dzinēja palaišanas laiks; tp – maksimālas strāvas palielināšanas laiks; m – dzinēja palaišanas raksturlīkne; с - elektroniskā atkabņa nostrādes raksturlīkne dzinēja aizsardzībai. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.39. att**.** Micrologic kontroles  elements Compact NS630b strāvai līdz 3200 A  1 - ilgtermiņa slieksnis un nostrādes  aizture; 2 - pārslodzes indikators LED;  3 - īslaicīga atslēgšana un nostrādes aizture; 4 - momentāna atslēgšana; 5 - noplūdes vai zemesslēguma atslēgšana un nostrādes  aizture; 6 - noplūdes vai zemesslēguma "tēst" poga; 7 – skrūve; 8 - "tēst connector"; 9 - "reset" un baterijas "tēst"; 10 - nostrādes iemesla indikācija; 11 - ciparu displejs;  12 – 3-fāzu indikators un ampērmetrs;  13 - navigācijas pogas. |

Dažiem automātslēdžiem maksimālā atslēgtspēja ir atbilstoša īsslē­gumā triecienstrāvai, bet dažiem automātslēdžiem — īsslēguma strāvas perio­diskās komponentes

efektīvai vērtībai.

Rūpniecība tagad ražo pusvadītāju atkabņus, kas apvieno vienā bloka aizsardzības, mērījuma un komunikācijas funkcijas. Ka piemērs 3.34. att. paradīts kontroles elements Micrologic.

Micrologic A kontroles elements aizsargā ķēdes zem slodzes (pārslodze, īsslēgums, neitrāles aizsardzība), ka arī piedāvā mērījumus, komunikācijas un strāvas maksimālas un minimālas vērtības, nodrošina zemesslēguma aizsardzību un aizsardzību pret noplūdes strāvu.

**4.8. LIELAS STRĀVAS AUTOMĀTSLĒDŽI**

Lielas strāvas automātslēdži paredzēti lielas strāvas sadalei. Tādus automātus uzstāda galvenā sadalē ka ievada aparātus vai arī viņi var aizsargāt lieljaudas atiešanas līnijās (fīderi). Īsslēguma gadījumā automātslēdzis noteiktā laikā atrodas ieslēgta stāvoklī lai zemāk esošie automāti paspēj atslēgt bojāto posmu. Tādēļ lielas strāvas automātslēdži parasti nostrādā ar laika aizturi. Automātslēdžiem ir minimālā sprieguma un neatkarīgais atkabnis. Atbils­toši automātslēdža tipam var būt izveidota manuāla, manuāla un elektromagnētiska, elektrodzinēju piedziņa.

Lielas strāvas automātslēdži raksturlielumi**:**

* Pielietojums atbilstoši standartam IEC 60947-2 rūpniecības un saimniecības objektos;
* Liela atslēgtspēja *Icu* no 40 līdz 150 кА;
* Nominālā strāva līdz 6300 А;
* B kategorijas automātslēdži: nominālā īslaicīgi pieļaujama īsslēguma strāva *Icw* no 40 līdz 150 kA 1 s laikā; augsta elektrodinamiskā izturība;
* Lielas strāvas automātslēdži var būt apgādāti ar motoru piedziņu lai realizētu automātisko rezerves ieslēgšanu (ARI);
* Pilnā selektivitāte ar augstāk esošiem transformatora aizsardzības aparātiem (piemēram, drošinātājiem) un zemāk esošiem spēka līnijas aizsardzības aparātiem (parasti izmanto laika selektivitāte) lai nodrošinātu nepārtrauktu tīkla barošanu;

**Lielas strāvas automātslēdža uzbūve**. Augstu elektrodinamisko izturību var iegūt, ja izmantot īsslēguma strāvas elektromagnētisko spēku tā, lai tas spēks piespiež kustīgo kontaktu pie nekustīga kontakta (sk. 4.40. att.). Tāds princips izmantojams visos aparātos, izņemot aparātus ar strāvas ierobežojumu.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.40. att. Elektromagnētiskā spēka virzieni strāvas plūšanas laikā caur kontaktu |

Ja automātslēdžiem ir selektīvs elektromagnētiskais atkabnis, nepieciešamo laika kavējumu iegūst ar speciālu mehānisko palēninātāju vai pastiprinātāju.

Ja Icw aparāta ir mazākā par Icu nepieciešama aparāta iekšēja aizsardzība, lai izvairīties no aparāta bojājumiem, kad īsslēguma strāva atrodas diapazona no Icw līdz Icu.

Lai atslēgtu īsslēguma strāvu ar vērtību 150 kA vajadzīgi aparāti ar ļoti lielu ātrdarbību. Vajag ierobežot īsslēguma strāvu pirmā pusperioda laikā, jo aparāta termiskā izturība daudzkārt mazākā. Elektroniskā mērījumu ķēde kopā ar elektromagnētiskā atkabņa spoles mehānisko iedarbību nespēj nodrošināt nepieciešamo ātrdarbību. Šajā gadījumā izmanto īsslēguma strāvas elektromagnētisko spēku tā, lai tas spēks atgrūž kustīgo kontaktu no nekustīga kontakta. Kontakta pola pārvietojums caur kinemātisko ķēdi tiek padots uz sprūdu. Sprūda nobīde atbrīvo aparāta galveno vārpstu ātrāk nekā iedarbojas elektroniskā ķēde (4.41. att.). Pēc tam elektroniskā mērījumu ķēde apstiprina aparāta atslēgšanu un realizē bojājuma indikāciju priekšējā panelī.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.41. att. Ātrdarbīga automātslēdža kinemātiskā shēma. |

|  |
| --- |
|  |

4.42. att. Lielas strāvas gaisa slēdzis ACe MEC: 1 – lokdzēses kamera; 2 – vadības ķēdes spailes;

3 – slēdzene; 4 – elektroniskais relejs; 5 – rokturis; 6 – atslēgšanas spiedpoga; 7 – ieslēgšanas

spiedpoga; 8 – indikators iesl./atsl.; 9 – roktura stāvokļa indikators; 10 – caurums norullējamam

rokturim; 11 – uzkarināma slēdzene; 12 – stāvokļa indikators; 13 – skaitītājs; 14 – norullējama

līste; 15 - caurums takelāža āķim.

Tādā sistēma nodrošina:

Augstu termoizturību: Icw = 65 kA 1 sekundes laikā;

Loti ātru atslēgšanu, ja strāva ir lielāka par Icw, kas garantē Icu līdz 150 kA.

Lielas strāvas automātslēdža ārējais izskats ar galvenajiem elementiem, tajā skaitā ar pusvadītāju atkabni, paradīts 4.42. attēlā.

Gaisa slēdzi ACe MEC tehniskie dati: nominālās strāvās 630-4000 A, darba spriegums 690 V, izolācija spriegums 1000 V, frekvence 50/60 Hz, polu skaits 3 vai 4.

Iestatījuma strāva Iie = 1-0,9-0,8-0,7-0,6-0,5-0,4 no IN vai 1-0,9-0,8-0,7-0,6-0,5-0,4-0,3-0,2 no IN ģeneratora aizsardzībai.

Atslēgtspēja Icu = 50, 65 un 85 kA (spriegums 690, 600 V) un 65, 85, 100 kA (spriegums ≤ 500 V). Darba atslēgtspēja Icw = 100%∙Icu.

Atslēgšana laiks tno = 40 ms, ieslēgšanas laiks 80 ms.

Lielas strāvas automātslēdža uzbūve ar galvenajiem elementiem, tajā skaitā ar pusvadītāju atkabni, paradīta 4.43. attēlā.

Lielas strāvas gaisa slēdža laikstrāvas raksturlīknes ar aizsardzību pret pārslodzēm un pret īsslēgumu paradīts 4.44. attēlā *a*, bet ar papildu aizsardzību pret zemesslēgumu 4.44. attēlā *b*. Viņus uzstāda spēka sadales speciālas stacionārās kameras (4.45. att.).

|  |
| --- |
|  |

4.43. att. Lielas strāvas gaisa slēdža ACe MEC uzbūve: 1 – vadības ķēdes klemmes; 2 – vadības spaile; 3 – palīgslēdži; 4 – šuntu atslēgšanas atkabnis, noslēdzošais tinums; 5 - elektroniskais atslēgšanas relejs; 6 – priekšējais vāks; 7 – ieslēgšanas mehānisms; 8 – atslēgšanas mehānisms; 9 – uzvilkšanas mehānisms; 10 – noslēdzoša atspere; 11 – norullējamais mehānisms; 12 – izolētais pamats; 13 – lokdzēses kamera; 14 – galvenais kustīgais kontakts; 15 - galvenais nekustīgais kontakts; 16 – barošanas ķēdes ievads; 17 – slodzes ķēdes izvads; 18 –kontakta atspere; 19 – barošanas strāvas transformators; 20 – strāvas atrašanas tinums; 21 – kasete; 22 – galvenās ķēdes spaile

|  |
| --- |
|  |

4.44. att. Lielas strāvas gaisa slēdža aizsardzības raksturlīknes: 1 – nostrādes strāva ar garo laika aizturi; 2 – atslēgšanas laiks ar garo laika aizturi; 3 - nostrādes strāva ar īso laika aizturi; 4 – atvienošanas laiks, ja aizture ir īslaicīga: I2t ON (apgriezta darba raksturlīkne), I2t OFF (noteiktā darba raksturlīkne);

5 – nostrādes strāva bez laika aizturi (momentāna); 6 – nostrādes strāva iepriekšējai signalizācijai;

7 - iepriekšējās signalizācijas atslēgšanas laiks; 8 – nostrādes strāva pēc zemējuma atteikšanas;

9 – atslēgšanas laiks pēc zemējuma atteikšanas

|  |  |
| --- | --- |
| выключатель Evolis в ячейке КРУ | 4.45. att. Lielstrāvas automātslēdzis stacionārās kameras šūnā. |

**4.9. AUTOMĀTSLĒDŽU IZVĒLE**

Zemsprieguma elektrisko tīklu aizsardzībai no īsslēguma un pārslodzes uzstāda automātslēdžus ar elektro­magnētisko atkabni, kas nostrādā bez laika ieturējuma, kā arī automātslēdžus ar termoatkabni vai automātslēdžus, kuriem ir termoatkabnis 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 *Ip*. Automātslēdžu termoatkabņa un elektromagnētiskā atkabņa iestatījumu strāvas jāizvēlas atkarībā no vadu un kabeļu pieļaujamām strāvām un īsslēguma strāvām *Ik* (sk. P.3.12. tab.).

Automātslēdžus izvēlas atbilstoši uzstādīšanas vietai shēmā, saskaņojot to ar lietotāja parametriem (4.46. att.).

1. Automātslēdža nominālam spriegumam *Ue* jābūt lielākam vai vienādam ar elektroiekārtas nominālo spriegumu *UN*, kuras komutācijai un aizsardzībai automātslēdzis uzstādīts:

*Ue ≥ UN*. (4.1)

2. Automātslēdžu nominālai strāvai *In* jābūt vienādai vai lielākai par elektroiekārtas nominālo strāvu *In*, kuras komutācijai un aizsardzībai automātslēdzis uzstādīts;

*In ≥ IN* . (4.2)

Automātslēdžiem ar neregulējamo atkabni *In = Ir*.

3. Automātslēdža termoatkabņa iestatījuma strāvai *Ir* jābūt vienādai vai lielākai par elektroiekārtas aplēses (maksimālo) strāvu *Ia*, ievērojot drošības koeficientu *kdr.*, kuru nosaka katram automātslēdzim pēc tā termoatslēdzes laikstrāvas raksturlīknes:

*Ir ≥ kdr.∙Ia*, (4.3)

bet mazāks par maksimāli pieļaujamo strāvu *Ip* tīklā, t.i.

*Ia ≤ In ≤ Ip*, (4.4)

kas atbilst *a* diapazonam 4.47. attēlā.

Parasti pieņem, ka *kdr* = 1,05-1,1.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.46. att. Elektriskā tīkla aizsardzība ar automātslēdžiem: 1 – aplēses (aprēķina jeb maksimālā) strāva; 2 - dzinēja palaišanas strāva; 3 – kabeļa laikstrāvas raksturlīkne I2t; 4 – automātslēdža laikstrāvas raksturlīkne. |

4. Automātslēdža standartizētai iestatījuma strāvai I2 jābūt vienādai vai mazākai nekā 1,45*Ip*, kas atbilst diapazonam *b* 4.47. attēlā. Iestatījuma strāva I2 ievēro neprecizitātes termoatkabņa izgatavošanas laikā. Parasti I2 par 10-40 % lielāka par *Ir* vai *In*. Iestatījuma I2 atslēgšanas laiks var būt 1 h vai 2 h atkarība no plūstošas strāvas vērtības, tātad

*In* ≤ 1,45 *Ip*. (4.5)

5. Automātslēdža elektromagnētiskā atkabņa nominālai strāvai *Im* jābūt lielākai vai vienādai ar maksimāli īslaicīgi pieļaujamo strāvu *Ik*(3), ievērojot drošuma koeficientu *kdr.m*.

*Im ≥ kdr.m·Ik*(3), (4.6)

kur *kdr.m* = 1,25 — drošuma koeficients.

|  |
| --- |
|  |

4.47. att. Automātslēdža raksturlielumu noteikšana atkarība no elektriskā tīkla strāvas vērtībām.

Precīzāk drošuma koeficientu nosaka no raksturlīknēm. Piemēram, automātam A 3100 viņš sastāda *kdr.m* = 1,5.

6. Palaižot īsslēgto asinhrono elektrodzinēju, pa­laišanas brīdī strāva *Ipal* ir 5...7 reizes lielāka par nominālo strāvu. Automātslēdža elektromagnētiskais atkabnis nedrīkst atslēgties elektrodzinēja palaides brīdī, tātad jāizvēlas, lai

*Im* > 1,25 *Ipa*l, (4.7)

kur *Ipal* – elektrodzinēja palaišana strāva.

7. Dzinēja aizsardzībai automātu termoatslēdzes iestatījuma strāvu izvēlas pēc šāda noteikuma:

*Ir ≥ kdrIMd*, (4.8)

kur *Ir* — termoelementa iestatījuma strāva;

*kdr* – drošuma koeficients (*kdr* = 1,05-1,1);

*IMd* - elektrodzinēja darba strāva (*IMd* = *Kn·IN*, kur *Kn* – dzinēja noslodzes koeficients, *IN* – dzinēja nominālā strāva). Ja noslodzes koeficients nav zināms, tad dzinēja darba strāvu pieņem vienādu ar dzinēja nominālo strāvu *IMd* = *IN*.

8. Automātslēdža maksimālai atslēgtspējai (atslēgšanās robežstrāvai) *Isc* jābūt vienādai vai lielākai ar trīsfāžu īsslēguma strāvu *Ik*(3)

*Isc* ≥ *Ik*(3), (4.9)

ja īsslēgums ir automātslēdža uzstādīšanas vietā. Tam atbilst diapazons *c* (4.47. att.). *Ik*(3) – trīsfāžu īsslēguma strāva, *Isc* – nominālā atslēgtspēja (atslēgšanas nominālā strāva).

9. Jāpārbauda, vai vienfāzes īsslēguma strāva ir pietiekami liela un elektromagnētiskais atkabnis atslēgsies vienfāzes īsslēguma gadījumā

*Ik*(1) > *Im*. (4.10)

10. Automātslēdzim jāatslēdz trīsfāzu īsslēguma strāvu elektriskā tīklā laika *tc* izejot no vada vai kabeļa termiskās izturības, kur  ja *tc* < 5 s.

Automatslēdža raksturlīknes salīdzinājums ar vadu termiskās izturības raksturlīknei parāda ka šis noteikums izpildīts, ja *Ik*(1) > *Im* (4.48. att.).

11. Vairākiem elektrodzinējiem (*n* = 2-5) ar īsslēgtu rotoru var uzstādīt maģistrālo (galveno) automātu, bet tikai ar elektromagnētisko atkabni, kura nominālo iestatījuma strāvu izvēlas pēc nosacījuma

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.48. att. Vadu aizsardzība ar automātslēdžiem |

 (4.11)

kur - vienlaicīgi darbojošos elektrodzinēju nominālas darba strāvas summa, A;

 - starpība starp palaišanas un nominālo strāvu elektrodzinējam, kuram šo strāvu vērtība ir vislielākās, A.

Ja vienlaicīgi palaiž vairākus dzinējus, tad palaišana strāva vienāda ar to summu.

12. Ja elektrodzinēju skaits n > 5 vai automāts aizsarga sajaukto ar dažāda rakstura patērētājus

 (4.12)

kur  - vislielākā palaišanas strāva starp dzinējiem;

*Imax* – vislielākā aplēses (aprēķina) stāva līnijā ar pārējiem elektropātērētājiem (30 min laikā);

*KI* – izmantošanas koeficients mehānismam, kas izmanto dzinēju ar vislielāko palaišanas strāvu;

 – nomināla darba strāva dzinējam ar vislielāko palaišanas strāvu

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.

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-l, 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 sprādziennedrošās elektroietaisēs.

**4.10. APRĒĶINU PIEMĒRI**

Izvēlēties automātslēdzi asinhronā elektrodzinēja ar īsslēgtu rotoru komutācijai un aizsardzībai. Elektrodzinēja nominālā jauda *PN* = 4 kW, nominālais spriegums *UN* = 380 V, nominālā strāva *IN* = 8,62 A, palaides strāva 6 reizes lielāka par elektro­dzinēja nominālo strāvu *I* = 6∙*IN* = 51,7 A. Elektrodzinēja uzstādīšanas vietā maksi­mālā īsslēguma strāva *Ik max* = 400 A.

1. Izvēlamies automātslēdzi MMS 32 S 10A (P.3.10. tab.). Tehniskie dati:

* termoatkabņa regulēšanas strāva *Ir.* = 6-10 A,
* elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāva *Im* = 13∙*Ir* = 76-130 A,
* atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība *Icu* = 50 kA.

2. Automātslēdža nominālais spriegums *Ue* = 400 V, tātad lielāks par tīkla spriegumu automātslēdža uzstādīšanas vietā

*Ue.* = 400 V > *UN* = 380 V.

3. Automātslēdža termoatkabņa nominālo strāvu izvēlas, ievērojot nosacījumu, ka termoatkabņa nominālā strāva *Ir* 1,1 reizi lielāka par elektrodzinēja nominālo strāvu, lai īslaicīgas pārslodzes gadījumā automātslēdzis neatslēgtos

*Ir* = 1,1∙*IN.dz.* = 1,1∙8,62 = 9,48 A.

Izvēlamies termoatkabņa iestatījuma strāvu *Ir* = 10 A.

4. Automātslēdža elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva

*Im* = 130 A > *Ip* = 51,7 A.

5. Atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība automātslēdzim *Icu* = 20 kA ievērojami lielāka par maksimālo īsslēguma strāvu *Ik max* = 400 A

*Icu* = 50 kA > *Ik max* = 400A

6. Pēc laikstrāvas raksturlīknes P.3.4. attēlā pārbauda pieļaujamo dzinēja palaides laiku. Pie *Ip* = 6∙*IN* automātslēdzis atslēdzas vidēji pēc *tno* = 8 s, tātad pieļaujamais palaides laiks *tp* = 4 s, kas nodrošina slogota dzinēja palaišanu.

**4.2. piemērs.** Izvēlēties automātslēdžus mehānisko darbnīcu trīsfāžu četrvadu maiņstrāvas tīkla 380/220 V aizsardzībai, ja tam pieslēgti trīs elektrodzinēji :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elektroenerģijas patērētāja nosaukums un tips | Jauda, kW | Jaudas koeficients, cos *φN* | Lietderības koeficients, *ηN* | *kI = Ipal/IN* | Noslodzes  koeficients, *Kn* |
| Elektrodzinēji |  |  |  |  |  |
| M1 - RAM180M2 | 22 | 0,89 | 0,91 | 7,5 | 0,80 |
| M2 - RAM100L2 | 3 | 0,87 | 0,83 | 6 | 0,90 |
| M3 - RAM132SA2 | 5,5 | 0,89 | 0,89 | 6,5 | 0,85 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Atrisinājums  1. Sastāda tīkla aprēķina shēmu 4.49. att.  2. Izvēlas automātslēdžus elektrodzinēju aizsardzībai pret īsslēguma un pārslodzi.  2.1. Pirmais elektrodzinējs  2. 1.1. Nominālā strāva: |  | 4.49. att. |

2.1.2. Aprēķina katra elektrodzinēja darba strāvu *Id* = *Kn∙IN*.

Elektrodzinēja *M*1 darba strāva *IM*1*d* = *Kn*1·*IN*1 = 0,8∙41,32 = 33,06 A.

2.1.3. Palaides strāva *Ipal.*1 = *kI*1 ∙*IN*1 = 7,5∙*IN*1 = 7,5∙41,32 = 309,9 A.

2.1.4. Automātu termoatslēdzes iestatījuma strāvu izvēlas pēc šāda noteikuma:

*Ir ≥ I Md*.

kur *Ir* — termoelementa iestatījuma strāva; *IMd* -elektrodzinēja darba strāva.

Automātslēdža termoatkabņa iestatījuma strāvu izvēlas, ievērojot nosacījumu, ka termoatkabņa nominālā strāva *Ir* 1,1 reizi lielāka par elektrodzinēja darba strāvu, lai īslaicīgas pārslodzes gadījumā automātslēdzis neatslēgtos

*Ir*1= 1,1∙ *IM*1*d* = 1,1∙33,06 = 36,37 A.

Izvēlas termoatkabņa iestatījuma strāvu *Ir*1 = 37 A.

2.1.5. Automātisko slēdžu elektromagnētiskās atslēdzes momentānās iedarbes strāvai *Im* jābūt vienādai vai lielākai par iekārtas īslaicīgo maksimālo strāvu *Ik*:

*Im* ≥ l,25∙*Ik*.

Asinhronā elektrodzinēja palaišanas brīdī palaišanas strāva varam pieņemt par īsslēguma strāvu *Ipal = Ik*. Tātad

*Im*1 = 1,25·*Ipal*1 = 1,25·309,9 = 387,4 A

2.1.6. Pirmā elektrodzinēja aizsardzībai izvēlas automātslēdzi 3RV11 Klase 10 uz 40A (P.3.11. tab.). Automātslēdža 3RV11 Klase 10 tehniskie dati:

* termoatkabņa regulēšanas strāva *Ir* = 28-40 A,
* elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāva *Im* = 520 A,
* atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība *Icu* = 100 kA.

2.1.7. Automātslēdža nominālais spriegums *Ue* = 400 V, tātad lielāks par tīkla spriegumu automātslēdža uzstādīšanas vietā

*Ue*. = 400 V > *UN.t* = 380 V.

2.1.8. Pēc laikstrāvas raksturlīknes P.3.5. attēlā pārbauda pieļaujamo dzinēja palaides laiku. Pie *Ipal*1 = 7,5∙*IN*1 automātslēdzis atslēdzas vidēji pēc *tno* = 15 s, tātad pieļaujamais palaides laiks *tpal* = 4-6 s, kas nodrošina slogota dzinēja palaišanu.

2.2. Otrais elektrodzinējs

2. 2.1. Nominālā strāva: 

2.2.2. Aprēķina elektrodzinēja *M*2 darba strāvu *IM*2*d* = *Kn*2*∙IN*2 *=* 0,9∙6,32 = 5,69 A.

2.2.3. Palaides strāva *Ipal.*2 = *kI*2 ∙*IN*2 = 6∙*IN*2 = 6∙6,32 = 37,92 A

2.2.4. Automātslēdža termoatkabņa iestatījuma strāvu izvēlas, ievērojot nosacījumu, ka termoatkabņa nominālā strāva *Ir* 1,1 reizi lielāka par elektrodzinēja darba strāvu, lai īslaicīgas pārslodzes gadījumā automātslēdzis neatslēgtos

*Ir* = 1,1∙ *IM*2*d* = 1,1∙5,69 = 6,26 A.

Izvēlas termoatkabņa iestatījuma strāvu *Ir*2 = 7 A.

2.2.5. Automātisko slēdžu elektromagnētiskās atslēdzes momentānās iedarbes strāvu *Im*

*Im*2 = 1,25·*Ipal*2 = 1,25·37,92 = 47,4 A

2.2.6. Otrā elektrodzinēja aizsardzībai izvēlamies automātslēdzi MMS 32 S 10A (P.3.10. tab.). Automātslēdža MMS 32 S 10A tehniskie dati:

* termoatkabņa regulēšanas strāva *Ir*. = 6-10 A,
* elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāva *Im* = 13∙*Ir* = 112,1 A,
* atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība *Icu* = 50 kA.

2.2.7. Automātslēdža nominālais spriegums *Ue* = 400 V, tātad lielāks par tīkla spriegumu automātslēdža uzstādīšanas vietā

*Ue* = 400 V > *UN.t* = 380 V.

2.2.8. Pēc laikstrāvas raksturlīknes P.3.4. attēlā pārbauda pieļaujamo dzinēja palaides laiku. Pie *Ipal*2 = 6∙*IN*2 automātslēdzis atslēdzas vidēji pēc *tno* = 8 s, tātad pieļaujamais palaides laiks *tpal* = 4-6 s, kas nodrošina slogota dzinēja palaišanu.

2.3. Trešais elektrodzinējs

2. 3.1. Nominālā strāva: 

2.3.2. Aprēķina elektrodzinēja *M*3 darba strāvu *IM*3*d* = *Kn*3*∙IN*3 *=* 0,85∙10,56 = 8,98 A.

2.3.3. Palaides strāva *Ipal*3 = *kI*3 ∙*IN*3 = 6,5∙*IN*3 = 6,5∙10,56 = 68,64 A

2.3.4. Automātslēdža termoatkabņa iestatījuma strāvu izvēlas, ievērojot nosacījumu, ka termoatkabņa nominālā strāva *Ir* 1,1 reizi lielāka par elektrodzinēja darba strāvu, lai īslaicīgas pārslodzes gadījumā automātslēdzis neatslēgtos

*Ir*3= 1,1∙ *IM*3*d* = 1,1∙8,98 = 9,88 A.

Izvēlas termoatkabņa iestatījuma strāvu *Ir*3 = 10 A.

2.3.5. Automātisko slēdžu elektromagnētiskās atslēdzes momentānās iedarbes strāvu Im

*Im*3 = 1,25·*Ipal*3 = 1,25·68,64 = 85,8 A

2.3.6. Trešā elektrodzinēja aizsardzībai izvēlamies automātslēdzi MMS 32 S 13A (P.3.10. tab.). Tehniskie dati:

* termoatkabņa regulēšanas strāva *Ir*. = 9-13 A,
* elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāva *Im* = 13∙*Ir* = 112,1 A,
* atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība *Icu* = 50 kA.

vai automātslēdzi 3RV 10 uz nominālo strāvu 12,5 A. Automātslēdža 3RV 10 tehniskie dati:

* termoatkabņa regulēšanas strāva *Ir*. = 9-12,5 A,
* elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāva *Im* = 163 A,
* atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība *Icu* = 100 kA.

2.3.7. Automātslēdža MMS 32 S un 3RV 10 nominālais spriegums *Ue* = 400 V, tātad lielāks par tīkla spriegumu automātslēdža uzstādīšanas vietā

*Ue* = 400 V > *UN.t* = 380 V.

2.3.8. Pēc laikstrāvas raksturlīknes P.3.4. un P.3.5. attēlā pārbauda pieļaujamo dzinēja palaides laiku. Pie *Ipal*3 = 6,5∙*IN*3 automātslēdzis atslēdzas pēc *tno* = 8 s, tātad pieļaujamais palaides laiks *tpal* = 4-6 s, kas nodrošina slogota dzinēja palaišanu.

2.4. Galvenais (maģistrālais) automātslēdzis:

2.4.1. Maksimālā darba strāva tīklā

*Id*4 = *IM*1*d + IM*2*d + IM*3*d =* 33,06 + 5,69 + 8,98 = 47,73 A.

2.4.2. Maģistrālā automāta elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāvu var aprēķināt pēc formulas:



2.4.3. Automātslēdža termoatkabņa nominālo strāvu izvēlas, ievērojot nosacījumu, ka termoatkabņa nominālā strāva *Ir* 1,1 reizi lielāka par elektrodzinēja darba strāvu, lai īslaicīgas pārslodzes gadījumā automātslēdzis neatslēgtos

*Ir*4= 1,1∙ *Id*4 = 1,1∙47,73 = 52,5 A.

Izvēlas termoatkabņa iestatījuma strāvu *Ir*4 = 53 A.

2.4.5. Par maģistrālo automātu izvēlas spēka automātslēdzi 3RV11 Klase 10 uz nominālo strāvu 63 A, termoatkabņa regulēšanas strāva *Ir*. = 45-63 A, elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāva *Im*4 = 819 A, atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība *Icu*4 = 100 kA.

2.5. Automātslēdžu selektīvas darbības pārbaude.

2.5.1. Selektīva aizsardzība no pārslodzēm

Selektīva aizsardzība tiek nodrošināta 2. un 3. dzinējam un daļēji 1. dzinējam.

2.5.2. Selektīva aizsardzība pret īsslēguma strāvām

 *Icu*1 = 100 kA > *Im*4 = 819 A; 

*Icu*2 = 50 kA > *Im*4 = 819 A;  *Icu*3 = 50 kA > *Im*4 = 819 A;

Selektīva aizsardzība pret īsslēguma strāvām tikai daļēja.

**4.11. NOPLŪDES STRĀVAS AIZSARDZĪBAS AUTOMĀTSLĒDŽI**

Ja elektroiekārtai bojāta izolācija, var rasties noplūdes strāva. 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.

*Strāvas noplūdes automātu nozīme.*

1. Strāvas noplūdes automāti tika radīti cilvēku, mājdzīvnieku un dažādu lietu aizsardzībai no tiešas vai netiešas saskarsmes ar strāvu vadošām daļām.

2. Strāvas noplūdes automāti nostrādā arī izolācijas bojājumu gadī­jumā, lai novērstu aizdegšanās iespējas. Lai aizsargātu cilvēku, strāvas noplūdes automātam jānostrādā laikā ≤ 0,2 sek.

Strāvas noplūdes automātu funkcijas:

1. Tiešas saskares gadījumā - nepieciešams pārtraukt bīstamas strāvas plūsmu cauri ķermenim visīsākajā laikā;

2. Netiešas saskarsmes gadījumā - nepieciešams pārtraukt pieska­res sprieguma iedarbību uz ķermeni;

3. Ierīce nepārtraukti nosaka vienfāzes strāvas vai trīsfāžu sistēmas līniju strāvu vektoriālo summu un pieļauj elektrības padevi tikai gadījumā, ja šī summa ir nulle. Elektrības padeve tiek pārtraukta, ja strāvu vektoriālā summa pārsniedz iekārtas nominālās noplūdstrāvas vērtību;

4. Aizsardzība pret elektriski izraisītu aizdegšanos.

**4.11.1. Elektriskās strāvas iedarbība uz cilvēka organismu.**

Elektriskās strāvas iedarbības bīstamības raksturošanai atkarībā no strāvas stipruma un iedarbības ilguma uz cilvēka organismu sadala 4 zonās (4.50. att.).

|  |
| --- |
| 4.50. att. Strāvas diapazoni pēc IEC 60 479: 1 – sajūtamības strāva; 2 – satverošā strāva;  3 – nāvējošā strāva; 4 – ilgstošā strāva; IM – strāva caur cilvēka organismu; t – strāvas iedarbības laiks. |

**Sajūtamības strāva** ir mazākā sajūtamā strāva iedarbība, kas pārsniedz 30 s. Sajūtamības strāva 50 Hz maiņstrāvai ir 0,6 līdz 1,5 mA, līdzstrāvai - no 5 līdz 7 mA. Sajūtamības strāva nevar izraisīt cilvēka organisma bojājumus, taču tās ilgstoša iedarbība var negatīvi ietekmēt cilvēka veselību.

**Satverošā strāva** ir mazākais strāvas stiprums, kas rada muskuļu krampjus (satverošus) un sāpes, ja strāvas iedarbības ilgums ir no 1 līdz 30 sekundēm. Satverošās strāvas apakšējā robežvērtība ir tāds caurplūstošās strāvas lielums, kas neļauj cilvēkam pastāvīgi atbrīvoties no strāvu vadoša elementa. Satverošās strāvas apakšējā robeža 50 Hz maiņstrāvai ir no 5 līdz 25 mA, līdzstrāvai - no 50 līdz 80 mA.

**Nāvējošā strāva** ir mazākais strāvas stiprums, kas rada sirds fibrilāciju un elpošanas paralīzi, ja iedarbības ilgums ir no 0,5 līdz 3 sekundēm. Nāvējošās strāvas zemākā robeža 50 Hz maiņstrāvai ir 100 mA, līdzstrāvai - 300 mA.

**Ilgstoša strāvas iedarbība** strauji samazina organisma pretestību. Cilvēka organisma pretestība samazinās par 25%, ja caurplūstošā maiņstrāva ir virs 6 mA un iedarbības ilgums ir lielāks par 30 sekundēm, bet, ja strāvas iedarbība sasniedz 90 sekundes, organisma pretestība samazinās par 70%.

**Aizsardzība.** 3.40. attēlā noradīts arī aizsardzības aparāta nostrādes laiks, ja noplūdēs strāvas sastāda 10 mA un 30 mA. Nostrādes laiks šajā gadījumā vidēji atrodas diapazonā no 10 ms līdz 30 ms. Pieļaujamais nostrādes laiks atbilstoši standartam DIN VDE 0664, EN 61 008 un IEC 61 008ir 0,3 s (300 ms).

**Strāvas plūšana caur cilvēka ķermeni.** Atkarībā no pieskaršanās veida, elektriskās strāva cilvēka ķermenī var cirkulēt pa dažādām trajektorijām:

* roka - roka;
* kāja - kāja;
* kreisā roka - kājas;
* labā roka - kājas;
* citas trajektorijas.

Bīstamākās strāvas trajektorijas ir roka - roka, roka – kājas (3.41. att.), kad strāvas ceļš iet caur sirdi, kas var izraisīt nāvi sirds kambaru fibrilācijas dēļ. Tāpat cilvēkam paaugstināti bīstama ir arī strāvas plūšana caur plaušām, galvu un mugurkaula smadzenēm. Piemēram, ja spriegums АС 230 V trajektorijai roka - roka strāva vienāda ar 230 mА.

**Cilvēka kopējā elektriskā pretestība** var veidoties no vairākiem pretestības elementiem:

* kontakta pretestības;
* cilvēka ķermeņa pretestības;
* izvadpretestības.

**Kontakta pretestība** ir atkarīga no materiāliem, kas sedz kontaktam pakļautās ķermeņa daļas. Šo pretestību var iegūt, lietojot piemērotus cimdus, drēbes u.c. Ja notiek tiešs kontakts ar ādu, šīs pretestības vērtība strauji samazinās.

**Cilvēka ķermeņa pretestība** ir atkarīga no ļoti daudziem faktoriem. Galvenie no tiem ir ādas mit­ruma pakāpe, kontaktvirsmas lielums, kontakta spie­diens, spriegums, fizioloģiskais stāvoklis, epidermas stingrība. Elektrodrošības aprēķinos pieņem, ka cilvēka ķermeņa pretestība ir 1000 Ω*.*

Aprēķinos varam pieņemt, ka strāvas stiprums caur cilvēka ķermenī ir atkarīgs no cilvēka ķermeņa pretestības RM un pārejas pretestības Rst (4.51. att.)

Strāvas noplūdes automāta atslēdzes strāva ir atkarīga no sprieguma UL un zemējuma pretestības RA, to izsaka: 

4.12. tabulā noradīta augstākā zemējuma pretestība RA (Ω*),* kā funkcija no līnijas sprieguma Ul un noplūdes strāvas IΔN (TT-sistēmā).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

4.51. att. Tiešās pieskaršanas piemēri pie strāvas vadošam iekārtas daļām.

4.12. tabula

**Augstākā zemējuma pretestība RA *,* kā funkcija no Ul un IΔN**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Noplūdes strāva IΔN** | | **Augstākā zemējuma pretestības vērtība, Ω** | |
| **UL = 50 V** | **UL = 25 V** |
| Vidēja jutība | 500 mA  300 mA  100 mA | 100  166  500 | 50  83  250 |
| Augsta jutība | 30 mA  10 mA | 16  70  5000 | 8  35  2500 |

TT sistēmai ir viens tieši zemēts punkts, un ietaises atklātās strāvvadošās daļas ir savienotas ar zemētājiem elektriski neatkarīgi no elektrosistēmas zemētājiem (skat. 4.52. att.).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

4.52. att. TT sistēma

**4.11.2. STRĀVAS NOPLŪDES AUTOMĀTA DARBĪBAS PRINCIPS**

Noplūdes strāvas automātos ir iebūvētas mērīšanas sistēmas, kas sastāv no summējošā strāvas transformatora ar pastāvīgā magnēta nostrādes ierīci.

Kad pie patērētāja parādās noplūdes strāva vektoriālais līdzsvars tiek izjaukts un strāvas transformatorā parādās strāva IΔN, kura ir proporcionāla noplūdes strāvai un atslēgšanās relejs nostrādā.

Šādu sistēmu var iebūvēt arī automātiskajā slēdzī tādējādi izvei­dojot kombinēto automātisko slēdzi.

Noplūdes strāvu automātslēdžu darbības principa pamatā ir diferenciālā releja darbības princips. Uz ferromagnētiskās serdes uztīti trīs tinumi: tiešās strāvas I1 ti­nums, pretējās strāvas I2 tinums un automātslēdža spoles YA1 ķēdē slēgtās spoles Wdtinums. Nopludstrāvas aizsardzībasdarbības princips TNStīklā paskaidrots 4.53. attēlā.

|  |
| --- |
|  |

4.53. att. Vienfāzes noplūdstrāvas aizsargslēdža darbību skaidrojoša principshēma: A1 - noplūdstrāvas aizsargslēdzis; A2 - slēdzējmehānisms; A1.1, A1.2, A1.3 - aizsargslēdža kontakti; A3 - toroidāls elektromagnēts ar diviem darba tinumiem W1,W2 un vadības tinumu (diferenciāltinumu) Wd; A4 - elektropatērētājs; SB1 - pagriežama, stāvokli fiksējoša slēgpoga; SB2 - pārbaudes poga; Rl - strāvu ierobežotājrezistors pārbaudes ķēdē; YA1 - atslēgšanas elektromagnēts vadības tinuma ķēdē; RSL - elektropatērētāja slodzes pretestība; T - barotājtransformatora sekundārie tinumi; FU - drošinātāji; Rz - transformatora neitrāles zemetājķēdes ekvivalentā pretestība; PE - aizsargvads; N - neitrālvads.

Automātslēdzis ieslēgts starp neitrāles vadu N un fāzes vadu L1. Strāvas spoļu tīšanas virzieni izvēlēti tā, lai strāvu I1un I2 radītās magnētiskās plūsmas Ф1 un Ф2 būtu pre­tējos virzienos. Ja ķēdē nav bojājumu, tad I1 = I2, magnētiskās plūsmas /Ф1/ = /Ф2/, tāpēc magnētisko plūsmu starpība ir nulle un spolē (diferenciāltinumā) WdEDS neinducējas (Id = 0). Spolei YA1spriegums netiek pievadīts, un automātslēdzis A2 paliek ieslēgtā stāvoklī. Ja notiek izolācijas caursite vai cilvēks pieskaras strāvu vadošām daļām, tad I1 ≠I2, Ф1 ≠ Ф2, tā­pēc Ф1 - Ф2 ≠ 0, spolē Wd inducējas EDS, kas ir pietiekami liels, lai elektromagnēts YA1 nostrādātu un automātslēdža kontakti atslēgtos. ID ir noplūdes strāva, IΔ transformatora A3 diferenciāla strāva (ID > IΔ).

Avārijas režīmā, kad noticis fāzes savienojums ar aizsargājamās iekārtas A4 korpusu, daļa no strāvas I1noplūst caur cilvēka ķermeni (Ic)un aizsargvadu (Iz).Līdz ar to strāva atpakaļvadā iegūst kādu jaunu vērtību kas ir mazāka par normālā režīma strāvu šajā vadā I2.Slodzes pretestībai Rsl pievadītā strāva pēc Kirhofa 1. likuma attiecīgi ir



Toroidālā elektromagnēta A3 serdē tiek izjaukts magnētisko plūsmu Φ1un Φ2līdzsvars. Serdē rodas plūsma Φd, kas diferenciāltinumā *Wd* inducē noteiktu EDS un vadības ķēdē rada strāvu *Id*.

Kad izpildās nosacījums *Id > IYA*1 *nostr.*, tad pievelkas elektromagnēta YA1 serde un ar slēdzējmehānismu A2 tiek atslēgts aizsargslēdzis A1. Te jāpiebilst, ka cilvēku aizsardzībai paredzētos noplūdstrāvas aizsargslēdžus izgatavo vienai no divām starptautiski pieņemtām atslēgšanas elektromagnēta YA1 nostrādes strāvas vērtībām (10 vai 30 mA). Eiropas Savienības valstīs pārsvarā izmanto IYAI nostr. = 30 mA, bet Amerikas Savienotajās valstīs - pārsvarā IYAInostr. = 10 mA. Citiem mērķiem paredzētiem noplūdstrāvas aizsargslēdžiem var būt lielākas IYAI nostr. vērtības (100, 300, 500 mA).

**4.11.3. NOPLŪDES AIZSARDZĪBAS IERĪČU (NAI)**

**KLASIFIKĀCIJAS KRITĒRIJI.**

Noplūdstrāvas aizsardzības ierīces var klasificēt pēc četriem kritērijiem:

* pēc uzbūves;
* pēc strāvas veida, uz kādu reaģē;
* pēc nominālās noplūdstrāvas;
* pēc nostrādes laika.

Atkarībā no **uzbūves tipa**, NAI var iedalīt sekojoši:

* noplūdstrāvas aizsardzības slēdži ar pārstrāvas aizsardzību (NASP);
* noplūdstrāvas aizsardzības slēdži (NAS);
* noplūdstrāvas aizsardzības ierīču bloki (NAI - bloki).

NASP vienā iekārtā apvieno noplūdstrāvas aizsardzības funkcijas un pārstrāvas aizsardzību, kas ir raksturīga mazgabarīta automātslēdžiem. NASP nostrādā gan pie zemesslēgumiem, gan pie pārslodzēm un īsslēgumiem, turklāt tie aizsargā arī paši sevi līdz maksimālajai īsslēguma strāvas vērtībai, kas uzrādīta marķējumā.

NAS (4.54. att.) ir jutīgi tikai pret strāvas noplūdēm uz zemi. Tie ir jāuzstāda virknē ar mazgabarīta automātslēdžiem (MAS) vai kūstošajiem drošinātājiem aizsardzībai no potenciālām pārstrāvas radītām dinamiskajām pārslodzēm un termiskajiem bojājumiem.

Elektroinstalācijas, kur jau ir uzstādīti MAS, kas ierobežo enerģijas caurplūdi, NAS iekārtas var izmantot arī kā atdalītāju (piemēram, sadalnē pirms uzstādītā MAS).

NAI - bloki ir noplūdstrāvas aizsardzības ierīces, izmantošanai kombinācijā ar standarta MAS. IEC/EN 61009 norma G pieļauj tikai vienreizēju NAI - bloka montēšanu uz atbilstoša MAS. Jebkādi vēlāki centieni tos atkal atdalīt atstāj redzamus bojājumus. Šādā veidā samontētam noplūdstrāvas aizsardzības slēdzim saglabājas gan MAS, gan NAI - bloka elektriskie raksturlielumi.

Noplūdes automāts sastāv no diviem funkcionāliem mezgliem: diferenciālas aizsardzības elektroniskā moduļa un automātslēdža (4.55. att.). Elektroniskā moduļa sastāvā ir diferenciālais strāvas transformators, pastiprinātājs, elektromagnēts un barošanas bloks.

No grafika 4.56. att. redzams, ka pat NAI ar jutību 300 mA diezgan ātri atslēdz boAtkarībā no **noplūdstrāvas veida**, pret ko ir jutīgas NAI, tos var iedalīt sekojoši:

* AC tipa (tikai maiņstrāvai);
* A tipa (maiņstrāvai un/vai vienpusperioda maiņstrāvai ar līdzstrāvas komponenti);
* B tipa (maiņstrāvai un/vai vienpusperioda maiņstrāvai ar līdzstrāvas komponenti, kā arī nemainīgai noplūdstrāvai).

AC tipa NAI ir piemērotas visām sistēmām ar sinusoidālām noplūdstrāvām. Tās nav jutīgas pret impulsveida noplūdstrāvām ar strāvas pīķiem līdz 250 A (impulsa viļņa forma 8/20), kuras rodas no atkārtotiem sprieguma impulsiem tīklā (piem., no luminiscences spuldžu ieslēgšanas, rentgenstaru aparatūras, datu apstrādes sistēmām u.c.).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **Polu**  **skaits** | **Moduļu**  **skaits** | **Nominālā strāva, A** | **Nominālā diferenciāla atslēgšanas strāva, mА** | | 2 | 2 | 25 | 30 | | 2 | 2 | 40 | 30 | | 2 | 2 | 63 | 30 | | 2 | 2 | 25 | 300 | | 2 | 2 | 40 | 300 | | 2 | 2 | 63 | 300 | | 4 | 4 | 25 | 30 | | 4 | 4 | 40 | 30 | | 4 | 4 | 63 | 30 | | 4 | 4 | 40 | 100 | | 4 | 4 | 63 | 100 | | 4 | 4 | 40 | 300 | | 4 | 4 | 63 | 300 | |
| ***c*** | ***d*** |

4.54. att. Noplūdstrāvas automāts (NAS) VD 63 (Merlin Gerin): a - divu polu NAS; b – četru polu NAS; c, d – grafiskie apzīmējumi

|  |  |
| --- | --- |
| 4.55. att. Noplūdstrāvas automāta uzbūve:  1 – korpuss; 2 – pastiprinātājs un barošanas bloks;  3 - diferenciālais transformators; 4 – rokturis;  5 – strāvas relejs ar strāvas atkabni; 6 – poga „Tests”; 7 - spailes . | 4.56. att. Noplūdstrāvas automāta atslēgšanas laiks atkarība no izdalītas jaudas izolācijas bojājuma vietā |

A tipa NAI nav jūtīgas pret impulsveida noplūdstrāvām ar strāvas pīķiem līdz 250 A (impulsa forma 8/20).

Tās ir īpaši piemērotas sistēmu aizsardzībai, kur starp patērētājiem ir elektroniskās ierīces vai iekārtas ar fāzes regulēšanu (ātruma, temperatūras, gaismas intensitātes u.c), ar I izolācijas klasi (II izolācijas klase pēc definīcijas pasargā iekārtas no zemesslēgumiem). Šādas iekārtas var radīt vienpusperioda zemesslēguma strāvas ar līdzstrāvas komponenti, kuras atpazīst A tipa NAI.

B tipa NAI ir īpaši ieteicams izmantot regulējamas piedziņas sistēmas (sūkņu, liftu, rūpniecības mašīnu u.c. piedziņā), jo tās atpazīst nemainīgas noplūdstrāvas ar nelielām pulsācijām.

AC un A tipa NAI atbilst standarta IEC/EN 61008/61009 prasībām, taču B tipa NAI pagaidām atbilstošu standartu nav.

Atkarībā no **nominālās noplūdstrāvas** IΔN vērtības, NAI var iedalīt sekojošās kategorijās:

* zemas jutības NAI (IΔN > 0.03 A), kas nav piemērotas aizsardzībai pret bīstamu strāvu cauri ķermenim tiešā kontakta gadījumā. Lai nodrošinātu aizsardzību netiešo kontaktu gadījumā, jutības līmenim jābūt saskaņotam ar sazemējuma kontūra pretestību atbilstoši IΔN < 50/R;
* augstas jeb "fizioloģiskas" jutības NAI (IΔN: 0.01...0.03 A) aizsardzībai netiešo kontaktu gadījumā, kā art ar papildus aizsardzību tiešo kontaktu gadījumā.

**Nominālā noplūdstrāva un vide.**

*Mājsaimniecība un īpašas telpas* IΔN ≤ 30 mA. Augstas jutības vai "fizioloģiski" jutīgie NAI. Saskaņā ar IEC/EN 60364 šīs iekārtas ir jāuzstāda vannas istabās, dušas telpās, privātos un publiskos baseinos un telpās, kur ir uzstādītas rozetes bez mitruma aizsardzības vai pazeminošiem transformatoriem.

*Laboratorijas, ražošanas telpas* IΔN no 30 mA līdz 500 mA - zemas jutības NAI

*Lieli ražošanas kompleksi* IΔN no 500 mA līdz 1000 mA - zemas jutības NAI.

Atkarībā no **nostrādes laika** NAI var iedalīt sekojoši:

* momentānās jeb vispārējās darbības;
* S tipa (selektīvie).

Selektīvajām NAI (NASR NAS vai NAI -blokiem ir aizkavēta nostrāde, un tās uzstāda pirms citām momentānās darbības noplūdstrāvas aizsargierīcēm, lai realizētu selektivitāti un

avārijas gadījumā atslēgtu tikai to sistēmas daļu, kur radies bojājums.

Nostrādes laiks nav regulējams. Tas ir iestatīts pēc laika-strāvas raksturlīknes ar lielāku nostrādes aizturi pie mazām strāvām, kas samazinās strāvai pieaugot.

Saskaņā ar IEC/EN 61008 un 61009, katrai NAI tipam pie noteiktām IΔN vērtībām atbilst zināms nostrādes laiks.

4.13. tabula

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tips** | **IN, A** | **IΔN, A** | **Nostrādes laiks (s)** | | **Noplūdstrāva** | |
| 1∙IΔN | 2∙IΔN | 5∙IΔN | 500A |
| Momentānais | visas | visas | 0.3 | 0.15 | 0.04 | 0.04 |
| S (selektīvais) | > 25 | > 0.030 | 0.13-0.5 | 0.06-0.2 | 0.05-0.15 | 0.04-0.15 |

ABB NAI klāsts ietver arī AP-R (prettraucējumu izpildījuma) iekārtas, kas nostrādā pie standarta pieļaujamiem robežlaikiem momentānas darbības noplūdstrāvas aizsardzības iekārtām. Šādā izpildījumā aizsardzība tiek aktivizēta ar sevišķi mazu nostrādes laika kavējumu (apm. 10 ms salīdzinājumā ar standarta NAI).

4.57. attēlā un P.4.1. attēlā ir redzams nostrādes līkņu salīdzinājums sekojošām noplūdstrāvas aizsardzības ierīcēm: 30 mA momentānās darbības NAI; 30 mA AP-R momentānās darbības NAI; 100 mA selektīvais NAI.

Noplūdes automātslēdži ir AC tipa, kas paredzēti maiņstrāvai, un A tipa, kas paredzēti gan maiņstrāvai, gan vienpusperioda iztaisnotai maiņstrāvai. Abus tipus iz­gatavo normālā izpildījumā vai "S" selektīvā izpildījumā. AC tips paredzēts uzstā­dīšanai elektriskos tīklos, jo reaģē uz maiņstrāvas noplūdi. A tips paredzēts uzstā­dīšanai speciālos elektriskos tīklos, jo reaģē uz maiņstrāvas noplūdi un strāvas ar līdzstrāvas komponenti noplūdi. Automātslēdžu "S" variants, (AC un A tips) atslēdzas ar laika aizturi (3.44. att.). Tas nodrošina šo automātslēdžu selektīvu dar­bību.

|  |
| --- |
|  |

4.57. att.Noplūdes strāvas automātslēdža laikstrāvas raksturlīknes

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 īsslēguma, kā arī noplūdes strāvas. Šos automātslēdžus izgatavo nominālām strāvām 3—160 A un noplūdes strāvām no 0,01 līdz 1 A.

Jau daudzus gadus elektrisko iekārtu un aprīkojuma ražotāji savu izstrādājumu darbaspējas un efektivitātes uzlabošanai izmanto elektroniskās ierīces.

Tādas ierīces kā veļasmašīnas ar griešanās ātruma regulēšanu, darbarīki ar apgriezienu regulēšanu, termostati un maiņsprieguma regulatori veido nesinusoidālu strāvu (vienpusperioda maiņstrāvu ar līdzstrāvas komponenti).

Izšķir trīs dažādus strāvas tipus (4.58. att.).

**Tips I.** Iztaisnotu strāvu ar līdzstrāvas komponenti un tas vērtību, kas nepārtraukti ir lielāka par nulli var izraisīt:

* trīsfāžu strāva;
* viduspunkts un trīsfāžu strāva;  
   - tiltiņa slēgums;
* divpusperiodu taisngrieži ar induktīviem un kapacitīviem filtriem.

**Tips II.** Vienpusperioda maiņstrāva ar līdzstrāvas komponenti, kas periodiski sasniedz nulles vērtību. Tāda strāva var rasties:

* vienpusperioda taisngriežos;
* vienfāzes tiltiņa slēgumos ar vai bez titriem;
* sprieguma regulatoros ar simetrisku un asimetrisku vadības leņķi pie aktīvas slodzes.

**Tips III.** Vienpusperioda maiņstrāva ar līdzstrāvas komponenti, kas periodiski šķērso nulles vērtību. Tāda strāva var rasties:

* vienpusperioda taisngriežos;
* vienfāzes tiltiņa slēgumos ar vai bez filtriem;
* sprieguma regulatoros ar simetrisku vai asimetrisku vadības leņķi pie induktīvas  
  slodzes.

|  |  |
| --- | --- |
| 4.58. att. | 4.59. att. |

Ja izolācijas bojājuma dēļ rodas zemesslēgums daļām, kur plūst iztaisnota strāva, kontaktu spriegums ir tik pat liels, kā maiņstrāvas gadījumā.

Šāda veida noplūdstrāvas ar līdzstrāvas komponenti neatslēdz standarta NAI, kas ir paredzēta darbam ar 50-60 Hz maiņstrāvas nostrādi.

NAI nenostrādāšanai pie noplūdstrāvas ar līdzstrāvas komponenti var būt divējādas sekas:

* tas ir bīstami cilvēkiem un aprīkojumam (nāvējošs elektrošoks vai ugunsgrēks);
* tas izraisa NAI jutības samazināšanos, jo pārmērīgi polarizējas transformatora serde, rezultātā nenodrošinot nepieciešamo jaudu atslēdzēja iedarbināšanai (4.59. attēls - histerēzes cilpa 1).

Lai izvairītos no šīs problēmas, jāizmanto A tipa NAI. Pateicoties īpašajai noplūdstrāvas transformatora toroidālās serdes tehnoloģijai, atslēdzējam tiek pievadīta pietiekama jauda, lai tas nostrādātu (4.59. attēls - histerēzes cilpa 2).

Nostrādes mehānisma jutība tiek palielināta vēl vairāk, pieslēdzot to elektriskai ķēdei, kas ir jutīga pret strāvas viļņa formu.

Šādā veidā tiek nodrošināta NAI nostrāde pie jebkādas vienpusperioda strāvas pat ar 6mA lielu līdzstrāvas komponenti.

**4.11.4. SELEKTĪVĀ AIZSARDZĪBA.**

Uzstādot NAI, jāsastopas ar līdzīgu problēmu kā pie MAS uzstādīšanas – kā bojājuma atslēgšanas gadījumā pēc iespējas samazināt atslēgto iekārtu skaitu.

NASP selektivitātes nodrošināšanas uzdevumu pie īsslēguma strāvas var risināt pēc tādiem pašiem kritērijiem kā MAS.

Tomēr, projektējot precīzu noplūdstrāvas aizsardzību, īpaša uzmanība jāpievērš nostrādes laikiem. Aizsardzība pret bīstamu strāvu izplūšanu caur ķermeni ir efektīva tikai tad, ja nav pārsniegti maksimālie laiki, kas uzrādīti uz drošības līknes.

Ja elektriskajā sistēmā ir iekārtas ar noplūdstrāvu uz zemi, kas pārsniedz parastās vērtības

(piem., ja ir uzstādīts ieejas kondensatoru filtrs), vai, ja sistēmā ir vairāki patērētāji, ir ieteicams aiz ievadslēdža vai galvenās selektīvās NAI galvenajos atejošajos zaros uzstādīt vairākas NAI, nevis izmantot vienu kopējo NAI.

**Horizontālā selektivitāte** (4.60. att.).Galvenais automātiskais slēdzis nodrošina „horizontālo selektivitāti”, novēršot visas sistēmas nevēlamu atslēgšanos nelielas noplūdes gadījumā kādā sistēmas posmā.

Tomēr, šādi sekcija „k” starp galveno aizsardzības automātu un noplūdstrāvas aizsardzības iekārtām paliek bez aizsardzības. Galvenās NAI izmantošana aizsardzībai radītu problēmas ar „vertikālo selektivitāti”, kam nepieciešama dažādu iekārtu nostrādes saskaņošana, lai neciestu ne sistēmas drošība, ne elektroenerģijas piegādes nepārtrauktība. Šajā gadījumā selektivitāte var būt amperometriska (daļēja) vai hronometriska (pilna).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.60. att. Horizontālā selektivitāte |

**Vertikālā selektivitāte** (4.61. att.).Vertikālā selektivitāte var tikt realizēta noplūdstrāvas aizsardzībai, ievērojot, ka uz augšu no sistēmas periferiālajiem zariem – galvenās sadales virzienā risks nekvalificētas personas nonākšanas saskarē ar bīstamām daļām būtiski samazinās.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.61. att. Vertikālā selektivitāte |

**Amperometriskā (daļējā) selektivitāte.** Aizsardzības selektivitāti panāk, uzstādot zemas nominālās NAI augstāk, vai augstas nominālās NAI zemāk sistēmā.

Būtisks nosacījums, ko jāizpilda, lai nodrošinātu sistēmas selektīvo darbību, ir, ka augstāk esošā (galvenā) automāta nominālajai noplūdstrāvai IA1n ir jābūt vairāk kā divas reizes lielākai nekā zemāk esošā automāta nominālajai noplūdstrāva IA2n.

Tādā gadījumā selektivitāte ir daļēja un zemesslēguma noplūdstrāvas gadījumā nostrādā tikai zemāk esošais automāts.

**Hronometriskā (pilnā) selektivitāte** (4.62. att.)**.** Lai panāktu pilno aizsardzības selektivitāti, ir jāuzstāda selektīvās darbības NAI.

Divu virknē slēgtu aizsardzības iekārtu nostrādes laikiem ir jābūt saskaņotiem tā, lai jebkurai strāvas vērtībai zemāk esošās iekārtas kopējais atslēgšanās laiks t2 būtu mazāks kā augstāk esošās iekārtas nenostrādes robežas laiks t1. Šādi zemāk esošais automāts pabeidz atslēgšanos pirms augstāk esošā.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.62. att. Hronometriskā (pilnā) selektivitāte:  1 - teorētiska drošības līkne;  2 -NAI A tipa nostrādes raksturlīkne;  3 - nejutības robežas laiks;  4 - NAI B tipa nostrādes raksturlīkne. |

4.14. tabula

**NAI selektivitātes tabula**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Augstāk esošās iekārtas IΔN , mA | 10 | 30 | 100 | 300 | 300 | 500 | 500 | 1000 | 1000 |
| Zemāk esošās iekārtas IΔn , mA | mom |  | mom | mom | mom | S | mom | S | mom | S |
| 10 | mom |  | **+** | **+** | **+** | x | **+** | x | **+** | x |
| 30 | mom |  |  | **+** | **+** | x | **+** | x | **+** | x |
| 100 | mom |  |  |  | **+** | x | **+** | x | **+** | x |
| 300 | mom |  |  |  |  |  |  |  | **+** | x |
| 300 | S |  |  |  |  |  |  |  | **+** | **+** |
| 500 | mom |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 500 | S |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1000 | mom |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1000 | S |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

mom - momentāna, S - selektīva, **+** - amperometriskā (da|ējā) selektivitāte, **x** - hronometriskā (pilnā) selektivitāte

Lai garantētu pilnīgu drošību, saskaņā ar IEC 64-8/563.3 komentāriem, augstāk esošās iekārtas IAn vērtībai jābūt vairāk kā divas reizes lielākai nekā zemāk esošās iekārtas IAn vērtībai.

Drošības apsvērumu dēļ, augstāk esošās iekārtas aizkavētās nostrādes laikiem vienmēr jāatrodas zem drošības līknes.

**NASP FS 201 un DS 200 nostrādes sliekšņa aprēķins**

Temperatūras diapazonam no -25 °C līdz +55 °C, sērijām FS 201 un DS 200 skat. MAS 200 parametru izkliedes aplēses tabulas.

**Nevēlama nostrāde.** Parādoties traucējumiem tīklā, bieži nostrādā sistēmā esošās NAI, tādējādi spriegums tiek atslēgts, kaut gan patiesībā nekāda strāvas noplūde uz zemi nav bijusi.

Šādus traucējumus visbiežāk izraisa:

* pārspriegumi, ko izraisa slodzes pieslēgšana vai atslēgšana (palaižot vai apturot  
  elektromotorus, ieslēdzot vai izslēdzot luminiscences apgaismes sistēmas utt.).
* atmosfēras izraisītie pārspriegumi, kurus izsauc tiešas vai netiešas izlādes elektrolīnijās.

Šādos gadījumos ierīces nostrāde nav vēlama, jo tā nav izraisīta tieša vai netieša kontakta radīto briesmu novēršanai. Turklāt pēkšņa un nepamatota barošanas pārtraukšana var izsaukt nopietnas problēmas.

**AP-R NAI.** ABB AP-R (prettraucējumu) NAS un NAI - bloki ir izstrādāti tā, lai atrisinātu iepriekšminēto pārspriegumu izsaukto nevēlamās nostrādes problēmu.

Šajās iekārtās iebūvētā elektroniskā ķēde atšķir tīkla traucējumu izsauktās īslaicīgās noplūdes no patiesu bojājumu radītām noplūdēm, nostrādājot tikai pēdējā gadījumā.

AP-R NAS un NAI - blokiem ir neliels nostrādes laika kavējums, taču tas nepārsniedz drošības robežas saskaņā ar spēkā esošajiem standartiem (atslēgšanās laiks pie 2∙I4n = 150 ms).

To uzstādīšana ļauj izvairīties no nevēlamām aizsardzības nostrādēm mājsaimniecībās un rūpniecības sistēmās, kur ir svarīga barošanas nepārtrauktība, vienlaicīgi garantējot noplūdstrāvas aizsardzību.

Ilgstošai svarīgu ķēžu kalpošanai un vienlaicīgi patērētāju iekārtu un ķēžu aizsardzībai pret

Pārspriegumiem vislabāk kombinēt NAS un AP-R blokus ar pārsprieguma aizsardzības iekārtām.

**Standartu prasības.** IEC/EN 61008 un IEC/EN 61009 pārbauda NAI noturību pret pārspriegumiem, pielietojot 0.5 μs/100 kHz pusvilni. Visām NAI ir jāiztur pārbaude pie strāvas maksimālās vērtības 200 A. Atmosfēras izraisītajiem pārspriegumiem IEC61008un IEC 61009 paredz noturību pret impulsu ar viļņa formu 8/20 ps ar maksimālo vērtību 3000A, attiecinot šo prasību tikai uz selektīvajām NAI. Uz citām NAI šī prasība neattiecas.

ABB AP-R (prettraucējumu) NAI iztur kā vispārējo noturības pārbaudi ar 0.5 μs/100 kHz

impulsu, tā arī 8/20 ps impulsu ar 3000 A maksimumu, kas paredzēta tikai selektīvajām NAI.

**Četrpolu NAS izmantošana 3-fažu ķēdē bez neitrāles**

Četrpolu F 200 sērijas NAS pārbaudes pogas ķēde ir saslēgta iekārtas iekšienē starp spailēm 6/ 5 un 8/7/N kā parādīts zemāk un ir paredzēta darbam pie sprieguma no 110 līdz 254 V (4.63. att.).

Uzstādot iekārtu 3 fāžu sistēmā bez neitrāles ar līnijas spriegumu no 110 līdz 254 V, korektai pārbaudes pogas darbībai ir iespējami divi risinājumi:

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4.63. att. Četrpolu NAS ar darba spriegumu no 110 līdz 254 V |

1. pieslēgt 3 fāzes spailēm 3/4 5/6 7/8/N un 4/3 6/5 8/7N (atbilstoši barošanas un slodzes pusē);
2. pieslēgt 3 fāzes (barošanu pie spailēm 1/2 3/4 5/6 un slodzi pie 4/3 6/5 8/7/N) un saslēgt spailes 2/1 un 7/8/N, tādējādi padodot uz spaili 7/8/N pirmās fāzes potenciālu un uz pārbaudes ķēdi - līnijas spriegumu.

Ja sistēmas līnijas spriegums ir augstāks kā 254 V, kā tas parasti ir 3 fāžu sistēmās ar līnijas spriegumu 400V (un fāzes spriegumu 230 V), šādus slēgumus izmantot nedrīkst, jo pārbaudes pogas ķēde var tikt bojāta pie tik augsta sprieguma.

Lai panāktu korektu pārbaudes pogas darbību sistēmas ar 400 V līnijas spriegumu, nepieciešams pieslēgt fāzes, kā tas ir normāli paredzēts (barošanu pie spailēm 1/2 3/4 5/6 un slodzi pie spailēm 2/1 4/3 6/5), bet starp spailēm 4/3 un 8/7/N ieslēgt rezistoru kā parādīts 4.64. attēlā.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4.64. att. Četrpolu NAS līnijā ar spriegumu 400 V | 4.15. tabula   |  |  | | --- | --- | | **IΔN, A** | **Rest, Ω** | | 0.03 | 3300 | | 0.1 | 1000 | | 0.3 | 330 | | 0.5 | 200 | |

Tādējādi pārbaudes pogas ķēde barojas no 400 V, piemēram, NAS ar IAn = 0.03 A var būt Rest = 3.3 kΩ pretestība kā testa automātiskā slēdža pretestība (sk. 4.15. tabulu). Virknē slēgtā rezistora Rest sprieguma kritums samazina pārbaudes ķēdei pieslēgto spriegumu līdz vērtībai, kas ir mazāka par 254 V. Rest pretestībai jaudas zudumi lielākoties ir augstāki par 4 W.

Nominālā režīma NAS darbības laikā (ar nenoslēgtu pārbaudes ķēdi) caur rezistoru Rest strāva neplūst, tāpēc nav jaudas zudumu.

**NAS risinājums ar neitrāles polu kreisajā pusē** (4.65. att.).Šo NAS pārbaudes pogas ķēde ir saslēgta iekārtas iekšienē starp spailēm 6/5 un 4/3 kā parādīts zemāk un ir paredzēta darba spriegumam no 195 līdz 440 V. Iekārtai vienkārši jāpieslēdz 3 fāžu sistēma bez neitrāles ar fāzes spriegumu 230 V vai 400 V līnijas spriegumu (barošanu pie spailēm 1/2 3/4 5/6 un slodzi pie spailēm 2/1 4/3 6/5), neizdarot nekādus papildus pieslēgumus.

|  |
| --- |
| 4.65. att. Četrpolu NAS ar neitrāles polu kreisajā pusē |

**Kontroljautājumi**

* 1. No kādiem nenormāliem darba režīmiem automātslēdži aizsargā elektriskās ķēdēs?
  2. Kādas galvenās prasības izvirza automātslēdžiem?
  3. Uzzīmēt un izskaidrot automātslēdžu blokshēmu.
  4. Kādus atkabņus uzstāda automātslēdžos?
  5. Kā darbojas termoatkabnis?
  6. Kā darbojas elektromagnētiskais atkabnis?
  7. Uzzīmēt termoatkabņa laikstrāvas raksturlīkni.
  8. Uzzīmēt elektromagnētiskā atkabņa laikstrāvas raksturlīkni.
  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 raksturlīknēm?
  15. Kā darbojas noplūdes strāvas automātslēdži?
  16. Kā panākt automātslēdžu ātrdarbību?
  17. Kā darbojas ātrdarbīgie automātslēdži?
  18. Kā izvēlas automātslēdžus pēc nominālā sprieguma?
  19. Kā izvēlas automātslēdžus pēc nominālās strāvas?
  20. Kā izvēlas automātslēdža termoatkabņa nominālo strāvu?
  21. Kā izvēlas automātslēdža elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāvu?

**5. NODAĻA**

**SVIRSLĒDŽI, PAKETSLĒDŽI**

**5.1. SVIRSLĒDŽA NOZĪME UN DARBĪBAS PRINCIPS**

Svirslēdzis ir vienkāršākais manuālais komutācijas aparāts. Svirslēdži tiek izmantoti elektrisko sadalnes elektrotīklu vadībai un kontrolei. Svirslēdžus izgatavo līdz 660 V maiņspriegumam un līdz 440 V līdzspriegumam. Slēdži tiek izmantoti ka ieejas slēdži:

* ieejas sadalnēs
* galvenajās jaudas sadalnēs komerciālajos un industriālajos pielietojumos
* modulārajās sadalnēs komerciālajos un industriālajos pielietojumos
* vadības paneļos
* sadalnes motoru, darbgaldu u.c. barojošo tīklu lokālai vadībai un izolācijai

Industriālie funkcionēšanas parametru līmeni saskaņa ar IEC60947-1 un IEC60947-3:

□ nominālais darba spriegums no 500 līdz 690 V;

□ nominālā darba strāva AC-21 A, AC-22 A, AC-23 A un B, DC-21 A, DC-22 A, DC-23 A un B;

□ nominālā impulsa sprieguma izturība 8 kV;

□ bez parametru samazināšanas līdz 60 °C apkārtējai temperatūrai.

Svirslēdzis sastāv no ne­kustīgā kontakta jeb kontaktligzdas un kustīgā, kuram ir nažveida forma (5.1. att.).

|  |  |
| --- | --- |
| ***a b*** | ***c*** |

5.1. att.Svirslēdzis

*a* — atslēgšanas momentā; *b* — apzīmējums shēmās; c - firmas Filnor svirslēdzis; 1 — izolācijas

materiāla pamatne; 2 — kontaktligzda jeb nekustīgais kontakts; 3 — sprieguma pievads; 4 — kustīgais kontakts (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.

***Slēdži atvienotāji*** (5.1. att. un 5.2. att. *a*)***.*** Svirslēdzi parasti uzstāda redzama pārtraukuma radīšanai elektriskā ķēdē un izmanto ka slēdžu atvienotāju, tātad slodzes atvienotājiem ir divas pozīcijas „Ieslēgts - Atslēgts”. Raksturlielumi doti standartā IEC 60947-3. Atvienotājs nav domāts slodzes (strāvas) atslēgšanai un standartos nav reglamentēti funkcijas nominālie lielumi. Atvienotāja galvenā funkcija – bojātas ķēdes daļas ātra manuāla vai automātiska atslēgšana, kad ķēde neplūst strāva.

***Slodzes slēdži*** (5.2. att. *b* un 5.3., 5.4. att.)***.*** Atslēdzot svirslēdzi ķēdes ar slodzēm, rodas elektriskais loks, kas bojā kontaktvirsmas. Lai samazinātu elektriskā loka nelabvēlīgo ietekmi, jāsamazina atslēgšanas laiks.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** |  |  |
| ***b*** | |

5.2. att. Grafiskais apzīmējums shēmās: a – slēdzis atvienotājs; b – slodzes slēdzis

Ja svirslēdzis paredzēts arī elektriskās slodzes atslēgšanai, tam uzstāda lokdzēses kontaktus. Lokdzēses kontakti un galvenie naži ir savstarpēji saistīti ar atsperi (5.3. att.).

Atslēdzot ķēdi, vispirms atslēdzas galvenais kontakts, lokdzēses kontakti paliek ieslēgti, bet atspere izstiepjas. 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.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a b***  5.3. att.Svirslēdzis ar lokdzēses kontaktiem: *a* — galvenais nazis 1 atslēgts, lokdzēses nazis 2 ieslēgts; *b* — svirslēdzis atslēgtā stāvoklī | 5.4. att.Svirslēdzis ar lokdzēses kameru:  1— nekustīgais kontakts; 2 — kustīgais kontakts;  3 — lokdzēses režģis; 4 — elektriskais loks |

Izgatavo dažādu konstrukciju svirslēdžus ar atšķirīgiem elektriska loka dzēšanas paņēmieniem. Tā, piemēram, atslēdzot līdzstrāvas elektrisko ķēdi, caur svirslēdzi plūstošā strāva rada magnētisko lauku, un uz elektrisko loku darbojas elektrodinamiskais spēks F, kas izstiepj elektrisko loku uz augšu, tātad pagarina un dzēš to. Ja naža garumu samazina, spēks F palielinās. Ja svirslēdzi lieto līdzstrāvas elektroietaisēs, tā nazi izgatavo īsu, lai elektrodinamiskais spēks būtu pietiekami liels elektriskā loka dzēšanai. Ja līdzstrāva nepārsniedz 20-30 A, uzstāda svirslēdžus ar lokdzēses kontaktiem, bet lielāku līdzstrāvu atslēdz, samazinot naža garumu, bet tā, lai elektrisko loku varētu izstiept līdz tā kritiskajam garumam. Maiņstrāvas elektriskās ķēdēs svirslēdža naža garumu izvēlas atkarībā no termiskās un elektrodinamiskās izturības. Lai samazinātu svirslēdžu izmērus, loka dzēšanai un ierobežošanai uzstāda dzēškameras (5.4. att.).

Slodzes slēdži neaizsarga elektrisko ķēdi. Standarts IEC 60947-3 uzstāda slodzes slēdžiem:

■ komutācijas biežums ne vairāk par 600 cikliem ieslēgts/atslēgts stundā;

■ mehānisko un komutācijas dilumizturību;

■ nominālas ieslēgšanas un atslēgšanas strāvas (5.1. tabula);

*Piemērs:* Slodzes slēdzis uz nominālo strāvu 100 A ar kategoriju AC-23 (induktīva slodze) var ieslēgt strāvu *I* = 10∙*In* = 10∙100 = 1000 A, ja jaudas koeficients cos*φ* = 0,35 un atslēgt strāvu *I* = 8∙*In* = 8∙100 = 800 A, ja jaudas koeficients cos*φ* = 0,45 (5.1.tab.). Pie tam slodzes slēdzim jāiztur īslaicīgus īsslēguma strāvas.

Ja svirslēdzim apakšējā daļā uzstāda vel otru nekustīgo kontaktligzdu sistēmu, tai var pievienot otru barošanas avotu vai otru elektroenerģijas lietotāju. Pirmajā gadījumā nažu izvadiem pieslēdz lietotāju, bet otrajā — sprieguma avotu (5.5. att. *b* ).

5.1. tabula

**Zemsprieguma komutācijas aparātu izmantošanas kategorijas maiņsprieguma ķēdē (standarts IEC 60947-3)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Izmantošanas kategorijas** | | **Tipiskais pielietojums** | **cos*φ*** | **Ieslēgšanas strāva**  **х *In*** | **Atslēgšanas strāva**  **х *In*** |
| **Komutācija bieža** | **Komutācija nav biežā** |
| АС-20А | АС-20В | Ķēdes komutācija bez slodzes | - | - | - |
| АС-21А | АС-21В | Aktīvas slodzes komutācija ar mērenām pārslodzēm | 0,95 | 1,5 | 1,5 |
| АС-22А | АС-22В | Aktīvas un induktīvas slodzes komutācija ar mērenām pārslodzēm | 0,65 | 3 | 3 |
| АС-23А | АС-23В | Elektrodzinēju komutācija un citas slodzes ar lielu induktivitāti | 0,45 ja I ≤ 100 А  0,35 ja I > 100 А | 10 | 8 |

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

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

5.5. att.Svirslēdzis un pārslēdzis ar centrālo rokturi: *a* — svirslēdzis; *b* — pārslēdzis; 1 – rokturis; 2 – izolācijas plāksne; 3 — kustīgie kontakti jeb naži; 4 — panelis (elektroenerģijas lietotāja pievienojuma vada vietas); 5 – kontaktu pastatne; 6. – šarnīra pastatne; 7 – lokdzēses kontakti.

Izgatavo vienpola, divpolu un trīspolu svirslēdžus un pārslēdžus, tajā skaitā ar sviras piedziņu (5.6. att.). Rokturis var būt novietots priekšpusē vai sānos. To pašu rokturi var no priekšpuses vai no sāniem (5.7. att.).

Parasti svirslēdžiem ir kopīgie piederumi ar automātslēdžiem (5.8. att.).

**Slēdžu kombinācija ar drošinātājiem** (5.11. att.).Tas irneautomātiskais slēdzis, kurš savienots ar drošinātājiem vienā korpusā. Grafiskais apzīmējums var būt ar diviem pārrāvumiem katrā fāzē (5.9. att.) vai no trim nažveida kontaktiem ar pārrāvumu katrā fāzē (5.10. att.)

Strāvas diapazons slodzes slēdžiem parasti sastāda 100 A trīsfāzu tīklā ar spriegumu 400 V. Galvenais pielietojums slodzes slēdžiem ir sabiedriskas un sadzīves elektroiekārtas.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

# 5.6. att*.* Svirslēdzis ar centrālo sviras piedziņu: *a* – ar lokdzēses kontaktiem; *b* – ar lokdzēses kameru; 1 – kontaktu pastatne; 2 – lokdzēses kamera; 3 - kustīgā kontakta nazis; 4 – šarnīra pastatne;

# 5 – vilcējstienis; 6 – ass; 7 – lokdzēses kontakti.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 5.7. att. Slēdzis atvienotājs ar adaptējamo  rokturi |

|  |
| --- |
|  |

5.8. att. Kopīgie piederumi Interpact slēdžu atvienotājiem un

Compact NS automātiskajiem slēdžiem

|  |  |
| --- | --- |
| 5.9. att. Neautomātiskā slēdža - drošinātāja  grafiskais apzīmējums | 5.10. att. Neautomātiskā drošinātāja - slēdža  grafiskais apzīmējums |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | ***c*** |

5.11. att. Svirslēdzis OT: *a* - svirslēdzis ar drošinātājiem; *b* - lokdzēses kamera;

*c* - lokdzēses režģis

Ja elektriskajā ķēdē izmantots slēdzis ar drošinātāju, tehniskajā dokumentācijā obligāti jāraksta – neautomātiskais slēdzis drošinātājs.

**5.2. SVIRSLĒDŽU IZVĒLE**

Svirslēdžus izvēlas, ievērojot šādus nosacījumus.

1. Svirslēdža nominālam spriegumam *UN* jābūt vienādam vai lielākam par tīkla nominālo spriegumu *UN.t.*, kurā svirslēdzis uzstādīts

*UN > UN.t..*

2. Svirslēdža nominālai strāvai *IN* jābūt vienādai vai lielākai par aprēķina strāvu *Iapr*

*IN ≥ Iapr*,

kur *Iapr* — aizsargājamā objekta nominālā strāva.

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.

Ja svirslēdzim ir centrālais rokturis, elektriskais loks var iedarboties uz apkal­pes personāla roku atslēgšanas brīdī, tāpēc ar šādu svirslēdzi drīkst atslēgt elek­trisko ķēdi, ja tajā neplūst strāva.

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 0,2∙*IN*. Ja svirslēdzis ir uzstādīts maiņstrāvas ķēdē, kuras no­minālais spriegums ir 380 V, ar to var atslēgt strāvu ne lielāku par 0,3∙*IN*.

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 0,5·*IN*. Ar svir­slēdzi var atslēgt 220 V līdzstrāvas ķēdes un 380 V maiņstrāvas ķēdes, ja svirslēdzim ir lokdzēses kamera un strāva ķēdē nepārsniedz *IN* (5.2. tab.).

Ja *U* = 380 V un cos *φ* = 0,8 , ar svirslēdzi var atslēgt nominālo strāvu *IN* , bet, ja cos *φ* = 0,4, var atslēgt strāvu ne lielāku par 0,5·*IN*.

3. Svirslēdža normētai caurplūdes strāvas momentānai vērtībai *idyn* jābūt lielākai vai vienādai ar triecienstrāvu īsslēguma vietā (pārbaudi izdara, ja *IN* > 100A).

*idyn. ≥ iu,*

kur *idyn* = 2,55∙*Idyn*; *Idyn* — normēta pieļaujamās periodiskās caurplūdes strāvas efektīvā vērtība (dod izgatavotājrūpnīca).

5.2. tabula

**Svirslēdžu atslēgšanas strāvas**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Līdzstrāva, aktīva slodze, T = 0,0025 s | | | | Maiņstrāva, mazinduktīva slodze, cos *φ* = 0,8 | | | |
| *UN* =220V | | *UN* = 400V | | *UN* = 380V | | *UN* = 500V | |
| Bez  lokdzēses kameras | Ar  lokdzēses  kameru | Bez  lokdzēses kameras | Ar  lokdzēses kameru | Bez  lokdzēses  kameras | Ar  lokdzēses kameru | Bez  lokdzēses kameras | Ar  lokdzēses kameru |
| 0,2·*IN* | *IN* | *Iatsl.* =0 | 0,5·*IN* | 0,*3·IN* | *IN* | *Iatsl.* = 0 | 0,5·*IN* |

4. Pārbaudi pēc termiskās izturības izdara, ja *IN* >100 A, pārbaudot vai

*I2th∙tth = Bk,*

kur *I*2*th*∙*tth* — izgatavotājrūpnīcas garantētais siltuma impulss, ko svirslēdzis spēj izturēt;

*Bk* — siltuma impulss, kas aprēķināts svirslēdža uzstādīšanas vietā.

**5.3. PAKETSLĒDŽI**

Paketslēdzis ir komutācijas aparāts, kas paredzēts pārslēgumu veikšanai elek­triskās ķēdēs. Tāpat kā svirslēdži, 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 3 novietoti izolācijas materiāla paketēs 2, kuras viena virs otras nostiprinātas uz kopējas vārpstas (5.12. att.). Katra pakete veido vienu atsevišķu slēdzi, kuram ir nekustīgie kontakti 3, nostiprināti uz izolācijas materiāla, un kustīgie kontakti 1. Kustīgā kontakta naži piestiprināti kvad­rātveida vārpstai. Vārpstas augšējā daļā nostiprināts rokturis 1. Vākā 5 atrodas kontaktu atsperes mehānisms, kurš fiksē ieslēgto un atslēgto stāvokli. Kustīgam kontaktam piestiprinātas divas fibras plāk­snītes, kas dzēš elektrisko loku atslēgšanas brīdī,tāpēc ar paketslēdžiem var komutēt lielākas strāvas nekā ar svirslēdžiem. Paketslēdzi var savākt un nostiprināt pie vāka 5 ar skavu 4 un savienotājtapskrūvi.

Paketslēdži paredzēti līdzstrāvas un maiņstrāvas ķēžu (no 10 A līdz 100 A, ja spriegums ir 220 V, un no 6 A līdz 60 A, ja spriegums ir 380 V) ieslēgšanai un atslēgšanai. Paketslēdžus (5.13. att.) lieto nelie­las jaudas dzinēju palaišanai, pār­slēgšanai no zvaigznes trīsstūrī un dažreiz vadības un signalizāci­jas ķēdēs. Ražo vienpolīgus, divpolīgus un trīspolīgus paketslē­džus, kas sastāv no izolācijas ma­teriāla paketēm, kuru iekšpusē iemontē kustīgus un nekustīgus plakanus slīdkontaktus ar momen­tānās pārtraukšanas mehānismu. Elektriskā loka dzēšanai slēdzī ir dzirksteles slāpējoša fibras pa­plāksne.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

5.12. att. Trīsfāžu paketslēdzis: *a* – uzbūve; *b* – kopskats;

1 - kustīgie kontakti (kontaktu tiltiņš); 2 – disks no plastmasas (pakete); 3 - nekustīgie kontakti (izvadi); 4 – kanāls savienotājtapskrūvei; 5 - vāks; 6 – rokturis; 7 - skava

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

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

*UN* ≥ *UtN*;

*IN ≥ Iapr.*,

kā arī tā komutācijas spēju. Paket­slēdžu komutācijas spēju raksturo iespēja pie *UN* un cos*φ* = =0,35 ± 0,5 (maiņstrāvai) un *T* = 0,01 s (līdzstrāvai) 50 reizes ieslēgt strāvu *Iiesl* = 7*IN* un 5 reizes atslēgt strāvu *Iatsl* = 3*IN*. Resurss pie *UN* un *IN* atkarīgs no cos*φ* vai *T* un paketslēdža gabarīta (sk. 5.3. tab.).

5.3. tabula

**Paketslēdžu resurss**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Shēmas parametri** | **Gabarīts *IN*, A** | **Resurss** |
| cos *φ* = 0,8  T = 0,0025s | 1; 3  5  6; 8; 9 | 15000  10000  5000 |
| cos *φ* = 0,3  T = 0,01s | 1;3  5  6; 8; 9 | 7500  5000  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°.

**Kontroljautājumi**

1. Kādam nolūkam izmanto svirslēdžus?
2. Kā slēdžus izmanto elektrodrošībā?
3. Nosaukt svirslēdžu izvēles noteikumus!
4. Kā palielina svirslēdžu kontaktu ieslēgšanas un atslēgšanas ātrumu?
5. Nosaukt svirslēdža galvenās sastāvdaļas!
6. Nosaukt paketslēdžu galvenās sastāvdaļas!
7. Kā elektriskās shēmās grafiski attēlo svirslēdžus un paketslēdžus?

**6. NODAĻA**

**KONTAKTORI**

**6.1. 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, īsslēguma strāvas var ieslēgt vai izslēgt tikai tam paredzēti kontaktori. Galvenokārt kontaktorus izmanto elektrodzinēju vadībai automatizētās elektropiedziņas sistēmās, taču tos var izmantot kā distancvadāmus slēdžus arī cita tipa patērētāju (apgaismojuma, sildiekārtu u.c.) ķēžu komutēšanai. Izmantojot kon­taktorus kvēlspuldžu vai kondensatoru ieslēgšanai, jāievēro speciāli nosacījumi sa­karā ar ieslēgšanas strāvas īslaicīgo daudzkārtīgo pieaugumu, kas var izsaukt kon­taktu sametināšanos.

**6.2. IEDALĪJUMS**

Pēc komutējamās strāvas veida — līdzstrāvas, maiņstrāvas un paaugstinātas frekvences maiņstrāvas kontaktori.

|  |  |
| --- | --- |
| 6.1. att.Kontaktora elementu blokshēma: I — komutējamā strāva; VS — vadības signāls; K1 — kinemātiskā sistēma; K2 — kontaktu sistēma; LD — lokdzēses sistēma; S — kon­taktu stāvokļa indikators; D — darbinātājs | 6.2. att. Kontaktora grafiskais  apzīmējums |

Pēc darbinātāja sistēmas — elektromagnētiski, hidrauliski, pneimatiski, elektropneimatiski, ar sprūdsistēmu darbināmi kontaktori.

Pēc strāvas pārtraukšanas metodes — kontaktori ar lokdzēsi gaisa, vakuuma, 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, bremzēšanas, vadības, paātrinājuma kontak­tori, palīgkontaktori.

Kontaktora blokshēma parādīta 6.1. attēlā, bet kontaktora grafiskais apzīmējums – 6.2. attēlā.

**6.3. LĪDZSTRĀVAS KONTAKTORI.**

Parasti līdzstrāvas kontaktorus izga­tavo vienpolīgus (ar vienu darba kontaktu pāri), jo divpolīgiem ir komplicēts konstruktīvais izveidojums.

Līdzstrāvas kontaktora shematisks izveidojums parādīts 6.3. attēlā *a*. Kontaktora elementi piemontēti izolācijas mate­riāla panelim. Kontaktora galvenās sastāvdaļas ir magnētiskā sistēma, kas sastāv no elektromagnēta spoles 1, masīvas ser­des 2 un enkura 3, kurš var griezties ap nekustīgu asīti 4, un kontaktu sistēma. Enkura augšgalam pievienotā kus­tīgā kontakta 5 elastīgu sadūri ar nekustīgo kon­taktu 6 nodrošina atspere 7, kura darba laikā rada vajadzīgo spiedienu starp galvenajiem kontaktiem 5 un 6 (6.3. att. *b*).

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

6.3. att. Līdzstrāvas kontaktora shematisks izveidojums (*a*) un galvenie kontakti (*b*):

1 - elektromagnēta spoles; 2 - ser­de; 3 – enkurs; 4 – enkura ass; 5 un 6 - galvenie kontakti;

7 – atspere; 8 - lokans vara vads; 9 - loka dzēšanas spole; 10 – blokkontakti.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 6.4. att. Līdzstrāvas kontaktora uzbūve:  1 – lokdzēses spole; 2 – lokdzēses kamera;  3 - elektromagnēts; 4 – nekustīgs kontakts;  5 – kustīgs kontakts. |

Darba strāvu *I* pievada nekustīgajam kontaktam 6. Kustīgo kontaktu ar kontaktora spaili savieno lokans vara vads 8.

Loka dzēšanas spole 9 ieslēgta virknē darba strāvas ķēdē.

6.3. attēlā a parādītajam kontaktoram ir viens normāli at­slēgts blokkontaktu pāris 10, ko ieslēdz vadības ķēdē. Līdzstrāvas kontaktoriem vispār ir 1—5 normāli noslēgti un 1—5 normāli atslēgti blokkontakti. Visvairāk izmanto tiltiņa tipa blokkontaktus (6.5. att.).

Lai kontaktora ieslēgtu, t. i., lai noslēgtu darba strāvas ķēdi, kontaktora spole 1 jāieslēdz vadības strāvas ķēdē: spolē plūsto­šās vadības strāvas magnētiskais lauks tad magnetizē serdi 2, un tā pievelk enkuru, kas pagriežoties noslēdz galvenos kontak­tus 5 un 6. Kontaktors paliek ieslēgts tik ilgi, kamēr tā spolē plūst strāva. Tikko strāvu pārtrauc, īpaša atspere atrauj kustīgo kontaktu no nekustīgā.

Noslēdzoties galvenajiem kontaktiem, vienlaicīgi noslēdzas (NO) vai atslēdzas (NC) viens vai vairāki blokkontaktu pāri, kas, ieslēgti vadības ķēdē, veic elektropiedziņas vadības ope­rācijas.

Loka dzēšanas spole (6.4. un 6.6. att. *a*) dzēš elektrisko loku, kas rodas starp galvenajiem kontaktiem, tiem pārtraucot darba strāvas ķēdi. Loka dzēšanas spole 1 izveidota no resna vara vada ar nedaudziem vijumiem un ir ieslēgta darba strāvas ķēdē vir­knē ar galvenajiem kontaktiem 5 un 6. Virs spoles tērauda ser­des 2 atrodas elektrotehniskā kartona cilindriska čaula 3; ser­des galos piestiprinātas divas tērauda plāksnes 4, kas spoles magnētisko plūsmu no­virza galveno kontaktu rajonā. Galvenie kontakti atrodas no­ņemamā azbestcementa loka dzēšanas kamerā.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

6.5. att. Kontaktora blokkontakti

Loka magnētiskās dzēšanas pamatā ir magnētiskā lauka un loka strāvas mijiedarbes spēks F, kas stiepj loku uz augšu un tiecas to pārraut.

Loka dzēšanas spoles lieto arī maiņstrāvas kontaktoros, jo, mainoties strāvas virzienam loka dzēšanas spolē, vienlaicīgi mai­nās arī strāvas magnētiskā lauka virziens.

Loka dzēšanai izmanto arī loka dzesējsietu (6.6. att. *c*), kas izveidots galvenos kontaktus aptverošās kameras aug­šējā stūri.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | ***c*** |

6.6. att. Loka dzēšanas ierīces: ar loka dzēšanas spoli (*a, b*) un ar dzesējsietu (*c*):

1 - lokdzēses spole; 2 – spoles serde; 3 - elektrotehniskā kartona čaula; 4 – iespīlēšanas plāksnes;

5, 6 - darba kontakti; 7 - lokdzēses kamera; 8 - elektriskais loks (magnētiskā plūsma Φ saslēdzas pa iespīlēšanas plāksnēm un gaisa spraugu caur kontaktiem)

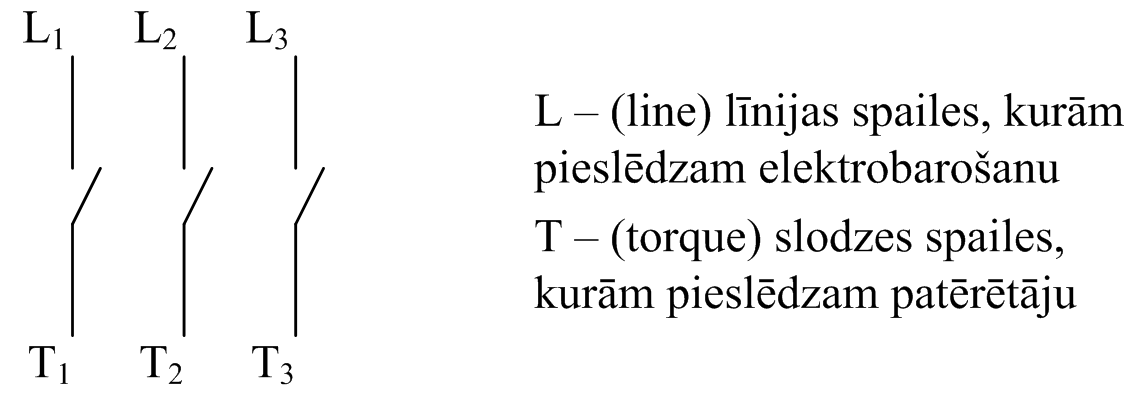
Tas sastāv no loka dzēšanas kameras 1 sānsienās iestiprinā­tām, savstarpēji paralēlām tērauda plāksnītēm 2 ar ķīļveida iz­griezumu apakšmalā. Loka strāvas plāksnītēs rada magnētisko lauku, kura mijiedarbībā ar loka strāvu rodas elektromagnētisks spēks F, kas loku ievelk starp plāksnītēm. Šīs plāksnītes loku sadala, dzesē un, dejonizējot loka starptelpu, loku strauji dzēš.

Līdzstrāvas kolektoru magnētisko sistēmu īpatnība ir samērā maza gaisa sprauga (4—10 mm) starp spoles serdi un nepievilkto enkuru (palielinot gaisa spraugu, enkuru pievelkošais spēks sa­mazinās).

Līdzstrāvas kontaktorus izgatavo 110, 220, 440 un 600 V sprie­gumiem un 20—2500 A nominālajām strāvām.

Tādejādi kontaktoram būs spoles un dažādu kontaktu izvadu spailes. Šo spaiļu apzīmējumi ir standartizēti. Spailes apzīmē šādi:

1.spēka kontaktu, kuri parasti ir trīs, spaiļu apzīmējumi redzami 6.7. att.

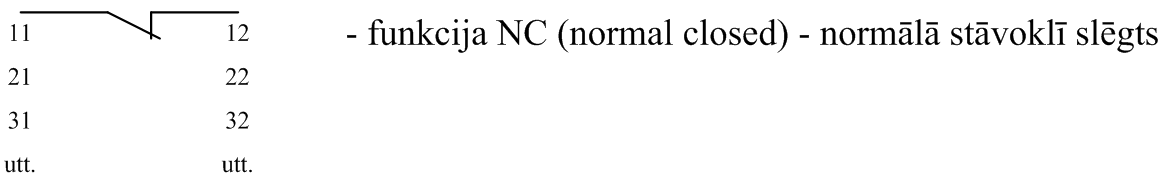


6.7. att. Spēka kontaktu spaiļu apzīmējumi

Spēka kontaktu realizējamā funkcija ir NO (normal open) – normālā stāvoklī vaļēji.

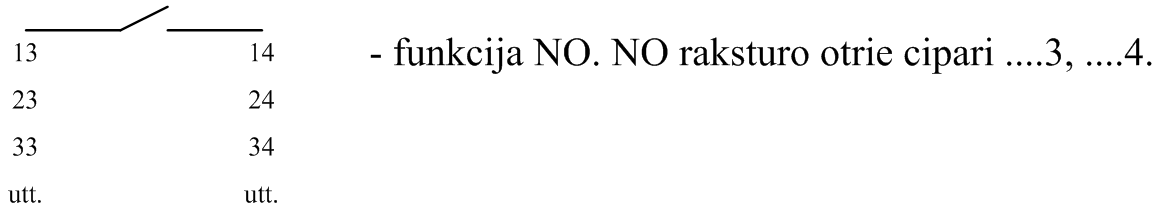
2.vadības kontaktu (blokkontaktu) spaiļu apzīmējumi, atkarībā no realizējamās funkcijas, ir šādi:

a)

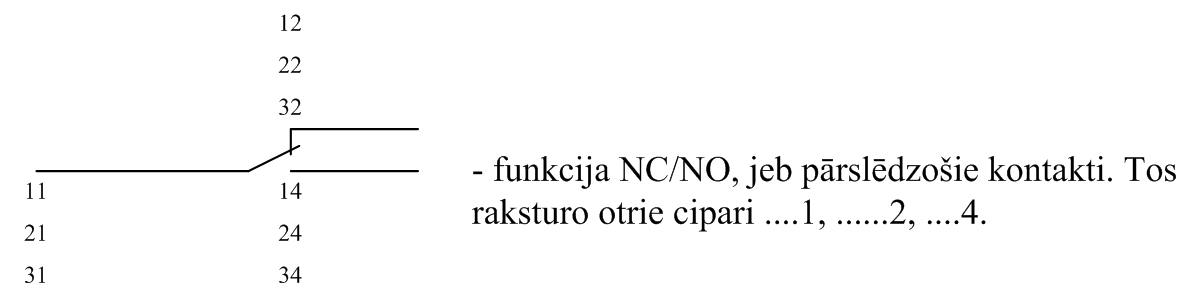


Pirmie skaitļu cipari 1,2,3 norāda kontakta numuru iekārtā, otrie \_.1,\_.2,\_.3 – realizēto funkciju. Tātad NC kontaktu raksturo otrie cipari \_.1,\_.2,\_.3.

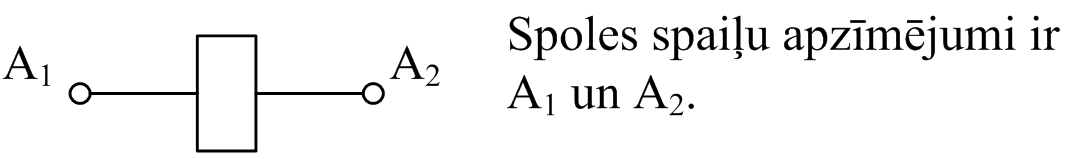
b)



c)



d)



Ja spailes apzīmējuma pirmais cipars ir 9, tad tas norāda, ka šis kontakts attiecas uz aizsardzības iekārtu (piemēram – siltuma releju vai automātslēdzi). Otrie cipari šajā gadījumā būs \_.5,\_.6 NC kontaktam, \_.7,\_.8 NO funkcijas kontaktam.

**6.4. MAIŅSTRĀVAS KONTAKTORI.**

Maiņstrāvas kontaktorus galvenokārt izmanto magnētiskajos palaidējos maiņ­strāvas elektropiedziņas sistēmās asinhrondzinēju palaides, reversēšanas, brem­zēšanas, atslēgšanas operācijām. Palaižot un reversējot īsslēgtā rotora asinhron­dzinēju, kontaktoram jāieslēdz ķēde pie *UN* un cos*φ* = 0,3-0,4, un strāvas (5-7)·*IN*, retāk (10-12)·*IN*, savukārt jāatslēdz darbojošos dzinēja (*n*2 = *n* vai *n*2 *≈ nN*) nominālā strāva pie *U* = 0,2·*UN*, vai arī (6-10)·*IN* pie *U* = (1-1,1)·*UN*, ja dzinēja rotors neiegrie­žas, vai *n*2 < 0,2∙*nN*. 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 6.1. tabulā.

6.1. tabula

**Galveno kontaktu ieslēgšanas un atslēgšanas noteikumi** (DIN/VDE 0660/9.82)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kategorija** | **IN,A** | **Ieslēgšana** | **Atslēgšana** | **cos φie.at** |
| AC1 | Visas vērtības | 1,5 | 1,5 | 0,95 |
| AC2 | Visas vērtības | 4 | 4 | 0,65 |
| AC3 | ≤17 | 10 | 8 | 0,65 |
| AC3 | 17 ≤ IN ≤ 100 | 10 | 8 | 0,35 |
| AC3 | > 100 | 8' | 6" | 0,35 |
| AC4 | ≤17 | 12 | 10 | 0,65 |
| AC4 | 17 ≤ IN ≤ 100 | 12 | 10 | 0,35 |
| AC4 | >100 | 10'" | 8' | 0,35 |

Uie /UN = Uat /UN = 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.

Maiņstrāvas kontaktoriem ir vairākas īpatnības: magnētiskā sistēma izveidota no elektrotehniskā tērauda skārda, enkuru pie­velkošais spēks maz atkarīgs no attāluma starp enkuru un serdi, strāva elektromagnēta spolē tās pieslēgšanas momentā 10—15 reizes lielāka nekā strāva spolē ar pievilktu enkuru, enkuru pie­velkošais spēks mainās periodiski ar maiņstrāvas frekvenci, tādēļ kontaktora kustīgā sistēma darba laikā nepārtraukti vibrē, trokšņo.

Maiņstrāvas kontaktoru ieslēdzot, kustīgā sistēma spēcīgi trie­cas pret nekustīgo. Tādēļ bez detaļu nomaiņas šie kontaktori iztur ievērojami mazāk ieslēgšanu nekā līdzstrāvas kontaktori.

Vidējas un lielas jaudas maiņstrāvas kontaktoriem (6.8. att. *a*) E-veida enkurs 9 un galvenie kustīgie kontakti 4 cieši piestip­rināti horizontālai vārpstai 1, bet elektromagnēta spole 2 novie­tota uz E-veida nekustīgas serdes 9. Spoli pieslēdzot maiņspriegumam, tās serde pievelk enkuru 3, kas pārvietojoties pagriež vārpstu 1 un piespiež galvenos kustīgos kontaktus 4 nekustīga­jiem kontaktiem 5. Vienlaicīgi pagriežas ar blokkontaktu traversa 12, noslēdzot normāli atslēgtos NO blokkontaktus 7 un atslēdzot normāli noslēgtos NC blokkontaktus 8.

Darba strāvu pievada nekustīgajiem kontaktiem. Kustīgos kontaktus ar kontaktora spailēm savieno plānas vara sloksnes 11. Loka dzēšanu nodrošina azbestcementa loka dzēšanas kamerās 6 izveidotie dzēsējsieti vai loka dzēšanas spoles (6.8. attēlā *a* parādīta tikai viena loka dzēšanas kamera). Vibrācijas ierobežo īsi slēgtais kontūrs 10, kas aptver 1/3 līdz 2/3 no enkura šķērsgriezuma laukuma. Kontaktora paneli 13 izgatavo no izolā­cijas materiāla un montē vertikāli.

Mazas jaudas kontaktoru magnētiskajai sistēmai ir 6.8. at­tēlā *b* parādītais veids: ar enkuru 3 saistītā kustīgā sistēma, ver­tikāli pārvietojoties, slēdz galvenos un blokkontaktus. Šiem kon­taktoriem parasti nav loka dzēšanas ierīču.

Tikko pārtrauc strāvu maiņstrāvas kontaktora spolē, enkurs kopā ar visu kustīgo sistēmu pašsvara ietekmē atkrīt, pārtraucot darba strāvas ķēdi.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

6.8. att. Trīspolīgi maiņstrāvas kontaktori: *a* - ar horizontālu vārpstu; *b* - ar vertikālu kustību: Trīspolu maiņstrāvas kontaktors: 1 - horizontāla vārpsta; 2 - elektromagnēta spole; 3 - enkurs ; 4 - galvenie kustīgie kontakti; 5 - galvenie nekustīgie kontakti; 6 - loka dzēšanas kamera; 7 - normāli atslēgtie NO blokkontakti; 8 - normāli noslēgtie NC blokkontakti. 9 - nekustīga serde; 10 - īsi slēgtais kontūrs; 11 – vara sloksnes; 12 – traversa; 13 – kontaktora panelis.

**Kontakti.** Kontakti var būt vienpakāpes un daudz pakāpes. Vienpakāpes kontaktā kontaktu pāris izpilda strāvu pārvades funkcijas un arī atslēgšanas funkcijas ar loka dzēšanu (6.9. att. *a*). Daudzpakāpes kontaktu sistēma sastās no divām vai trim paralēlajiem kontaktiem. (6.9. att. *b*).

Caur galvenajiem kontaktiem 1, 1’ plūst ilgstoša strāva un viņus izgatavo no materiāliem ar lielu vadītspēju. Lokdzēses kontaktus 2, 2’ izgatavo no termoizturīgiem materiāliem un viņus izmanto aparātu atslēgšanai. Vispirms atslēdzas galvenie kontakti un strāva plūst caur lokdzēses kontaktiem un pēc tam atslēdzas lokdzēses kontakti. Lokas dzēšana notiek lokdzēses kamerās.

**Galvenie kontakti** var būt sviras tipa vai tiltiņveida tipa.

*Sviras kontaktus* izmanto aparātos ar griežamo mehānisko sistēmu. 6.10. attēlā paradīta kontaktu pārvietošanas kinemātiska shēma. Kustīgo kontaktu nostiprina ar atsperi tādā veidā, lai kontaktu saskare notiktu ar berzi un pārvelšanos, jo tad notīrās uz tiem izveidojušies metāla oksīdi.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

6.9. att. Galvenie vienpakāpes (a) un divpakāpes (b) kontakti: 1, 1’ – galvenie komutējošie

kontakti; 2, 2’ – lokdzēses kontakti

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | ***c*** |

6.10. att. Svira kontaktus pārvietošanas kinemātika: a – sākuma saskares moments;

b – starp stāvoklis; c – ieslēgtais stāvoklis

**Tiltiņtipa kontakti.** Maiņstravas kontaktora uzbūve ar tiltiņtipa kontaktiem parādīta 6.11. un 6.12. attēlā.

|  |  |
| --- | --- |
| 6.11. att.Maiņstrāvas kontaktora konstruktīva shēma: I — komutējamā strāva; 1 — lokdzēses kameras; 2 — kustīgie kontakti (tiltiņkontakti); 3 — nekustīgie kontakti; 4 — darbinātāja elektromagnēta īsslēgtie gredzeni; 5 — darbinātāja elektromagnēta spole; Fk — kontaktu atsperes spēks; Fa — atgriezes atsperes spēks; Ф — magnētiskā plūsma | 6.12. att. Maiņstrāvas kontaktora konstruktīva shēma: 1 — elektromagnēta magnetvada serdene; *2 —* darbinātāja elektromagnēta spole; *3* — atspere; *4* — elektromagnēta magnetvada enkurs; 5 —- nekustīgie kontakti; *6—* kustīgie kontakti; 7— atspere;  *8*— īsslēgtie vijumi |

Kontaktoru kinemātisko shēmu varianti parādīti 6.13. attēlā.

Biežāk izmantotā ir taisnvirziena kustības shēma (6.13. att. *b*), kurā nav šarnīru un starplocekļu, taču ir palielinātas kustīgo kontaktu un elektromagnēta enkura triecienu nevēlamās parādības (vibrācijas, triecienvirsmu placināšana). Savukārt sa­režģītākās sistēmas dod iespēju labāk salāgot darbinātajā un kontaktu raksturlīknes, 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. 6.13. att. *c-f*).

Izmantojot maiņstrāvas kontaktorus asinhrondzinēju palaidei (kategorijas AC2-AC4), kontaktiem jāieslēdz strāva *I* = (5-7)∙*IN*, tādēļ nevēlamas ir kontaktu vib­rācijas ieslēgšanas procesā, kā arī triecieni darbinātāja mehānismā. Tos cenšas no­vērst ar papildatsperu palīdzību (sk. 6.14. att.)

Maiņstrāvas kontaktora darbināšanai var izmantot gan maiņstrāvas, gan līdzstrāvas elektromagnētus. Maiņstrāvas elektromagnēta nekustīgais un kustīgais magnētvads veidots kā sakniedētas elektrotehniskā tērauda plāksnīšu paketes.

Uz nekustīgā magnētvada šķeltā pola vienas daļas novietots īsslēgts gredzens (vijums, ekrāns) elektromag­nētiskā vilces spēka pulsāciju un trokšņu samazināšanai ieslēgtā stāvoklī (sk. 6.8., 6.11. un 6.12. att.). Maiņstrāvas kontaktoros ierosmes spoles magnētiskā plūsma periodiski sasniedz nulles vērtību, kas rada vibrācijas un dūkšanu. Lai to novērstu, spoles serdes galam uzmauc īsi slēgtu vijumu. Šādā vijumā, tāpat kā transformatorā sekundārajā tinumā, inducējas strāva, kas ir nobīdīta fāzē pret spoles strāvu. Vijuma magnētiskā plūsma noslēdzas pa enkuru un neļauj tam atkrist momentos, kad galvenā plūsma sasniedz nulles vērtību.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | ***c*** |
| ***d*** | ***e*** | ***f*** |

6.13. att. Kontaktoru kinemātiskas shēmas

a-f — kinemātisko shēmu varianti; 1 — kontaktu sistēma; 2 — sviru sistēma; 3 — darbinātajā elektro­magnēta serde un kustīgais enkurs; 4 — īsslēgtie gredzeni (maiņstrāvas elektromagnētiem); 5 — spole; 5 — darba gaisa sprauga

|  |  |
| --- | --- |
|  | 6.14. att. Darbinātāju radīto triecienu un vibrāciju slāpēšanas paņēmieni ar papildatsperu 1 palīdzību |

Lielām strāvām iz­manto kontaktorus ar sviras kinemātisko shēmu (6.15. *b*, *c* att.). Maiņstrāvas kontaktora darbināšanai var izmantot gan maiņstrāvas, gan līdzstrāvas elektromagnētus. Maiņstrāvas elektromagnēta nekustīgais un kustīgais magnētvads veidots kā sakniedētas elektrotehniskā tērauda plāksnīšu paketes. Uz nekustīgā magnētvada šķeltā pola vienas daļas novietots īsslēgts gredzens (vijums, ekrāns) elektromag­nētiskā vilces spēka pulsāciju un trokšņu samazināšanai ieslēgtā stāvoklī (6.15. *b* att.).

Maiņstrāvas elektromagnētu spoļu barošanas spriegums UNsp = (24-220-600) V, frekvence fN = 50, 60 vai 50/60 Hz. Ņemot vērā spoles induktīvās pretestības atka­rību no magnētvada darba gaisa spraugas, spoles ieslēgšanas sākumstrāva var sasniegt 10∙Insp (INsp — strāva spolē enkura pievilktā stāvoklī). Tas jāievēro, izvēloties spoles ķēdes vadības aparātus.

Standarti noteica, ka kontaktora spolei, kuras silšanas režīms nostabilizējies, strādājot pie 1,05·UN un maksimāli pieļaujamās apkār­tējās vides temperatūras, jānodrošina šādas prasības:

|  |
| --- |
| 6.15. att.Trīspolu maiņstrāvas kontaktors ar sviras kontaktiem (IN = 630 A):  a — pamatbloku izvietojums; b — darbinātāja elektromagnēts; c — kontaktu un lokdzēses sistēma; d — kontaktora variants bezloka komutācijai ar tiristoru bloku; 1 — palīgkontaktu bloks; 2 — galveno kontaktu un lokdzēses bloki; 3 — darbinātāja elektromagnēts; 4 — nekustīgo detaļu pamatne; 5 — izolēta vārpsta, uz kuras nostiprinātas kustīgās detaļas; 6 — triecienu slāpēšanas atsperes; 7 —īsslēgtais gredzens; 8 — pamatne; 9 — spole; 10 — enkurs; 11 — lokdzēses šaurspraugas kamera; 12 — lokdzēses spole; 13 — nekustīgais kontakts; 14 — kustīgais kontakts; 15 — lokdzēses rags; 16 — tiristoru bloks |

1. droši jāieslēdz kontaktors, pieslēdzot spolei spriegumu 0,8·UN, turklāt kus­tīgā sistēma nedrīkst ilgstoši vai īslaicīgi apstāties starpstāvokļos;
2. ieslēgtā stāvoklī, samazinot spoļu pieslēgumspriegumu līdz 0,7·UN, jānotur elektromagnēta enkurs pievilktā stāvoklī (pieļaujama elektromagnēta ievē­rojama dūkšana), bet, spriegumu atslēdzot, enkurs jāatlaiž. Ja spoles pieslēgumspriegums Usp > 0,85·UN, pieļaujama maiņstrāvas elektromagnētiem raksturīgā nelielā dūkšana. Ja spolei pieslēdz spriegumu Usp < 0,6·UN, kon­taktors nedrīkst ieslēgties.

Kontaktoru komplektācijas princips parādīts 6.16. attēlā, bet aksesuāru daudzveidība – 6.17. attēlā.

Magnētiskajos palaidējos izmantojamo maiņstrāvas kontaktoru galvenie kon­takti nav paredzēti īsslēguma strāvu atslēgšanai. Šo kontaktoru komutācijas spēju robežas atkarībā no lietošanas kategorijas dotas P.5.1.- P.5.5. tabulās.

|  |
| --- |
|  |

6.16. att. Firmas Moeller spēka kontaktori DIL: 1 – spēka kontaktors līdz 75 kW (AC-3, 400 V), АС: 12 -600 V, 50-60 Hz (0,8-1,1)∙U0; DC: 12-250 V, (0,85-1,1)∙Uc; 2 – pārsprieguma aizsardzības elementi (varistora vai dioda aizsargbloks); 3 – pastiprinātāja bloks; 4 – 4 pols (AC-1 slodzei); 5 – maksimālas strāvas siltuma relejs dzinēja aizsardzībai; 6 – palīgkontakti 2-polīgie frontālai montāžai; 7 - palīgkontakti 4-polīgie frontālai montāžai ar laika aizturi; 8 – pneimatiskie laika moduli; 9 – palīgkontakts sanu montāžai

|  |
| --- |
|  |

6.17. att. Firmas Siemens kontaktors Sirius 3RT1, gabarīts S00

1 – kontaktors; 2 – kontaktors-interfeiss; 3 – elektroniskais laika relejs (ieslēgšana); 4 - elektroniskais laika relejs (atslēgšana); 5 – blokkontakts ar elektronisko laika aizturi; 6, 8 – vienpolīgs blokkontakts; 7, 9 – divpolīgs blokkontakts; 10 – četrpolīgs blokkontakts; 11 – elektroniskais divpolīgs blokkontakts; 12, 13 – adapters vadu lodešanai; 14 – papildbloks; 15, 16 – pārsprieguma aizsardzības bloks ar fotodiodu un bez; 17 – trīsfāzu spailes; 18, 19 – pārvienojuma bloks 3-polīgs; 2 - pārvienojuma bloks 3-polīgs.

Jauno kontaktoru strāvas patēriņš, salīdzinājumā ar klasiskajiem kontaktoriem, ir samazināts. Līdz ar to ievērojami samazinās kontaktoru sasilšana.

Kontaktsistēma tiek vadīta optimālā ātrumā, ko nosaka elektroniskais modulis. Tas nozīmē paaugstinātas komutācijas spējas un dzīvotspēju.

Trīs dažādi vadības veidi nodrošina kontaktoru lietošanas elastīgumu. Traucējumus slāpējošās ķēdes ir jau iebūvētas.

Sprieguma uzraudzība elektroniskajā modulī novērš kļūdu rašanos, lietojot nepareizu spriegumu. Īslaicīgi sprieguma kritumi ir konstruktīvi izlīdzināti.

**Papildkontaktori** un papildkontaktu modulārās ierīces piedāvā elastīgu risinājumu dažādām vadības funkcijām.

Kontaktori ir pieejami kā pamata 4-polu iekārtas dažādos apdares veidos (ar 4 komutācijas kontaktiem, 3 komutācijas kontaktiem un 1 atslēdzošo kontaktu, 2 komutācijas kontaktiem un 2 atslēdzošajiem kontaktiem.)

Iekārtu var tālāk paplašināt līdz pat astoņiem kontaktiem, uzmontējot papildkontaktu.

|  |
| --- |
|  |

6.18. att. Kontaktora 3RT elektriskā resursa (komutācijas ciklu skaits) atkarība no atslēdzamās strāvas.

**6.5. HIBRĪDKONTAKTORI**

Maiņstrāvas un līdzstrāvas ķēžu bezloka komutācijai izmanto hibridkontaktorus, kuros apvienotas kontaktu un bezkontaktu iekārtu priekšrocības. Praksē pla­šāk lieto maiņstrāvas hibridkontaktorus. Šajos komutācijas aparātos paralēli kon­taktiem ieslēgti tiristori, kuri nodrošina ķēdes pārtraukšanu tikai pie maiņstrāvas nulles vērtības. Iekārtas kopskats redzams 6.20 attēlā, bet viena pola principiālā shēma — 6.19. attēlā.

Galvenos kontaktus KM1 šuntē spēka tiristori VS1,VS2 kontaktu vibrāciju kā arī komutāciju laikā. Tas izslēdz loka rašanās iespēju starp kontaktiem un ievērojami palielina kontaktu nodilumizturību. Vadības ķēdēs galvenais elements ir strāvmainis TA1. Saslēdzot galvenos kontaktus un parādoties slodzes strāvai spēka ķēdē, strāvmaiņa 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 atvērts, t.i., kura vadāmība atbilst dotā momenta pusperioda strāvas polaritātei. Tiešais sprieguma kritums tiristora (1,5-2) V droši aizsargā atverošos kontaktus pret loka veidošanos. Ķēdes strāvas pilnīga pārtraukšana notiek, strāvai tiristora 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 bīstama caurplūstošā īsslēguma strāva, paredzēti aizsardzības bloki 1, 2. Ja *I* > 10∙*IN*, bloku elementi nostrādā un šuntē tiristoru vadības ķēdes. Tiristori neatveras. Sistēmā saglabātās lokdzēses kameras ļauj kontaktoram droši atslēgt ķēdi īsslēgumu un tiristoru bojājumu gadī­jumos. Stabilitroni VD3, VD4 aizsargā tiristoru vadības ķēdes pret nepieļaujamu sprieguma pieaugumu, bet *R*1, *C*1 ķēde kalpo atjaunojošos sprieguma amplitūdas pieauguma ātruma samazināšanai starp kontaktiem komutācijas momentā, kā arī tiristoru aizsardzībai no īslaicīgiem pārspriegumiem tīklā.

|  |  |
| --- | --- |
| 6.19. att.Hibrīdkontaktora viena pola principiālā shēma: KM1 — kontaktora galvenie kontakti ar lokdzēses sistēmu; TA1 — speciāls strāvmainis; VD1, VD2 — diodes; VD3,VD4 — stabilitroni, VS1, VS2 — šuntējošie tiristori; 1, 2 —tiristoru aizsardzības bloki; R1,C1 — pārsprieguma no­vadīšanas ķēde | 6.20. att. Hibrīdkontaktors 3RF14 3 |

Hibrīdkontaktori strādā bez vibrācijām un trokšņiem, apkalpe viņiem nav vajadzīga. Kontaktori var strādāt spēka tīklos ar spriegumu līdz 480 V un ar darba stāvu līdz 200 A (AC-1 slodzei). Šāda tipa kontaktori ga­rantē resursu (10-15)∙106 ciklu, bet sakarā ar augstāku izmaksu tos lieto tikai īpašos gadījumos pie liela ciklu skaita un intensitātes laikā.

**6.6. MAIŅSTRĀVAS KONTAKTORU TEHNISKIE DATI UN IZVĒLE**

Firmu katalogos uzrādīti šādi dati:

1. aparāta šifrs;
2. ekspluatācijas noteikumi: apkārtējās vides temperatūra, maksimālais aug­stums virs jūras līmeņa, uzstādīšanas stāvoklis, stiprinājuma veids, atbilstība normām un standartiem;
3. galveno kontaktu parametri: polu skaits, nominālais izolācijas spriegums, slo­dzes strāva dažādām lietošanas kategorijām (DC vai AC) un ķēdes spriegumiem, termiski pieļaujamā strāva, īslaicīgi (1, 5, 10, 30 s, 1, 3, >10 min.) pieļaujamā strāva, virknē slēdzamā kūstošā 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 šķērsgriezumi;
4. darbinātāja elektromagnēta ķēdes parametri: spoļu nominālā sprieguma robežas, nostrādes un atgriezes spriegumu vērtības % Usp.N spoļu jauda;
5. dinamiskie parametri: nostrādes un atgriezes laiki;
6. garantētais ciklu skaits (resurss): mehāniskais resurss miljonos ciklu, elektriskais resurss noteiktai lietošanas kategorijai un nominālai strāvai;

g) maksimālais komutāciju skaits stundā (ciklu biežums);  
 h) gabarīti, svars;

i) aizsardzība pret apkārtējās vides iedarbību — IP.

Darbinātāja maiņstrāvas elektromag­nēta spolēm dota ieslēgšanas un ilgstošā (enkura pievilktā stāvoklī) jauda. Dažas firmās ražoto kontaktoru pamatdatu variants dots P.5.1.- P.5.5. tabulās.

6.21. attēlā parādīts uz kontaktora redzamās informācijas variants.

|  |
| --- |
|  |

6.21. att. *Uz* kontaktora redzamās informācijas variants:

1 — izgatavotājfirma, kontaktora šifrs; 2 — standarta šifri un numuri, kuriem atbilst kontaktors; 3 — valstu

simboli, kuru normām un standartiem atbilst kontaktors; 4 — lietošanas kategorijas; 5 — pieslēdzamo asin-

hrondzinēju jaudas atbilstoši spriegumiem; 6 — jauda zirgspējās (1 HP = 0,7355 kW)

**6.7. MDODUĻU KONTAKTORI UN PALĪGIERĪCES.**

|  |  |
| --- | --- |
| 6.22. 4 polu moduļu kontaktors | 6.23. 3 polu slodzes atslēdzējs |

Pielietojums. Moduļu kontaktori, piemēram, CT tipa (6.22. att.) ļauj komutēt līdz 100 A lielu strāvu.

Parametri.

■ spēka tīkli: nomināla strāva (IN): 6-100 A pie 40 °C (kategorija AC7a); darba spriegums: 250 V viena vai divu polu kontaktoriem; 400 V trīs vai četru polu kontaktoriem; frekvence: 50-60 Hz;

■ vadības tīkli: darba spriegums: 24 V + 10 %; 220/240 V + 10 %; frekvence: 50-60 Hz; darba temperatūru diapazons: no - 5 °C līdz + 60 °C;

* tropiska izpilde: T2 pakāpe (relatīvais mitrums 95 % pie 55 °C);
* atbilstība normām: IEC 1095;
* spoles trokšņa līmenis "maztrokšņainam" izpildījumam < 20 Db;
* pievienošana: caur tuneļklemmēm;
* vadības tīkli: lokanais kabelis: 2 x 2,5 mm2; cietais kabelis: 2 x 1,5 mm2;
* spēka tīkli:

lokanais kabelis: 2 x 2,5 mm2 16 un 25 A; 2x10 mm2 40 un 63 A;

2x35mm2100A;

cietais kabelis: 6 mm2 16 un 25A; 25 mm2 40 un 63 A; 6 mm2 100A;

■ sprieguma indikators (spole zem sprieguma) atrodas uz katra aparāta priekšējā paneļa;

■ marķēšana: pieļaujamas līdz 5 marķēšanas zīmēm laukuma;

■ vadības tīklu jaudas patēriņš.

**Slodzes atslēdzējs** (6.23. att.).

Pielietojums. Pielieto elektrotīklu, kas atrodas zem slodzes un ir jau aizsargāti no pārslodzes, komutācijai

Parametri

* kustīgā kontakta indikators;
* atbilst IEC 408 un IEC 669.1, BS 5419, VDE 0660 un IEC 947.3 (nom.strāva 63 un 100 A) normām;
* pastāvīgā strāva: 48 V, (2 poli virknē)-110 V
* mehāniska nodilumizturība:
* 20-30 A: 300000 ciklu;
* 63 A: 200000 ciklu;
* 100 A: 100000 ciklu;

■ elektriska nodilumizturība:

* 20-30 A: 30000 ciklu;
* 63 A: 20000 ciklu;
* 100 A: 10000 ciklu;
* pieļaujamā īssavienojuma strāva: 2kA 1 sekundes laika;
* tropiskā izpilde: T2 pakāpe (relatīvais mitrums 95 % pie 55°C)
* pievienošana caur tuneļklemmēm:
* kabelim ar šķērsgriezumu līdz 10 mm2 (20 un 32 A);
* kabelim ar šķērsgriezumu līdz 50 mm2 (63 un 100A).

**Moduļu kontaktoru palīgierīces.**

**ACTc.** Pielietojums.Pievieno kontaktoram un ļauj izpildīt 2 komandu tipus:

* lokālais komandas impulss (ieeja T);
* centralizētais pastāvīgais komandas signāls (ieeja X);

Pēdējā komanda ir prioritāra.

Vispārīgie raksturojumi

* pievieno ar sprūdiem kontaktora kreisajā pusē;
* impulsa ilgums: 250 ms;
* patēriņš: 3 VA;
* ķēdes atvienošana:
* < 1 s: saglabā sākuma stāvokli
* >> 5 s: atjauno sākot no 0,
* ieslēgšana caur ieejām X un T;
* pievieno caur tuneļa klemmēm kabelim ar šķērsgriezumu līdz 6 mm2 ;

**ACTp.** Pielietojums. Ierobežo pārspriegumu vadības ķēdē.

Raksturojumi

* pievieno ar sprūdiem kontaktora CT kreisajā pusē;
* spriegums: 24-230 V maiņstrāva;
* patēriņš: 3 VA;
* pievieno caur tuneļa klemmēm kabelim ar šķērsgriezumu līdz 4 mm2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***a*** | slodze | ***b*** | slodze |

6.24. att. Moduļu kontaktoru ieslēgšanas shēma.

**Laika relejs ACTt.** Pielietojums.Paredzēts laika intervāla radīšanai. Atkarībā no shēmas savienojuma iespējami četri laika intervāla **T** varianti

**A tipa laika intervāls** (6.25. att. *a*)

* laika intervāls ieslēdzot slodzi zem sprieguma;
* vienreizējs ieslēgšanas cikls zem sprieguma;
* spriegums slodzei tiek padots laika intervāla T beigās.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***a*** |  | ***b*** |  |

6.25. Moduļu kontaktora laika relejs ar A un B tipa intervālu.

**B tipa laika intervāls** (6.25. att. *b*)

* laika intervāls pēc palīgkontakta (pogas) noslēgšanās;
* laika atskaite sakas pēc vadības kontakta noslēgšanās momenta;
* laika intervāla T beigās slodze tiek atslēgta.

**C tipa laika intervāls** (6.26. att. *a*)

* spriegums slodzei tiek padots vadības kontakta (impulsa pogas) noslēgšanās momentā;
* vienreizējais laika intervāla atskaites cikls sākas impulsa kontakta atvēršanās momentā;
* laika intervāla T beigās slodze tiek atslēgta.

**H tipa laika intervāls** (6.26. att. *b*)

* ļauj padot spriegumu uz noteiktu laiku;
* laika intervāla atskaite sākas sprieguma padeves momentā;
* laika intervāla T beigās slodze tiek atslēgta.

**Raksturojumi**

* pievieno ar sprūdiem kontaktora CT kreisajā pusē;
* laika intervāls: no 1 s līdz 10 st;

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***a*** |  | ***b*** |  |

6.26. Moduļu kontaktora laika relejs ar C un H tipa intervālu.

* vadības ķēžu barošanas spriegums no 24 līdz 240 V;
* frekvence: 50-60 Hz;
* patēriņš: 5 VA
* darba temperatūras diapazons: no -5°C līdz +60°C;
* izejas strāva:
* 200 mA - ilglaicīgi;
* 3 A - 50 ms laika intervālā;
* pievienošana: caur tuneļa klemmēm kabelim ar šķērsgriezumu līdz 1,5 mm2;
* kļūda: ± 0,5%

**Kontroles jautājumu 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. Kādam nolūkam paredzēti palīgkontakti?
12. Kā novērš maiņstrāvas elektromagnēta vilces spēka pulsācijas?

**7. NODAĻA**

**RELEJI**

**7.1. DARBĪBAS PRINCIPS, 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 (piemēram, spriegumu), līdz tas sasniedz noteiktu vērtību, notiek lēcienveidīga (momentāna) izejas (vadāmā) parametra (piemēram, strāvas) izmaiņa.* Darba ķēdēs šādi aparāti ir automāti un kontaktori, bet releji galvenokārt darbojas vadības ķēdēs ar mazām strāvām, tāpēc tos var izveidot daudz jutīgākus nekā automātus un kontaktorus.

Releja darbības princips parādīts 7.1. attēlā.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

7.1. att. Releja darbības princips

Pieslēdzot spriegumu spolei, pa to plūst strāva, kas rada magnētisko plūsmu elektromagnēta magnētvadā: serdē un enkurā. Gaisa spraugā starp en­kuru un serdi rodas elektromagnētiskais spēks, kas pievelk enkuru pie serdes. Enkuram pagriežoties, tā otrs gals caur starpliku iedarbojas uz kontaktiem un tie saslēdzas, veicot vadības signāla atkārtojuma funkciju. Kontakti piestiprināti plakanām atsperēm, kas novietotas izolācijas materiāla turētājā. Kad spolei atslēdz spriegumu, plakanās atsperes atslēdz kontaktus un atspiež enkuru sākuma stāvoklī.

Elektriskā shēmā šādu releju attēlo, kā parādīts 7.2. 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 statiskā vadības raksturlīkne jeb "ieejas-izejas" raksturlīkne (7.3. att.)

Nepārtraukti palielinot ieejas parametru x (piem., spriegumu spolei) un sasnie­dzot tā nostrādes vērtību xno, notiek lēcienveidīga izejas parametra y (piem., strāva caur kontaktiem) izmaiņa līdz tā nominālai vērtībai yN, kas, tālāk palielinot x, paliek nemainīga. Savukārt, samazinot x, notiek lēcienveidīga y izmaiņa līdz nullei vai ymin pie x atgriezes vērtības xat = xno + Δx.

Releja nostrādes, atgriezes un nominālie parametri:

*xno* — tā ir minimālā ieejas parametra vērtība, pie kuras notiek releja nostrāde (*Uno, Ino, Pno*);

*xat* — tā ir maksimālā ieejas parametra vērtība, pie kuras notiek releja atgrie­šanās sākuma stāvoklī (*Uat, Iat, Pat*);

*xN* — tā ir ieejas parametra nominālā vērtība, kas nodrošina drošu releja darbību ilgstošā režīmā (*UN, IN, PN*).

Analogi izveido releju ar atslēdzošiem kontaktiem, kas veic inversijas funkciju (7.3.*b* un 7.3.*a* att.).

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***c*** |
| ***b*** |

7.2. att. Releja apzīmējums elektriskas shēmās: a — ar saslēdzošiem kontaktiem, b — ar atslēdzošiem kontaktiem;

c - pārēji apzīmējumi: 1 – spole (vadības ķēde); 2 – saslēdzējkontakts; 3 – pārtraucējkontakts; 4 - saslēdzējkontakts ar laika kavējumu pie atgriezes; 5 - saslēdzējkontakts ar laika kavējumu pie nostrādes; 6 – impulsa saslēdzējkontakts; 7 - saslēdzējkontakts bez atgriezes, 8 - pārtraucējkontakts bez atgriezes; 9 - pārtraucējkontakts ar laika kavējumu pie nostrādes; 10 - pārtraucējkontakts ar laika kavējumu pie atgriezes.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

7.3. att. Releja statiskā vadības raksturlīkne

x — ieejas parametrs; y — izejas parametrs; a — ar atslēdzošiem kontaktiem; b — ar saslēdzošiem kontaktiem

Releja darbību un kvalitāti raksturo virkne koeficientu.

*Atgriezes koeficients*

 (7.1)

Jo mazāks ir kat, jo stabilāks darbā ir relejs, un, ja kat tuvāks 1, jo jutīgāks ir relejs pret ieejas parametra svārstībām. Ieejas parametrs var būt spriegums, strāva, spoles MDS utt.

*Rezerves koeficients*

 (7.2)

Ja relejs paredzēts darbam stacionārās iekārtās, tad kr = 1,1-1,4. Relejam pārvie­tojamās iekārtās (transportā) kr var sasniegt pat 4. Jo lielāks kr, jo neekonomiskāks relejs.

Vadības koeficients

 (7.3)

kur *Pd* — komutējamā darba ķēdes jeb releja kontaktu jauda, *Pv* — vadības ķēdes jeb releja spoles jauda.

Komutācijas koeficients

 (7.4)

kur Ik iesl — strāva caur kontaktiem, tos ieslēdzot, Ik atsl — strāva caur kontaktiem, tos atslēdzot.

Releja *jutību* nosaka nostrādes un atgriezes MDS.

Releju *darbību* raksturo nostrādes un atgriezes laiks (tno, tat).

*tno* — tas ir laiks no nostrādes signāla padošanas momenta līdz kontaktu saskar­šanās brīdim, kad izejas parametrs sāk palielināties.

*tat* — 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.

**7.2. RELEJU IEDALĪJUMS**

Relejus var klasificēt pēc daudzām pazīmēm.

Atkarībā no *fizikālā lieluma*, uz kuru reaģē relejs, izšķir elektriskos, siltuma, me­hāniskos, magnētiskos, optiskos, akustiskos, šķidruma, gāzu, pneimatiskos relejus. Šīs releju grupas savukārt var iedalīt apakšgrupās, kā tas redzams 7.4. attēlā. Šajā klasifikācijā ietverti tikai visbiežāk lietotie releji.

|  |
| --- |
|  |

7.4. att. Releju klasifikācija

Atkarībā no *fizikālā lieluma*, uz kuru reaģē relejs, izšķir elektriskos, siltuma, me­hāniskos, magnētiskos, optiskos, akustiskos, šķidruma, gāzu, pneimatiskos relejus. Šīs releju grupas savukārt var iedalīt apakšgrupās, kā tas redzams 7.4. 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, un 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, elektro­sakaru, rūpniecības automātikas, energosistēmu aizsardzības, autobloķēšanas u.c. relejos.

**7.3. RELEJU UZBŪVES PAMATPRINCIPI**

Neskatoties uz lielo konstrukciju daudzveidību, visi releji sastāv no šādiem funk­cionāliem mezgliem (7.5. 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) tā, lai tas būtu ērts salīdzināšanai. Piemēram, elektromagnētā rodas vilces spēks, kas pievelk tā enkuru (elektriskā enerģija tiek pārveidota mehāniskajā);

|  |
| --- |
| ***a*** |
| ***b*** |

7.5. att. Releja blokshēma bez (a) un ar (b) laika kavējumu

1. — 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;
2. — izpildmezgls — tas nodrošina lēcienveida parametru izmaiņas izejas elektriskajā ķēdē. Piemēram, saslēdzas releja kontakti;
3. — palēninošais mezgls — tas nodrošina vajadzīgo nostrādes vai atgriezes laika aizturi. Parasti tie ir dažādi papildelementi relejam: īsi slēgti gredzeni, pulksteņa mehānisms u.c.

Konstruktīvi vairāki funkcionālie mezgli var būt apvienoti vienā.

**7.4. ELEKTROMAGNĒTISKIE RELEJI.**

Elektromagnētiskie releji ir vājstrāvas elektrisko ķēžu komutācijas ierīces. Visu releju raksturīga īpatnība, ka, mainoties ieejas signālam vienmērīgi, izejas signāls mainās lēcienveidīgi. Elektromagnētiskā releja ieejas lielums ir spriegums Uie, kas tiek pievadīts releja spolei, bet izejas lielums ir spriegums Uiz, kas tiek pievadīts patērētājam, piemēram, apgaismošanas spuldzei.

Pakāpeniski palielinot spoles spriegumu no Uie = 0 līdz Uie = Up, kur Up – releja pievilkšanās (ieslēgšanās) spriegums, tā izejas spriegums nemainās (Uiz = 0). Sasniedzot Uie = Up, notiek pārejas process un relejs ieslēdzas. Releja izejas spriegums Uiz pieaug lēcienveidīgi no nulles līdz nominālajai vērtībai (7.6.a att.).

Pakāpeniski samazinot spoles spriegumu no Uie = Up līdz Uie = Ua, kur Ua – releja atlaišanās spriegums, notiek releja izslēgšanās. Izejas spriegums Uiz uz patērētāja samazinās lēcienveidīgi no nominālās vērtības līdz nullei. Tātad elektromagnētiskajam relejam nav viennozīmīgas sakarības starp ieejas un izejas spriegumu izmaiņu. Spriegumu starpību ΔU = Up - Ua sauc par releja nejutības zonu. Jo mazāks ΔU, jo augstāka releja jutība.

Automātikā elektromagnētiskie releji ir vadības iekārtu izejas elementi jeb vadības komandu pārvades elementi no vadības iekārtas uz izpildiekārtu. Piemēram, loģiskais kontrolleris iedarbina releju K1, kurš komutē magnētisko palaidēju KM1, savukārt KM1 iedarbina izpildiekārtas elektrodzinēju M1 (7.6.b att.).

|  |
| --- |
| ***a b*** |

7.6. att. Elektromagnētiskā releja statiskā raksturlīkne (a) un izmantošanas piemērs elektriskās piedziņas vadības sistēmā (b).

Par *elektromagnētisko releju* sauc elektromagnētisku ierīci, kurā enkura pievilkšanas spēku rada spoles strāvas magnētiskais lauks. Mainoties ieejas spriegumam vienmērīgi, izejas spriegums mainās lēcienveidā.

Elektromagnētiskie releji iedalās *līdzstrāvas* un *maiņstrāvas relejos*.

Līdzstrāvas releju spoles baro ar līdzstrāvu, bet maiņstrāvas – ar maiņstrāvu. Līdzstrāvas releji iedalās *neitrālajos relejos* un *polarizētajos relejos*. Neitrālie releji nav jutīgi pret ieejas sprieguma polaritāti, jo, neatkarīgi no sprieguma polaritātes, šāda releja enkurs pievelkas vienā un tajā pašā virzienā.

Polarizētie releji ir jutīgi pret ieejas sprieguma polaritāti. To uzbūve un konstrukcija izveidota tā, ka enkuram ir vidusstāvoklis. Mainot ieejas sprieguma polaritāti, enkurs pārslēdzas uz vienu vai otru pusi un komutē divas dažādas elektriskās ķēdes. Polarizētie releji ir ievērojami jutīgāki par neitrālajiem relejiem, taču to pielietošana elektriskās piedziņas vadības shēmās ir ierobežota sakarā ar ļoti mazo pieļaujamo komutācijas jaudu. Tādēļ apskatīsim tikai neitrālos relejus.

**7.4.1. LĪDZSTRĀVAS ELEKTROMAGNĒTISKIE RELEJI.**

Līdzstrāvas releju uzbūves pamatā ir līdzstrāvas elektromagnēts, kas sastāv no feromagnētiska materiāla serdeņa 1, uz kura uzmontēta spole 2. Magnētisko ķēdi caur gaisa spraugu noslēdz feromagnētiska materiāla enkurs 3 (7.7. att.).

Ja spoles ķēdei pievada nominālo spriegumu Us = Unom un ieslēdz slēdzi S1, spolē plūstošā strāva Is rada magnētisko plūsmu Φ, kas noslēdzas caur gaisa spraugu un rada tajā elektromagnētisko vilces spēku Fe. Enkurs 3 pievelkas pie serdeņa 2 un, pagriežot izcilni 4, pārslēdz kontaktplāksni 5, kura pārvietojoties pārtrauc vai saslēdz elektriskos kontaktus 7. Kontakti (a-b) ir ***normāli slēgti*** jeb ***atslēdzoši*** kontakti, kontakti (c-d) – ***normāli vaļēji*** jeb ***saslēdzoš***i kontakti.

Izslēdzot slēdzi S1, atspere 7 atgriež enkuru sākuma pozīcijā un elektriskie kontakti ieņem normālo stāvokli. Relejs ir normālā stāvoklī, ja tā spolei nav pieslēgts spriegums.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

7.7. att. Līdzstrāvas elektromagnētiskais relejs un tā voltampēru raksturlīkne: 1 - serdenis; 2 - spole;

3 - enkurs; 4 - izcilnis; 5 - kontaktplāksne; elektriskie kontakti; 7 -atspere.

**Līdzstrāvas elektromagnētiskos relejus raksturojošie parametri.**

1. Enkura pievilkšanās spriegums *Up* (pievilkšanās strāva *Ip*) - spoles spriegums (strāva spolē), kas nodrošina enkura pievilkšanos (releja kontaktu pārslēgšanos).

2. Nominālais spriegums *Unom* (nominālā strāva *Inom*), kas nodrošina releja stabilu darbību (*Unom* > *Up*; *Inom > Ip*). Līdzstrāvas releju spoļu standartizētie nominālie spriegumi – (6, 12, 24, 36, 48, 60, 110, 220)V.

3. Atlaišanās spriegums *Ua* (atlaišanās strāva *Ia*) – minimālais spoles spriegums (strāva), pie kura releja enkurs atlaižas un kontakti ieņem sākuma stāvokli.

4. Drošuma (rezerves) koeficients:

 (7.5)

kur *Kd* > 1 (*Kd* = 1,2…2,0).

Drošuma koeficients raksturo releja nominālā sprieguma rezervi attiecībā pret pievilkšanās spriegumu. Šāda rezerve nodrošina releju shēmu drošu darbību mainīga sprieguma apstākļos. Līdzstrāvas releju vadības shēmas parasti baro no maiņstrāvas elektriskā tīkla caur taisngriežiem. Dažādu patērētāju iespaidā elektriskā tīkla spriegums var pazemināties līdz 20% no nominālā lieluma.

5. Elektromagnētisko releju jutību raksturo atgriešanas koeficients:

 (7.6)

kur Δ*U = Up - Ua* - releja nejutības zona.

Jo mazāka palaišanas un atgriešanas spriegumu starpība Δ*U*, jo augstāka releja jutība. Zemas jutības relejiem *Ka* = 0,2 – 0,3; vidēji jutīgiem relejiem *Ka* = 0,4 – 0,5, bet relejiem ar augstu jutību *Ka* = 0,8 – 0,9. No zemas jutības relejiem veido laika relejus, vidējas jutības releji tiek izmantoti kā elektrisko ķēžu komutācijas releji, bet augstas jutības relejus izmanto minimālā sprieguma kontrolei.

6. Nominālais jaudas pastiprinājuma koeficients:

 (7.7)

kur *Iiz nom, Uiz nom, Piz nom* – kontaktu nominālā komutācijas strāva, spriegums un jauda;

*Iie nom, Uie nom, Pie nom* – releja spoles nominālā strāva, spriegums un jauda.

Automātikā elektromagnētiskos relejus apskata kā *nelineārus jaudas pastiprinātājus*, jo pievadot releja spolei relatīvi mazas jaudas elektrisko signālu, no tā kontaktiem var noņemt ievērojami lielākas jaudas signālu.

***7.1. Piemērs***. Dots: Uie = 24 V, Iie = 20 mA, Uiz = 220 V, Iiz = 2 A. Ievietojot skaitliskos lielumus, iegūstam: *Kp* = 220V·4A/24V·0,02A = 917.

Līdzstrāvas releja voltampēru (V-A) raksturlīkne *I = f*(*U*) ir lineāra (2. 10.att.). To apraksta Oma likums līdzstrāvas ķēdei:

 (7.8)

kur *Rs* - releja spoles aktīvā pretestība, Ω;

*Is* un *Us* – releja spoles strāva (A) un spriegums, V.

Raksturlīknei ir trīs raksturīgie punkti: 1 - pievilkšanās punkts; 2 – nominālais darba punkts; 3 - atlaišanās punkts.

***Elektromagnētiskais vilces spēks.***

Līdzstrāvas elektromagnētiskajam relejam ar vienu gaisa spraugu starp serdeni un enkuru elektromagnētisko vilces spēku *Fe* (N) aprēķina pēc formulām:

 (7.9)

kur *μ*0 = 4*π*·10-7 – magnētiskā konstante, H/m;

Φ - spoles strāvas radītā magnētiskā plūsma, Wb;

*B* - magnētiskā lauka indukcija, T; Is - spoles strāva, A.

*w* – spoles vijumu skaits; δ – gaisa spraugas platums, m;

*S* – feromagnētiskā serdeņa šķērsgriezuma laukums, m2.

Līdzstrāvas releja vilces spēks *Fe* ir tieši proporcionāls spoles ampērvijumu kvadrātam (*Is·w*)2 un serdeņa šķērsgriezuma laukumam *S*, bet apgriezti proporcionāls gaisa spraugas platuma *δ* kvadrātam. Samazinot gaisa spraugu starp enkuru un serdeni, var samazināt releja pievilkšanās spriegumu un patērēto jaudu.

**7.4.2. MAIŅSTRĀVAS ELEKTROMAGNĒTISKIE RELEJI.**

Maiņstrāvas releju uzbūves pamatā ir maiņstrāvas elektromagnēts, kas sastāv no spoles 1, kura uzmontēta uz feromagnētiska materiāla serdeņa 2. Magnētisko ķēdi caur gaisa spraugu noslēdz feromagnētiska materiāla enkurs 3 (7.8. att.).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

7.8. att. Maiņstrāvas elektromagnētiskais relejs un tā voltampēru raksturlīkne: 1 - spole; 2 - serdenis; 3 - enkurs; 4 – gredzens (drosele) enkura vibrāciju novēršanai.

Ja spoles ķēdei pievada nominālo maiņspriegumu *~Us = ~Unom*, spolē plūstošā maiņstrāva *~Is* rada sinusoidāli mainīgu magnētisko plūsmu ~Φ, kas noslēdzas caur gaisa spraugu un rada tajā elektromagnētisko vilces spēku *~Fe*. Enkurs 3 pievelkas pie serdeņa 2 un pārslēdz elektriskos kontaktus (attēlā nav parādīti).

Maiņstrāvas releja uzbūve ir līdzīga līdzstrāvas releja uzbūvei, taču ir dažas būtiskas atšķirības.

1. Maiņstrāvas releja serdenis un enkurs, atšķirībā no līdzstrāvas releja, tiek izgatavoti nevis no viengabala materiāla, bet no elektrotehniskā tērauda plāksnīšu paketēm. Plāksnītes savā starpā ir elektriski izolētas ar izolācijas lakas kārtiņu. Šāda konstrukcija nepieciešama, lai ierobežotu spoles strāvas radītās mainīgās magnētiskās plūsmas ~Φ inducētās virpuļstrāvas jeb Fuko strāvas, kuras serdenī un enkurā rada lielus siltuma zudumus. Tā kā katrai plāksnītei ir liela elektriskā pretestība, tad tajā inducētā strāva ir maza un siltuma zudumi serdenī un enkurā ir niecīgi.

2. Lai novērstu maiņstrāvas releja enkura vibrācijas, kas rodas sinusoidālajai spoles strāvai (*~Is = Ismax*·sin*ωt*) ejot caur nulles punktu, uz releja serdes gala uzmontē vara vai alumīnija gredzenu (drosele) 4, kas aptver 2/3 no serdes gala laukuma (7.8. un 7.10. att.). Kad caur spole plūst maiņstrāva droselē inducējas strāva, kura nobīdītā fāzē pret strāvu spolē. Magnētiskais lauks serdē šajā gadījumā ir summa no magnētiskā lauka spolē un droselē. 6.10. attēlā parādīta magnētiska lauka oscilogramma. Ka redzams, magnētiskais lauks serdē nav vienāds ar nulli jebkura laika momentā un relejs nevar atslēgties ja barošanas spriegums iet caur nulli – kontaktu drebēšana novērsta. Releja spoles strāvas radītā magnētiskā plūsma ~Ф šajā vietā sadalās divās nobīdītās komponentēs ~Ф1 un ~Ф2 , kurām pārklājoties rodas stabils vilces spēks *~Fe* > *Fm*, kur *Fm* – atsperu pretestības spēks, N.

|  |  |
| --- | --- |
| 7.9. att. Maiņstrāvas spoles konstrukcija | 7.10. att. Releja magnētiskā sistēma maiņstrāvas tīklā: drosele neļauj magnētiskam laukam samazināties līdz nullei spolē |

Plūsmas komponente ~Ф1 apiet gredzenu, komponente ~Ф2 iet caur gredzenu un inducē tajā strāvu *~Ii*, kuras radītā magnētiskā plūsma ~Ф*i*, atbilstoši Lenca likumam, darbojas pretī plūsmas ~Ф2 izmaiņai un nobīda to fāzē attiecībā pret komponenti ~Ф1 par 60 elektriskajiem grādiem. Līdz ar to notiek abu komponenšu pārklāšanās, kas nodrošina stabilu pievilkšanās spēku ~Fe.

Maiņstrāvas releja V-A raksturlīkne ir izteikti nelineāra (7.8. att.). To apraksta Oma likums maiņstrāvas ķēdei:

 (7.10)

kur *Zs* - maiņstrāvas releja spoles pilnā pretestība, Ω;

*Rs* – spoles aktīvā pretestība, Ω.

*XLs* – spoles induktīvā pretestība, Ω.

Induktīvā pretestība *XLs* ir lielums, kas mainās atkarībā spoles induktivitātes:

*XLs* = 2π*fLs* , (7.11)

kur *f* – maiņstrāvas frekvence, Hz (s-1);

*Ls* – spoles induktivitāte, H.

Pievelkoties enkuram, induktīvā pretestība *XLs* palielinās, jo pieaug releja spoles induktivitāte *Ls*:

 (7.12)

kur *w* - releja spoles vijumu skaits; S - serdeņa šķērsgriezuma laukums, m2;

*l* - magnētiskās ķēdes garums pa viduslīniju, m;

*δ* - gaisa spraugas platums, m;

*μ* - serdeņa materiāla relatīvā magnētiskā caurlaidība;

*μ*0 = 4π·10-7 - magnētiskā konstante, H/m.

Maiņstrāvas releja V-A raksturlīknei ir seši raksturīgie punkti (7.8. att.). Pakāpeniski palielinot spoles spriegumu, proporcionāli palielinās strāva. Tuvojoties punktam 1 sākas enkura vibrācijas, kā rezultātā strāva nedaudz samazinās. Punktā 1 notiek releja pievilkšanās un, samazinoties gaisa spraugai, pieaug spoles induktīvā pretestība un pievilkšanās strāva lēcienveidā samazinās no Ipmax līdz Ipmin punktā 2. Palielinot spriegumu no Up līdz Unom strāva palielinās ievērojami mazāk, jo spolei ir liela induktīvā pretestība.

Punktā 3 maiņstrāvas releja spoles spriegums un strāva ir vienāda ar nominālajiem lielumiem Unom un Inom. Samazinot spoles spriegumu, punktā 4 notiek releja atlaišanās. Palielinoties gaisa spraugai starp serdeni un enkuru, samazinās spoles induktīvā pretestība un atlaišanās strāva lēcienveidā palielinās no Iamin līdz Iamax. Punktam 6 atbilst releja maksimālā pievilkšanās strāva, ja to ieslēdz pie nominālā sprieguma. Atšķirībā no līdzstrāvas releja, maiņstrāvas releja pievilkšanas strāva ir ievērojami lielāka par nominālo darba strāvu (7.8. att.).

**Maiņstrāvas releja elektromagnētiskais vilces spēks.**

Maiņstrāvas releja ar vienu gaisa spraugu elektromagnētisko vilces spēku *~Fe* aprēķina pēc formulām:

 (7.13)

kur ~Φ - spoles strāvas radītās magnētiskās plūsmas efektīvā vērtība, Wb;

~B - magnētiskā lauka indukcijas efektīvā vērība, T;

~Is - spoles strāvas efektīvā vērtība, A;

ω = 2πf - maiņstrāvas leņķiskā frekvence, s-1;

Maiņstrāvas relejam vilces spēks ~Fe ir svārstīgs un periodiski mainās no ~Femin līdz ~Femax ar divkāršu maiņstrāvas leņķisko frekvenci 2ω.

Ja 2ωt = π/2, tad vilces spēks ir minimāls:

 (7.14)

Ja 2*ωt = π*, tad vilces spēks ir maksimāls:

 (7.15)

Salīdzinot maiņstrāvas releju un ekvivalentu līdzstrāvas releju ar vienādiem elektromagnēta parametriem (formulas 7.10) iegūstam, ka ~*Femin* = 0,42*Fekv*, bet ~*Femax* = 1,58*Fekv* , kur *Fekv* - ekvivalentā līdzstrāvas releja enkura vilces spēks, N.

Ekvivalentā līdzstrāvas releja vilces spēks ir vairāk kā 2 reizes lielāks par atbilstošā maiņstrāvas releja minimālo vilces spēku. Tas liecina, ka līdzstrāvas releji ir jutīgāki par maiņstrāvas relejiem.

Releja laikstrāvas raksturlīknes (7.11. att.) parāda aparātu uzvešanās trīsfāzu ķēdē palaišanas laikā: 1 – palaišana notiek, ja relejs atrodas aukstā stāvoklī; 2 - palaišana notiek, ja relejs atrodas karstā stāvoklī; 3 – notiek fāzes pazušana vai strāvas asimetrija ir lielākā par 40%.

Releja atvienošanas klasēs, atbilstoši standartam IEC 60947 var atrast 7.1. tabulā.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

7.11. att. Releja 3RB 10 laikstrāvas raksturlīknes: *a* – atvienošanas klase 10 A;

*b* - atvienošanas klase 20

7.1. tabula

**Releja atvienošanas klases (standarts IEC 60947-4-1)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Atvienošanas klase** | **Nostrādes laiks tA, s (pie 7,2 х Iе  no auksta stāvoklī)** |
| CLASS 10 А | 2 < tA <10 |
| CLASS 10 | 4 < tA <10 |
| CLASS 20 | 6 < tA <20 |
| CLASS 30 | 9 < tA <30 |

**7.4.3. POLARIZĒTIE RELEJI.**

Polarizētie releji reaģē uz strāvas virziena izmaiņu aizsargā­jamā ķēdē.

Elektromagnētiskā polarizētā releja izveidojuma shēma parādīta 7.12. attēlā. Uz serdes ir novietota re­leja strāvas spole 1, ko ieslēdz virknē aiz­sargājamā strāvas ķēdē. Starp magnētiskās ķēdes poliem atrodas uz ass 2 nostiprināts enkurs 3 ar tinumu 4, ko ieslēdz līdzstrāvas ķēdē. Atkarībā no magnētiskās plūsmas vir­ziena magnētiskajā ķēdē enkurs 3 pagrie­žas vienā vai otrā virzienā, noslēdzot kon­taktus 5 pa labi vai pa kreisi. Polarizētā releja kontakti parasti ieslēgti atslēdzošā kontaktora spoles ķēdē.

Magnētelektrisko polarizēto releju enkurs ir pastāvīgais magnēts.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 7.12. att. Polarizētā releja izveidojuma shēma. |

**7.4.4. ELEKTROMAGNĒTISKO RELEJU IZVĒLE UN SALĪDZINĀJUMS.**

Līdzstrāvas un maiņstrāvas elektromagnētiskos relejus izvēlas pēc diviem galvenajiem tehniskajiem rādītājiem:

1) spoles nominālā sprieguma Unom;

2) kontaktu nominālā komutācijas sprieguma Uknom ;

3) nominālās komutācijas jaudas Pknom.

Spoles barošanas spriegumu izvēlas vienādu ar nominālo: Us = Unom. Kontaktu spriegumu izvēlas no nosacījuma: Uk ≤ Uknom. Lai relejs kalpotu paredzēto resursa laiku, kontaktu komutācijas jaudu ieteicams izvēlēties aptuveni 2 reizes mazāku par nominālo jaudu: Pk ≈ 0.5Pknom.

Līdzstrāvas releju pozitīvās īpašības: 1) augsta jutība un augsts ekspluatācijas drošums; 2) maza patērētā jauda un mazi zudumi; 3) spoles strāva nav atkarīga no enkura stāvokļa.

Trūkumi: 1) sakarā ar paliekošo magnetizāciju iespējama enkura pielipšana pie serdeņa; 2) nepieciešama taisngrieža iekārta barošanai no maiņstrāvas tīkla.

Maiņstrāvas releju pozitīvās īpašības: 1) iespēja barot tieši no maiņstrāvas tīkla; 2) liela palaišanas strāva, kas dod iespēju palielināt kontaktu atstarpi un komutēt lielāku jaudu.

Trūkumi: 1) salīdzinājumā ar līdzstrāvas relejiem, aptuveni 2 reizes zemāks ekspluatācijas drošums; 2) svārstīgs vilces spēks un relatīvi lieli enerģijas zudumi.

**7.4.5. HERKONU RELEJI.**

Herkonu releji ir komutācijas ierīces, kas sastāv no magnētiski vadāmu, hermetizētu kontaktu elementa – herkona 1, kurš ievietots spolē ar lielu vijumu skaitu 2. Lai pastiprinātu magnētisko plūsmu Φ, mazgabarīta herkonu releju spoles aptver ar magnētisko ķēdi 3. Herkons 1 sastāv no stikla balona, kurā iekausēti magnētiski mīksta materiāla elastīgi kontakti. Dzirksteļošanas samazināšanai herkona balonā iepildīta inerta gāze (argons).

Ieslēdzot slēdzi S1 (7.13. att.) releja spolē 2 plūst strāva Is. Tās radītā magnētiskā plūsma Ф iet caur herkonu 1 un magnetizē tā kontaktus. Magnētiskā pievilkšanās spēka iespaidā kontakti saslēdzas un ieslēdz slodzi - signālspuldzi HL1. Izslēdzot slēdzi S1, magnētiskā plūsma izzūd, kontakti atmagnetizējas un pārtrauc slodzes ķēdi.

Herkonu releju galvenās priekšrocības:

* vienkārša uzbūve (nav mehāniskās daļas);
* var darboties ugunsnedrošās un sprādzienbīstamās vidēs;
* liels komutācijas ciklu skaits (līdz 107);
* lielāka komutējamā jauda un 10 reizes lielāks komutācijas ciklu skaits salīdzinājumā ar ekvivalentu līdzstrāvas elektromagnētisko releju.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 7.13. att. Herkonu relejs: 1- herkons; 2 - spole; 3 - magnētiskā ķēde. |

**7.5. ELEKTROMAGNĒTISKIE UN ELEKTRINISKIE LAIKA RELEJI.**

Tehnoloģisko procesu automatizācijā bieži nepieciešams nodrošināt dažādu operāciju noteiktu secību laikā. Šim nolūkam izmanto laika relejus. Tie var būt elek­tromagnētiski, vai elektromagnētiskam relejam pievienots pneimatiskais, mehāniskais vai cits shēmas bloks. Tādējādi izveido pneimatisko, elek­tromehānisko, motora laika releju.

Laika releji atbilst sekojošiem standartiem:

• EN 60721-3-3 «Ārējas vides noteikums»

• EN 61812- 1/DIN VDE 0435 Teil 2021 «Elektriskie releji, laika releji»

• EN 61000-6-2 un EN 61000-6-4 «Elektromagnētiskā savienojamība»

• EN 60947-5-1 (VDE0660Teil 200) «Zemsprieguma komutācijas aparāti»

**7.5.1. INDUKCIJAS TIPA ELEKTROMAGNĒTISKAIS LAIKA RELEJS.**

Indukcijas tipa laika releja pamatā ir līdzstrāvas elektromagnētiskais relejs, uz kura serdeņa uzmontēts masīvs vara vai misiņa gredzens ar mazu elektrisko pretestību (7.14. un 7.15. att.). Ieslēdzot slēdzi *S*1, releja spolē plūst strāva *I*, kas rada augošu magnētisko plūsmu Φ. Šī plūsma noslēdzas caur gredzenu un inducē tajā strāvu, kura rada indukcijas plūsmu Φi (7.14.a att.). Pēc Lenca likuma indukcijas plūsma darbojas pretī galvenās plūsmas izmaiņai. Tā kā galvenā plūsma palielinās, tad indukcijas plūsma vērsta pretējā virzienā un kavē tās augšanu. Līdz ar to reālā rezultējošā magnētiskā plūsma vienāda ar galvenās plūsmas un indukcijas plūsmas algebrisko starpību (7.14.b att.). Ja releja pievilkšanās plūsma vienāda ar Φp, tad relejam bez gredzena pievilkšanās laika kavējums vienāds ar t1, bet relejam ar gredzenu tas ir ievērojami lielāks tp = t2.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

7.14. att. Laika relejs ar elektromagnētiskās indukcijas radītu darbības kavējumu uz ieslēgšanos (a) un magnētisko plūsmu raksturlīknes (b).

Arī releja atlaišanās kavējumu rada indukcijas plūsma. Izslēdzot slēdzi S1, magnētiskā plūsma Φ strauji samazinās un rada indukcijas plūsmu Φi (7.15.a att.), kas pēc Lenca likuma cenšas galveno plūsmu Φ uzturēt. Šajā gadījumā indukcijas plūsma vērsta galvenās plūsmas virzienā un kavē tās samazināšanos. Līdz ar to reālā rezultējošā magnētiskā plūsma vienāda ar galvenās plūsmas un indukcijas plūsmas algebrisko summu (7.15.b att.).

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

7.15. att. Laika relejs ar elektromagnētiskās indukcijas radītu darbības kavējumu uz

atslēgšanos (a) un magnētisko plūsmu raksturlīknes (b).

Ja releja atlaišanās plūsma vienāda ar Φa, tad relejam bez gredzena atlaišanās laika kavējums vienāds ar t1, bet relejam ar gredzenu tas ir ievērojami lielāks ta = t2.

Ar indukcijas tipa laika releju iegūst kavējumu gan uz ieslēgšanos, gan atslēgšanos.

Kavējuma laiks ir (2 ...3)s. Šos laika relejus izmanto elektrodzinēju automātiskās palaišanas un bremzēšanas shēmās.

**7.5.2. ELEKTROMAGNĒTISKAIS LAIKA RELEJS AR KONDENSATORU.**

Vienkāršākais elektromagnētiskais laika relejs sastāv no līdzstrāvas releja, kura spolei K1 paralēli pieslēgts kondensators C1 (7.16. att.). Ieslēdzot slēdzi S1, caur uzlādes rezistoru R1 plūst strāva *i*, kas mezglu punktā sadalās spoles strāvā *is* un kondensatora uzlādes strāvā *ic*. Releja spoles K1 pretestība Rs rada noplūdi kondensatoram C1 un samazina tā kapacitāti. Tādēļ, lai iegūtu lielākus laika kavējumus, jāizvēlas augstomīgs relejs (Rs ≥ 10 kΩ).

|  |
| --- |
|  |

7.16. att. Elektromagnētiskais līdzstrāvas relejs ar kondensatora C1 radītu darbības kavējumu uz ieslēgšanos un atslēgšanos.

Slēdža S1 ieslēgšanas momentā (t = 0, is = 0, Uc = 0, ic = icmax = U/R1) sākas kondensatora uzlāde. Saskaņā ar komutācijas likumu, spriegums uz kondensatora nevar mainīties lēcienveidīgi. Tas pieaug pakāpeniski, atkarībā no kondensatora kapacitātes C1. Kad kondensatora spriegums kļūst vienāds ar releja pievilkšanās spriegumu Uc = Up, relejs K1 ieslēdzas. No slēdža S1 ieslēgšanas momenta līdz releja K1 nostrādei paiet laika sprīdis tp, ko sauc par releja pievilkšanās kavējumu. Pēc tam kondensators turpina uzlādēties līdz spriegumam Ucmax (7.17. att.).

|  |
| --- |
|  |

7.17. att. Elektromagnētiskais līdzstrāvas relejs ar kondensatora C1 radītu darbības

kavējumu uz ieslēgšanos un atslēgšanos.

Izslēdzot slēdzi S1, notiek kondensatora C1 izlāde caur releja spoli K1. Kondensatora izlādes strāva notur releju K1 ieslēgtā stāvoklī zināmu laika sprīdi pēc tam, kad tiek atslēgts barošanas spriegums U. Šo laika sprīdi sauc par releja atslēgšanās laika kavējumu ta.

**Laika releja analītiskais aprēķins.**

Lai aprēķinātu laika releja parametrus, sastāda tā elektriskās ķēdes strāvu un spriegumu bilances vienādojumus, izmantojot Kirhofa likumus:

*i = is + ic*;

*U = UR*1 + *UC*. (7.16)

kur *i* = *UR*1 / *R*1; *is* = *Uc* / *Rs*; *ic = C*(*dUc*/*dt*).

Ievietojot strāvu izteiksmes pirmā vienādojumā (7.16), bet no otrā vienādojuma (7.16) izsakot spriegumu *UR*1, iegūstam elektriskās ķēdes diferenciālvienādojumu:

 (7.17)

Izdarot vienkāršus pārveidojumus, iegūst pirmās kārtas diferenciālvienādojumu ar konstantiem koeficientiem:

 (7.18)

kur  - releja pievilkšanās laika konstante, s;

 - kondensatora maksimālais uzlādes spriegums, V;

Laika konstante *τp* raksturo releja pievilkšanās inerci. Lai iegūtu *τp* mērvienību sekundēs, kapacitāte jāizsaka farados (F), bet elektriskā pretestība omos (Ω).

***7.2. Piemērs.*** Dots: *C* = 100 μF, *Rs* = 10 kΩ, *R*1 = 7 kΩ.

Aprēķins: 

Laika intervālā, kas vienāds ar laika konstanti *τp*, kondensators uzlādējas līdz spriegumam *Uc* = 0,63 *Uc max*. Ja kondensatora uzlādes raksturlīkne uzņemta eksperimentāli, tad *τp* var noteikt grafiski kā parādīts 7.17. attēlā.

Diferenciālvienādojuma (7.18) atrisinājums ir eksponenciāla funkcija:

 (7.19)

Lai aprēķinātu releja pievilkšanās kavējumu *tp*, izteiksmē (7.19) ievietojam *Uc = Up* un *t = tp*. Veicot pārveidojumus, iegūst vienādību:

 (7.20)

Logaritmējot vienādības abas puses, iegūst *tp* aprēķina izteiksmi:

 (7.21)

Laika sprīdī *tp* kondensators uzlādējas līdz releja pievilkšanās spriegumam *Up*.

Izslēdzot slēdzi *S*1, relejs tiek atslēgts no barošanas avota. Līdz ar to izmainās strāvu un spriegumu bilance, jo *i* = 0; *U* = 0; *UR*1 = 0. Tad laika releja darbību apraksta sekojoši vienādojumi:

*is + ic = 0, Uc = Us*, (7.22)

kur 

Veicot pārveidojumus iegūst kondensatora izlādes procesa diferenciālvienādojumu:

 (7.23)

Releja atlaišanās kavējuma laikā tā notiek kondensatora izlāde no *Uc max* līdz atlaišanās spriegumam *Ua*. Šos nosacījumus ņemam vērā integrējot vienādojumu:



no kurienes

 (7.24)

No vienādojuma (7.24) iegūst laika releja atlaišanās kavējuma aprēķina izteiksmi:

 (7.25)

kur *τa = C·Rs* – releja atlaišanās laika konstante, s.

Laika konstanti τa var noteikt grafoanalītiski kā parādīts 7.17. attēlā. Sakarības starp laika releja spriegumiem un aprēķina formulas parādītas 7.18. attēlā

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

7.18. att. Laika releja ar kondensatoru spriegumu raksturlīknes (a) un kavējuma laiku aprēķina analītiskās izteiksmes (b).

**7.5.3. ELEKTRONISKAIS LAIKA RELEJS.**

Lielu kavējumu (no dažām minūtēm līdz stundām un pat vairākām diennaktīm) iegūšanai izmanto laika relejus, kas veidoti uz analogo un ciparu mikroshēmu bāzes. Šādi laika releji var būt vienkanāla (ar vienu ieeju un vienu izeju) vai daudzkanālu (ar vairākām ieejām un izejām).

Daudzkanālu laika releji tiek izmantoti kā komandaparāti programmvadības sistēmās. Trīs kanālu elektroniskā laika releja shēma parādīta 7.19. attēlā.

Nonākot komandas signālam kādā no ieejām, vadības shēma VS palaiž takts ģeneratoru G un impulsu skaitīšanas shēmu IS, kas sastāv no bināri-decimālo skaitītāju mikroshēmām. Takts ģenerators formē sprieguma impulsus ar stabilu sekošanas periodu Ti. IS attiecīgajā decimālajā izejā parādās augsta līmeņa signāls, ja saskaitīto impulsu skaits vienāds ar attiecīgās izejas decimālo vērtību. Piemēram, decimālajā izejā 5, kam atbilst decimālā vērtība 25 = 32, augsta līmeņa signāls parādās pēc tam, kad ieejā pienākuši 32 impulsi. Ja impulsu sekošanas periods Ti = 0.5s, tad attiecīgajā IS izejā signāls aizkavējas par t5 = 0.5 x 32 = 16 s.

Dešifrators DS atšifrē laika releja attiecīgā vadības kanāla, piemēram, (1) ieprogrammēto laika kavējumu, piemēram, (16 s) un formē signālu izejas jaudas pastiprinātājam EPI. Pastiprinātais signāls tiek padots uz izpildiekārtu. Katram vadības kanālam var ieprogrammēt dažādus kavējumu laikus, kas dod iespēju realizēt iekārtu programmētu vadību atbilstoši tehnoloģiskajām prasībām.

|  |
| --- |
|  |

7.19. att. Elektroniskais daudzkanālu laika relejs: BB - barošanas bloks; G - takts impulsu ģenerators; IS - impulsu skaitītājs; DS - dešifrators; EP - izejas signālu pastiprinātāji; VS - vadības shēma.

Viens no elektroniskajam relejiem parādīts 7.20. attēlā. Tādi releji var veikt šādas operācijas.

*Laika programmēšana.* Katru dienu, nedēļu vai gadu saskaņa ar lietotajā uzstādīto programmu; "vasaras/ziemas" laika pārslēdzējs; vadība automātiskā vai manuāla;

*Impulsu programmēšana.* Impulsus var iestatīt no 1 līdz 59 sekundēm, un var programmēt vienai vai vairākām nedēļas dienām.

*Aiztures beigas.* Laika aiztures sakums aktivizējas, kad aktivizējas ieeja; uzlādē sakas pēc aiztures beigām; aizturi var ieprogrammēt no 1 sekundes līdz 10 stundām; laika un dienu iestatīšanas operācijas var autorizēt kompleksi.

*Aiztures sākums.* Laika aiztures sakums deaktivizējas, kad aktivizējas ieeja; uzlādē beidzas pēc aiztures beigām; aizturi var ieprogrammēt no 1 sekundes līdz 10 stundām.

*Taimers.* Aizturi var ieprogrammēt no 1 sekundes līdz 10 stundām.

*Pārraides ierīce.* Uzlādēs ieslēgšanu un izslēgšanu dažādos laikos var ieprogrammēt no 1 līdz 59 sekundēm un atkārtoti; cikls sakas, kad tiek padota barošana uz releju; laika un dienu iestatīšanas operācijas var autorizēt kompleksi; tai var pieslēgt parasto ieeju.

|  |
| --- |
|  |

7.20. att. Programmējamā multifunkcionālajā releja Ikeos savienojuma shēma

*Laika skaitītājs.*Var uzskaitīt ķēdes operāciju skaitu vai stundas (motoram, mašīnas instrumentiem, apgaismojumam utt.). slieksni var iestatīt no 1 līdz 99,999 stundām; maksimālais skaits: 99,999 stundas; skaitītāja funkcija RESET

*Impulsu skaitītājs.* Skaita sensora radīto impulsu skaitu (jaudas pieaugumam, temperatūras svārstībām, cilvēkus, ātrumu utt.); slieksni var iestatīt no 1 līdz 99,999 stundām; maksimālais skaits: 99,999 stundas; skaitītāja funkcija RESET.

**7.6. TERMORELEJI**

Lai aizsargātu elektroiekārtas no pārkāršanas, izmanto termorelejus. To darbī­bas pamatā ir siltuma iedarbība uz materiāla mehāniskajām īpašībām (piem., izple­šanās) vai elektriskajām un magnētiskajām īpašībām: *ρ* = *φ*1(*θ*), *ε* = *f*2(*θ*), *μ* = *f*3(*θ*). No termorelejiem visplašāk izplatītie elektrotehnikā ir 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 bimetāla plāksnīte, kas sastāv no divām cieši savienotām (sametinātām vai salodētām) metāla sloksnītēm ar dažādiem termiskās izplešanās koeficientiem *α*1 un *α*2 *(α*1*/α*2 *≈* 20).

Šāda plāksnīte sasilstot izliecas uz metāla ar mazāko *α* pusi par vairākiem mili­metriem (7.21. att. a). Bimetāla plāksnīti var sildīt trejādi (7.21. att. b). Tiešā sildīšana notiek, ja caur plāksnīti 1 plūst visa ķēdes strāva; netiešā — ja strāva plūst caur sildelementu 2, kas silda plāksnīti; kombinētā — ja strāva plūst gan caur plāksnīti, gan caur 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 tam dota 7.22. attēlā.

Siltuma relejs (SR) sastāv no 3 elektriskiem sildelementiem, kas slēgti katrā fāzē un caur kuriem plūst elektrodzinēja strāva. Sildelementā ar pretestību *Rs* (Ω) izdalās siltuma plūsma *Q* (W), kas proporcionāla strāvas I (A) kvadrātam: *Q = I*2·*Rs*.

Sildelementos izdalītā siltuma plūsma sasilda SR jutīgos elementus – bimetāla plāksnītes 1, kuras deformējoties iedarbojas uz atslēdzes mehānismu 2, 3, 4. Iedarbojoties pārnesuma svirai 4 uz kontaktu ar atsperes atslēdzi 5, tiek pārtraukti elektriskie kontakti KK1.1 (7.22. att.).

|  |
| --- |
|  |
| 7.21. att. Bimetāla termoreleja darbības princips (a) un plāksnītes sildīšanas veidi (b)  1 — bimetāla plāksnīte; 2 — sildelements |

Ja elektrodzinēja barošanas spriegums ir simetrisks, tad, rodoties ilgstošai tehnoloģiskai pārslodzei, strāva visās fāzēs palielinās vienādi. Līdz ar to arī visas bimetāla plāksnītes uzsilst un deformējas vienādi. Tās pārbīda bīdni 3 bultas norādītajā virzienā (7.22.a att.) un pārvieto paralēli pārnesuma sviru 4, kas iedarbojas uz atsperes atslēdzi 5 un pārtrauc kontaktus KK1.1.

|  |
| --- |
| ***a*** |
| ***b*** |

7.22. att. Siltuma releja diferenciālais mehānisms un tā darbība simetriskas pārslodzes (a) un fāzes atteices (b) režīmos: 1 - bimetāla plāksnītes; 2 - fāzes atteices bīdnis; 3 - simetriskas pārslodzes bīdnis; 4 - pārnesuma svira; 5 - kontakts ar atsperes atslēdzi.

SR reakcijas kavējuma laiks tk ir apgriezti proporcionāls elektriskās pārslodzes koeficientam kip = ki -1, kur ki = I/Inom – elektriskās slodzes koeficients.

Vidējo kavējuma laiku (sekundes) no pārslodzes rašanās momenta līdz SR nostrādes momentam var tuvināti novērtēt ar empīrisku sakarību:

 (7.26)

Izmantojot sakarību (7.26) novērtēsim kavējuma laikus atkarībā no elektrodzinēja slodzes koeficienta: *ki* = 6, *tk* = 6 s; *ki* = 2, *tk* = 30 s; *ki* =1.5, *tk* = 60 s; *ki* = 1.1, *tk* = 300 s.

Ja elektriskajā tīklā izzūd viena fāze, piemēram, fāze B (7.22.b att.), tad nomināli slogotam elektrodzinējam (I = Inom) strāvas pārējās fāzēs A un C palielinās 1.73 reizes. Līdz ar to arī abas malējās bimetāla plāksnītes uzsilst, deformējas un pārbīda bīdni 3 bultas norādītajā virzienā (7.22.b att.). Tā kā fāzē B strāva neplūst, tad vidējā plāksnīte paliek sākuma stāvoklī un bloķē bīdņa 2 pārvietošanos. Tā rezultātā pārnesuma svira 4 pagriežas ap bīdņa 2 šarnīru un paātrināti pārtrauc kontaktus KK1.1. Šāda diferenciālā konstrukcija nodrošina SR paaugstinātu jutību un paātrinātu nostrādi nepilnu fāzu režīmā.

Siltuma releju apzīmējums elektriskajās shēmās, pieslēgšanas un parametru iestatīšanas panelis, kā arī tehniskais dizains parādīts 7.23. attēlā.

Elektrodzinēja M1 spēka ķēdē attēlots SR siltuma atkabnis KK1 ar sildelementiem katrā fāzē. Kontaktora spoles izvadu savieno ar SR atslēdzošo kontaktu KK1.1.

Asinhrono elektrodzinēju komutācijas iekārtu parasti komplektē no kontaktora un siltuma releja. Mazas un vidējas jaudas SR ieejas spailes L1, L2 un L3 izveidotas kā savienotājtapas, kuras ievieto zem kontaktora izejas spaiļu T1, T2 un T3 paplāksnēm un fiksē ar skrūvēm. Šādu komplektāciju sauc par magnētisko palaidēju vai vienkārši par palaidēju. Šis nosaukums plaši iegājies praksē.

SR paredzēti noteiktam strāvu diapazonam. Ja elektrodzinēja strāva *Inom* = 11A, izvēlas SR ar strāvu diapazonu *Is* = (9 ... 14) A. SR atslēdzes strāvu iestata ar slēdzi 7 (7.23.b att.) atbilstoši nosacījumam: *Is ≥ Inom*. Ja elektrodzinēja strāva ilgstoši pārsniedz iestatīto strāvu, SR to atslēdz no elektriskā tīkla. Atkārtota ieslēgšana iespējama pēc bimetāla plāksnīšu atdzišanas. Atiestates veidu – rokas vai automātisko iestata ar slēdzi 1. Ar slēdzi 2 releju var ieslēgt un izslēgt rokas vadības režīmā. Relejam paredzēts papildus kontakts 8 avārijas signalizācijai.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

7.23. att. Siltuma releja KK1 attēlojums elektriskajā shēmā (*a*) un tā panelis (*b*):

1 - rokas (H) vai automātiskā (A) atiestate; 2 - releja izslēgšanas poga (mainās kontakta NO stāvoklis, nemainās kontakta NC stāvoklis); 3 - papildus kontakta spailes; 4 - spoles pieslēgšanas spaile; 5 – tīkla spailes; 6 - testa funkciju indikators; 7 - nominālās strāvas iestatījuma slēdzis; 8 – spoles ieslēgšanas spaile pēc slodzes noņemšanas (montāža uz kontaktora gadījumā); 9 – blokkontakta ieslēgšanas spaile pēc slodzes noņemšanas (montāža uz kontaktora gadījumā).

Termoreleju darbību raksturo tā laikstrāvas jeb aizsardzības raksturlīkne *tno* = *f*(*I*). Tā kā relejus ražo sērijās dažādām nominālām strāvām, parasti raksturlīknes dotas attiecinātās vienībās *t* = *f*(*I*/*IN*) (7.24. att.).

|  |
| --- |
|  |

7.24. att. Termoreleja GTH aizsardzības raksturlīkne

*a* — aukstai bimetāla plāksnītei; *b* — ar IN sa­sildītai bimetāla plāksnītei

Tā kā plāksnītes siltuma procesus ietekmē apkārtējās vides temperatūra un dzesēšanas apstākļi, *tno* var svārstīties diezgan plašās robežās (7.24. att.).

Lielākai sildelementu strāvas vērtībai termoreleju var komplektēt ar ma­zākai strāvai domātiem sildelementiem, turklāt nenostrādes parametru iespējams re­gulēt. Piemēram, firmas „National Electric” termoreleju GTH(K) var komplektēt ar šādu diapazonu sildelementiem: 0,16-22, 4-40, 7-85, 34-125, 34-150, 70-240, 85-400, 200-800 A, bet firmas "Lovato Electric" termoreleju 11RF180 var komplektēt ar šādu diapazonu sildelementiem: 60-100, 75-125, 90-150, 120-200 A (sk. P.6.1-P.6.6. ta­bulās). Līdz ar to releja tipa apzīmējumā parādās vēl otrs cipars, kas norāda ne­nostrādes strāvas maksimālo vērtību, piemēram — GTH(K)-150 vai 11RF180.150. Pielikumā P.6.1. - P.6.4 attēlā dotas GTH(K), RF, TA un TeSys tipa termoreleju laikstrāvas raksturlīknes. Simetriskas pārslodzes gadījumā tās nav atkarīgas no papildelementu esamības, bet vienas fāzes pārtrau­kuma gadījumā tās ir 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.

Modernajos termorelejos būtiski papildelementi ir pārslēgs 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 nenostrādes parametru iespējams re­gulēt. Piemēram, firmas "Lovato Electric" termoreleju 11RF180 var komplektēt ar šādu diapazonu sildelementiem: 60-100, 75-125, 90-150, 120-200 A (sk. P.6.1. ta­bulu). Līdz ar to releja tipa apzīmējumā parādās vēl otrs cipars, kas norāda ne­nostrādes strāvas maksimālo vērtību, piemēram — 11RF180.150. Pielikumā P.6.1. attēlā dotas RF tipa termoreleju laikstrāvas raksturlīknes. Simetriskas pārslodzes gadījumā tās nav atkarīgas no papildelementu esamības, bet vienas fāzes pārtrau­kuma gadījumā tās ir 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.

**7.7. RELEJU IZVĒLE.**

Firmu katalogos uzrādīti šādi dati:

1. releja šifrs;
2. ekspluatācijas noteikumi — apkārtējās vides temperatūras, 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. Izvēlētā 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

INR ≥ INV,

UNR ≥ UNV,

kur INV, UNV — vadības ķēdes nominālā strāva un spriegums; INR, UNR — releja spoles nominālā strāva un spriegums.

INK ≥ INS,

UNK ≥ UNS,

kur INK, UNK — releja kontaktu nominālā strāva un spriegums;

INS, UNS — komutējamā slodzes ķēdes nominālā strāva un spriegums.

Ar vienu releju komutējamo ķēžu skaitam jāatbilst releja kontaktu skaitam (at­tiecīgi ieslēdzošie un izslēdzošie kontakti).

Laika relejiem jāsaskaņo 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)∙INB, kur INB — bimetāla plāksnītes vai sildelementa nominālā strāva, kurai ilgstoši plūstot relejs nenostrādā. Izvēloties termoreleju kāda patērētāja ar strāvu INP aizsardzībai, INB = INP. Ja izvēlas termoreleju elektrodzinēja aizsardzībai, kam ir liela palaides strāva, pēc laikstrāvas raksturlīknes (dota katalogā) jāpārbauda, vai relejs dotajos darba apstākļos neatslēgs palaides strāvu paredzētajā palaides laikā.

Tā kā termoreleja nostrādes strāva ir atkarīga no apkārtējās vides temperatūras Ө0, relejam bez temperatūras kompensācijas jāveic nominālās strāvas pārrēķins pēc formulas:



kur δ — koeficients, kas ievēro apkārtējās vides temperatūras izmaiņu par kat­riem 100°C (dots katalogā);

*Ө*0 — nominālā apkārtējās vides temperatūra.

***7.3. Piemērs****.* Izvēlēties termoreleju elektrodzinēja aizsardzībai. Dzinēja dati: PN = 75 kW, UN = 380V, ηN = 93%, cos *φ* = 0,9, Ip/IN = 7*.*

**Atrisinājums**

Vispirms aprēķina dzinēja nominālo strāvu:

A

No tabulas P.6.5. izvēlas termoreleju GTH(K)-150 ar strāvas regulēšanas diapa­zonu 100-150A, kas saskaņots ar gG tipa kūstošo drošinātāju INdr = 250 A vai no tabulas P.6.1. termoreleju 11RF180.200 ar strāvas regulēšanas diapa­zonu 120-200A, kas paredzēts elektrodzinēju ar jaudu 75-100 kW aizsardzībai un saskaņots ar kūstošo drošinātāju: ja ir ar aM tipa raksturlīkni, IN dr = 200 A; ja ir gG tipa raksturlīkne, IN dr = 315 A.

**Kontroljautājumi**

1. Kas ir relejs?
2. Kā klasificē relejus?
3. Kā darbojas releji?
4. Kādas prasības izvirza relejiem?
5. Kāpēc īsslēgtie gredzeni ietekmē *tno* un *tat*?
6. Kādus laika aiztures 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 kontaktplāksnīšu vibrāciju ieslēgšanas procesā?
16. Kādas releju funkcijas izpilda atsevišķie herkona konstrukcijas elementi?
17. Kādas priekšrocības ir herkonu relejiem, salīdzinot ar elektromagnētiska­jiem?

**8. NODAĻA**

**MAGNĒTISKIE PALAIDĒJI**

Par magnētiskajiem palaidējiem sauc ierī­ces, kuras lieto īsi slēgto asinhrono dzinēju palaišanai ar pilnu tīkla spriegumu. Tie aizsargā dzinējus pārslodzes un sprieguma pazemināšanās gadījumā. Aizsardzībai pret īsslēgumiem lieto drošinātājus vai spēka automātslēdžus.

**8.1. MAGNĒTISKO PALAIDĒJU KOMPLEKTĀCIJA**

Magnētiskie palaidēji ir kompleksas iekārtas, kas paredzētas manuālai vai auto­mātiskai asinhrondzinēju tiešai palaidei, reversēšanai, apturēšanai un aizsar­dzībai. Magnētiskie palaidēji satur vienu (nereversīvs palaidējs), divus (reversīvs palaidējs), trīs (zvaigznes-trīsstūra palaidējs) kontaktorus, specializētas dzinēja aizsardzības iekārtas un dažādus papildelementus (aksesuārus). Komplektējošie kontaktori parasti paredzēti darbam AC2 un AC3 kategorijām, bet dzinēju aizsardzībai pret pārslodzi visplašāk izmanto termorelejus. Īsslēguma strāvu atslēgšanai dzinēja barošanas ķēdē jāparedz īsslēguma aizsargaparāts (kūstošais drošinātājs vai automātslēdzis). Asinhrondzinēja vadības blokshēma pa­rādīta 8.1. attēlā.

|  |
| --- |
| 8.1. att.Asinhrondzinēja vadības blokshēma: S1 — atdalošais slēdzis; A1 — īsslēguma aizsargaparāts; K — kontaktors; A2 — dzinēja avārijas režīmu aizsargaparāts; B — savstarpējās bloķēšanas iekārta (reversīviem palaidējiem); S2 — kontaktora stāvokļa signalizācijas iekārta; V — kontaktora vadības aparāti; M — asinhrondzinējs; O — operators; AVS — auto­mātiskās vadības sistēma; DM — darbināmais mehānisms, CGS — ceļa un gala slēdži |

Magnētiskos palaidējus ar jaudu līdz 45 kW ar nepieciešamo kontaktoru skaitu, papildkontaktiem, mehāniskās bloķēšanas svirām, termorelejiem un kārbām komplektē izgatavotājfirma slēgtā vai atklātā izpildījumā. Nepieciešamības gadījumā atbilstoši dzinēja strāvai vajadzēja nomai­nīt termoreleja sildelementu.

Modernajos magnētiskajos palaidējos izmantojamo unificēto aksesuāru daudz­veidība ļauj izveidot jebkuru nepieciešamo kombināciju, kā arī ekspluatācijas gaitā to ērti un ātri mainīt.

Magnētisko palaidēju komplektācijas princips paradīts 8.2. attēla (atklātā izpildījumā), bet aksesuāru daudzveidība — 8.3. attēlā.

**8.2. MAGNĒTISKAJOS PALAIDĒJOS IZMANTOJAMO KONTAKTORU**

**ĪPAŠĪBAS**

|  |  |
| --- | --- |
| **Funkcionēšanas pazīme** | **Tipiska vērtība** |
| Augsta ciklu intensitāte (ciklu skaits stundā) | 1000-2000 h-1 AC - l kategorijā; 500-1000 h-1 AC-2, AC-3 kategorijā; 250-h-1 AC-4 kategorijā |
| Augsts elektriskais resurss (kontaktelementu resurss) | Atkarīgs no atslēdzamās strāvas. Tabulas dotas izgatavotājfirmu katalogos. Orientējošā vērtība: lietojot AC-3 kategorijā, mazākais 1/20 no attiecīgā mehāniskā resursa. |
| Augsts mehāniskais resurss | 106 ciklu |
| Galvenā strāvas ķēde pieejama diagnosticēšanai un kontaktelementu nomaiņai | Iespējams divreiz nomainīt kontaktelementus, lai pilnīgi izmantotu mehānisko resursu |
| Nav iespējams komutēt īsslēguma strāvu | Piemērota kūstošā drošinātāja vai automātslēdža parametru izvēle saskaņā ar izgatavotājfirmas katalogiem |
| liels elektromagnētiskā darbinātāja darba diapazons | (0,8-1,1) UN |
| Augsta triecienizturība (novērsta kļū­daina kontaktu darbība triecienu rezul­tātā) | 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 papildinā­šanas iespējām |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Spēka***  ***automātslēdzis***  ***Savienošanas***  ***modulis***  ***Kontaktors*** | ***Kopnes adapters***    ***a*** | ***b*** | |
| ***c*** | ***d*** | ***e*** | ***f*** |

8.2. att. Firmas Siemens magnētisko palaidēju 3RA1 komplektācijas princips: *a*, *c* – magnētiskais palaidējs 3RA11 20 dzinēja tiešai palaišanai; *b*, *e* – reversīvais magnētiskais palaidējs 3RA11 20; *d*, *f* – magnētiskā palaidēja grafiskie apzīmējumi; 1 – kopnes adapters 3RA19 22-1AA00; 2 – sanu moduli 3RA19 02-1B kopnes adapteram; 3 – savienošanas ķīlis 8US19 98-1AA00; 4 - mehāniska bloķēšanas ierīce 3RA19 24-2B; 5 – spēka automātslēdzis; 6 - kontaktoriem virspusē pie­liekamie palīgkontaktu bloki АС: ЗКА19 21-1АА00, DС: ЗКА19 21-1ВА00; 7 - kontaktori; a, b – montāžu komplekts 3RA19 23-2A

(Piezīme: zīmējumā nav parādīti elektromagnētisko trau­cējumu novēršanas RC u.c. filtri, kā arī termoreleji)

|  |  |
| --- | --- |
|  | **20** |
| **21**  **22** |
| **23** |
| **24** |

8.3. att. Firmas Siemens magnētisko palaidēju aksesuāri: 1 – kontaktors; 2 – kontaktors-interfeiss; 3 – elektroniskais laika relejs (ieslēgšana); 4 - elektroniskais laika relejs (atslēgšana); 5 – blokkontakts ar elektronisko laika aizturi; 6, 8 – vienpolīgs blokkontakts; 7, 9 – divpolīgs blokkontakts; 10 – četrpolīgs blokkontakts; 11 – elektroniskais divpolīgs blokkontakts; 12, 13 – adapters vadu lodešanai; 14 – papildbloks; 15, 16 – pārsprieguma aizsardzības bloks ar fotodiodu un bez; 17 – trīsfāzu spailes; 18, 19 – pārvienojuma bloks 3-polīgs; 2 - pārvienojuma bloks 3-polīgs; 20 – siltuma relejs; 21 – spēka automātslēdzis; 22 – elektroniskais relejs; 23 – atslēdzošais relejs; 24 – summāras strāvas transformators.

Palīgkontaktu ieslēgšanas un atslēgšanas noteikumi saskaņoti ar komutējamo elektromagnētu spoļu parametriem un atbilst AC-11 kategorijai: *Iie/IN* = 10, *Uie/UN* = 1, cos*φie* = 0,7, *Iat /IN* = 1; *Uat/UN* = 1, cos*φat* = 0,4.

*Kontaktoru bloķēšana 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 palīgkontaktu palīdzību), elektronisko vai jaukto bloķēšanu. 8.3. attēlā parādīti bloki 5-11, kurus ievieto reversīvajā palaidējā starp abiem kontaktoriem.

Kontaktu stāvokļa signalizācijai izmanto mehāniskos indikatorus, kas pārvie­tojas kopā ar kustīgo kontaktu tiltiņu un ir iekrāsoti. Aiz­sargātajos palaidējos izmanto kārbas vākā nostiprinātu signālarmatūru ar ekonomisku neona spuldzīti (sk. 8.3. att. 15. poz.).

*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 līmeņa, spiediena, ātruma, laika u.c. parametru relejus, kā arī kontakta vai bezkontakta izpildījuma programmas iekārtas, mikroprocesorus, programmējamos kontrolierus.

Magnētiskie palaidēji un to sastāvdaļas ļauj izveidot visdažādākās asinhrondzinēju vadības shēmas.

**8.3. ASINHRONĀ DZINĒJA TIEŠĀ PALAIŠANA**

Asinhronā dzinēja tiešā palaišana ir visvienkāršākais, ekonomiskākais un tādēļ izplatītākais šo dzinēju palaišanas paņēmiens.

Tradicionālā shēma paredz trīs dažādas ierīces dzinēja palaišanai un aizsardzībai: automātslēdzis vai drošinātājs aizsardzībai pret īsslēguma, siltuma relejs aizsardzībai pret pārslodzi, fāzes pārtraukuma vai fāzes asimetrijas un kontaktors dzinēja komutācijai (8.4. att. *a,* *b, c*).

Kompleksā aizsardzība (8.4. att. *d*) ar multifunkcionālajiem automātslēdžiem ne tikai aizsargā elektrodzinēju no īsslēguma un pārslodzes strāvām, bet arī regulē daudzas funkcijas, kas nepieciešamas dzinēju ekspluatācijā:

* aizsardzība saskaņota ar elektrodzinēja slodzi;
* ievēro palaides procesa raksturu un elektrodzinēju tipu (īsi slēgts rotors vai fāžu rotors);
* reaģē uz bojājumu barošanas tīklā un rotora nosprūšanas gadījumā.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | ***c*** | ***d*** |

8.4. att. Vienlīnijas (principiālā) elektriskā shēma elektrodzinēju aizsardzībai: *a* – aizsardzība ar automātslēdzi; *b* - aizsardzība ar automātslēdzitikai ar elektromagnētisko atkabni un termoreleju; *c* – aizsardzība ar drošinātāju un termoreleju; *d* – kompleksā aizsardzība ar elektronisko automātslēdzi - mikroprocesoru sistēma; 1 - automātslēdzisar elektromagnētisko un termoatkabni; 2 - automātslēdzistikai ar elektromagnētisko atkabni; 3 – kontaktors; 4 – drošinātājs; 5 – termorelejs; 6 – elektrodzinējs; 7 – automātslēdzis ar elektronisko atkabni (PR222MP)

Nereversīvā magnētiskā palaidējā pieslēguma shēma dzinēju aizsardzībai ar drošinātāju un termoreleju dota 8.5. attēlā, bet nereversīvā magnētiskā palaidējā pieslēguma shēma dzinēju aizsardzībai ar automātslēdzi dota 8.6. attēlā.

Dzinēja M statoru pieslēdz pie tīkla ar drošinātājiem FU 1…3, galvenajiem darba kontaktiem KM1.1…3, palaišanas pogu SB2 un siltuma releja sildelementiem KK1. Vadības ķēdes elementi paradīti shēmā atbilstoši vadības strāvas virzienam. Vadības ķēdē ieslēdz apturēšanas pogu SB1, pa­laišanas pogu SB2, kontaktora elektromagnētu tinumus KM1 un siltuma releju miera kontaktu KM1.1, kas parādīts saslēgtā stāvoklī (sk. 8.5. att.). Pogu SB2 bloķē ar kontaktora blokkontaktu KM1.4. Nospiežot pogu SB2 strāva plūst caur kontaktora spole KM1 un notiek kontaktora ieslēgšana. Galvenais kontakts SB2 un blokkontakts KM1.4 saslē­dzas, un pogu SB2 var atlaist, tā kā viņa ir šuntēta ar blokkontaktu. Dzinēju aptur, nospiežot pogu SB1. Pārslodzes gadījumā dzinējs atslēdzas automātiski ar termoreleju KK1.

Magnētiskā palaidējā pieslēguma shēma dzinēju kompleksai aizsardzībai ar daudzfunkciju automātslēdzi PR222MP dota 8.7. attēlā.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 8.5. att.Nereversīva magnētiskā palaidēja pieslēgumshēma asinhrondzinēja manuālai distancvadībai. Aizsardzība ar kūstošo drošinātāju un termoreleju. Poga SB1 — "STOP"; SB2 — "START" | 8.6. att. Firmas "ABB" magnētiskā palaidēja DLA (elektromagnētiskā startera) pieslēgšanas shēma. |

|  |
| --- |
|  |

8.7. att. Magnētiskais palaidējs kompleksai elektrodzinēja aizsardzībai

(PR222MP - automātslēdzis ar elektronisko atkabni, PR020/K - signalizācijas ierīce,

PR212/CI - kontaktora vadības modulis, kontaktors AF tipa)

Automātslēdžus ar elektronisko atkabni izmanto mikroprocesoru relejus, kas savukārt iedarbojas uz distancvadības atkabni ar neatkarīgiem laika iestatījumiem. Izmantojot tādus automātslēdžus var regulēt laikstrāvas raksturlīknes atbilstoši asinhronā dzinēja palaišanas raksturlīknēm. Šādas regulējamas aizsardzības ir izstrādājušas vairākas firmas. Ir pazīstams ABB SACE PR 212/MP aparāts dzinējiem ar strāvām virs 100 A, kuram var ieregulēt laikstrāvas raksturlīkni, kas sastāv no 5 posmiem (8.8. att.).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 8.8. att. Elektroniskās aizsardzības posmu laikstrāvas raksturlīkne.  L - aizsardzība no pārslodzes strāvām; R - dzinēja aizsardzība rotora nosprūšanas gadījumā; I - dzinēja aizsardzība no īsslēguma strāvām; U - dzinēja aizsardzība no fāzes pazušanas (nesimetrijas); I1 - nostrādes strāva (L funkcija); I3 - nostrādes strāva (I funkcija); I5 - nostrādes strāva (R funkcija); t5 - nostrādes laiks (R funkcija); t6 - nostrādes laiks (U funkcija); Ie - dzinēja nominālā strāva; Ia – dzinēja palaišanas strāva; Ip – maksimālā strāva palaišana brīdī; ta – dzinēja palaišanas laiks; tp – maksimālas strāvas palielināšanas laiks; m – dzinēja palaišanas raksturlīkne; с - elektroniskā atkabņa nostrādes raksturlīkne dzinēja aizsardzībai. |

**8.4. ASINHRONĀ DZINĒJA REVERSĪVĀ PALAIŠANA**

Reversīvā magnētiskā palaidēja principiāla pieslēgumshēma dota 8.9. attēlā. No shēmas redzams, ka reversīvais magnētiskais palaidējs sastāv no diviem kontaktoriem, kas ieslēdzas pēc kārtas atkarība no nepieciešama dzinēja rotora griešanas virziena. Kontaktori pārslēdz divas fāzes uz dzinēja spailēm un ar to var sasniegt vai tiešo palaišanu, vai reversīvo palaišanu.

Vadības ķēdē ieslēdz apturēšanas pogu *SB*3, pogas pa­laišanai uz priekšu *SB*1 un atpakaļ *SB*2, kontaktoru elektromagnētu tinumus *KM*1, *KM*2 palaišanai uz priekšu un atpakaļ un siltuma releju miera kontaktus *KK*, kas parādīti saslēgtā stāvoklī (sk. 8.9. att.). Pogas *SB*1 un SB2 attie­cīgi bloķē ar kontaktoru *KM*1 un *KM*2 blokkontaktiem.

Palaišanu «uz priekšu» izdara šādi. Nospiežot pogu *SB*1, atslēdzas tās augšējie un saslēdzas apakšējie kontakti. Strāva no fāzes *L*3 plūst pa pogu *SB*3, pogas *SB*1 apakšējiem saslēgtajiem kontaktiem, pogas *SB*2 augšējiem saslēgta­jiem kontaktiem, kontaktora *KM*1 elektromagnēta spoli, siltuma releju saslēgtajiem vadības kontaktiem *KK* uz fāzi L1. Galvenie kontakti KM1 un blokkontakti KM1 saslē­dzas, un pogu SB1 var atlaist. Elektromagnēta spoles KM2 ķēde ir atslēgta. Tādā pašā veidā dzinēju palaiž pre­tējā virzienā ar pogu SB2. Dzinēju aptur, nospiežot pogu SB3. Sprie­guma pazemināšanās vai pārslodzes gadījumos dzinējs automātiski atslēdzas, jo tad elektromagnēta KM1, KM2 spolē sa­mazinās strāva vai arī siltuma relejs KK atslēdz vadības kontaktus. Shēmā redzams, ka dzinējs neieslēdzas, ja vienlaikus nospiež pogas SB1 un SB2, jo tad abas vadības ķēdes tiek pārtrauktas.

Palīgķēdes elementiem 8.9. attēlā ir tas pats apzīmējums, ka galvenās ķēdes elementiem, piemēram, blokkontakts kontaktora KM1 „Uz priekšu” un kontaktora galvenie kontakti apzīmēti ar simbolu KM1.

Reversīvā magnētiskā palaidēja principiāla pieslēgumshēma ar palaišanu no divām vietām dota 8.10. attēlā. Viena no vietām var būt netālu no palaidēja, bet otra cita vietā, piemēram transportiera galā ar otro posteni palīdzību. Pie tam notiek bloķēšana pret vienlaicīgo palaidēju ieslēgšanu, ka no viena vieta, tā arī no divām vietām.

Reversīvā magnētiskā palaidēja pieslēgumshēma dzinēju aizsardzībai ar drošinātāju un termoreleju dota 8.11. attēlā, bet reversīvā magnētiskā palaidējā pieslēguma shēma dzinēju aizsardzībai ar automātslēdzi dota 8.12. attēlā. Asinhrondzinēju auto­mātiskai vadībai var izmantot dažādus relejus.

|  |  |
| --- | --- |
| **L1 L2 L3**  image003_34 | 8.9. att. Izvērstā elektriskā shēma  reversīva asinhrona elektrodzinēja  palaišanai |

|  |  |
| --- | --- |
| **L1 L2 L3** | 8.10. att. Izvērstā elektriskā shēma reversīva asinhrona elektrodzinēja palaišanai no divām vietām |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| ***a*** | ***b*** | ***c*** |

8.11. att. Firmas "Siemens" reversīva magnētiskā palaidēja ar kontaktoru 3RT1 pieslēgšanas shēma: *a* - principiālā elektriskā shēma; *b* – vadības shēma īslaicīgi-atkārtotajam režīmam; *c* - vadības shēma ilgstošam režīmam; Poga S0— "STOP"; poga S1 — "Uz priekšu"; poga S2 — "Atpakaļ"; S – pārslēdzis „Uz priekšu-Stop-Atpakaļ”; К1 – labas griešanas virziena kontaktors; К2 - kreisas griešanas virziena kontaktors; F1 – spēka tīkla drošinātāji; F3 – vadības ķēdes drošinātāji; F2 – pārslodzes relejs.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

8.12. att. Firmas "ABB" reversīva magnētiskā palaidēja WLA ar automātslēdzi MS 325

pieslēgšanas shēma: *a* – elektriskā shēma; *b* – vadības shēma

Elektroiekārtas distancvadības ķēdēs ir nepieciešams signalizēt uz vadības punktu par atsevišķo elektrisko aparātu stāvokļi. Šajā gadījumā parasti izmanto signālspuldzes. Viena no iespējam signālspuldzes ieslēgšanas shēmām paradīta 8.13. attēlā. No shēmas redzams, ka asinhronais dzinējs ir ieslēgts tīklā caur maksimālās strāvas automātslēdzi QF un magnētisko palaidēju KM ar aizsardzību pret pārslodzi (siltumreleji KK1, KK2).

Pēc automāta QF ieslēgšanu, saslēdzas ķēde *L*2 ar svirslēdzi SA1 un pogu SB1. Strāva plūst virzienā spaile *L*2 – svirslēdzis SA1 – drošinātājs FU1 – poga SB2 – poga SB1 - blokkontakts QF automāta – magnētiska palaidēja spoli *KM* – termoreleja kontaktiem KK1 un KK2 – drošinātājs FU2– svirslēdzis SA2 – spaile *L*3.

Vienlaikus ar kontaktora *KM* galvenajiem kontaktiem ieslēdzas kontaktora blokkontakti: normāli slēgtais KM1, kas šuntē pogu SB1 un padod spriegumu uz sarkano signālspuldzi HL1: normāli vaļējais blokkontakts *KM*2 atveras un pārtrauc signālspuldzes HL2 ķēdi. Papildpretestības *R1* un *R2* ir vajadzīgas, ja tīkla spriegums ir lielāks par 220 V.

|  |
| --- |
|  |

8.13. att. Signālspuldzes ieslēgšanas shēma

**8.5. REZERVES DZINĒJA PALAIŠANA**

Rūpniecības elektroiekārtas bieži ir vajadzīgas galvenā elektrodzinēja bojājuma gadījumā uzreiz ieslēgt rezerves dzinēju.

Dažās iekārtās ir jānodrošina nepārtraukts tehnoloģiskais pro­cess. Viena agregāta apstāšanās gadījumā automātiski jāieslē­dzas citam tādam pašam (rezerves) agregātam (8.14. att.).

Ja elektrodzinēji nedarbojas, blokkontakti *K2.3* un *K1.3* ir normāli saslēgti. Ieslēdzot svirslēdzi *S1,* palaiž dzinēju *Ml* un dzinēja *M2* vadības ķēdē pārtraucas blokkontakts *K1.3.* Tādēļ, ja tūlīt pēc elektrodzinēja *M1* palaišanas ieslēdz svirslēdzi S2, elektrodzinējs *M2* nesāk darboties. Tiklīdz kontaktors *K1* atslē­dzas, momentāni spoles *K2.2* ķēdē saslēdzas blokkontakts *K1.3* un ieslēdzas elektrodzinējs *M2* (ja ir ieslēgts svirslēdzis *S2*). Ta­gad savukārt nevar ieslēgties elektrodzinējs *Ml,* jo blokkontakts K*2.3* spoles *K1.2* ķēdē ir pārtraukts.

|  |
| --- |
|  |

8.14. att. Rezerves elektrodzinēja automātiskās palaišanas shēma

8.14. a attēlā parādīta vītņgriešanas virpas 1K62 vadības shēma, kurā izmantoti četri trīsfāzu asinhronie dzinēji ar īsslēgtu rotoru: *M1* — galvenās piedziņas dzinējs, *M2* — dzesēšanas šķidruma sūkņa dzinējs, *M3* — hidrosistēmas piedziņas dzinējs un *M4* — suporta ātrgaitas dzinējs.

Virpu pieslēdz tiklam ar paketslēdzi S1. Vietējās apgaismo­šanas 36 V spuldzi *Sp* un 127 V sprieguma vadības ķēdes baro transformators *T.* Tā 36 V tinums ir iezemēts, lai aizsargātu pret sprieguma nokļūšanu uz virpas korpusa, ja transformatora izolā­cijas bojājuma dēļ primārā tinuma spriegums nokļūtu sekundā­rajā tinumā.

Virpu palaiž ar pogu *ПУСК* saslēdzas galvenā palaidēja spo­les *K1.2* ķēde, tā kontakti K*1.1* spēka ķēdē un blokkontakti *K1.3* vadības ķēdē. Rezultātā ieslēdzas dzinēji *M1, M2* (ja paketslē­dzis *S2* ieslēgts) un *M3.* Ja nepieciešams, dzinēju *M2* var izslēgt ar paketslēdzi *S2,* bet dzinēju *M3* — ar saspraudni *X.*

Pēc detaļas apstrādes dzinēji *Ml, M2* un *M3* apstājas auto­mātiski: atslēdzas berzes sajūgs un vienlaikus saslēdzas normāli atvērtie ceļa slēdza *S4Q* kontakti, ieslēdzas laika releja spole *K6.1T,* un tā normāli saslēgtie kontakti *K6.2T* ar doto laika aiz­turi pārtrauc galvenā palaidēja spoles *K1.2* ķēdi. Dzinējus var atslēgt arī ar roku, izmantojot pogu *CТОП.*

Suporta ātrgaitas roktura pagriešanas rezultātā saslēdzas normāli pārtrauktie ceļa slēdža *S5Q* kontakti un ieslēdzas dzi­nējs *M4.* Visu virpas elektrisko shēmu izslēdz ar paketslēdzi S1.

|  |
| --- |
|  |

8.14. a att. Vītņgriešanas virpas vadības shēma: S1 - tīkla paketslēdzis, *Ml* — galvenās piedziņas dzinējs, *M2* — dzesēšanas Šķidruma sūkņa dzinējs, *M3* - hidrosistēmas piedziņas dzinējs, *M4 —* suporta ātrgaitas dzinējs, K1un *K2* — palaidēji, *T —* sprieguma pazemināšanas transformators 36 V un 127 V sprieguma iegūšanai, *Sp —* vietējās apgaismošanas 36 V spuldze, *K6T —* laika relejs, *S4Q* un *S5Q —* ceļa slēdžu blokkontakti, *F1...F4* — drošinātāji, *K3F, K4F* un *Ķ5F* — termoreleji, *S2* — paketslēdzis, *X —* saspraudnis.

Drošinātāji *F1, F2, F3* un *F4* uzstādīti aizsardzībai pret īsslēgumiem. Aizsardzību pret pārslodzēm realizē termoreleji *K3F, K4F* un *K5F,* Ja tīkla spriegums samazinās līdz 60... 65% no no­minālā, palaidēju spoles atslēdz dzinējus no tīkla.

**8.6. ASINHRONĀ DZINĒJA PALAIŠANA AR PAZEMINĀTU SPRIEGUMU**

Asinhronā dzinēja tiešā palaišana ir visvienkāršākais, ekonomiskākais un tādēļ izplatītākais šo dzinēju palaišanas paņēmiens. Tiešās palaišanas trūkums ir dzinēju lielā palaišanas strāva *Ipal* = (4-7)∙*IN*. Tā, protams, nav bīstama pašam dzinējam (tā tikai ierobežo dzinēja palaišanas reižu skaitu stundā), jo palaišana parasti noris ļoti ātri (tikai retos gadījumos 10-30 *s* vai ilgāk). Bet palaišanas strāva tīklā rada sprieguma zudumu, un tādēļ visi tīklam pievienotie patērētāji īslaicīgi saņem vairāk vai mazāk pazeminātu spriegumu (jo lielāka tīkla jauda, jo relatīvi mazāka sprieguma izmaiņa).

Palaišanas strāvu var samazināt, palaišanas laikā pievadot dzinējam pazeminātu spriegumu (vispār palaišanas strāva *Ipal ~ U*1).

**8.6.1. PALAIŠANA AR ZVAIDZNES-TRĪSSTŪRĀ PĀRSLĒGŠANU**

Viens no paņēmieniem, kā palaist asinhrono dzinēju, pievadot tam pazeminātu spriegumu, ir trīsstūrī savienota statora tinumu pārslēgšana zvaigznes slēgumā uz palaišanas laiku. Pēc palaišanas statora tinumus pārslēdz atpakaļ uz trīsstūra slēgumu.

Apzīmējot līnijas (tīkla) spriegumu ar *U* un statora fāzes pilno pretestību dzinēja palaišanas momentā ar *Zp*, trīsstūrī slēgts statora tinums no tīkla uzņem palaišanas strāvu



bet ar zvaigznē slēgtu statoru palaišanas strāva

 un 

Redzam, ka īsi slēgto dzinēju tinumu pārslēgšana no trīsstūra slēguma uz zvaigznes slēgumu ļauj palaišanas laikā samazināt fāzu spriegumus un strāvas √3 reizes, bet līnijas strāvu – 3 reizes. Dzinēja griezes moments ir proporcionāls fāzes spriegumam otrajā pakāpē un tātad šajā gadījumā samazinās 3 reizes (8.15. att.). Viena no iespējamām shēmām ir uz magnētisko palaidēju bāzes veidots zvaigznes-trīsstūra slēdzis ar regulējamu pārslēgšanas laika aizturi. Šādas shēmas variants parādīts 8.16. attēlā.

|  |  |
| --- | --- |
| **Strāva**    **Griešanas ātrums** | **Griezes moments**    **Griešanas ātrums** |

8.15. att. Zvaigznes-trīsstūra palaišana: 1 – palaišana, ja statora tinumi savienoti „trīsstūra” slēgumā; 2 - palaišana, ja statora tinumi savienoti „zvaigznes” slēgumā; 3 – dzinēja pretestības (bremzējošais) moments

Asinhronā dzinēja vadības shēmā paredzēts uzstādīšanai viens magnētiskais palaidējs KM1, divi trīspolīgie kontaktori *КMЗ* un *КM2* un laika releju *KT* (8.16. att.). Palaišanas brīdī ar pogu SB1 ieslēdzas magnētiskais palaidējs *KM1* un kontaktors *KM3*, kurš saslēdz īsi statora tinuma spailes (laika releja kontakti paliek ieslēgti uz doto laiku). Tātad palaišanas momentā statora tinumi saslēgti zvaigznē. Kad rotot sasniedz nepieciešamo griešanas ātrumu, atslēdzas kontaktors *KM3* (atslēdzas laika releja kontakti KT1), bet ieslēdzas kontaktors *KM2* (saslēdzas laika releja kontakti KT2) un savieno statora tinumus trīsstūrī.

Galveno ķēde pret īsslēgumu aizsarga drošinātāji FU1-3, vadības ķēde – FU4 un FU5. Palaišanas process automatizēts un dzinēja darba laiks zvaigznes slēguma gadījumā reglamentēts ar laika releju KT (kontakti KT1 un KT2).

Dzinēja palaišanas procesa secība. Pēc pogas SB1 nospiešanas tiek padots spriegums uz laika releja spoli, magnētiskā palaidēja KM1 spoli, kontaktora KM3 spoli caur laika releja normāli slēgto kontaktu KT1. Tādēļ saslēdzas palaidēja KM1 galvenie kontakti un blokkontakts, ka arī saslēdzas kontaktora KM3 galvenie kontakti, bet blokkontakts kontaktora KM2 spoles ķēdē atveras. Poga SB1 šuntējas ar kontaktora KM1 blokkontaktu un viņu var atlaist. Saskaņā ar laika releja KT iestatījuma laiku kontakts KT1 atveras, bet kontakts KT2 saslēdzas un kontaktors KM3 atslēdzas, bet kontaktors KM2 ieslēdzas.

Lai nenotiktu īsslēgumam, ja kontaktors KM3 atslēdzas nedaudz vēlāk, nekā kontaktors KM2 ieslēdzas, shēmā paredzēta bloķēšana. Kontaktora KM3 un KM2 spoles ķēdes atbilstoši ieslēgti kontaktora KM2 un KM3 blokkontakti. Tāda bloķēšana neļauj kontaktoram KM2 ieslēgties pirms kontaktora KM2 atslēgšanas.

Laika releju iestatījums tādā shēma sastāda apmēram 10 s. Termoreleja iestatījuma strāva, ja nominālā strāva IN (sk. 8.17. att.) dota 8.1. tabulā.

|  |
| --- |
|  |

8.16. att. Asinhronā dzinēja ar īsi slēgto rotoru palaišanas shēma ar automātisko pārslēgšanu no

trīsstūra slēguma uz zvaigznes slēgumu.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

8.17. att. Ar magnētiskajiem palaidējiem veidots zvaigznes-trīsstūra slēdzis ar manuālu

distancvadību. Firmas Moeller variants

8.1. tabula

**Termoreleja iestatījuma strāva „zvaigznes-trīsstūra” palaidējām**

|  |  |
| --- | --- |
| **IN** | **Dzinēja ieskrējiena**  **laiks** |
| A x 0,58 – dzinējs aizsargāts zvaigznes un trīsstūra slēgumā | < 15 s |
| В х 1 – trīsstūra slēguma gadījumā tikai nosacīta aizsardzība | 15-40 c |
| С х 0,58 - trīsstūra slēguma gadījumā aizsardzības nav | > 40 с |

**8.6.2. ASINHRONĀ DZINĒJA „MĪKSTA” (LAIDENA) PALAIŠANA**

Ja nav nepieciešams regulēt asinhronā dzinēja frekvence vai tas nav iespējams, tad pēdējos gados visbiežāk izmanto tiristoru palaidējos kurus visbiežāk nosauca ka soft-starteri vai palaidēji ar „mīksto” (laidenu) palaišanu.

Tiristoru palaidēja principiāla shēma ar fāzes vadību ir paradīta 8.18. att. *a*. Starp asinhronā dzinēju un spēka tīklu atrodas 6 tiristori, bet tiristoru vadības impulsu veidošana notiek ar speciālo vadības sistēmu. Tiristoru vadības leņķa izmaiņa var novest pie sprieguma izmaiņu tiristoru palaidēja izejā un attiecīgi notiek dzinēja griešanas ātruma izmaiņa.

Veidojot vajadzīgas sprieguma izmaiņas funkcijas (paaugstinošas vai pazeminošas) var iegūt nepieciešamas dzinēja palaišanas vai bremzēšanas raksturlīknes. Izgatavo arī reversīvas tiristoru palaidējos (8.18. att. *b*).

|  |
| --- |
| ***а*** |
| ***b*** |

8.18. att. Tiristoru palaidējs ar sprieguma regulēšanu: *a* – tieša palaišana; *b* - reversīva palaišana.

8.19. attēlā tiek dots palaišanas strāvas (8.19. att. a) un palaišanas momenta salīdzinājums (8.19. att. b) tiešas palaišana laikā (līkne 1), pārslēgšanu no trīsstūra slēguma uz zvaigznes slēgumu (līkne 2) un tiristoru palaidēja (līkne 3) gadījumā. No attēla redzams, ka ar tiristoru palaidēju var samazināt dinamisko iedarbību uz dzinēju un piedziņas mehānismu un palielināt to darbmūžu. Ja nav nepieciešams regulēt asinhronā dzinēja frekvence, tad tiristoru palaidēju pielietošana ļauj atrisināt visas problēmas ar dzinēja vadības shēmas palaišana un bremzēšanas laikā.

Vadības sistēmas kodols ir mikrokontrolers, kas atļauj realizēt ļoti sarežģītas algoritmus dzinēja vadībai.

Tiristoru palaidējus izgatavo visās lielas firmas ABB, Siemens, Emotron AB, Softronic, Telemecanique, Ansaldo u.c.

Tiristoru palaidējiem pielieto divas shēmās tipus: standarta shēma un shēma trīsstūru slēgumā (8.20. att.). Standarta shēmā caur pusvadītājiem plūst diezgan lielas strāvās.

|  |
| --- |
| ***a*** |
| ***b*** |

8.19. att. Asinhronā dzinēja palaišanas momenta (*a*) un palaišanas strāvas (*b*) raksturlīknes:

1 – tieša palaišana; 2 - pārslēgšana no trīsstūra slēguma uz zvaigznes slēgumu; 3 – palaišana ar

tiristoru palaidēju

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

8.20. att. Tiristoru palaidēju ieslēgšanas shēmas

Elektrodzinēju palaišanai un aizsardzībai izmanto kompleksos aizsagaparātus,kuri aizsargā no visiem avārijas režīmiem, kontrolējot vairākus raksturīgos parametrus un nepārtraukti modelējot dzinēja silšanas procesu un pie tam nodrošina laidenu palaišanu un bremzēšanu. Dzinēja palaišanas strāva samazināta, tā kā palaišanas laikā dzinējam pievada pazeminātu spriegumu. Tinumu temperatūru kontrolē ar termosensoriem. Firmas „Siemens” dzinēju palaidēju ar laidenu palaišanu (bremzēšanu) un komplekso aizsardzību tehniskie dati doti 8.2. tabulā.

8.2. tabula

**Magnētiskie palaidēji ar laidenu palaišanu**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **3RW30**  **Vienf. dzinēji** | **3RW30/31**  **Trīsfāzu**  **Dzinēji** | **SIKOSTART 3RW34** | **SIKOSTART 3RW22** |
| Aprēķina strāva (pie 40 °С), A | 27 - 75 | 6 – 100 | 57 - 1720 | 5,5 - 1200 |
| Dzinēja jauda, kW | 11  (230 V) | 3 - 55  (400 V) | 37 - 560  (400 V) | 2,2 - 710  (400 V) |
| Dzinēja jauda (zvaigzne-trīsstūra slēgumā pārslēgšana), kW | — | — | 55 до 1000  (400 V) | — |
| Darba spriegums, V | 115-240 | 200-575 | 200-600 | 200-1000 |
| Temperatūras diapazons, 0C | -25 līdz 60 | -25 līdz 60 | -25 līdz 60 | 0 līdz 55 |
| Parametru skaits | 1 | 1, 2 | 1 | 1 , 2, 3 |
| Sākuma spriegums, % | 40 līdz 100 | 40 līdz 100 | 30 līdz 80 | 20 līdz 100 |
| Palaišanas laiks, s | 0 līdz 20 | 0 līdz 20 | 0,5 līdz 60 | 0,3 līdz 180 |
| Laidena palaišana | X | X | X | X |
| Strāvu ierobežošana | — | — | — | X |
| Sprieguma ierobežošana | — | — | — | X |
| Laidens izskrējiens | — | X (3RW31) | X | X |
| Izskrējiens sūkņiem | — | — | — | X |
| Funkcija „√3” | — | — | X | — |
| Elektroenerģijas patēriņu samazināšana | — | — | — | X |
| DC bremzēšana | — | — | — | X |
| Impulss (atrāvums) | — | — | — | X |
| Sakari | — | — | interfeisa kopne AS | interfeiss PC |
| Programmas nodrošinājums. | — | — | — | X |
| Aizsardzība no pārsprieguma | — | — | — | X |
| Bypasse | X | X | — | — |
| UL-CSA | X | X | X | X līdz 70 А |
| Marķēšana СЕ | X | X | X | X |
| Interfeiss RS 232 | — | — | — | X |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***3RW30_Sxem5***  ***a*** | ***3RW30_Sxem6***  ***b*** | ***3RW31_Sxem4***  ***c*** |

8.21. att. Dzinēja palaišanas un aizsardzības aparatūra: *a* – ar drošinātāju; *b* – ar elektronisko

automātslēdzi; *c* – kompleksā aizsardzība.

Elektriskā shēma paredz trīs dažādas ierīces dzinēja palaišanai un aizsardzībai: automātslēdzis vai drošinātājs aizsardzībai pret īsslēguma, siltuma relejs aizsardzībai pret pārslodzi, fāzes pārtraukuma vai fāzes asimetrijas un kontaktors 3RW 30/31 dzinēja komutācijai (8.21. att. *a,* *b, c*).

**8.7. ASINHRONO DZINĒJU GRIEŠANĀS ĀTRUMU REGULĒŠANA**

Dzinēju apgriezienu regulēšana var tikt lietota atkarībā no dzinēju tipa. Visvienkāršāk apgriezieni maināmi līdzstrāvas dzinējiem. Šim nolūkam var izmantot taisngriežus līdzstrāvas dzinēju barošanai. Līdzstrāvas dzinēji ir dārgi un to lietderības koeficients ir samērā zems. Bez tam līdzstrāvas dzinēji nevar tikt izmantoti lielām jaudām. Tāpēc aktuāla ir maiņstrāvas dzinēju apgriezienu regulēšana.

No asinhronā dzinēja rotora griešanās izteiksmes:



Secinām, ka asinhronajiem dzinējiem griešanās ātrumu vispār var regulēt trejādi: mainot rotora slīdi *s* (ieslēdzot aktīvo pretestību rotora ķēdē), mainot statoram pievadāmās maiņstrāvas frekvenci *f*1, vai mainot statora polu pāru skaitu *p*.

**8.7.1. ASINHRONO DZINĒJU POLU SKAITA IZMAIŅA**

Griešanās ātrumu regulēšana, mainot statora polu pāru skaitu *p*, iespējama asinhronajiem dzinējiem ar sekcionētu statora tinumu. Šī tipa dzinējiem statora tinums izveidots no atsevišķām sastāvdaļām, kurus ar apvalkam piemontētu pārslēdzi saslēdzot virknē vai paralēli. Polu pārslēgšana dod iespēju mainīt asinhrono dzinēju apgriezienus pakāpieniem 1:1,5 vai 1:2, piemēram, 1000 apgr./min. uz 1500. Tāda samērā rupja regulēšana var apmierināt dažas vajadzības. Retāk lieto trīs regulēšanas pakāpes. Dzinēji ar pārslēdzamiem poliem ir pusotras reizes dārgāki, un tiem ir par 6% zemāks lietderības koeficients. Tas mazina enerģijas ekonomiju, ko iegūst, regulējot apgriezienus.

Asinhronos dzinējus ar pārslēdzamu polu pāru skaitu sauc par vairākātrumu dzinējiem, un tos izgatavo 2 vai 3, vai 4 dažādiem ātrumiem. Divu ātrumu asinhronā dzinēja statora tinuma polu pāru skaita izmainīšanas princips vienai fāzei parādīts 8.22. attēlā. Tāda statora fāzes tinums sastāv no diviem pilnīgi vienādām daļām, kurus saslēdzot virknē (8.22. att. *a*), izveidojas 4 polu (*p* = 2) un rotējošā lauka sinhronais ātrums ir *n*1. Abas tinumu sastāvdaļas saslēdzot paralēli (8.22. att. *b*), vienā no tām mainās strāvas virziens, un tāpēc iegūstam divas reizes mazāku polu skaitu, t. i., 2 polus (*p* = 1), bet dzinēja sinhronais ātrums tagad divas reizes lielāks, t. i., 2*n*1 (sinhrono ātrumu attiecība ir 1:2).

|  |
| --- |
|  |

8.22. att. Statora tinuma pārslēgšana no *p* = 2 uz *p* = 1.

Divātruma dzinēja ar diviem statora tinumiem palaišanas shēma paradīta 8.23. attēlā. Magnētiskais palaidēja sastāv no diviem trīspoligiem kontaktoriem *КM*1 un *КM*2 ar aizsardzību pret pārslodzi (releji KK1, KK2, KK3un KK4).

|  |
| --- |
|  |

8.23. att. Magnētiskā palaidēja principāla shēma divātruma asinhronā dzinēja palaišanai un

vadībai.

Palaišanai uz pirmo ātrumu vajag ieslēgt svirslēdzi SA un uzspiest pogu SB2. Tad saslēdzas ķēde: L1 – drošinātājs FU5 - poga SB3 – saslēdzošie kontakti pogas SB2 – atslēdzošie kontakti pogas SB1 – blokkontakts kontaktora KM1 – kontaktora KM2 spole - releju KK1, KK2, KK3 un KK4 kontakti – drošinātājs FU4 – L3. Kontaktors KM2 ieslēdzas un padod spriegumu uz pirmo statora tinumu (pirmais ātrums). Vienlaikus saslēdzas kontaktora KM2 blokkontakti un šuntē (saslēdz īsi) palaišanas pogas SB2 kontaktus (pogu var atlaist) un atslēdzas kontaktora KM2 blokkontakti, kuri ieslēgti kontaktora K1 vadības ķēdē (bloķēšana pret kontaktoru vienlaicīgo ieslēgšanu).

Dzinēju apgriezienu regulēšana var tikt lietota atkarībā no dzinēju tipa. Visvienkāršāk apgriezieni maināmi līdzstrāvas dzinējiem. Šim nolūkam var izmantot taisngriežus līdzstrāvas dzinēju barošanai. Līdzstrāvas dzinēji ir dārgi un to lietderības koeficients ir samērā zems. Bez tam līdzstrāvas dzinēji nevar tikt izmantoti lielām jaudām. Tāpēc aktuāla ir maiņstrāvas dzinēju apgriezienu regulēšana.

**8.7.2. ROTORA ROTĀCIJAS FREKVENCES REGULĒŠANA AR**

**TĪKLA FREKVENCI**

Trīsfāžu asinhronā dzinēja lietderības koeficients, ja dzinējs strādā ar pilno slodzi ir diezgan liels *η* = 80-96 %. Bet lietderības koeficients ātri samazinās, ja samazinās slodze (8.24. att.). Sevišķi liels lietderības koeficienta kritums novērojams, ja slodze kļūst mazāka par 50%.

Ja tehnoloģiskā shēma atļauj mainīt dzinēja griešanas ātrumu, problēma var būt atrisināta ar frekvences pārveidotājiem. Frekvences pārveidotāji var nodrošināt tādu dzinēja griešanas ātrumu, kura nepieciešama dotajā laika momentā.

Ja EDS formulā *E1* = 4,44*w*1*f*1*Фkt* nemainīgos parametrus apzīmē ar *A =* 4,44*w*t*kt*1,tad E1 = A*f*1Ф. Pieņemot, ka *E*1 ≈ *U*1, magnētiskā plūsma



Ja *U*1 = const un *U*1 ≈ *E*1, tad no izteiksmes redzams, ka, mainot frekvenci, vienlaikus mainās dzinēja magnētiskā plūsma, t.i., samazinot frekvenci, plūsmai palielinās, bet, palielinot frekvenci, tā samazinās.

Magnētiskās plūsmas ievērojama palieli­nāšanās nav pieļaujama. Tai pārsniedzot nominālā režīma vērtību, magnētiskā sistēma piesātinās un strauji palielinās magnetizēšanas strāva. Tāpat arī ar frekvences palielināšanu saistītā plūsmas samazināšanās nav vēlama, jo tad samazinās griezes moments, arī maksimālais moments un pārslodzes spēja. Tāpēc parasti ir lietderīgi nodrošināt, lai Ф ≈ const. Lai to panāktu, kā redzams no magnētiskas plūsmas izteiksmes, mainot frekvenci vienlaikus jāregulē spriegums *U*1 tā, lai *U*1/*f*1 = const.

|  |
| --- |
|  |

8.24. att. Asinhronā dzinēja lietderības koeficienta atkarība no slodzes (*n* = const, *U* = const)

##### Visbiežāk asinhrono dzinēju griešanās ātrumu regulēšanai izmanto zemsprieguma frekvences pārveidotājus uz IGBT tranzistoru bāzes.

Frekvences pārveidotāja tipveida shēma un sprieguma un strāvas izmaiņas katra elementa izejā ir paradīti 8.25. attēlā.

|  |
| --- |
|  |
|  |

8.25. att. Frekvences pārveidotāja tipveida shēma

Barošanas tīkla maiņstrāvas spriegums *u*1 ar nemainīgu amplitūdu un frekvenci (*U*1 = const, *f*1 = const) tiek padots uz vadāmo vai nevadāmo taisngriežu (1).

Filtrs 2 iztaisno maiņstrāvas spriegumu. Taisngriezis un filtrs veido pārveidotāja līdzstrāvas posmu. No filtra līdzspriegums *ud* tiek padots uz invertoru 3.

Lai pārveidotu līdzstrāvu, nepieciešami slēdžu elementi, kurus pēc komandas var gan ieslēgt, gan izslēgt. Pēdēja laikā visbiežāk izmanto izolētas bāzes bināros spēka tranzistorus IBBT (IGBT). Shēmā 8.25. att. ir attēlots sprieguma invertors uz IGBT tranzistoru bāzes.

Trīsfāžu maiņsprieguma iegūšanai var lietot tiltā slēgtus slēdželementus (8.26. att.). Tādā gadījumā katrs no 6 tranzistoriem ir ieslēgts pusperiodu un tā, ka pārslēgšanās pēc algoritma *VT1 + VT2; VT2+VT3; VT3+VT4; VT4+VT5; VT5+VT6; VT6+VT1* notiek ik pēc sestās daļas no perioda (8.26. att.).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

8.26. att. Trīsfāžu sprieguma invertors

Izejas līnijas sprieguma efektīvā vērtība ir



Vadību var realizēt ar takts ģeneratoru, skaitītāju ar moduli 6 un dešifratoru (8.27. att.).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

8.27. att. Trīsfāžu sprieguma invertora vadības sistēma

Vadības ķēdē nepieciešams mainīt gan izejas sprieguma frekvenci, gan efektīvo vērtību. Sevišķi izplatīts ir regulēšanas likums *U2/f2* = const, kur *U2* ir izejas sprieguma efektīvā vērtība. Regulēšanu var veikt ar autotransformatoru, taču šāds risinājums neapmierina transformatora lielo gabarītu dēļ. Tādēļ praksē lieto regulē­šanas metodes ar invertora tranzistoru speciālu komutāciju.

Spriegumu var regulēt ar paaugstinātas frekvences sprieguma impulsu platuma modulēšanu IPM (PWM). Šeit katra tranzistora darbības pusperioda laikā tas tiek ieslēgts un atslēgts ar paaugstinātu frekvenci. Jo šaurāki būs sprieguma impulsi, jo mazāks būs izejas spriegums.

Aplūkosim IPM trīsfāžu invertorā (8.28. att.). Viens no labākiem regulēšanas paņēmieniem ir tāds, kad pusperioda pirmajā trešdaļa tranzistors tiek ieslēgts aizvien ilgāk, otrajā – nemanīgi ieslēgts, bet trešajā – ieslēgts aizvien mazāk. Šādi veidots spriegums pēc iedarbes uz aktīvi induktīvu slodzi ir tuvs sinusoidālam spriegumam, taču jāievēro, ka vienlaikus samazinās arī sprieguma efektīvā vērtība, kura ir mazāka par 0,7*U*1.

Augstas IPM frekvences gadījumā (2…15 kHz) dzinēja tinumiem ir liela induktivitāte un viņi strādā ka filtri, rezultātā pa tinumiem plūst praktiski sinusoidāla maiņstrāva.

Tātad frekvences pārveidotāja izejā iegūsim trīsfāžu (vienfāžu) maiņspriegumu ar maināmo amplitūdu un frekvenci (*U*2 = var, *f*2 = var).

Ventiļu pārveidotāja lietderības koeficients ir:

kur *ηT -* barojošā transformatora lietderības koeficients (kurš nodrošina potenciālu atdalīšanu no tīkla un īsslēguma strāvu samazinājumu) vai arī reaktora lietderības koeficients, ja potenciāla atdalīšana nav nepieciešama;

|  |
| --- |
|  |

8.28. att. Trīsfāžu invertora sprieguma regulēšana pēc IPM metodes

*ηv* - pārveidotāja lietderības koeficients;

*ΔU* - sprieguma kritums uz ventiļa;

*n -* virknē slēgto ventiļu skaits;

*Unom -* pārveidotāja izejas spriegums.

Pieņemot ar rezervi Δ*U =* 2V, *Umm =* 440 V ar *n* = 2



Ievērojot transformatora lietderības koeficientu *ηT =* 0,95-0,98,



Toties pārveidotāju izmantošanā jāņem vērā, ka tie pēc savas dabas ir nelineāri elementi. Bez tam fāžu tiristoru darbības secībā rodas īslaicīgi īsslēgumi starp fāzēm, kas rada komutācijas traucējumus. Rezultātā pārveidotājs ir augstāko harmoniku avots. Ir zināms, ka tiristoru pārveidotāji rada harmoniku kārtas

*μ = a∙m* ± 1,

kur *m* - pārveidotāju fāžu skaits, kas parasti pārsniedz 3;

*a* - naturālā skaitļu rinda (1, *2, 3, ...).*

Gadījumos, ja nerodas rezonanse, atsevišķu harmoniku efektīvās vērtības ir apmēram apgriezti proporcionāli harmonikas numuriem:

******

Harmonikas izsauc papildu zudumus dzinējos un izplatās elektriskajā tīklā, izsaucot dažādus traucējumus. Augstākas harmonikas izsauc kondensatoru bateriju pārslodzi *,* kuru rezultātā tie pārslogojas un bojājas. Bateriju izslēgšana no darba lielas jaudas pārveidotāju izmantošanas gadījumā palielina zudumus tīklā. Strāvas un sprieguma līkņu kropļojumi pasliktina elektroniskās aparatūras darbu. Uz zināmām frekvencēm var rasties rezonanses parādības, kuras paaugstina kropļojumus. Tāpēc bieži jāpieņem noteikti mēri augstāko harmoniku apkarošanai.

Ja pārveidotāja jauda ir samērojama ar tīkla jaudu, tad problēmas, kuras rada pārveidotāja ekspluatācija, var izrādīties visai nopietnas. Ar mazāku iekārtu jaudu grūtības ir pārvaramas, lietojot lielāku pārveidotāju fāžu skaitu, barojot iekārtas no atsevišķiem transformatoriem, lietojot neregulējamus vai regulējamus filtrus un attiecīgi izvēloties iekārtu tipu.

Frekvences pārveidotāji tiek izvietoti skapjos, kuri tiek novietoti netālu no dzinējiem. Pārveidotāju un pievienošanas iekārtas izmaksa var pārsniegt parasto dzinēju izmaksu apmēram pieckārtīgi.

**8.8. ASINHRONĀ DZINĒJA DINAMISKĀ BREMZĒŠANA**

Dinamisko bremzēšanu realizē ar dzinēja atslēgšanu no trīsfāžu tīkla un statora tinumu pievienošanu līdzstrāvai. Magnētiskā plūsma statora tinumos iedarbojas ar rotora strāvu un rada bremzējošo momentu.

Asinhronā dzinēja tiešā palaišana ar dinamisko bremzēšanu ka laika funkciju paradīta 8.29. attēlā. Dzinēja palaišana notiek ar kontaktora KM1 palīdzību. Vienlaikus saslēdzas laika releja KT barošanas posms (ja ieslēgts automātslēdzis QF), jo saslēdzas kontaktora KM1 blokkontakts. Laika releja kontakts ir ieslēgts, bet uz kontaktoru KM2 spriegums nav padots, jo atslēdzas kontaktora KM1 blokkontakts kontaktora KM2 ķēdē.

Dzinēja apstāšanai jānospiež pogu SB2 «Stop». Kontaktora KM1 strāva pārtraukta un dzinēja spēka ķēdē kontaktora galvenie kontakti atrodas atslēgta stāvoklī. Bet uzreiz saslēdzas kontakts KM1 kontaktora KM2 ķēdē un kontaktora KM2 galvenie kontakti līdzstrāvas ķēdē. Dzinēja statora tinumi atslēdzas no trīsfāžu tīkla un savienojas ar līdzstrāvas tīklu. Dzinējs pāriet dinamiskā bremzēšanas režīmā. Shēmā lieto laika releju ar laika ieturi atslēgšanas brīdī. Kad dzinēja rotora griešanas ātrums tuvojas nullei, kontakts KT atslēdzas, strāva kontaktorā KM2 pazuda un dzinējs atslēdzas no tīkla.

Bremzēšanas intensitāte var regulēt ar rezistoru *R*. Lai nebūtu iespējas vienlaicīgi ieslēgt statora tinumos līdzstrāvas un maiņstrāvas tīklā, shēmā pielietota bloķēšana ar atslēdzošiem kontaktiem KM1 un KM2.

Asinhronā dzinēja tiešā palaišana ar dinamisko bremzēšanu ka ātruma funkciju paradīta 8.30. attēlā. Dinamisko bremzēšanu šajā gadījumā realizē ar ātruma releju SR. Kad ieslēgts automātslēdzis QF, tad dzinēju palaišana notiek ar kontaktora KM1 palīdzību. Ātruma releja kontakts atrodas ieslēgta stāvoklī. Dzinēja bremzēšanai jānospiež pogu SB2 „Stop”. Kontaktorā KM1 strāva neplūst, ātruma releja atslēdzošais kontakts ieslēdzas un spriegums tiek padots uz kontaktoru KM2. Kad kontaktora KM2 galvenie kontakti saslēdzas, tad statora tinumi pārslēdzas uz līdzstrāvu. Kad dzinēja rotora griešanas ātrums tuvojas nullei, kontakts SR atslēdzas un dzinējs atslēdzas no tīkla.

|  |
| --- |
| image001_146 |

8.29. att. Asinhronā dzinēja ar īsi slēgto rotoru dinamiskās bremzēšana shēma kā laika funkcija

|  |
| --- |
| image002_47 |

8.30. att. Asinhronā dzinēja ar īsi slēgto rotoru dinamiskās bremzēšana shēma kā ātruma

funkcija

**8.9. ASINHRONĀ DZINĒJA BREMZĒŠANA AR PRETSLĒGUMA METODI**

Asinhronā dzinēja bremzēšanai dažreiz lieto ***pretslēguma metodi***, mainot statora magnētiskā lauka griešanas virzienu attiecībā pret rotora griešanas virzienu. Šajā nolūkā, tāpat kā reversējot, maina strāvas fāzes secību, dzinējiem darbojoties. Tā kā rotors inerces dēļ turpina griezties iepriekšējā virzienā, tad slīde kļūst lielāka par 1:



Statora magnētiskā lauka griezes moments vērsts pretēji rotora griešanās virzienam. Šis moments ir bremzējošs attiecībā pret rotoru, tāpēc rotors ātri apstājas. Ja statoru savlaicīgi neatslēdz no tīkla, rotors var sākt griezties pretējā virzienā.

Ja slīde ir lielāka par 1, elektriskie zudumi rotorā Δ*Pv rot* = *sPem* kļūst lielāki par elektromagnētisko jaudu. Bremzēšanas procesā daļu no zudumiem rotora varā sedz elektromagnētiskā jauda, kuru statora magnētiskais lauks pārvada uz rotoru, pārējo daļu sedz inerces dēļ rotējošo darbmašīnas un dzinēja daļu mehāniskā jauda. Pretslēguma bremzēšanas režīmā, pārslēdzot statora tinuma vadus, rodas lieli strāvas triecieni.

Asinhronā dzinēja bremzēšanai arpretslēguma metodi jāmaina strāvas fāzes secību, dzinējiem darbojoties, bet ja ātrums tuvojas nullei ir nepieciešams atslēgt dzinēju no tīkla. Procesa beigas ir iespējama dzinēja reversēšana. Lai izvairītos no reversēšanas, bremzēšanas kontaktora KM2 ķēdē ieslēgti ātruma releja SR normāli vālēji kontakti (8.31. att.).

Shēma ar pretslēgumu (8.31. att.) darbojas sekojoši. Sprieguma padošana ar automātslēdzi QF. Dzinēja palaišana ar pogu SB1 un kontaktoru KM1. Vienlaikus saslēdzas ātruma kontroles releja SR kontakts, bet kontaktors KM2 nevar ieslēgties jo kontaktora KM1 kontakts kontaktora KM2 ķēdē ir atslēgts. Dzinēja bremzēšana ar pogu SB2 „Stop”, kontaktors KM1 atslēgts no sprieguma un kontaktora KM1 kontakts KM2 kontaktora ķēdē ieslēdzas. Kad griešanas ātrums tuvojas nullei ātruma kontroles releja SR kontakts atvienojas un kontaktors KM2 atslēdzas no tīklā. Shēmā obligāti jāizmanto blokkontaktus lai kontaktoriem KM1 un KM2 nebūtu iespējas ieslēgties vienlaikus.

|  |
| --- |
| image003_35 |

8.31. att. Asinhronā dzinēja ar īsi slēgto rotoru bremzēšanas shēma ar pretslēguma metodi

**8.10. ASINHRONĀ DZINĒJA AR FĀZES ROTORU PALAIŠANA**

Smagos palaišanas apstākļos, kad nepieciešams liels asinhronā motora palaišanas moments, var izmantot palaišanu ar palielinātu slīdi. Šādā gadījumā jāizmanto fāzu rotora motors, kura rotora ķēdē jāieslēdz aktīva pretestība.

Šis paņēmiens nodrošina vienlaicīgu palaišanas strāvas samazināšanu un palaišanas momenta palielināšanu. Iespējams panākt, lai palaišanas sākuma momentā, kad *n*2 = 0 un *s = L* palaišanas moments būtu maksimālais. Šis nosacījums izpildās, ja *rreostata* = *x*2 - -*r*2.

Parasti reostata fāzu pretestību izvēlas 8...10 reizes lielāku par rotora tinuma fāzes pretestību.

8.32. attēlā parādīta asinhrondzinēja ar fāzes rotoru palaišanas shēma atkarība no palaišanas laika. Ar pogu QF var padot spriegumu spēka ķēdē un vadības ķēdē. Laika releji nostrādā un atvieno savus kontaktus. Palaišana notiek pēc pogas SB1 nospiešanas un kontaktora KM3 ieslēgšanas. Palaišana notiek ar rezistoriem rotora ķēdē, jo kontaktori KM1 un KM2 atslēgti.

Pēc kontaktora KM3 ieslēgšanas atslēdzas spriegums no laika releja KT1 un laika relejs saslēdz savu kontaktu kontaktora KM1 ķēdē atbilstoši iestatījuma laikam. Kontaktors KM1 šuntē pirmās rezistoru pakāpes. Pēc tam tas pats notiek ķēdē laika relejs KT2 – kontaktors KM2 – rezistoru otra pakāpe.

|  |
| --- |
| image001_147 |

8.32. att. Asinhronā dzinēja ar fāzu rotoru palaišanas shēma atkarība no palaišanas laika

Asinhrondzinēja ar fāzes rotoru palaišanas shēma atkarība no palaišanas strāvas parādīta 8.33. attēlā. Palaišana notiek slēdža QF un kontaktora KM3 ieslēgšanas laikā. Kontaktora KM3 blokkontakti šuntē pogu SB1 un baro blok releju KL. releja KL saslēdzošais kontakts padod barošanas spriegumu uz kontaktoriem KM1 un KM2. Nostrādes laiks relejiem KA1 un KA2 ir mazāks nekā kontaktoriem KM1 un KM2 un dzinēja palaišana notiek ar rezistoriem rotora ķēdē.

|  |
| --- |
| image002_48 |

8.33. att. Asinhronā dzinēja ar fāzu rotoru palaišanas shēma atkarība no palaišanas strāvām

Asinhrondzinēja ar fāzes rotoru palaišanas shēma atkarība no palaišanas laiku un ar dinamisko bremzēšanu parādīta 8.34. attēlā.

Dzinēja palaišana notiek sekojoša secībā: slēdži QF1, QF2 – poga SB1 „Start” – kontaktors KM3 – laika relejs KT – kontaktors KM1 – dzinēja darbība nominālā režīmā.

Dzinēja dinamiskā bremzēšana: poga SB2 „Stop” – kontaktors KM3 atslēdz kontaktu kontaktora KM1 ķēdē un saslēdz KM2 ķēdē – nostrādā kontaktors KM2 – statora tinums pieslēgts līdzstrāvas ķēdē – kontaktors KM1 atslēdzas un rotora ķēdē atrodas rezistors R – ātruma kontroles relejs atslēdzas – kontaktors KM2 atslēdzas – dzinējs atslēgts no tīkla. Shēma atrodas sākuma stāvoklī.

**Frekvences regulēšanu, lietojot līdzspriegumu kā starpelementu.** Regulējot asinhrono dzinēju ar fāzes rotoru apgriezienus, izmanto paņēmienu, kurs ir ekvivalents maināmām pretestībām rotora tinuma ķēdēs (8.35. att.).

Lai samazinātu zudumus dzinējā, jāatgriež tīklā zudumi *P\*s*, kas izdalās rotorā. Šim nolūkam strāvu rotora tinumā iztaisno taisngriezī *T* (8.36. att.), ko pēc tam līdzsvaro ar invertora I palīdzību. Invertora vadības iekārta *V* pārvērš tīkla frekvenci rotora slīdes frekvencē.

Šajā gadījumā rotora iztaisnotā sprieguma ķēdē tiek ievadīts pretēji vērsts invertora elektrodzinēj spēks. Šie divi spriegumi savstarpēji līdzsvarojas. Ja invertora elektrodzinējspēks samazinās, tad rotora strāva pieaug, aug dzinēja moments un tā apgriezieni. Apgriezieni pieaugs līdz dzinēja moments kļūs vienāds ar pretestības momentu. Režīms iestāsies paaugstinātu apgriezienu gadījumā, kad rotora strāva samazināsies līdz iztaisnotais spriegums kļūs vienāds ar invertora elektrodzinējspēku.

|  |
| --- |
| image003_36 |

8.34. att. Asinhronā dzinēja ar fāzu rotoru palaišanas shēma atkarība no palaišanas laika un ar dinamisko bremzēšanu: a – spēka ķēde; b – vadības ķēde

|  |
| --- |
| 8.35. att. Asinhrona dzinēja ventiļu kaskāde. |

|  |
| --- |
| 8.36. att. Asinhrona dzinēja ventiļu kaskādes shēma. B - iekārtas vadīšana. |

Palielinoties invertora spriegumam, dzinēja apgriezieni samazināsies.

Stacionārā režīmā rotora strāva tiek līdzstvarota ar invertora strāvas radītu elektrodzinēj spēku un tiek novērsti zudumi *P\*s* rotora tinumā. Tomēr pašā pārveidotājā ir enerģijas zudumi, kuri mazina piedziņas lietderības koeficientu par dažiem procentiem.

Lieliem sūkņiem apgriezienu maiņu var panākt ar hidrauliskiem sajūgiem, kas satur turbīnu.

**8.11. MADNĒTISKO PALAIDĒJU IZVĒLE**

Galvenā prasība pret magnētisko palaidēju izvēle ir komutējamo strāvu lielums. Pēc strāvas lieluma visi palaidēji var sadalīt šādas grupās:

* magnētiskie palaidēji ar strāvu līdz 100 A, piemēram, ПМЛ uz strāvām 10-80 А vai ПМУ uz strāvām 9-95 А;
* magnētiskie palaidēji ar strāvu līdz 400 А, piemēram, palaidēji Chint Group Co sērijas NC1 un NC3 uz strāvām 9-370 А;
* magnētiskie palaidēji ar strāvu līdz 1000 А, piemēram, firmas Moeller palaidēji DIL sērijas uz strāvām 20-855 А;
* magnētiskie palaidēji ar strāvu virs 1000 А, piemēram, firmas GE Power Controls palaidēji sērijas CL un CK uz strāvām 25-1250 А.

Lai pareizi izvēlēt magnētisko palaidēju jāzina sekojošos datus.

**I. Izejas dati.**

1. Vadāmā asinhrondzinēja nominālie parametri: PN, kW; UN, V; IN, A; cos φN, ηN, palaides strāvas attiecība Ipal/IN, slodzes koeficients β = Ifakt/In. Ja nav dota IN vērtība, to aprēķina šādi:



Faktiskā slodzes strāva: Ifakt = IN∙β, A.

1. Prognozējamais darba režīms, ciklu intensitāte, nepieciešamais resurss, dro­šums, izmaksu robeža.
2. 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).

**II. Izvēles nosacījumi.** Aizsardzības aparāti, kuru para­metri apmierina izejas datu prasības, jāizvēlas atbilstoši standartam EN 60-204-1, IEC 947-4-1 un koordinācijas tipam.

Koordinācija I tips – visvairāk izmantojams risinājums, optimālā vērtība, pirms palaišanas jāpārbauda palaidējus, nav nepieciešams paaugstināts iedarbes drošums. Īpatnības – palielināta aparātu dīkstāve, paaugstinātas prasībās tehniskajam personālām: remonts, apkalpe, ekspluatācija. Piemērs: kondicionēšanas sistēmās.

Koordinācija II tips – risinājums nodrošina iedarbes drošumu. Īpatnības – samazinātā aparātu dīkstāve, pareiza funkcionēšana. Piemērs: eskalators.

Pilnā koordinācija – aizsardzības un 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 (sk. 8.37. att.). Tāpat jābūt izpildītam noteikumam, ka spēka ķēdē ieslēgtiem īsslēguma aizsardzības aparātiem jāpārtrauc īsslēgums, pirms sprieguma samazināšanās dēļ sāk atkrist palaidēja kontaktora darbinātāja elektromagnēta en­kurs, t.i.,

tīssl. < tat.pal,

kur tat.pal, — palaidēja atgriezes laiks, jo kontaktora galvenie kontakti nedrīkst atvērties īsslēguma procesa laikā tīssl.. Pilnās koordinācijas īpatnības – ātrā atgriešana darba stāvoklī, pareiza funkcionēšana, vienkāršotā apkalpe. Piemērs: ugunsdzēšanas sistēmās.

|  |
| --- |
|  |
| 8.37. att. Aizsargaparātu raksturlīkņu novietojums: 1 – termorelejs; 2 – drošinātājs; 3 – iedarbošanās drošums; 4 – automātslēdža termoatkabņa iedarbes slieksnis; 5 – termoreleja iedarbes slieksnis; 6 – automātslēdža garantētas iedarbes robežās; 7 – elektromagnētiskais atkabnis; In – nominālā strāva; Ic – pārslodzes strāva; Ir – zemā līmeņa īsslēguma strāva (10∙In ≤ Ir ≤ 50∙In); Iq – īsslēguma strāva (Iq > 50∙In)  **Zema līmeņa īsslēguma strāvas diapazons**  **Pārslodzes diapazons** |

***III. Vadu, kabeļu izvēle.*** Magnētisko palaidēju un asinhrondzinēju savienojošo vadu vai kabeļu marku nosaka elektroiekārtu uzstādīšanas un lietošanas nosacījumi (atklāta vai slēgta, stacionāra vai daudzkārt pārvietojama iekārta, telpu kategorija u.c.), bet šķērsgrie­zumu — aizsargājošā kūstošā drošinātāja nominālā strāva vai automātslēdža iestatījuma strāva.

Vadības ķēdēs, kas satur kontaktoru un releju spoles, signālspuldzes, salāgojošos mazjaudas transformatorus u.c., paredzēta strāva līdz 10 A, tāpēc parasti jāiz­vēlas minimāli pieļaujamais savienojošo vadu šķērsgriezums no mehāniskās iztu­rības viedokļa.

**8.11.1. MAGNĒTISKĀ PALAIDĒJA IZVĒLES PIEMĒRS**

Ventilatoru darbina asinhrondzinējs, kura nominālie dati: PN = 4 kW, UN = 350 V, ηN = 84%, cos φN = 0,84, kI = Ip / IN = 6, Kn = 0,8. Vadības shēma parādīta 8.5. attēlā. Vadības un aizsargaparāti novietoti pie ēkas ārējās sienas. Režīms S1, lietošanas kategorija AC3, vadības ķēdes spriegums 380 V

Izvēle.

1. Variants: Magnētiskos palaidējus ar nepieciešamo kontaktoru skaitu, papildkontaktiem, mehāniskās bloķēšanas svirām, termorelejiem un kārbām komplektē izgatavotājfirma slēgtā vai atklātā izpildījumā.

Aprēķina strāva



Darba strāva Id = Kn ∙IN = 0,8∙8,62 = 6,9 A

Palaišanas strāva Ip = 6∙IN = 6 ∙8,62 = 51,72 A

Salīdzinot dzinēja datus ar firmas „National Electric” kataloga datiem P.7.1. tabulā, tuvākais piemērotais ir palaidējs ar kontaktoru GMC-18 un spēka automātslēdzi MMS-32S 10А. Automātslēdža siltuma atkabņa iestatījuma strāvu Ir var regulēt diapazonā no 6 līdz 10 A, elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva Im = 13∙IN (INE = 78-130 A) ir lielāka par palaišanas strāvu Ip. Kontaktora GMC-18 strāva ir lielāka par aprēķina strāvu (18 A > 8,62 A).

Pēc tam atbilstoši standarta IEC 947-4-1 prasībām var pārbaudīt vai nav vajadzīgi rezerves drošinātāji. Salīdzinot spēka automātslēdža MMS-32S datus ar IEC 947-4-1 prasībām (P.7.2. tabula) varam redzēt kā mūsu gadījumā vēlams izmantot dzinēja aizsardzībai rezerves drošinātājus ar nominālo strāvu INdr = 80 A.

No firmas „Siemens” kataloga datiem P.7.3. tabulā, tuvākais piemērotais ir palaidējs 3RA11 20-1J\_26-0AP0 ar kontaktoru 3RT10 26-1AP008 un spēka automātslēdzi 3RV10 21-1JA10. Automātslēdža siltuma atkabņa iestatījuma strāva Ir = (7 – 10) A, elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva Im = 13∙IN .

No firmas „Schneider Electric” kataloga datiem P.7.4. tabulā var izvēlēt reversīvo palaidēju GV2-DP214 slēgtā vai atklātā izpildījuma. Kontaktors LC2-D09, spēka automātslēdzis GV2-P14. Automātslēdža siltuma atkabņa iestatījuma strāva Ir = (6 – 10) A, elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva Im = 13∙IN .

2. Variants: vadības un aizsargaparāti ievietoti slēgtā skapī (IP65) pie ēkas ār­sienas, tātad aparāti var būt atklāta izpildījuma (IP00), aizsardzība ar automātslēdzi.

Automātslēdža vai atdalošā slēdža izvēles piemērs dots 3. nodaļas, bet drošinātāju — 2. nodaļas noslēgumā.

*Kontaktora izvēle.* Salīdzinot dzinēja datus ar firmas "Lovato Electric" kataloga datiem P.7.5. tabulā, tuvākais piemērotais ir MC9 tipa kontaktors (pasūtījuma šifrs 11MC9.10)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parametrs | Kontaktors | Asinhrondzinējs |
| IN,A | 9 > 8,62 (6,9) | |
| PN, kW | 4 = 4 | |
| UN, V | ≤ 690 > 380 | |
| Uvad, V | ≤ 4 15 > 380 | |

Kontaktora iebūvēts 1 ieslēdzošs paligkontakts, spoles spriegums 380 V un jauda 35 / 4 VA (no P.7.5. 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.6.1. tabulā doti termoreleja dati. Izvēlas 11RF9.10 termoreleju ar sildelementa regulējuma diapazonu 6-10 A. Termorelejs izveidots ar diferen­ciālo sistēmu un manuālo atgriezi. Kontaktora termoreleja kopējā bloka izmēri ir 44•87•48 mm, svars — 0,250 kg.

*Vadības pogu izvēle.* Firmas „Lovato Electric” kataloga doti slēgta izpildījuma (IP65) LP2T tipa vadības pogu komplekti. Izvēlas komplektu ar 2 elementiem ("START", "STOP"). Izmēri ir 71•117•65 mm. Kontaktu komutācijas spēja — kategorijai AC15 (maiņ­strāvas elektromagnēta vadība) un 400 V spriegumam — 1,9 A. Izvēlētā 11MC9.10 tipa kontaktora spoles ieslēgšanas strāva



Resurss — 1 000 000 komutācijas ciklu, nepieciešamais spiediens uz pogu — 8N.

Piezīme: izmaksu salīdzināšanai jāizmanto attiecīgajā periodā spēkā esošie firmu cenrāži. Drošuma parametri firmu katalogos atrodami samērā reti.

**8.11.2. 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, firma "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.

**8.11.3. AIZSARDZĪBAS UN KOMUTĀCIJAS APARĀTU IZVĒLES**

**EKONOMISKAIS PAMATOJUMS**

Priekšrocība ir variantam, kuram ir vismazākie iegādes, montāžas un eksplu­atācijas izdevumi. Turklāt jāievēro zaudējumi, ko lietotājs cieš sakarā ar aizsardzības darbības nedrošumu (vai nepietiekamu drošumu).

Izdevumi, attiecināti uz vienu darba gadu, nosakāmi šādi:

I = ke∙K + E + Z,

kur K — dzinēja un aizsardzības iekārtas izmaksa, ieskaitot transportēšanas un montāžas izdevumus;

ke — 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 = p0 ∙ kD + p0 ∙ zt,

kur kD — bojātā dzinēja un aizsardzības iekārtas nomaiņas izmaksa, ieskaitot vecās iekārtas demontāžas un jaunās iekārtas montāžas izdevumus;

zt — dzinēja avārijas tehnoloģiskie zaudējumi (neizgatavotās vai bojātās produkcijas vērtība);

p0 — 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.

**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 asinhrondzinēju avārijas režīmiem jāparedz magnētiskajos palaidējos uzstādāmie aizsargaparāti?

5. Kā klasificē aizsagaparātus?

6.Kādas ir asinhrondzinējos iebūvēto aizsargelementu priekšrocības un trūkumi?

**9. KOMANDAPARĀTI**

**9.1. 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.

**9.2. IEDALĪJUMS**

Komandaparātus var iedalīt atbilstoši darbināšanas veidam:

* manuāli darbināmie komandaparāti: spiedpogas, drošības trošu slēdži, komandkontrolleri, pozīcijas pārslēdzi;
* 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 lēcienveidīgi 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 stāvokli, kas ļauj atslēgt vadības ķēdi pie tipis­kiem parametriem — IN = 6 A, UN = 220 V, kategorija AC11 bez speciālu lokdzēses iekārtu — dejonizācijas režģu u.c. palīdzības.

**9.3. SPIEDPOGAS, SPIEDSPOGU STACIJAS**

**9.3.1. SPIEDPOGAS, SPIEDPOGU STACIJAS, PANEĻI**

Spiedpogas ir komandaparāti, ar kuru palīdzību komandas manuāli (ar roku) ievada vadības ķēdē. Spiedpogas elementu blokshēma parā­dīta 9.1. att. Darbinātājs ir operators. Spiedpogas ārējais izskats ar grafiskiem apzīmējumiem parādīts 9.2. attēlā, bet pārēji grafiskie apzīmējumi doti 9.3. attēlā.

Spiedpogas kon­struktīvā uzbūve redzama 9.4. attēlā a, kurā parādīts variants ar vienu laideni atslē­dzošu un vienu ieslēdzošu kontaktu pāri.

Informācijai par izpildīto komandu var izmantot signālspuldzes (sk. 9.4. att. b), kuras dažkārt iebūvē pašā spiedpogā (sk. 9.5. att. b).

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ***a*** | ***b*** | ***c*** | ***d*** |
| 9.1.att. Spiedpogas elementu blokshēma: I – komutējama strāva; K1 –kinemātiskā sistēma; K2 – kontaktu sistēma; S –kontaktu stāvokļa indikators; D - darbinātājs | 9.2. att. Spiedpogu uzbūve (*a*), spiedpoga uz DIN listēm:  *b* - ārējais izskats; *c* – grafiskais apzīmējums 1NO+1NC kontaktiem; *d* – grafiskais apzīmējums ar 1NO kontaktu; 1 – poga;  2 – atspere; 3 - tiltiņa kontakts; 4 – nekustīgais kontakts;  5 – kustīgais kontakts | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | ***c*** | ***d*** | ***e*** |

9.3. att. Spiedpogas grafiskie apzīmējumi: *a* – 1 NO kontakts; *b* – 1 NC kontakts; *c* – dubultpoga 1NO+1NC kontakti; *d* – poga ar pagaismošanu ar kvēlspuldzi cokolā 1NO+1NC kontakti; *e* – poga ar pagaismošanu ar gaismas diodi 1NO+1NC kontakti

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

9.4. 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 — ievadspailes; 8 — atgriezes atspere; 9 — iekārtas turētājs frontālai piestiprināšanai panelī; 10 — panelis; 11 — lēca; 12 — spuldzes patronas centrālais atsperkontakts; 13 — spuldze

**Spiedpogu stacijas** veido, vienā korpusā ievietojot vairākas spiedpogas (sk. 9.6. att.). Spiedpogu stacijas izgatavo no metāla vai plastmasas no 1, 2, 3, 4 vai 6 elementiem. Spiedpogu stacijas var būt piestiprinātas iekārtu konstrukcijām vai telpu sienām stacionāri vai arī iekārtas lokanā trosē, piemēram, telferu vadībai. Šo aparātu plastmasas korpusi nodrošina aizsardzības pakāpi IP 65, metāla — IP 67. Speciālām vajadzībām izveido eksploziju drošas spiedpogas vai to stacijas.

Spiedpogu stacijas izgatavo elektriskās vadības ķēdēs komutācijai ar spriegumu līdz 690 V AC un 440 V DC.

|  |
| --- |
|  |

9.5. att.Firmas "Siemens" SIGNUM tipa spiedpogas (a) un signalizējošās spiedpogas (b)pamatdetaļas frontālam novieto­jumam: A — darbinātāj elements; B — panelis; C — turētājs; D — komutējošais ele­ments; E — spuldzes armatūra ar spul­dzi; F — sastiprinātājdetaļa

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

9.6. att. Spiedpogu stacija: a – ārējais izskats, b - firmas " Siemens" pogu stacijas kopskats.

А – vāks; В – marķējuma tabulas; C – vadības elements ar turētāju; D – funkcijas kods; E – blokkontakti; F – pogu stacijas pamats; G – aparāta burtu kods; H – kārta numurs

**Spiedpogu darbinātāja pogas uzgalis** var būt plakans, sfērisks, ar iedobumu, aploces vai taisnstūra formas (sk. 9.5. att.), iekrāsots, izgaismots ar iebūvētu eko­nomisku signālspuldzi, ar uzrakstu vai simbolu, ar iebūvētu rullīša tipa mehānisko atslēgu. Agrāko izlaidumu pogu stacijās, kas paredzētas ātrai avāriju atslēgšanai, "start" pogas uzgalis iegremdēts, bet "stop" — izvirzīts uz āru, lai bīs­tamā situācijā to varētu ātri nospiest neskatoties. Parasti "stop" pogas uzgalis krā­sots sarkanā krāsā.

Taisnvirziena gājiena darbinātāja vietā var būt izmantots sviras, 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 9.4. attēlā a. Šeit kontaktu ieslēgšanas un atslēgšanas ātrumu pilnībā nosaka operatora pirksta spiediens, 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 vai arī herkonu ātrumiedarbība. Kontaktu izgatavošanai izmantojot varu, jāņem vērā tā oksidēšanās, un tādēļ kontaktu kinemātiskajā sistēmā, tiem saslē­dzoties, paredzēta kontaktu virsmu neliela savstarpēja pārbīde ΔX (sk. 9.7. att.), kas notīra strāvas pārejas vietu.

**Signālspuldžu ietvari** var būt ar vai bez papildelementiem spuldžu sprieguma samazināšanai .

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

|  |
| --- |
| 9.7. att.Spiedpogu vara kontaktu pašnotīrīšanās shēma pie ieslēgšanas: a — atslēgts stāvoklis, b — ieslēgts stāvoklis; 1 — kontaktatspere; 2 — kustīgais kontakts, 3 — nekustīgais kontakts; Fk — kontaktu piespiedējspēks; X1 — kontaktu pirmās saslēgšanās līnijas punkts; X2, X3 — kon­taktu saslēgšanās beigu stāvokļa kontaktlīniju punkti; ΔX — kontaktu virsmu pārbīde |

**Vadības paneli** (9.8. att.)**.** Vadības paneli ir interfeisi, kas nodrošina dialogu starp cilvēku un mašīnu.

**9.3.2. HERKONU SPIEDPOGU KONSTRUKCIJĀS**

Ņemot vērā herkonu priekšrocības ir lietderīgi izveidot spiedpogu konstruktīvos principus uz herkonu bāzes, kuru iespējamie un arī pašlaik lietotie varianti ilustrēti 8.9. attēlā.

9.9. attēlā a parādītajā varianta pastāvīgais magnēts 2 izejas stāvoklī ar savu magnētisko lauku saslēdzis herkona 1 kontaktus. Spiežot darbinātāju līdz ar pa­stāvīgo magnētu uz leju, atslēdzas herkons 1. Atlaižot pogu, notiek pretējs process. 9.9. attēlā b 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 9.9. attēlā c parādītais variants — spied­poga ar 3 atslēdzošiem kontaktiem. Arī šeit atgriezes atsperes lomu izpilda pastā­vīgais magnēts 3. Izejas stāvoklī 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.

|  |
| --- |
|  |

9.8. att. Vadības panelis SIGNUM 3SB4: 1 – virsas panelis; 2 – pogas; 3 – indikācija; 4 – plēvīšu klaviatūra; 5 – marķējums; 6 - pieslēgšanas ierīce pie AS – interfeisam, kopnēm PROFIBUS-DP u.c.

|  |
| --- |
| 9.9. att. Herkoni spiedpogu konstrukcijas  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 |

Apskatīto spiedpogu komutācijas spēju un resursu nosaka izmantoto herkonu un komutējamās slodzes parametri katrā konkrētā gadījumā.

**9.3.3. SPIEDPOGU RAKSTUROJUŠIE PARAMETRI UN IZVĒLE**

Katalogos spiedpogas raksturo šādi parametri: nominālais spriegums UN, V, ilg­stošā strāva IN, A, komutācijas spēja attiecīgai lietošanas kategorijai AC vai DC (komutējamā strāva atbilstošam spriegumam), ķēdē ieslēdzamā kūstošā drošinātāja dati, kontaktu pārejas pretestība RK, mΩ, aizsardzības pakāpe IP, pievienojamo vadu šķērsgriezums 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.

**9.4. KRUSTSLĒDŽI**

Krustslēdžus izmanto palīgķēdes vadībai. Literatūrā bieži viņus nosauc par džoistikiem vai koordinātu pārslēdžiem. Krustslēdžus izgatavo montāžai uz virsas paneļiem. Tehniskie dati atbilst starptautiskam standartam IEC 60947-5-1 (BDE 0660, 200 nodaļa).

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |
| ***c*** |

9.10. att. Koordinātu pārslēgi: a – ārējais izskats, b – grafiskais apzīmējums uz 2 virzieniem;

c - grafiskais apzīmējums uz 4 virzieniem

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. Krustslēdži uz 2 un 4 virzieniem ar grafiskiem apzīmējumiem parādītas 9.10 attēlā. Krustslēdža konstrukcija un kontaktu shēma ar 8 vadāmiem kontaktu pāriem parādīta 9.11. attēlā, bet slēgšanas diagramma 9.1. tabulā.

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.

**9.5. 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 9.12. attēlā.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |
| ***c*** |

9.11. att*.* Krustslēdža PК12-21-801 и PК12-21-802 uzbūve:

a — šķērsgriezums; 1 — vadības rokturis; 2 — vadošais krustiņš; 3,4 — korpusi, kas ietver sfērisku locīklu,

kas savukārt kalpo vadības sviras atbalstam; 5 — mikroslēdži, kas piestiprināti korpusam 4; b — virsskats;

c — mikroslēdžu ātrdarbīgo lēcējkontaktu shēma. Kontaktu stāvoklis atbilst darbinātāja sviras neitrālam

stāvoklim "0"

9.1. tabula

**Pozīciju pārslēdža slēgšanas diagramma trīs stāvokļu septiņu sekciju pārslēdzim**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

9.12. att. Tumblera ārējais izskats (*a*) un tumbleru uzbūve (b): 1 — nekustīgais tiltiņkontakts; 2 — nekustīgo kontaktu pāru izvadi; 3 — darbinātāja svira; 4 — lēcienveida pārslēgšanu un kontaktu spiediena spēku nodrošinošā atspere

Tumblera kontaktu pretestība: max. 15 mΩ; izolācijas pretestība: min. 100 MΩ ja spriegums 500 V DC; mehāniskais resurss: min. 500000 operācijās; elektriskais resurss: min. 100000 operācijās.

**9.6. 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 apturēšanai avārijas vai nelaimes gadījumā no jebkuras personālam pieejamas vietas. Troses garums vienā slēdža darbināšanai līdz 25 m uz vienu pusi. Lielākam attālumam lietderīgi izmantot divpusīgas darbības slēdzi un troses pievienot no abām pusēm, t.i., slēdzis atradīsies uzraugāmās distances vidū. Kā slēdzi izmanto apgrieztas darbības paaugstināta drošuma gala slēdzi, kura kontaktus iedarbina, velkot kustīgo stieni virzienā, kāds parādīts 9.13. attēlā. Stieņa galā izveidotajā cilpā iever trosi, kuru, nedaudz nostieptu, uzkar gar bīstamo zonu ērti aizsniedzamā vietā. Drošības troses slēdžu darba pozīcijās parādītas 9.14. attēlā.

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

Drošības troses slēdžu parametri, to izvēle balstās uz tās parametru salīdzināšanu ar elektroiekārtas pa­rametriem, kurā spiedpoga tiks uzstādīta un ekspluatēta.

Bez minētajiem slēdžiem un pārslēdžiem praksē vēl lieto mikrotumblerus, pārslēdžus ar bīdāmu pārslēgšanas mehānismu, daudzpozīciju pagrie­žamus (galeta) tipa pārslēdžus, klaviatūrslēdžus.

**9.7. CEĻA-GALA SLĒDŽI UN ROTĀCIJAS SLĒDŽI.**

Ceļa slēdži ir automātikas ierīces, kas kontrolē mehānisma noieto ceļu vai pozīciju. Noteiktā ceļa punktā ceļa slēdzis var dot dažādas komandas, piemēram, mainīt mehānisma kustības virzienu, mainīt tā kustības ātrumu vai iedarbināt citu mehānismu.

Gala slēdži pēc konstrukcijas daudzos gadījumos neatšķiras no ceļa slēdžiem, tikai to darbības funkcijas ir šaurākas. Gala slēdžu uzdevums ir izslēgt mehānismu galējos stāvokļos vai noietā ceļa noteiktā punktā. Praksē vairāk tiek lietots termins - gala slēdzis, neatkarīgi no veiktās funkcijas, Tādēļ turpmāk lietosim šo nosaukumu.

Gala slēdžus iedala: 1) kontakta tipa; 2) bezkontakta tipa. Kontakta tipa gala slēdžu pārslēgšana notiek fiziska kontakta veidā. Ar izciļņa palīdzību mehānisms tieši iedarbojas uz gala slēdža pārslēgšanas sviru.

Kontakta tipa gala slēdžus iedala: 1) vienkāršas darbības (pārslēgšanās ātrums atkarīgs no mehānisma kustības ātruma); 2) momentānas darbības (gala slēdzis pārslēdzas momentāni neatkarīgi no mehānisma kustības ātruma).

Bezkontakta gala slēdžu pārslēgšana notiek iedarbojoties ar elektrisko un magnētisko lauku vai gaismas plūsmu.

Bezontakta tipa gala slēdžus iedala: 1) herkonu (pārslēgšana notiek ar magnētisko lauku); 2) ģeneratora tipa (pārslēgšana notiek ar elektrisko lauku); 3) fotoelektroniskie (pārslēgšana notiek ar gaismas plūsmu).

**Vienkāršas darbības kontakta tipa gala slēdzis.**

Gala slēdzi iedarbina uz transportiera lentes uzmontēts izcilnis 1. Tam iedarbojoties uz rullīti 2, tiek pagriezta svira 3, kas pārvieto uz leju kātu 4 ar kontaktu plāksnēm. Augšējā kontaktu plāksne savieno elektriskos kontaktus a-b (SQ1.1), kas ir gala slēdža normāli vaļējie jeb saslēdzošie kontakti. Apakšējā kontaktu plāksne pārtrauc elektriskos kontaktus c-d (SQ1.2), kas ir gala slēdža normāli slēgtie jeb atslēdzošie kontakti. Ja mehānisms reversējas vai izcilnis pāriet pāri rullītim, gala slēdzis atbrīvojas un atspere 6 atgriež elektriskos kontaktus normālā stāvoklī (9.13. att.).

|  |
| --- |
|  |

9.13. att. Vienkāršas darbības kontakta tipa gala slēdzis: 1 - izcilnis; 2 - rullītis; 3 - svira; 4 - kāts ar kontaktu plāksnēm; 5 - elektriskie kontakti; 6 - atspere.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | ***b*** | ***c*** |

9.14. att. Firmas Banner drošības troses slēdži RP – LM 40 sērijas: a – kopskats; b – kontaktu savienošana virknē; c – ieslēgšanas ciklogramma

Vienkāršas darbības gala slēdzi var izmantot, ja izciļņa kustības ātrums ir vismaz 1 m/s. Jā ātrums ir mazāks, elektriskie kontakti pārslēdzas lēni, starp tiem veidojas Volta loks, kas izraisa kontaktu apdegšanu un paātrina to nolietošanos. Šis trūkums ir novērsts momentānas darbības gala slēdžos, kuru elektriskie kontakti pārslēdzas momentāni neatkarīgi no mehānisma kustības ātruma. Tas panākts, izmantojot atsperes mehānisku ar sprūdu vai profilētu izcilni.

Pie vienkāršas darbības gala slēdžiem pieder arī drošības troses slēdži (9.14. un 9.15. att.)

|  |
| --- |
| ***c***  ***b*** |

9.15. att. Drošības troses slēdžu pozīcijās: a – darba pozīcija, kontakti savienoti virknē; b – trose zem slodze – kontakti 25-26 atslēdzas; c - troses pārrāvums vai nokare – kontakti 13-14 atslēdzas

***a***

|  |
| --- |
|  |

9.16. att. Firmas Omron gala slēdži

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 uztverošie elementi ilustrēti 9.16. attēlā, kinemātiskā sistēma var realizēt darbinātāja stieņa taisnvirziena vai sviras pagrieziena kustību kustīgo kontaktu stāvokļa laidenai vai lēcienveida izmaiņai. 9.17. attēlā parādīta gala slēdža uzbūve, kur kontaktu stā­vokļa lēcienveida izmaiņu darbinātāja stieņa taisnvirziena kustībā realizē ar papild-atsperu 4 darbību. 9.18. attēlā parādīts lēcienveida pārslēgšanas mehānisma darbī­bas princips pagriezes kustībā, kad saspiež atsperi 11 līdz kritiskai situācijai, kas izsauc kustīgā kontakta pārvietošanos.

Šis mehānisms nodrošina kontaktu pārslēgšanās ātruma nemainību un neatkarību no slēdzi iedarbinošās darbmašīnas detaļas pārvietošanās ātruma. Tādēļ šo principu izmanto, ja detaļa kustas lēni (līdz 0,5 m/min), vai arī jāpaaugstina slēdža nostrādes precizitāte (līdz 0,5 mm).

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |

9.17. att.Slēgta tipa gala slēdzis ar tiltiņveida lēcējkontaktiem un forsētu atslēgšanas procesu:

1 — kustības uztvērējstieņa uzgalis; 2 — izbīdnis tiltiņkontaktu rāmīša lēcienveida kustības nodrošināšanai;

3 — tiltiņkontaktu turētāja rāmītis; 4 — atsperes tiltiņkontaktu lēcienveida kustības realizēšanai; 5 — ieslē­dzošais kustīgais tiltiņkontakts; 6 — ieslēdzošie nekustīgie kontakti; 7 — atslēdzošais kustīgais tiltiņkontakts; 8 — atslēdzošie nekustīgie kontakti; 9 — pieslēgspailes; 10 — kontaktu atspere; 11 — atgriezes atspere; 12 — atslēgšanas forsētāja svira; 13 — korpuss; 14 — hermetizētājmembrāna

Mehānisms darbojas šādi (sk. 9.18. att.). Detaļai spiežot uz rullīti 1 norādītajā kustības virzienā, svira 2 savērpj lentes atsperes 3, kuras pagriež dakšiņu 4 un, rul­lītim 10 ritot pa pārslēdzējsviru 9, tiek saspiesta atspere 11. Rullītim 10 pārejot kri­tisko punktu virs pārslēdzējsviras ass, rullītis 10 strauji ieņem stāvokli pa labi no ass.

Atspere 11 spiež pārslēdzējsviras 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.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 9.18. att*.* Pagriezes kustības lēcienveida kontaktu pārslēgšanas mehānisms 1 — darbinātāja uzgaļa rullītis; 2 — svira; 3 — lentveida at­speru mezgls;  4 — dakšiņa; 5 — papildatsperes; 6 — aizkabes;  7, 8 — nekustīgie kontakti; 9 — kustīgo kontaktu pārslēdzējsvira; 10 — pārslēdzējrullītis;  11 — pārslēdzējatspere; 12 — kustīgie kontakti;  13 — aizkabju atgriezes atspere |

**Herkonu galaslēdži.**

Vienkāršākais herkonu galaslēdzis sastāv no herkona, kuram virknē slēgta jutīga līdzstrāvas releja spole K1 (9.19. att.). Herkons sastāv no stikla balona 1, no kura izsūknēts gaiss, bet tā vietā iepildīta cēlgāze, piemēram, argons. Balonā iekausēti elastīgi magnētiski mīksta (nerūdīta) metāla elektriskie kontakti 2. Šo kontaktu saslēgšana notiek ar magnētiskā lauka palīdzību, kuru rada pastāvīgais magnēts 3, kas uzmontēts uz mehānisma 4. Kamēr mehānisms nav pārvietojis magnētu pretī herkonam, tā elastīgie kontakti ir pārtraukti un relejs K1 ir izslēgtā stāvoklī (9.19.a att.). Kad mehānisms pārvieto magnētu tieši pretī herkonam, tā magnētiskais lauks magnetizē herkona kontaktus, tie savstarpēji pievelkas un saslēdz releja spoles ķēdi (9.19.b att.).

Herkonu galaslēdžu priekšrocības:

* pārslēgšana notiek iedarbojoties magnētiskajam laukam bez tieša kontakta ar mehānismu;
* vienkārši pēc uzbūves, lēti un droši ekspluatācijā, var darboties agresīvās un sprādzienbīstamās vidēs;
* lielāka kontaktu komutācijas jauda un komutāciju ciklu skaits salīdzinājumā ar kontakta tipa galaslēdžiem.

|  |
| --- |
|  |

9.19. att. Herkonu bezkontakta tipa gala slēdzis: 1 - herkons; 2 - magnētiskie kontakti; 3 - pastāvīgais magnēts; 4 - mehānisms.

**Ģeneratora tipa galaslēdži.**

Ģeneratora tipa galaslēdži tiek vadīti ekranējot elektrisko lauku vai mainot augstfrekvences ģeneratora svārstību kontūra parametrus. Elektriskā lauka ekranēšanai izmanto alumīnija ekrānu, bet svārstību kontūra parametrus izmaina ar feromagnētiska izciļņa palīdzību – to pietuvinot kontūra spolei. Abos gadījumos gala slēdža pārslēgšana notiek bezkontakta veidā.

Pirmā tipa gala slēdzis sastāv no blokingģeneratora shēmas ar impulsu transformatoru, kas veido atgriezenisko saiti no tā izejas uz ieeju (9.20. att.).

Impulsu transformators, kas sastāv no primārā tinuma w1, pozitīvās atgriezeniskās saites tinuma wp un negatīvās atgriezeniskās saites tinuma wn, iebūvēts divos izciļņos, starp kuriem ir gaisa sprauga.

Blokingģeneratora elektroniskā shēma un impulsu transformators ievietoti vienā plastmasas korpusā ar trim hermētiskiem izvadiem 24 V barošanas līdzsprieguma un līdzstrāvas releja spoles K1 ar pretestību 500 pieslēgšanai. Lai aizsargātu blokingģeneratora izejas tranzistoru pret pašindukcijas EDS radīto pārspriegumu, releja spoli sprostvirzienā šuntē ar diodi VD1 (9.20. att.)

|  |
| --- |
|  |

9.20. att. Bezkontakta gala slēdzis ar blokingģeneratoru un alumīnija ekrānu.

Kamēr gaisa spraugā nav iebīdīts alumīnija ekrāns, negatīvās atgriezeniskās saites tinuma wn iespaids ir pārsvarā pār pozitīvās atgriezeniskās saites tinuma wp iespaidu un ģeneratora darbība tiek bloķēta. Iebīdot gaisa spraugā alumīnija ekrānu, tinums wn tiek ekranēts attiecībā pret primāro tinumu w1 un pārsvaru iegūst pozitīvā atgriezeniskā saite. Tā rezultātā blokingģenerators sāk ģenerēt līdzstrāvas impulsus ar kilohercu frekvenci, kas tiek padoti uz releja K1 spoli. Relejs ieslēdzas un formē attiecīgu vadības komandu mehānismam (apstāties, reversēties, mainīt kustības ātrumu).

Otrā tipa galaslēdži sastāv no augstfrekvences ģeneratora shēmas ar LC svārstību kontūru. Galaslēdža jutīgais elements ir spolīte L, kas novietota cilindrveida metāla vai plastmasas korpusa galā un hermetizēta ar epoksīda kompaundu.

Galaslēdzim ir trīs hermetizēti elektriskie izvadi 24V barošanas līdzsprieguma un līdzstrāvas releja spoles K1 pieslēgšanai. Korpusā var būt iebūvēta gaismas diode VD1 galaslēdža darbības indikācijai (9.21. att.).

|  |
| --- |
|  |

9.21. att. Bezkontakta gala slēdzis ar augstfrekvences svārstību ģeneratoru.

Svārstību kontūra parametri izvēlēti tā, lai tā pašsvārstību frekvence sakristu ar uzspiesto svārstību frekvenci. Pie šādiem nosacījumiem LC kontūrs darbojas rezonanses režīmā un tam ir maza elektriskā pretestība. Līdz ar to tas šuntē augstfrekvences ģeneratora mikroshēmas ieeju un uz releja spoles K1 ir zems sprieguma līmenis.

Pietuvinot spolītei L feromagnētiska materiāla izcilni (9.21. att.), tās induktivitāte būtiski izmainās. Svārstību kontūrs iziet no rezonanses režīma, tā pretestība jūtami palielinās un tas vairs nešuntē ģeneratora mikroshēmas ieeju. Ģeneratora izejā parādās augsta līmeņa līdzstrāvas impulsi un ieslēdzas relejs K1.

Ģeneratora tipa galaslēdžu priekšrocības:

* pārslēgšana notiek bezkontakta veidā;
* var izmantot agresīvās un sprādzienbīstamās vidēs;
* augsta nostrādes precizitāte (± 0.1...0.5 mm);
* var iekļaut pusvadītāju loģiskās vadības shēmās;
* var izmantot robotu vadības kompleksos kā tuvās darbības lokatorus.

**Fotoelektroniskie galaslēdži.**

Kā fotoelektronisku galaslēdzi var izmantot fotoreleju, kurš sastāv no gaismas jutīga elementa, piemēram, fotorezistora un līdzstrāvas elektromagnētiskā releja Kamēr fotorezistoru apgaismo gaismas avots, relejs ir ieslēgtā stāvoklī. Iebīdot starp gaismas avotu un fotorezistoru necaurspīdīga materiāla ekrānu, ievērojami pieaug fotorezistora elektriskā pretestība un relejs izslēdzas. Šis ir bezkontakta tipa galaslēdzis, jo pārslēgšana notiek nevis iedarbojoties ar mehānisku spēku, bet aizsedzot gaismas plūsmu.

Lai iegūtu augstu pozicionēšanas precizitāti, izstrādāti speciāli fotoelektroniskie galaslēdži, kuros kā gaismas avotu izmanto gaismas diodi, bet kā gaismas jutīgos elementus divas fotodiodes, kuras slēgtos jutīga diferenciālā pastiprinātāja ieejā (9.22. att.). Spraugā starp gaismas diodi un fotodiodēm tiek iebīdīts precīza izmēra necaurspīdīgs ekrāns. Diferenciālā pastiprinātāja izejā slēgtais līdzstrāvas relejs K1 nostrādā tad, kad ekrāns vienādi aptumšo abas fotodiodes. Šāds fotoelektroniskais galaslēdzis paredzēts augstas precizitātes programmvadības darbgaldu griezējinstrumentu pozicionēšanai. Pozicionēšanas precizitāte (±0.05... 0.1 mm).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

9.22. att. Augstas precizitātes foto-elektroniskais gala slēdzis metālapstrādes darbgalda griežņu precīzai iestatīšanai.

**Rotācijas ātruma kontroles slēdži.**

Rotācijas slēdžus izmanto asinhrono elektrodzinēju automātiskās palaišanas, bremzēšanas un darbības kontroles shēmās. Rotācijas slēdzis kontrolē vārpstas rotāciju. Miera stāvoklī slēdža elektriskie kontakti SR ir pārtraukti. Vārpstai sākot rotēt, slēdža kontakti saslēdzas un signalizē, ka iekārta darbojas. Atslēdzot elektrodzinēju, tā vārpstas rotācijas ātrums samazinās. Kad tas samazinās līdz minimālam lielumam, rotācijas slēdzis pārtrauc savus kontaktus SR. Slēdža ieslēgšanās un atslēgšanās slieksni nosaka tā jutība.

Apskatīsim divus rotācijas slēdžu veidus: 1) mehānisko centrbēdzes slēdzi; 2) indukcijas tipa rotācijas slēdzi.

Centrbēdzes slēdzis sastāv no vārpstas, kuras galā uzmontēta metāla skava ar tajā ievietotiem metāla rullīšiem 1. Rullīšus pievelk vārpstai atsperes, bet to asis ar svirām un šarnīriem savienotas ar buksīti 2, kura rotē reizē ar vārpstu un var pa to pārvietoties horizontālā virzienā. Rotācijas slēdža vārpstu savieno ar elektrodzinēja vārpstu tieši, vai izmantojot pārvadu. Slēdža elektriskais kontakts 3 ir stacionārs, bet otrs elastīgais kontakts 4 ievietots buksītes 2 rievā.

Iedarbinot elektrodzinēju, palielinās tā vārpstas rotācijas frekvence ω. Uz rullīšiem 1 sāk darboties centrbēdzes spēks, kura iespaidā rullīši attālinās no vārpstas un, pavelkot slīdošo buksīti pa kreisi, saslēdz kontaktus 2-3 (9.23. att.)

Centrbēdzes slēdzim ir būtiski trūkumi:

1) berze mehāniskajos elementos, kas samazina tā jutību un darbības resursu;

2) nevar kontrolēt rotācijas virzienu, jo slēdzis nereaģē uz rotācijas virziena maiņu.

|  |
| --- |
|  |

9.23. att. Centrbēdzes rotācijas slēdzis: 1 - metāla rullīši; 2 - slīdoša buksīte; 3 - stacionārais elektriskais kontakts; 4 – kustīgais elektriskais kontakts.

**Indukcijas tipa rotācijas slēdzis** sastāv no pastāvīgā magnēta 1, kurš savienots ar elektrodzinēja vārpstu, alumīnija diska 2, kurš novietots pie magnēta poliem N-S un var pagriezties ap savu vārpstu par ierobežotu leņķi α. Slēdža elektriskais kontakts 3 ir uzmontēts uz diska un elektriski izolēts no tā. Atkarībā no elektrodzinēja vārpstas rotācijas virziena kustīgais elektriskais kontakts 3 var saslēgties ar kontaktu 4 vai ar kontaktu 5 (9.24. att.).

|  |
| --- |
|  |

9.24. att. Indukcijas tipa rotācijas slēdzis: 1 - pastāvīgais magnēts; 2 - alumīnija disks; 3 - mobilais elektriskais kontakts; 4, 5 - stacionārie elektriskie kontakti.

Iedarbinot elektrodzinēju, pastāvīgais magnēts N-S sāk rotēt. Magnēta radītā magnētiskā lauka spēka līnijas šķeļ alumīnija disku un inducē tajā strāvu. Inducētās strāvas magnētiskā plūsma saķēdējas ar magnēta magnētisko plūsmu un rada griezes momentu uz diska vārpstas. Alumīnija disks pagriežas elektrodzinēja rotācijas virzienā līdz atdurim , savieno kontaktu 3 ar kontaktu 4 un saslēdz pirmo elektrisko ķēdi. Elektrodzinēju apstādinot, magnētiskais saķēdējums starp magnētu un disku izzūd, atsperes atgriež disku normālā pozīcijā un tiek pārtraukti kontakti 3-4.

Iedarbinot elektrodzinēju pretējā virzienā, arī alumīnija disks pagriežas pretēji, savienojas kontakti 3-5 un noslēdzas otra elektriskā ķēde, kas signalizē par elektrodzinēja reversiju.

Indukcijas slēdža priekšrocības:

1) nav mehāniskās berzes starp slēdža elementiem, kas paaugstina tā jutību un ekspluatācijas drošumu ; 2) var kontrolēt rotācijas virzienu, ko izmanto, piemēram, reversējamu elektrodzinēju automātiskās bremzēšanas shēmās ar pretslēgumu.

**9.8. 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.

9.25. attēlā parādīta mikroslēdža konstrukcija, kurā izmantots taisnvirziena kus­tības bīdstienis un lēcienveida darbības sviras tipa pārslēdzošie kontakti. 9.26. attēlā parādīts mikroslēdzis, kurā izmantots lēcienveida darbības tiltiņveida kustīgais kon­takts. Firmas CHERRY mikroslēdža ārējais izskats un konstrukcija parādīta 9.27 attēlā.

|  |  |
| --- | --- |
| 9.25. att.Mikroslēdzis ar taisnvirziena bīdstieni un sviras tipa lēciendarbības pārslēdzošu kontaktu: 1 — plastmasas korpuss; 2 — starpsieniņa; 3 — pieslēgspailes; 4 — vāka un korpusa sa­stiprināšanas 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 — lēciendarbību realizējoša plakana atspere | 9.26. att.Mikroslēdzis ar taisnvirziena bīdstieni un tiltiņa tipa lēciendarbības kustīgo kontaktu  1 — korpuss; 2 — korpusa un vāka sastiprināšanas stienīši; 3 — sfērisks bīdstieņa uzgalis; 4 — vāks; 5 — pie-slēgspailes; 6 — atgriezes atspere; 7 — tās atbalsta elements; 8 — kus­tīgā kontakta atsperes turētāja plāk­snīte; 9 — tiltiņveida kustīgais kon­takts; 10 — atslēdzošie nekustīgie kontakti; 11 — ieslēdzošie nekustīgie kontakti; 12 — lēciendarbību reali­zējoša plakana atspere |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

9.27. att. Firmas CHERRY mikroslēdzis DK sērijas ar IP67

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 saspriegojums 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 atvir­zot bīdstieni, notiek pretējs process.

Mikroslēdžu mehāniskais resurss: minimāli 500000 operāciju; elektriskais resurss: minimāli 100000 operāciju. Mikroslēdžus plaši izmanto arī mikrotumbleru konstrukcijās, mikrospiedpogās, mazgabarīta komandkontrolleros.

**9.9. 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. *Kontrolleri* paredzēti līdzstrā­vas un maiņstrāvas ķēžu pārslēg­šanai un dažādu bremzēšanas un reversēšanas elektrisko shēmu iz­veidošanai šajās ķēdēs. Kontaktu sistēma paredzēta induktīvas slodzes — kontaktoru, 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, veltņa un izciļņu komandkontrolleri. Visplašāk izmanto neregulējamos un regulējamos izciļņu komandkon­trollerus.

9.28. attēlā parādīta veltņkontrollera uzbūve. Ar izolācijas ma­teriālu appresētu veltni 2 griež ap asi ar stūres ratu 1. Veltņa virsmai piestiprināti vara vai bronzas kontaktsegmenti 3*.* Uz ne­kustīgas latas 5 uzstādīti atsperīgi kontakti 4, pie kuriem pie­vieno elektriskās ķēdes vadus. Lai dzēstu loku, kas rodas, pār­traucoties kontaktiem, veltņkontrolleros ir loka dzēšanas rezistori un izolējošas starpsienas. Veltņkontrollerus lieto līdz 75 kW jaudas elektrodzinēju vadīšanai, ja ieslēgšanu skaits ir līdz 240 reižu stundā.

Veltņkontrolleru trūkums ir berzes kontakts starp nekustīgo kontaktu un kontaktsegmentu, kas salīdzinoši ātri nodilst. Bez tam, kontaktiem pārtraucoties, loks nepārtraucas momentāni un kontakti apdeg. Šo trūkumu dēļ veltņkontrolleru ražošana ir sašaurināta un to vietā izmanto plašāk lietojamos izciļņkontrollerus.

Izciļņkontrolleriem (9.29. att.) ir kontakti, uz kuriem iedarbo­jas fasona izciļņpaplāksnes. Pagriežot vārpstu 1, pagriežas izciļņpaplāksne 2, pa kuru slīd rullītis 3, kas kontaktus 6 (kustīgs) un 7 (nekustīgs) notur pārtrauktus. Kad rullītis 3 nokļūst izciļņ­paplāksnes 2 izgriezumā, atsperu 4 un 5 iedarbībā kontakti 6 un 7 saslēdzas. Izciļņpaplāksnes 2 izgriezuma galā rullītis 3 tiek pacelts, un kontakti 6 un 7 atkal pārtraucas.

Izciļņkontrollerus lieto lieljaudas elektro­dzinēju ķēdēs, ja ieslēg­šanu skaits ir līdz 600 reižu stundā. Katram kontaktu elementam ir loka dzēšanas rezistors.

9.30. attēlā parādītas shēmas, kas paskaidro asinhrono dzinēju ar fāzu rotoru vadību, iz­mantojot veltņkontrolleru un izciļņkontrolleru. Abos gadījumos ar kontrolieriem var iegūt elektrodzinēju rotācijas virziena maiņu.

9.30. attēlā *a* kontrol­iera veltnis parādīts izklājumā. Kontakti, kas shēmā atrodas uz viduslīnijas (nulles līni­jas) atbilst nekustīgajiem kontaktiem. Lasot shēmu, izklātie kontaktsegmenti (attēlā iekrāsoti) domās jāsavieto ar nekustīgajiem kontaktiem (parādīti kā aplīši uz nulles līnijas). Tā, piemēram, ja kontroliera stūres rats atrodas stāvoklī „Uz priekšu” 4, ir saslēgti šādi kontakti: C1—L1, C3—L3 (C2 un L2 savienoti pastāvīgi), P3—P4—P5—P6.

9.30. attēlā *b* parādīta elektrodzinēja vadības shēma ar izciļņkontrolleru. Tā ir analoga 9.30. attēlā *a* dotajai shēmai. Uz vidus­līnijas (nulles līnijas) attēloti izciļņkontrollera kontakti: stāvok­ļos „Atpakaļ”un „Uz priekšu” melnie punkti apzīmē attiecīgo kustīgo un nekustīgo kontaktu saslēgšanos.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 9.28. att. Veltņkontrollera uz­būves shēma: 1 — stūres rats, 2 — veltnis, 3 — kontaktsegmenti, 4 — ne­kustīgie kontakti, 5 — nekus­tīga lata. | | 9.29. att. Izciļņkontrollera uzbūves shēma: 1 — vārpsta, 2 — izcilņpaplāksne, 3 — rullītis, 4 un 5 — atsperes, 6 un 7 — kontakti. |
| ***a*** | ***b*** | |

9.30. att. Asinhronā dzinēja ar fāzu rotoru reversīvās vadības shēmas ar kontrolieriem:

*a* — ar veltņkontrolleru, *b* — ar izciļņkontrolleru.

Komandkontrolleri ir nelieli izciļņkontrolleri, kas paredzēti nelielu strāvu pārslēgšanai vadības ķēdēs. Izciļņu kontrolleri (9.31. att.) konstruktīvi vienkāršāki un drošāki ekspluatācijā salīdzinājumā ar veltkontrolleriem. Viņiem ir liela atslēgtspēja (līdz 600 operācijām stundā). Katram kontaktam ir lokdzēses pretestība. Komandkontrolleri aizvieto, kontaktoru vai palaidēju (kas tieši saslēdz elektrodzinēju spēka ķēdes) ieslēgšanas pogas.

Izmantojot izciļņkontrollerus, ar vienu rokturi var veikt operācijas, ko realizē ar trīs pogām (Starts — Uz priekšu*,* Starts — Atpakaļ un Stop).Komandkontrollerus ražo ar dažādu kon­taktu un rokturu skaitu. Vadības shēmām ar komandkontrolleriem pievieno kontaktu ieslēgšanas tabulu dažādiem rokturu stāvok­ļiem. 9.32. attēlā parādīta shēma ar dzinēja reversīvo palaišanu.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

9.31. att. Izcilņu komandkontrolers 4G: 1 – nekustīgais kontakts ar pievienošanas spaili;

2 – izcilnis; 3 – kontaktu tiltiņš; 4 – kāta vadoša rieva; 5 – kāts; 6 – kontaktu uzliktnis no materiāla ar lielu vadītspēju; 7 – komutācijas elements (pakete); 8 – vītņu nagla; 9 – pārslēdža rotors; 10 – atspere; 11- vārpsta no tērauda; 12 - skrūvspaile

|  |
| --- |
| 9.32. att.Pozīciju pārslēdžu slēgšanas diagrammas  a - divu stāvokļu četru kontaktu; b — trīs stāvokļu divu kontaktu pārslēdžu rokturu stāvokļi, slēgšanas diagrammas un kontaktu shēmas |

Izciļņu kontrollera 4G tehniskie dati doti 9.2. tabulā.

9.2. tabula

**Izciļņu komandkontroleri 4 G serijas**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parametri** |  | **Komankontrolera tips** | | | | | | |
|  | **4G10** | **4G16** | **4G25** | **4G40** | **4G63** | **4G80** | **4G100** |
| Nominālais izolācijas spriegums, Ui | V | 660 | 660 | 660 | 660 | 660 | 660 | 660 |
| Nominālā strāva Ith | A | 16 | 20 | 25 | 50 | 63 | 80 | 125 |
| Izturība (komutāciju skaits) |  | 3х106 | 3х106 | 3х106 | 1х106 | 1х106 | 1х106 | 2х106 |
| Pārslodze: | | | | | | | | |
| 1 s  10 s  30 s  60 s | А  А  А  А | 220  70  40  30 | 430  145  90  75 | 690  240  160  125 | 920  290  200  155 | 1600  600  375  285 | 1600  650  400  300 | 2600  850  500  360 |
| Maksimāla atslēgtspēja | | | | | | | | |
| 660 V, cosφ = 0,65                     660 V, cosφ = 0,35                    600 V, cos φ = 0,35                   500 V, cos φ = 0,35                    500 V, cos φ = 0,75 | A  A  A  A  A | -  -  -  1001/  - | 190  -  200  -  - | -  250  260  -  - | -  490  500  -  - | -  500  610  -  - | -  500  610  -  - | -  650  -  900  - |
| Lietošanas kategorija АС2:  Trīsfāžu patērētāja nomināla jauda | | | | | | | | |
| 3х220 V ~                                 3х380 V ~                                   3х500 V ~  3х660 V ~ | kW  kW  kW  kW | 5,2  9  11,8  15,5 | 7  12,5  17  22 | 9  15,5  20  27 | 14  24  33  43 | 23  39  52  69 | 29  50  66  86 | 37  63  84  110 |
| Lietošanas kategorija АС3, АС23:  Trīsfāžu dzinēja nomināla jauda | | | | | | | | |
| 3х220 V ~                                 3х380 V ~                                   3х500 V ~  3х660 V ~ | kW  kW  kW  kW | 3  5  6  6 | 4,5  8  11  11 | 7,5  13  17  17 | 12,5  21  27  27 | 18,5  32  42  55 | 21  37  48  60 | -  -  -  - |
| Lietošanas kategorija АС23:  Trīsfāžu dzinēja nomināla jauda | | | | | | | | |
| 3х220 V ~                                 3х380 V ~                                   3х500 V ~  3х660 V ~ | kW  kW  kW  kW | -  -  -  - | -  -  -  - | -  -  -  - | -  -  -  - | -  -  -  - | -  -  -  - | 27,5  47  62  80 |
| Lietošanas kategorija АС3, АС23:  Vienfāzes dzinēja nomināla jauda | | | | | | | | |
| 110 V ~                     220 V ~  380 V ~ | kW  kW  kW | 0,8  1,7  2,8 | 1,3  2,6  4,6 | 2,1  4,3  7,5 | 3,6  7,2  12 | 5,3  10,6  18,5 | 6  12,1  21,1 | -  -  - |
| Lietošanas kategorija АС14:  Nominālā komutācijas strāva Ie | | | | | | | | |
| 110 V ~                     220 V ~  380 V ~   660 V ~ | A  A  A  A | 11  8  3,5  2,5 | 20  20  16  8 | 25  25  20  8,5 | 50  40  40  10 | 63  50  45  10 | 72  50  45  10 | -  -  -  - |

1. Lietošanas kategorija АС 4

**Komandkontrolleru raksturojušie parametri un izvēle.** Katalogos komandkontrollerus raksturo šādi parametri: nominālais spriegums *UN*, V, ilg­stošā strāva *IN*, A, komutācijas spēja attiecīgai lietošanas kategorijai AC vai DC (komutējamā strāva atbilstošam spriegumam), ķēdē ieslēdzamā kūstošā drošinātāja dati, kontaktu pārejas pretestība *RK*, mΩ, aizsardzības pakāpe IP, pievienojamo vadu šķērsgriezums mm2, spiediena spēks kontaktas iedarbināšanai *N*, mehāniskais, elektris­kais resurss miljonos ciklu, maksimālā komutācijas frekvence (ciklu skaits stundā), apkārtējās vides temperatūras robežas, standarti un sertifikāti, kuriem atbilst konrtolleris, kvalitātes standarts, izmēri, svars.

Komandkontrolleruizvēle balstās uz tās parametru salīdzināšanu ar elektroiekārtas pa­rametriem, kurā kontrolleris tiks uzstādīts un ekspluatēts. Komandkontrolleruizvēlei var izmantot speciālās tabulās no izgatavotājfirmas katalogiem (sk. 9.33. att.).

|  |
| --- |
| ***k*** |

9.33. att. Izciļņu kontrolleru izvēles tabula atkarība no komutācijas skaitu un dzinēja vai

patērētāja jaudas

**Piemērs.** Izvelēt izciļņu kontrolleru asinhronā dzinēja ar īsi slēgto rotoru palaišanai un bremzēšanai. Dzinēja jauda 7 kW, nepieciešama komutācija 30 operācijas stundā, dzinēja ekspluatācijas kategorija AC 4.

Atrodam diagrammā komutāciju stundā – 30 komutācijas stundā. Velkot abscisu asij paralēlu taisni, līdz tā krustojas ar līnijas ekspluatācijas kategorijas AC 4 punktā *k*. Pēc tam atrodam diagrammā dzinēja jaudu (7 kW, 380 V) un velkam horizontālu līniju 7 kW - s. Krustpunkts s ar vertikālo līniju no punktā *k* atrodas kontrollera 4G 40 darba diapazonā.

**9.10. KOMANDAPARĀTU IZVĒLES PRINCIPI**

Komandaparātu izvēles principi spiedpogu variantā minēti 9.3. paragrāfā, komandkontrollera – 9.8. paragrāfā un, tāpat kā citiem vadības aparātu veidiem, tie ir aparāta parametru (sk. 9.3. tab.) salī­dzināšana ar elektroiekārtas parametriem, kurā paredzēta aparāta darbība.

9.3. tabula

**Komandaparātu raksturojums**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Komandaparāti**  **Raksturotājlielumi**  **un pazīmes** | **Spiedpogas** | **Komāndu-kontrolleri** | **Pozīciju**  **pārslēdži** | **Krustslēdži** | **Tumblieri** | **Drošības trošu slēdži** | **Gala un ceļu slēdži** | **Mikroslēdži** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| Nominālais spriegums, V | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Kontaktu nominālā strāva, A | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Frekvence, Hz | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Komutācijas spēja, Sk*,* VA; Ik, A | X | X | X | X | X | X | X | X |
| lietošanas kategorija, AC, DC | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Aizsardzības pakāpe, IP | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Apkārtējā vide un tās temperatūra,0 C | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Novietojums, klimatiskie apstākļi | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Resurss, N cikli | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Ciklu intensitāte, N/h | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Drošums, atteicu intensitāte, *X,* h-1 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Kontaktu pārejas pretestība, Rk, Ω | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Iedarbināšanas spiediena spēks, F, N | X |  |  |  |  | X | X | X |
| Kontaktu darbības veids | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Darbinātāja pogas konfigurācija | X |  |  |  |  |  |  |  |
| Spiedpogu kombinācijas | X |  |  |  |  |  |  |  |
| Gaismas signalizācijas lietojums | X |  |  |  |  |  |  |  |
| Darbinātāja veids |  | X |  |  |  |  | X | X |
| Rokturu veids |  | X | X |  |  |  |  |  |
| Slēgšanas programma |  | X | X | X |  |  |  |  |
| Programmas regulēšanas iespējas |  | X |  |  |  |  |  |  |
| Reversīvas darbības iespējas |  | X |  |  |  |  | X |  |
| Kustības uztvērēja veidi |  |  |  |  |  |  | X | X |
| Darbinātāja detaļas konfigurācija |  |  |  |  |  |  | X | X |
| Darbinātāja kustības ātrums |  |  |  |  |  | X | X | X |
| Darbības precizitāte, nostrādes kļūda |  |  |  |  |  |  | X | X |
| Jutība |  |  |  |  |  | X | X | X |
| Gabarīti | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Svars | X | X | X | X | X | X | X | X |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| Cena | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Izgatavotāja firma | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Standarti un normas | X | X | X | X | X | X | X | X |

**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 signālspuldzes?
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. Kā darbojas ceļa slēdži uz herkona bāzes?
18. Ar ko atšķiras mikroslēdži no gala un ceļa slēdžiem?
19. Kā izvēlas gala un ceļa slēdžus?

**10. NODAĻA**

**REZISTORI UN REOSTATI**

**10.1. REZISTORI**

***Rezistors*** ir ķēdes elements, kas tieši paredzēts tā elektriskās pretestības izmantošanai ķēdē un kuru ieslēdz elektriskajā ķēdē, lai ierobežotu vai samazinātu tās strāvu.

*Rezistors* ([latīņu](http://lv.wikipedia.org/wiki/Lat%C4%AB%C5%86u_valoda): resistere - pretoties) ir pasīvais elements, kam piemīt aktīvā (omiskā)  [pretestība](http://lv.wikipedia.org/wiki/Elektrisk%C4%81_pretest%C4%ABba) un kas paredzēts vēlamās pretestības iegūšanai elektriskajā ķēdē, lai pārdalītu un regulētu elektrisko enerģiju starp shēmas elementiem vajadzīgās  [strāvas](http://lv.wikipedia.org/wiki/Str%C4%81va) vai [sprieguma](http://lv.wikipedia.org/wiki/Spriegums) vērtības iegūšanai. Rezistorus bieži dēvē vienkārši par pretestībām, kas nav korekti, jo [pretestība](http://lv.wikipedia.org/wiki/Pretest%C4%ABba) ir rezistora galvenā īpašība. Rezistori mēdz būt ar pastāvīgu pretestības vērtību vai arī ar maināmu vērtību ([maiņrezistori](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Mai%C5%86rezistors&action=edit&redlink=1) jeb potenciometri un [reostati](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Reostats&action=edit&redlink=1)).

### *Pretestība.* Rezistora svarīgākais raksturlielums ir tā elektriskā pretestība. Pretestības pamatmērvienība ir [oms](http://lv.wikipedia.org/wiki/Oms). Parasti praksē lietojamo rezistoru pretestība ir no 1 oma līdz 10 megaomiem. Dažādu speciālu rezistoru pretestība var būt no oma daļām līdz desmitiem un simtiem gigaomu un pat teraomiem. Lai iegūtu lielāku pretestību, var [saslēgt virknē](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Virknes_sl%C4%93gums&action=edit&redlink=1) vairākus rezistorus. Pretestības vērtību, kas apzīmēta (iekodēta) uz rezistora korpusa, sauc par nominālo pretestību. Dažādu tipu rezistoriem var būt dažāda lieluma pielaide nominālajai pretestībai.

### *Jauda.* Rezistora nominālā jauda ir lielākā [jauda](http://lv.wikipedia.org/wiki/Jauda), kuru rezistors var ilgstoši izkliedēt, saglabājot savus parametrus noteiktajās robežās (t.i. nepārkarstot). Praksē lietojamiem rezistoriem jauda var būt no 0,01 līdz 500 [vatiem](http://lv.wikipedia.org/wiki/Vats). Parasti, jo jaudīgāks ir rezistors, jo lielāki ir tā izmēri.

### *Robežspriegums.* Robežspriegums ir maksimālais pieļaujamais elektriskā  [sprieguma](http://lv.wikipedia.org/wiki/Spriegums)  kritums uz rezistora. Ja to pārsniedz, var notikt caursite starp atsevišķām rezistora daļām. Šis spriegums var būt atkarīgs no atmosfēras spiediena.

### *Temperatūras koeficients*.

### *Paštrokšņi*. Rezistoru paštrokšņi (nevēlamas haotiskas pretestības izmaiņas, kas ietekmē sprieguma kritumu uz rezistora) sastāv no siltuma trokšņiem un strāvas trokšņiem. Siltuma troksnis ir atkarīgs no pretestības vērtības un rezistora temperatūras. Strāvas trokšņi rodas, strāvai plūstot caur rezistoru; tie raksturīgi rezistoriem, kas nav veidoti no stieples.

### *Induktivitāte un kapacitāte*. Rezistora [induktivitāte](http://lv.wikipedia.org/wiki/Induktivit%C4%81te) un [kapacitāte](http://lv.wikipedia.org/wiki/Kapacit%C4%81te) ir raksturlielumi, kas nosaka rezistora spēju strādāt pie augstām [frekvencēm](http://lv.wikipedia.org/wiki/Frekvence). Rezistora kapacitāte sastāv no paša rezistora kapacitātes un tā izvadu kapacitātes. Induktivitāti nosaka rezistīvā elementa garums, korpusa izmēri, izvadu ģeometrija. Vislielākā induktivitāte un kapacitāte mēdz būt stieples rezistoriem, tādēļ tos nevar izmantot pie augstām frekvencēm. Stieples rezistora induktivitāti var samazināt, izmantojot speciālus uztīšanas veidus ([bifilārais tinums](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Bifil%C4%81rais_tinums&action=edit&redlink=1)).

## *Rezistoru tipi*. Rezistorus klasificē galvenokārt pēc rezistīvā elementa veida, jo no tā atkarīgi tā galvenie parametri.

* Stieples rezistori (izgatavo no [konstantāna](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Konstant%C4%81ns&action=edit&redlink=1), [nihroma](http://lv.wikipedia.org/wiki/Nihroms), [nikelīna](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Nikel%C4%ABns&action=edit&redlink=1) vai citu augstomīgu sakausējumu stieples)
* Metāla folijas rezistori
* Masas vai plēves rezistori
  + Plānas plēves rezistori
    - Metāldielektriskie rezistori
    - Metāloksīda rezistori
    - Metalizētie rezistori
    - [Oglekļa](http://lv.wikipedia.org/wiki/Ogleklis) rezistori
    - Boroglekļa rezistori
  + Biezas plēves rezistori
    - Lakas-plēves rezistori
    - Kermeta (keramiskie-metāliskie) rezistori
    - Strāvu vadošas [plastmasas](http://lv.wikipedia.org/wiki/Plastmasa) rezistori
  + Masas rezistori
    - Rezistori ar organisku [dielektriķi](http://lv.wikipedia.org/wiki/Dielektri%C4%B7is)
    - Rezistori ar neorganisku [dielektriķi](http://lv.wikipedia.org/wiki/Dielektri%C4%B7is)

Pēc pretestības pielaides rezistorus iedala vispārīgas nozīmes, precīzos un sevišķi precīzos rezistoros. Vispārīgas nozīmes rezistoriem pielaide var būt 20%, 10% vai 5%, bet sevišķi precīziem rezistoriem tā var sasniegt pat 0,0005%. Jo precīzāks ir rezistors, jo stabilākiem jābūt visiem tā parametriem.

Pēc aizsardzības no ārējiem faktoriem rezistori iedalās neizolētos, izolētos, hermetizētos un vakuuma rezistoros.

Bez tam mūsdienās ir lietojami dažādi speciāli rezistori.

* Augstsprieguma rezistori (paredzēti darbam pie lieliem spriegumiem - līdz desmitiem kilovoltu)
* Lielas pretestības rezistori (mazjaudīgi, paredzēti vāju strāvu ķēdēm)
* [Termorezistori](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Termorezistors&action=edit&redlink=1)
* [Fotorezistori](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Fotorezistors&action=edit&redlink=1)

Rezistorus plaši izmanto gandrīz visās [elektrotehnikas](http://lv.wikipedia.org/wiki/Elektrotehnika) un [elektronikas](http://lv.wikipedia.org/wiki/Elektronika) jomās. Kopā ar [kondensatoriem](http://lv.wikipedia.org/wiki/Kondensators) un [induktivitātes spolēm](http://lv.wikipedia.org/wiki/Spole) tie veido elektriskās ķēdes, kuru īpašības ir atkarīgas no [frekvences](http://lv.wikipedia.org/wiki/Frekvence) ([svārstību kontūri](http://lv.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%81rst%C4%ABbu_kont%C5%ABrs), filtri, impulsu formētāji, [atgriezeniskās saites](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Atgriezenisk%C4%81_saite&action=edit&redlink=1)). Rezistorus lieto kā [šuntus](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=%C5%A0unts&action=edit&redlink=1), sprieguma dalītājus, aktīvo elementu slodzes, enerģijas absorbētājus. Precīzos rezistorus izmanto mēraparātos, automātikas sistēmās, skaitļošanas iekārtās. Augstfrekvences rezistorus pielieto augstfrekvences ķēdēs, kabeļos, [viļņvados](http://lv.wikipedia.org/w/index.php?title=Vi%C4%BC%C5%86vads&action=edit&redlink=1), jo tiem ir sevišķi maza kapacitāte un induktivitāte.

Plaša pielietojuma rezistori pamatā iedalās 2 lielās grupās - oglekļa (carbon) un metāla plēvīšu (metal film) rezistoros. Oglekļa rezistori parasti ir pelēkā, bēšā, vai zaļā krāsā; tie ir ļoti lēti. Metāla plēvīšu rezistori parasti ir sarkanā vai gaišzilā krāsā, un tie ir daudz kvalitatīvāki un stabilāki.

**Pretestības vērtību un pielaidi** mūsdienu standarta rezistoriem var noteikt pēc krāsu tabulas 10.1.

Tātad uz katra rezistora korpusa ir 4 vai 5 krāsaini gredzeni, no kuriem pirmie 2 vai 3 nosaka vērtību, nākamais - reizinātāju (skaitļa 10 pakāpi, ar kuru jāreizina vērtība) Rezultātu tad vienmēr iegūst omos. Tabulā ir mazliet savādāk, rezultātu iegūst arī kilo- un megaomos, bet tam nav principiālas atšķirības.

**1000 Ω = 1 kΩ; 1000 kΩ = 1 MΩ**

Pēdējā gredzena krāsa nosaka pielaidi. Parasti ir zelta vai sudraba, kas atbilst 5% vai 10% pielaidei. Pēdējais gredzens no pārējiem vienmēr atdalīts ar atstarpi.  
Izņēmums: gadās rezistori, kuriem ir pavisam tikai 3 gredzeni, nobīdīti vienā malā. Tādiem pielaide būs 20%.

**Nominālu skala** nav brīvi izvēlēta, tā atbilst standartiem E6-E192. Piemēram, rezistori ar 20% pielaidi atbilstoši skalai E6 tiek ražoti ar sekojošiem nomināliem: 1 - 1.5 - 2.2 - 3.3 - 4.4 - 6.8. Tālāk seko: 10, 15, 22, 33, utt.

Internetā ir sastopami grafiskie online, ar tiem ļoti ērti noteikt parametrus pēc krāsu kodiem.

Vēl ir sastopami arī **vecā standarta** rezistori ar uzdrukātu nominālu un pielaidi, pamatā NVS ražojumi. Šai gadījumā uzraksts satur 4-5 elementus: 2 vai 3 cipari nosaka nominālu, nākamais ir burts E vai R (omi), K (kiloomi) vai M (megaomi) - tas izpilda decimālā punkta lomu. Pēdējais ir burts, kurš norāda uz pielaidi; visbiežāk tas ir A =5%, B =10%, C =20%.

Piemēri: 47EB = 47 Ω, 10% pielaide

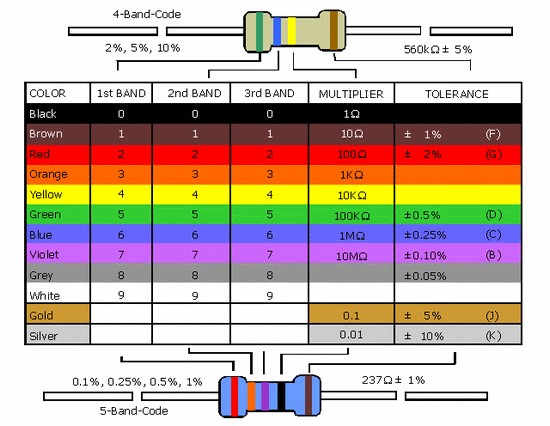
K47A = 0.47 kΩ jeb 470 Ω, 5% pielaide

4K7C = 4.7 kΩ, 20% pielaide

M47B = 0.47 MΩ jeb 470 kΩ, 10% pielaide

Čip-, jeb bezvadu, jeb miniatūrie **SMD-rezistori** - tos lieto datoros, mobilajos telefonos, utml. Tiem parasti nomināls uzdrukāts un sastāv no 3-4 cipariem, no kuriem pēdējais ir reizinātājs.

10.1. tabula



Piemēri: 221 = 22 x 101 = 22 x 10 = 220 Ω;

680 = 68 x 100 = 68 x 1 = 68 Ω;

332 = 33 x 102 = 33 x 100 = 3300 Ω = 3.3 kΩ

**Rezistoru maksimāla jauda** parasti netiek norādīta uz korpusa, tā nosakāma pēc standartizētā korpusa izmēriem. Visbiežāk tiek lietoti 1/8W - 2W izstrādājumi. Piemēram 1/4W rezistora izmēri būs d = 2.2 x 6.2 mm (bez izvadiem).

Vēl ir arī citi rezistoru tipi: maiņrezistori, pieregulēšanas rezistori (trimmeri), foto- un termorezistori utt.

Enerģētikā un transporta visvairāk izmanto stieples rezistorus. 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 krāsnīs elektroener­ģijas pārveidošanai siltumenerģijā uzstāda rezistorus — sildelementus.

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

Bezkarkasa rezistors ir no stieples vai lentes satīta spirāle (piemēram: sildelements vecās elektriskās plītiņās). Zema darba drošuma dēļ bezkarkasa rezistorus neiesaka lietot.

Rezistorus uz siltumietilpīga karkasa no stieples, kas uztīta uz izolācijas mate­riāla (keramikas, porcelāna vai šamota) caurules (10.2.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* = l - 50000 Ω jaudai 5-150 W. Šos rezistorus ļoti plaši izmanto radio­tehnikā u.c. Rāmjveida rezistori (10.2.*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.

|  |
| --- |
|  |

10.2. att. Rezistori

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

Čuguna lietos un tērauda štancētos rezistorus izgatavo kā zigzagveida plati (10.3. 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 (10.2.*c* un 10.4. att.).

Lieljaudas elektrodzinēju palaišanai strāvu ierobežošanai lieto zigzagveida ču­guna plates (10.3. att.), kuras, samontējot kopā, izveido čuguna pretestību kasti (10.4. att.).

|  |  |
| --- | --- |
| 10.3. att.Rezistors — zigzagveida čuguna plate | 10.4. att.Čuguna rezistoru kaste |

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

**10.2. 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 *Ir.p.* jāizvēlas tā, lai tā būtu lielāka vai vienāda ar elektriskās ķēdes aprēķina strāvu jeb darba strāvu

*Ir.P. ≥ Id*.

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





kur *td* — slogošanas laiks,

*tp* — pauzes laiks, kad *Id* = 0.

Tā kā parasti *td* << *T*, tad *Ie = Id·*.

Ja rezistors paredzēts darbam S6 režīmā, gadījumā, kad *td* + *tp* << *T*, ekvivalento strāvu aprēķina pēc formulas:



kur *Ip* — tukšgaitas strāva.

Elektrodzinēju palaides rezistoru izvēle ir atšķirīga. To uzdevums ir ierobežot palaides strāvu, vienlaikus nodrošinot noteikto palaides laiku. No silšanas viedokļa rezistoriem izvirza šādas prasības: palaides rezistors sasilst līdz pieļaujamai tem­peratūrai pēc trīskārtējas palaides. Pauzes laiks starp atsevišķām palaidām ir vienāds ar divkāršu palaides laiku. Tā kā strāva palaides laikā mainās, aprēķina ekvivalento strāvu



kur Δ*ti* — laika intervāli, kādos sadalīts palaides laiks,

*ii* — strāva laikā Δ*ti*,

*td* — palaides laiks.

Līdzstrāvas dzinēju palaidei papildrezistoru izvēlas, lai palaides strāva *Ipal* 2-2,5 reizes nepārsniegtu nominālo strāvu *IN*, tātad *Ipal* = (2-2,5) *IN*. Papildrezistora pretes­tību *Rpap* aprēķina



kur *Ra* — dzinēja enkura pretestība, Ω;

*Rp.p.* — dzinēja papildpolu pretestība, *Ω.*

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



kur *Ipal* — palaides papildrezistora nominālā strāva ilgstošam režīmam, A;

*tpal* — palaides laiks, sekundēs (jāizvēlas);

*Ts* — rezistora silšanas laika konstante, sekundēs.

Ja katalogā nav dotas *Ts* vērtības, tās var izvēlēties no 10.2. tabulas. Ja izgatavotājrūpnīca katalogos norāda rezistoru īslaicīgi pieļaujamo strāvu vērtības (1, 2, 3-10 s), strāvu pārrēķins nav vajadzīgs.

Izvēloties rezistorus, jāņem vērā arī to slēguma shēma. Virkne slēgtiem rezistoriem jābūt ar vienādu ilgstoši pieļaujamo strāvu. Paralēli slēgtiem rezistoriem ne­pieciešams, lai to pretestības reizinājums ar ilgstoši pieļaujamo strāvu visiem rezis­toriem būtu vienāds.

10.2. tabula

**Rezistoru silšanas laika konstantes Ts**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Rezistoru konstrukcija** | **RN, Ω** | **Ts, s** |
| Kastveida rezistori ar fehrala elementiem | 0,1-7 | 70-200 |
| Stiepļu elementi | 2,8-8  37-260 | 132-282  41-120 |
| Lentveida elementi | 0,2-1,9 | 52-180 |

**10.1. Piemērs.** Aprēķināt rezistora pretestību maiņstrāvas kontaktora spoles ķēdē, ja kontaktoru nepieciešams pieslēgt līdzspriegumam *UN* = 110 V. Maiņstrāvas kontaktora tehniskie dati: spoles nominālā strāva *IN.sp.* = 0,1 A, spoles spriegums *Usp* = 127 V, spo­les pretestība *Rsp* = 185 Ω.

Atrisinājums

1. Ja spoli pieslēdz līdzspriegumam *UN* = 110V, sprieguma zudums uz papildrezistora spailēm

*Ur = UN - INsp Rsp.* = 110 *-* 0,1∙185 = 91,5 V

2. Rezistora pretestība



3. Rezistora jauda



4. No tabulas 10.3. izvēlas IIЭB tipa rezistoru ar *PN* = 10 W un *R* = 1,8-10∙103 Ω.

10.3. tabula

**Rezistora ΠЭΒ (neregulējami) un Π3ΒΡ (regulējami) tehniskie dati**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ΠЭΒ** | | **ΠЭΒΡ** | |
| **PN,W** | **Rmin \_ Rmax, Ω** | **PN, W** | **Rmin \_ Rmax, Ω** |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| 3 | 3-510 | 10 | 3-220 |
| 7,5 | 1-3,3 · 103 | 15 | 5,1-220 |
| 10 | 1,8-10 · 103 | 20 | 10-430 |
| 15 | 3,9-15 ·103 | 25 | 10-510 |
| 20 | 4,7-20 · 103 | 30 | 15-1 · 103 |
| 25 | 10-24 · 103 | 50 | 22-1,5 · 103 |
| 30 | 10-30 · 103 | 100 | 47-2,7 · 103 |
| 40 | 18-51 · 103 |  |  |
| 50 | 18-51 · 103 |  |  |
| 75 | 47-56 · 103 |  |  |
| 100 | 47-56 · 103 |  |  |

Piezīme: Pretestības temperatūras koeficients α = + 200 ·10-6, 1/°C.

Maksimālais darba spriegums:

* maiņstrāvai Umax = 1400 V;
* līdzstrāvai Umax = 1000 V.

Minimālais resurss Ν = 10000 h.

Apkārtējās vides temperatūra no -60 °C līdz +40 °C.

**10.3. REOSTATI**

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

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

|  |  |
| --- | --- |
| ***C:\Documents and Settings\vladimirs.melnikovs\My Documents\My Pictures\---(6-~1.JPG***  ***a*** | ***C:\Documents and Settings\vladimirs.melnikovs\My Documents\My Pictures\reost1.gif***  ***b*** |

10.5. att. Laboratorijas reostats (*a*) un aizvietošanas shēma (*b*).

Pēc konstrukcijas izšķir vaļējos, aizsargātos, slēgtos, pushermētiskos un eļļas reostatus.

Pēc reostatu materiāla: metāliskos, šķidruma un ogles reostatus.

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

Reostatus izgatavo atbilstoši apkārtējās vides apstākļiem, kādos reostatiem jādarbojas. Sausās, normālās telpās var lietot vaļējos reostatus bez apvalka (10.5. att.), 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.

Šķidruma reostati sastāv no metāla tvertnes, kurā iegremdēti metāla elektrodi. Iegremdējot elektrodus elektrolīta šķidrumā (sodas šķīdums ūdenī vai ūdens) vai mainot to attālumu, izmainās reostata pretestība. Šķidruma 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. Šķidruma reostata trūkumi: mainoties temperatūrai, jūtami mainās reostata pretestība, bet, ūdenim iztvaikojot, tvertnē rodas nosēdumi.

Ogles reostatus izgatavo no ogles diskiem, kurus saspiež atspere. Mainoties spiedienam, mainās kontaktu pārejas pretestība starp atsevišķiem diskiem. Ogles reostatus lieto sprieguma regulēšanai ģeneratora ierosmes ķēdē.

Reostatus izgatavo ar nepārtrauktu vai pakāpjveida pretestības lieluma izmaiņu. 10.6.*b* attēlā parādīta reostata ar praktiski nepārtrauktu pretestības izmaiņu kon­strukcija.

Uz izolācijas materiāla (porcelāns, steatīts) karkasa 3 uztīta rezistora stieple 2. Lai vijumus izolētu vienu no otra, stieple ir oksidēta. Pa rezistoru un strāvu vadošo gredzenu 6 slīd atsperkontakts 5, kas savienots ar slīdkontaktu 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 (10.6.a att.). Šīs shēmas plaši izmanto labora­toriju darbos un automātiskās vadības sistēmās.

Reostata ar pakāpjveida pretestības maiņu shēma dota 10.7. attēlā. Šis reostats pa­redzēts līdzstrāvas dzinēja palaidei.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |
| 10.6. att.Reostats ar nepārtraukti maināmu  pretestību: a – slēgumu shēmas; b – konstrukcija;  1 – korpuss; 2 – rezistora stieple; 3 – rezistora karkass; 4 – slīdkontakts; 5 – atsperkontakts;  6 – strāvu vadošs gredzens; 7 – reostata izvadi;  8 – stienis |

Tas sastāv no reostata R, kontroliera 0-16, kontaktora KM ar sprieguma spoli, maksimālās strāvas releja KA. Palaides sākuma momentā ierosmes tinumu E1-E2 ar kontaktoru KM pieslēdz spriegumam, bet enkura tinuma A1-A2 ķēdē ieslēdz palaides rezistoru R. Tā pretestību ar kontroliera 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 tinumam pievada pilnu spriegumu, bet enkura ķēdē ieslēgti palaides rezistori. Stāvoklī 13 palaides reostati vairs nav ieslēgti enkura ķēdē. Ja elektrodzinējs ir pārslogots (slodzes strāva *Isl* = (1,5-3)·*IN*), nostrādā maksimālās strāvas relejs KA, kas pārtrauc kontaktora spoles KM ķēdi. Reostatus izvēlas līdzīgi kā rezistorus, ņemot vērā to slēguma shēmu.

Elektrotehnikā plaši izmanto reostatus potenciometriskā slēgumā (10.8. att.), kas dod iespēju regulēt slodzes spriegumu *Ua* no 0 līdz barošanas spriegumam *U*.

Slodzes spriegumu aprēķina



vai, ņemot vēra, ka *R*1 = *R – R*2,



Izmantojot potenciometru, jāseko, lai, slīdkontaktam atrodoties stāvoklī, kad *Ri* → 0, nesadegtu reostata malējie tinumi. Bojājums iespējams, ja *Ra << R* un *Ia > IpielR*. Tādēļ jāsalīdzina potenciometra un slodzes pretestības, kā ari potenciometra pieļau­jamai strāvai jābūt vienādai vai lielākai par slodzes un potenciometra šuntētās daļas (R2) strāvu summu. Šī uzdevuma veikšanai pēdējo vienādojumu pārveido



Tas ļauj aprēķināt līknes pie dažādām R/Ra, vērtībām. Kā redzams 10.9. attēlā, jo lielāka attiecība R/Ra, jo nelineārākas līknes. Tāpēc praksē nav ieteicams izmantot potenciometru ar R/Ra > 5. Izmantojot šīs līknes, var atrast R2, ja zināms U, Ua, R; vai arī Ua dažādos slīdkontakta stāvokļos.

|  |  |
| --- | --- |
| 10.7. att.Līdzstrāvas dzinēja palaides reostata shēma | 10.8. att.Potenciometra shēma |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 10.9. att.Potenciometra spriegumu atkarība no pretestībām |

**10.2. Piemērs.** Izvēlēties reostatu laboratorijas darbam ,,Līdzstrāvas releja PM-3000 raksturlīknes". Releja tehniskie dati: vadības ķēdes spriegums *UN* = 24 V, spoles pretestība *Rsp* = 49,7 . Laboratorijas tīkla spriegums *U* = 60 V. Jāparedz strāvas regulēšana no 0 līdz *IN***.**

Atrisinājums

1.Izvēlas reostata potenciometrisko slēgumu

|  |
| --- |
|  |

2.Releja spoles nominālā strāva



3.No 10.4 tabulas izvēlas reostatu PCП-1 ar *Ipieļ* = 0,7 A, *R* = 180 Ω

4.Pārbaude:

4.1. Atrod *R*2, izmantojot 3.10. attēla līknes



tad no līknēm *R*2/*R* = 0,69, no kurienes *R*2 = 0,69*R* = 124,2 Ω.

4.2. Potenciometra ķēdes kopējā pretestība



4.3. Potenciometra ķēdes summārā strāva



**2. Piemērs.** Izvēlēties līdzstrāvas dzinēja (10.10. att.) palaides reostatu. Dzinēja dati: *PN* = l kW; *UN* = 220 V; *η* = =72,5%; *Re* = 2,52 Ω; *Rp.p.* = 1,47 Ω*; Rie* = 365 Ω (*Re* — dzinēja enkura pretestība, *Rp.p.* — dzinēja papildpolu tinumu pretestība).

|  |  |
| --- | --- |
| 10.10. *att.* Paralēlas ierosmes dzinēja shēma | 10.11. att.. Aizvietošanas shēma |

Atrisinājums.

1. Dzinēja nominālā strāva



2. Pieļaujamā palaides strāva

*Ip* = (2 - 2,5)·*IN* = (12,54 - 15,68)A.

3. Palaides reostata pretestība



4. Ņemot vērā palaides procesa īslaicīgumu, palaides reostatu izvēlas mazākai strāvai. Pieņemam *tp* = 4 s, tad



kur *Ts* nosaka no 10.2. tabulas ekstrapolējot *Ts* = 300 s.

5. No 10.4. tabulas izvēlas PCП-2 reostatu ar R = 13 W, *Ir.pieļ. > Ip.r.*, tad dzinēja pa­laides laiks var būt lielāks par 4 s.

10.4. tabula

**Stieples vienkarkasa reostatu tehniskie dati**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ipieļ, A** | **Reostatu tipi** | | | |
| **РСП-1** | **РСП -2** | **РСП -3** | **РСП -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 |

**Kontroljautājumi**

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

**PIELIKUMI**

**Elektrisko aparātu aizsardzības pakāpi atkarībā no apkārtējās vides iedarbības**

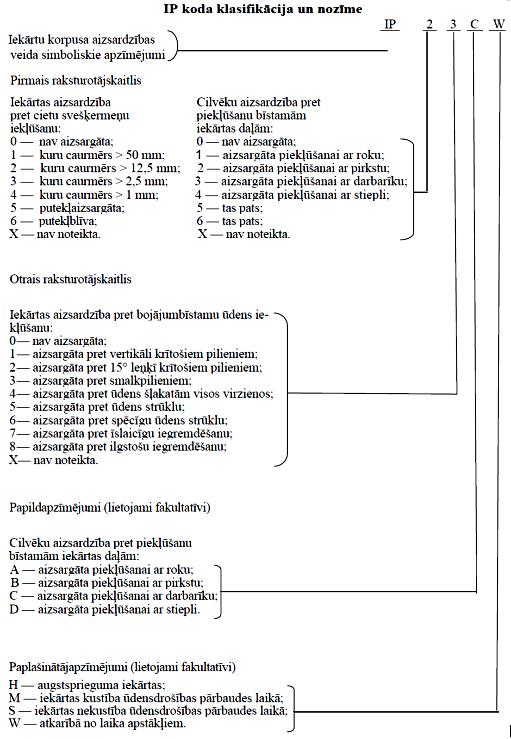
Elektrisko aparātu aizsardzības pakāpi atkarībā no apkalpojošā personāla iespē­jamās saskares ar strāvu vadošām daļām un apkārtējās vides iedarbības nosaka starptautiskais standarts IEC 529, ar kuru ir saskaņoti atsevišķu valstu standarti. Latvijā atsevišķs standarts vēl nav izstrādāts un tāpēc ieteicams 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 šķidruma iekļūšanu tajā. Attiecīgo ciparu nozīme parādīta shēmā un P.1.1., P.1.2. tabulā.

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 makro-klimatiskos rajonos. P.1.3. tabulā dotais iedalījums attiecas uz sauszemi, upēm un eze­riem (jūrām ir citi noteikumi).

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

Elektrisko aparātu izgatavotājrūpnīcas 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 P.1.4. tabulā.



P.1.1 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 svešķer­meņiem, kas diametrā lielāki par 50 mm (ne­jaušs roku kontakts) |
| **2** |  | Aizsargāts no svešķer­meņiem, kas diametrā lielāki par 12 mm (pirksti) | **2** |  | Aizsargāts no ūdens plūsmas, krītošas ne vairāk kā 15° leņķī |
| **3** |  | Aizsargāts no svešķer­meņiem, kas diametrā lielāki par 2,5 mm (instrumenti un kailvadi) | **3** |  | Aizsargāts no ūdens plūsmas, krītošas ne vairāk kā 60° leņķī |
| **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 strūklas visos vir­zienos |
| **6** |  | Pilnīgi aizsargāts pret putekļiem | **6** |  | Aizsargāts no ūdens strūklas visos vir­zienos |
|  |  |  | **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 |
|  | Šlakataizsargāts | IPX4 |
|  | Strūklaizsargāts | IPX5 |
|  | Ūdensaizsargāts, ūdensblīvs | IPX6 un IPX7 |
|  | Ūdensspiediendrošs | IPX8 |
|  | Putekļaizsargāts | IP5X |
|  | Putekļblīvs | IPX6 |

P.1.3. *tabula*

**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 |

P.1.4. *tabula*

**Mehāniskās izturības klases**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **IK** | | **Pārbaude** | | **Slodze\*** | | **IK** | | **Pārbaude** | | **Slodze\*** | |
| **1** | | **2** | | **3** | | **1** | | **2** | | **3** | |
| 00 | | **-** | | nav | |  | |  | |  | |
| 01 | |  | | 0,15 J | | 06 | |  | | 1 J | |
| 02 | |  | | 0,20 J | | 07 | |  | | 2 J | |
| 03 | |  | | 0,37 J | | 08 | |  | | 5 J | |
| 04 | |  | | 0,50 J | | 09 | |  | | 10 J | |
| 05 | |  | | 0,70 J | | 10 | |  | | 20 J | |
|  | |  | |  | |  | |  | |  | |

\* Slodzi raksturo trieciena enerģija, J.

P.1.5. tabula

**Lietošanas kategorijas (līdzstrāvas ķēdes)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Katego­rija** | **Lietošana** | **Pārbaudes strāva** | | | | | |
| **Ieslēgšana** | | | **Atslēgšana** | | |
| **I/In** | **U/UN** | **L/R, ms** | **I/In** | **U/UN** | **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 | Virknes ierosmes dzinēji: palaide, atslēgšana gaitā | 2,5 | 1 | 7,5 | 1 | 0,3 | 10 |
| DC-5 | Virknes ierosmes dzinēji: palaide, bremzēšana, grūdienrežīms | 2,5 | 1 | 7,5 | 2,5 | 1 | 7,5 |
| DC-11 | Elektromagnēti:1) kontaktoriem, ventiļiem, piedziņai | 1 | 1 | 6P3) | 1 | 1 | p3) |
| DC-12 | Aktīvas slodzes un optronu vadības ķēžu vadība | 1 | 1 | 6P3) | 1 | 1 | p3) |
| DC-13 | Elektromagnētu1), 2) vadība | 1 | 1 | 6P3) | 1 | 1 | p3) |

1) Anormālos nosacījumos, ko rada atvērtā stāvoklī nobloķēti elektromagnēti (δ max), var komutēt 1,1IN pie 1,1UN.

2) Bezkontakta komutējošiem elementiem uzrādot anormaalos nosacījumus, jāparedz izgatavotāju rekomendētās pārslodzes aizsardzības palielināšana.

3) P = UN x IN, W. Vērtība 6 P iegūta no empīriskas formulas, kas atbilst lielākai daļai līdzstrāvas elektromagnētu slodzei līdz pat P = 50 W. Tātad 6 P = 6∙50 = 300 ms.

P.1.6. tabula

**Lietošanas kategorijas maiņstrāvas ķēdes**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kategorija** | **Lietošana** | **Nominālā strāva** | **Pārbaudes strāva** | | | | | |
| **Ieslēgšana** | | | **Atslēgšana** | | |
| **I/IN** | **U/UN** | **L/R,**  **ms** | **I/IN** | **U/UN** | **L/R,**  **ms** |
| AC-1 | Aktīva vai mazinduktīva slodze | Visas vērtības | 1 | 1 | 0,95 | 1 | 1 | 0,95 |
| AC-2 | Slīdgredzenu 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 | IN ≤ 17 A | 6 | 1 | 0,65 | 1 | 0,17 | 0,65 |
| IN ≤ 100 A | 6 | 1 | 0,35 | 1 | 0,17 | 0,35 |
| IN > 100 A | 6 | 1 | 0,35 | 1 | 0,17 | 0,35 |
| AC-4 | Īsslēgti asinhronie dzinēji: palaide, bremzēšana, grūdienrežīms | IN ≤ 17 A | 6 | 1 | 0,65 | 1 | 0,17 | 0,65 |
| IN ≤ 100 A | 6 | 1 | 0,35 | 1 | 0,17 | 0,35 |
| IN > 100 A | 6 | 1 | 0,35 | 1 | 0,17 | 0,35 |
| AC-11 | Elektromagnēti: kontaktoriem, ventiļiem, piedziņai |  | 10 | 1 | 0,7 | 1 | 1 | 0,4 |

Iat – atslēgšanas strāva; Uk – komutācijas pārspriegums (reğeneratīvais spriegums).

IEC 60947-5 uzrāda vēl šādas kategorijas:

AC-12 – aktīvas slodzes un optisko sajūgelementu ieejas ķēžu pusvadītāju slodzes vadība;

AC-13 – pusvadītāji slodzes vadība, ja ķēdes atdalītas ar transformatoru (induktīvā saite).

P.1.7. tabula

**Elektrisko aparātu un shēmu elementu apzīmējumi**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr. p/k** | | **Grafiskais apzīmējums** | | | **Apzīmējuma nosaukums latviešu, angļu, krievu un**  **vācu valodā** | | | |
|
| **1** | | **4** | | | **5** | | | |
| 2. Funkcijorientēti vispārējā lietojuma grafiskie apzīmējumi | | | | | | |
| 1 | |  | | | Mehāniskās saites līnija Mechanical link Линия механической связи Mechanische Wirkverbindung | | | |
| 2 | |  | | | Mehāniskās saites līnija Mechanical link Линия механической связи Mechanische Wirkverbindunq | | | |
| 3 | |  | | | Zeme (vispārīgais apzīmējums) Earth (general symbol) Земля (общее обозначение) Erde (allgemein) | | | |
| 4 | |  | | | Aizsargzemējums Protective earthing защитное заземление Schutzerde; Schutzerdnung | | | |
| 5 | |  | | | Bojājums Fault  Повреждение Fehler | | | |
| 3. Vadu un savienojumu grafiskie apzīmējumi | | | | | | |
| 6 | |  | | | Elektrolīnija (vispārīgais apzīmējums) Connection (general symbol) Эпектрическая линия (общее обозначение) Leitunq (allqemein) | | | |
| 7 | |  | | | Elektrolīnija (ar uzrādītu vadu skaitu) Group of connections (number of connections indicated) Электрическая линия (указано число проводов) Verbindungen (Zahl der Leiter angezeigt) | | | |
| 8 | |  | | | Elektrolīnija (ar uzrādītu vadu skaitu) Group of connections (number of connections indicated) Электрическая линия (указано число проводов) Verbindungen (Zahl der Leiter angezeigt) | | | |
| 9 | |  | | | Trīsfāžu ķēde (četrvadu) Three-phase circuit  Трёхфазная четырехпроводная цепь Dreiphasen-Vierleitersystem | | | |
| 10 | |  | | | Savienojums (neizjaucama savienojuma apzīmējums) Connection point Соединение (неразборное) Verbindunqspunkt | | | |
| 11 | |  | | | Savienojums (izjaucama savienojuma apzīmējums) Terminal  Соединение (разборное) Anschluss | | | |
| 12 | |  | | | Spaiļu līste Terminal strip  Планка зажимов (зажимы наборные) Anschlussleiste | | | |
| 13 | |  | | | Т veida savienojums T-connection Т-образное соединение T-Verbindung | | | |
| 14 | |  | | | Spraudligzda  Female contact; socket [contact] Гнездо разъемного соединения  Buchse (von einer Steckdose Oder Steckverbindung); Pol einer Steckbuchse | | | |
| 15 | |  | | | Spraudnis Male contact; plug  Штырь разъемного соединения; штекер  Stecker (fūr eine Steckdose oder Steckverbindung); Pol eines  Steckers | | | |
| 16 | |  | | | Spraudligzda un spraudnis Socket and plug  Гнездо и штырь; штекерное соединение Buchse und Stecker; Steckverbindung | | | |
| 17 | |  | | | Spraudligzda un spraudnis (vairākpolu, vienlīnijas attēlojumā) Plug and socket (multipole. single-line representation) Гнездо и штырь (многопопюсные, в однолинейном исполнении) Buchse und Stecker (vielpolig, einpolige Darstellung) | | | |
| 18 | |  | | | Kabeļa gala uzmava (vairākdzīslu kabelim) Cable sealing end (multi-core cable) Концевая муфта (многожипьного кабепя) Kabeiendverschluss (mehradriger Kabel) | | | |
| 19 | |  | | | Kabeļu gala uzmava (viendzīslas kabeļiem) Cable sealing end (one-core cables) Концевая муфта (одножипьных кабелей) Kabeiendverschluss (einadriger Kabeln) | | | |
| 20 | |  | | | Nozaruzmava (vienlīnijas attēlojumā) Junction box (single-line representation) Ответвительная муфта (в однолинейном исполнении) Abzweigmuffe (einpolige Darstellung) | | | |
| 4. Pasīvie elementi | | | | | | |
| 21 | |  | | | Rezistors (vispārīgais apzīmējums) Resistor (general symbol) Резистор (общее обозначение) Widerstand (allqemein) | | | |
| 22 | |  | | | Rezistors (regulējams) Resistor (adjustable) Резистор (регулируемый) Widerstand (verānderbar) | | | |
| 23 | |  | | | Kondensators (vispārīgais apzīmējums) Capacitor (general symbol) Конденсатор (общее обозначение) Kondensator (allgemein) | | | |
| 24 | |  | | | Polārais kondensators Capacitor (polarized) Конденсатор (поляризованный) Kondensator (gepolt) | | | |
| 25 | |  | | | Induktivitāte; spole; tinums; drosele (paralēli slēdzama) Coil; Winding (shunt connection)  Индуктивность; катушка; обмотка; дроссель (параллельного включения)  Induktivitāt; Spule; Wicklung; Drossel (fur NebenschluB) | | | |
| 26 | |  | | | Induktivitāte (spole, tinums) ar magnētserdi Inductor with magnetic core  Индуктивность с ферромагнитным магнитопроводом Induktivitāt mit Magnetkern | | | |
| 5. Pusvadītāji un radiolampas | | | | | | |
| 27 | |  | | | Pusvadītāju diode (vispārīgais apzīmējums) Semiconductor diode (general symbol) Полупроводниковый диод (общее обозначение) Halbleiterdiode (allgemein) | | | |
| 28 | |  | | | Anodvadāms tiristors  Reverse blocking triode thyristor (N-gate. anode-side controlled)  Тиристор триодный (управляемый по аноду)  Ruckwarts sperrende Thyristortriode (N-Gate. Anode gesteuert) | | | |
| 29 | |  | | | Katodvadāms tiristors  Reverse blocking triode thyristor (P-gate. cathode-side controlled)  Тиристор триодный (управляемый по катоду)  Rūckvvārts sperrende Thyristortriode (P-Gate. Kathode gesteuert) | | | |
| 30 | |  | | | PNP tipa tranzistors PNP transistor PNP транзистор PNP Transistor | | | |
| 6. Elektroenerģijas ražošana un pārveidošana | | | | | | |
| 31 | |  | | | Nepilnā trīsstūra slēgums V-connection; Vee connection  Соединение в неполный треугольник; соединение неполным  треугольником  V-Schaltung | | | |
| 32 | |  | | | Trīsstūra slēgums Delta connection  Соединение в треугольник; соединение треугольником Dreieckschaltung | | | |
| 33 | |  | | | Pārtrauktā trīsstūra slēgums Open delta connection  Соединение в разомкнутый треугольник; соединение разомкнутым треугольником Offene Dreieckschaltung | | | |
| 34 | |  | | | Zvaigznes slēgums Star connection; wye connection Соединение в звезду; соединение звездой Sternschaltung | | | |
| 35 | |  | | | Zvaigznes slēgums ar izvadītu neitrāli  Star connection with neutral brought out; grounded wye connection Соединение в звезду с выведенной нейтральной точкой Sternschaltung mit herausgefūhrtem Neutralleiter | | | |
| 36 | |  | | | Cikcak slēgums  Zigzag connection; interconnected star connection  Соединение зигзагом  Zickzackschaltung | | | |
| 37 | |  | | | Elektriskā mašīna (vispārīgais apzīmējums) Machine (general symbol) Электрическая машина (общее обозначение) Maschine (allgemein) | | | |
| 38 | |  | | | Divtinumu transformators (vispārīgais apzīmējums) Transformer with two windings (general symbol) Трансформатор двухобмоточный (общее обозначение) Transformator mit zwei Wicklungen (allgemein) | | | |
| 39 | |  | | | Divtinumu transformators (vispārīgais apzīmējums) Transformer with two windings (general symbol) Трансформатор двухобмоточный (общее обозначение) Transformator mit zwei Wicklungen (allgemein) | | | |
| 40 | |  | | | Autotransformators (vispārīgais apzīmējums) Auto-transformer (general symbol) Автотрансформатор (общее обозначение) Spartransformator | | | |
| 41 | |  | | | Autotransformators (vispārīgais apzīmējums) Auto-transformer (general symbol) Автотрансформатор (общее обозначение) Spartransformator (allgemein) | | | |
| 42 | |  | | | Strāvmainis (vispārīgais apzīmējums) Current transformer (general symbol) Трансформатор тока (общее обозначение) Stromwandler (allgemein) | | | |
| 43 | |  | | | Strāvmainis (vispārīgais apzīmējums) Current transformer (general symbol) Трансформатор тока (общее обозначение) Stromwandler (allgemein) | | | |
| 44 | | |  | | | Spriegummainis (vispārīgais apzīmējums) Voltage transformer (general symbol) Трансформатор напряжения (общее обозначение) Spannungswandler (allgemein) | | | |
| 45 | | |  | | | Spriegummainis (vispārīgais apzīmējums) Voltage transformer (general symbol) Трансформатор напряжения (общее обозначение) Spannungswandler (allgemein) | | | |
| 46 | | |  | | | Strāvmainis ar divām serdēm un vienu sekundāro tinumu uz katras no serdēm  Current transformer with two cores with one secondary winding on each core  Трансформатор тока с двумя магнитопроводами и двумя вторичными обмотками  Stromwandler mit zwei Kernen und einer Sekundarwicklung auf jedem Kern | | | |
| 47 | | |  | | | Strāvmainis ar diviem sekundārajiem tinumiem uz vienas serdes Current transformer with two secondary windings on one core Трансформатор тока с двумя вторичными обмотками на одном магнитопроводе  Stromwandler mit zwei Sekundarwicklungen auf einem Kern | | | |
| 48 | | |  | | | Trīsfāžu transformators (zvaigzne-trīsstūris slēgums) Three-phase transformer (connection star-delta) Трансформатор трёхфазный с соединением обмоток по схеме звезда-треугольник  Drehstromtransformator (Stern/Dreieckschaltung) | | | |
| 49 | | |  | | | Trīsfāžu transformators (zvaigzne-trīsstūris slēgums) Three-phase transformer (connection star-delta) Трансформатор трёхфазный с соединением обмоток по схеме звезда-треугольник  Drehstromtransformator (Stern/Dreieckschaltung) | | | |
| 50 | | |  | | | Taisngriezis Rectifier выпрямитель Gleichrichter | | | |
| 51 | | |  | | | Taisnigriezis tiltsl§gum5 Rectifier in full wave (bridge) connection Выпрямитель (соединенный no мостовой схеме) Gleichrichter in Bruckenschaltung | | | |
| 52 | | |  | | | Galvansikais elements Primary cell  Гальванический элемент  Primarzelle; galvanisches Element; galvanische Zelle | | | |
| 7. Komutācijas aparatūra, sadales un aizsargierīces | | | | | | | | | |
| 53 |  | | | Saslēdzējkontakts (vispārīgais apzīmējums) Make contact (general symbol) Замыкающий контакт (общее обозначение) Schliesser (allgemein) | | | |
| 54 |  | | | Pārtraucējkontakts Break contact Размыкающий контакт Offner | | | |
| 55 |  | | | Pārslēdzējkontakts ar iepriekšēju pārtraukšanu Change-over break before make contact Перекпючающий контакт с предворитепьным размыканием Wechsler mit Unterbrechung | | | |
| 56 |  | | | Momentkontakts ar saskari nostrādājot un atgriežoties Passing make contact  Проскальзывающий контакт с замыканием при срабатывании и возврате  Wischer mit Kontaktgabe bei Betātigung und Ruckfall | | | |
| 57 |  | | | Saslēdzējkontakts (saslēdzas ar laika kavējumu) Make contact (delayed closing)  Замыкающий контакт (срабатывающий с замедлением) Anzugverzogerter Offner | | | |
| 58 |  | | | Saslēdzējkontakts (pārtraucas ar laika kavējumu) Make contact (delayed opening)  Замыкающий контакт (с выдержкой времени при размыкании) Abfallverzogerter Schliesser | | | |
| 59 |  | | | Manuāldarbināms slēdzis (vispārīgs apzīmējums) Switch (manually operated, general symbol) Выключатель ручного управления (общее обозначение) Handbetātigter Schalter (allgemein) | | | |
| 60 |  | | | Spiedslēdzis; spiedpoga; saslēdzējkontakts ar pašatgriezi Switch (manually operated, push-button, automatic return) Выключатель кнопочный нажимной; замыкающий контакт с самовозвратом  Druckschalter; Schliesser mit selbsttātigem Rūckgang | | | |
| 61 |  | | | Galaslēdzis (ar noslēdzējkontaktu)  Position switch (make contact)  Концевой выключатель (с замыкающим контактом)  Endschalter-Schliesser | | | |
| 62 |  | | | Termiskais (piemēram, bimetāla) pārtraucējkontakts ar pašiedarbi Thermal switch (self-operating, break contact) Термический (например, биметаллический) саморазмыкающий контакт  Offner mit selbsttātiger termischer Betātigung; Thermokontakt (z. В. Bimetall) | | | |
| 63 |  | | | Kontaktors vai tā darba saslēdzējkontakts Contactor; Main make contact of a contactor Контактор, рабочий контакт контактора Schutz; Leistungsschliesser eines Schiitzes | | | |
| 64 |  | | | Jaudas slēdzis Circuit-breaker Выключатель мощности Leistungsschalter | | | |
| 65 |  | | | Atdalītājs Disconnector Разъединитель Trennschalter | | | |
| 66 |  | | | Slodzes slēdzis, slodzes atdalītājs Load switch, Switch-disconnector  Выключатель нагрузки, выключатель нагрузки-разъединитель Lasttrennschalter | | | |
| 67 |  | | | Brīvās sakabes mehānisms, brīvsajūgs Trip-free mechanism Механизм свободного расцепления Ausloseeinrichtung | | | |
| 68 |  | | | Elektromehāniskā piedziņa, releja spole (vispārīgs apzīmējums) Operating device; Relay coil (general symbol) Электромеханический привод, катушка электромеханического устройства (общее обозначение) Elektromechanischer Antrieb; Relaisspule (allgemein) | | | |
| 69 |  | | | Elektriskā termoreleja uztvērējdaļa Operating device of a thermal relay Воспринимающая часть элекротеплового реле Elektromechanischer Antrieb eines Thermorelais | | | |
| 70 |  | | | [Kustošais] drošinātājs (vispārīgais apzīmējums) Fuse (general symbol)  Предохранитель [плавкий] (общее обозначение) Sicherung (allgemein) | | | |
| 71 |  | | | Drošinātājslēdzis Fuse-switch  Предохранитель-выключатель Sicherungslastschalter | | | |
| 72 |  | | | Izlādnis  Surge diverter; Lightning arrester Разрядник  Ūberspannungsableiter | | | |
| 8. Mērinstrumenti, lampas un signālierīces | | | | | | |
| 73 |  | | | Integrētājmēraparāts (vispārīgais apzīmējums) Integrating instrument (general symbol)  Измерительный прибор интегрирующий (общее обозначение) Messgerāt, integrierend (allgemein) | | | |
| 74 |  | | | Rādošs sprieguma mērītājs, voltmetrs  Voltmeter  Измерительный прибор напряжения показывающий, вольтметр Spannungsmessgerāt (anzeigend); Voltmeter | | | |
| 75 |  | | | Rādošs strāvas mērītājs, ampērmetrs Ammeter  Измерительный прибор тока показывающий, амперметр Amperemeter | | | |
| 76 |  | | | Vatmetrs Wattmeter Ваттметр Wattmeter | | | |
| 77 |  | | | Aktīvās elektroenerģijas skaitītājs Watt-hour meter  Счетчик активной электроэнергии Wattstundenzahler; Elektrizitātszāhler | | | |
| 78 |  | | | Reaktīvās elektroenerģijas skaitītājs Var-hour meter  Счетчик реактивной электроэнергии Blindverbrauchszāhler | | | |
| 79 |  | | | Spuldze (vispārīgais apzīmējums) Lamp (general symbol) Лампа (общее обозначение) Lampe (allgemein) | | | |
| 80 |  | | | Neitrālvads. N vads Neutral conductor; N conductor Нейтральный провод, N-провод Neutralleiter. N-Leiter: Mittelleiter. M-Leiter | | | |
| 81 |  | | | Aizsargvads. PE vads Protective conductor; PE conductor Защитный провод, РЕ-провод Schutzleiter, PE-Leiter | | | |
| 82 |  | | | Aizsargneitrālvads. PEN vads  Combined protective and neutral conductor; PEN conductor Совмещенный нейтральный и защитный провод. РЕN-провод Neutralleiter mit Schutzfunktion. PEN-Leiter | | | |
| 83 |  | | | Līnija ar trim fāzes vadiem, neitrālvadu un aizsargvadu Three-phase wiring with neutral conductor and protective conductor Линия с тремя фазными, нейтральным и защитным проводами Drei Leiter, ein Neutralleiter, ein Schutzleiter | | | |
| 84 |  | | | Sadalne  Distribution centre Распределительный щит Verteiler | | | |
| Pārējie reglamantētie grafiskie simboli | | | | | | |
| 85 |  | | | Aizsargslēdzis ar elektromagnētisko atkabni  Circuit-breaker with electromagnetic release  Автоматический воздушный выключатель с электромагнитным расцепителем  Schutzschalter mit elektromagnetischem Ausloser | | | |
| 86 |  | | | Aizsargslēdzis ar termoatkabni  Circuit-breaker with termal release  Автоматический воздушный выключатель с тепловым  расцепителем  Schutzschalter mit thermischem Ausloser | | | |
| 87 |  | | | Aizsargslēdzis ar elektromagnētisko un termisko atkabni Circuit-breaker with electromagnetic and termal release Автоматический воздушный выключатель с электромагнитным и тепловым расцепителями  Schutzschalter mit elektromagnetischem und thermischem Ausloser | | | |
| 88 |  | | | Noplūdstrāvas aizsargslēdzis  Earth leakage circuit-breaker, e.l.c.b.; residual current operated circuit breaker, r.c.c.b. Устройство защитного отключения. УЗО Fehlerstrom-Schutzschalter; Fl-Schutzschalter | | | |
| 89 |  | | | Aizsargslēdzis ar elektromagnētisko atkabnĻ termisko atkabni, un noplūdstrāvas aizsargierīci  Circuit-breaker with electromagnetic and termal release and an residual current device  Автоматический воздушный выкпючатель с электромагнитным и тепловым расцепителями. совмещенный с устройством защитного отключения  Schutzschalter mit elektromagnetischem Ausloser, thermischem Ausloser und Schutzeinrichtung gegen Fehlerstrom | | | |
| 90 |  | | | Funkcionālzemēšana Functional earthing функциональное заземление Funktionserdung | | | |
| 91 |  | | | Akustiska signālierīce; zvans (vispārīgais apzīmējums) Acoustic ignaling device; Bell (general symbol) Акустическое сигнальное устройство; звонок (общее обозначение)  Akustische Signaleinrichtung; Klingel (allgemein) | | | |
| 92 |  | | | Kopne Busbar  сборная шина Sammelschiene | | | |

P.1.8. tabula

**Vienburta un divburtu kodi principshēmās biežāk lietojamo elementu apzīmēšanai**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Koda**  **pirmais**  **burts** | **Apzīmējamo elementu grupa** | **Grupā ietilpstošo elementu raksturīgi piemēri** | **Divbur- tu kods** |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| A | Ietaise, iekārta, ierīce (vispārīgs apzīmējums) |  |  |
| B | Neelektrisku lielumu pārveidotāji elektriskos lielumos (atskaitot ģeneratorus un barošanas avotus) vai pretēji. | Telefons | BF |
| Termodevējs | BK |
| Fotoelements | BL |
| C | Kondensatori |  |  |
| D | Integrālās shēmas, mikroierīces |  |  |
| E | Dažādi elementi | Sildelements | EK |
| Apgaismes spuldze (gaismeklis) | EL |
| F | Aizsardzības ierīces | Kūstošais drošinātājs | FU |
| Izlādnis | FV |
| G | Ģeneratori, barošanas avoti | Baterija | GB |
| H | Signālierīces | Skaņas signālierīce | HA |
| Gaismas signālierīce | HL |
| K | Releji, kontaktori | Strāvas relejs | KA |
| Signālrelejs | KH |
| Elektrotermiskais relejs | KK |
| Kontaktors, magnētiskais palaidējs (magnētslēdzis) | KM |
| Laika relejs | KT |
| Sprieguma relejs | KV |
| Starprelejs | KL |
| L | Induktivitātes, droseles |  |  |
| M | Elektrodzinējs |  |  |
| P | Mēraparāti | Ampērmetrs | PA |
| Aktīvās enerģijas skaitītājs | PI |
| Reaktīvās enerģijas skaitītājs | PK |
| Laika mērītājs | PT |
| Voltmetrs | PV |
| Vatmetrs | PW |
| Q | Komutācijas aparāti spēka (pēc padomju  nostādnēm tikai augstsprieguma, bet pēc ES valstu prakses arī zemsprieguma) ķēdēs | Jaudas slēdzis | QF |
| Slodzes slēdzis | QW |
| Atdalītājs | QS |
| R | Rezistori | Potenciometrs | RP |
| S | Komutācijas aparāti vadības, signalizācijas un mērķēdēs | Slēdzis vai pārslēdzis | SA |
| Pogslēdzis, vadības poga | SB |
| Automātisks slēdzis, aizsargslēdzis | SF |
| Ceļaslēdzis, galaslēdzis | SQ |
| T | Transformatori un autotransformatori | Strāvmainis | TA |
| Spriegummainis | TV |
| U | Sakaru iekārtas, elektrisku lielumu pārveidotāji elektriskos lielumos |  |  |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| V | Vakuuma un pusvadītāju ierīces | Diode, stabilitrons | VD |
| Tranzistors | VT |
| Tiristors | VS |
| W | Līnija |  |  |
| X | Kontaktsavienojumi | Kontaktspraudnis | XP |
| Kontaktligzda | XS |
| Izjaucams kontaktsavienojums, nozarkārba | XT |
| Y | Mehāniskas ierīces ar elektromagnētisku piedziņu | Elektromagnēts | YA |

P.2.1. tabula

**Drošinātāju PN-22 tehniskie dati**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Drošinātāju tips** | **Nominālās**  **strāvas, A** | **Kūstošā ieliktņa nominālā strāva , A** | **Jaudas zudumi,**  **W** | **Kūstošā ieliktņa aktīvā pretestība∙10-3, Ω** | **Atslēgtspēja, kA** |
| PN22-100 | 100 | 31,5 | 7,0 | 4,4 | 80 |
| 40 | 7,5 | 2,6 |
| 50 | 8,5 | 2,0 |
| 63 | 11,5 | 1,65 |
| 80 | 12,5 | 1,3 |
| 100 | 16,0 | 0,9 |
| PN22-250 | 250 | 80 | 12,5 | 1,3 | 80 |
| 100 | 16,0 | 0,83 |
| 125 | 21,0 | 0,62 |
| 160 | 28,0 | 0,50 |
| 200 | 30,0 | 0,42 |
| 250 | 34,0 | 0,27 |
| PN22-400 | 400 | 200 | 30,0 | 0,42 | 40 |
| 250 | 34,0 | 0,34 |
| 315 | 49,0 | 0,22 |
| 400 | 56,0 | 0,15 |
| PN22-630 | 630 | 315 | 49,0 | 0,22 | 25 |
| 400 | 56,0 | 0,14 |
| 500 | 60,0 | 0,14 |
| 630 | 85,0 | 0,09 |

|  |
| --- |
| **t, s**    **Atslēgtspēja, kA** |

P.2.1. att. Drošinātāja PN-22 laikstrāvas raksturlīkne

P.2.2. 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 |

P.2.3. tabula

**Firmas „Bussmann” drošinātāju „D” tipa tehniskie dati**

**(gL, 500 V, 2-100 A, atslēgtspēja 100 kA)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cokola vītne** | **Kataloga Nr.** | **Nominālās strāvas, A** | **Izmērs "D", mm** | **Krāsa** |
| E-16 | 2D16 | 2 | 6 | Rozā/Pink |
|  | 4D16 | 4 | 6 | Brūns/Brown |
|  | 6D16 | 6 | 6 | Zaļš/Green |
|  | 10D16 | 10 | 7 | Sarkans/Red |
|  | 16D16 | 16 | 10 | Pelēks/Grey |
|  | 20D16 | 20 | 12 | Zils/Blue |
|  | 25D16 | 25 | 14 | Dzeltens/Yellow |
| E-27 | 2D27 | 2 | 6 | Rozā/Pink |
|  | 4D27 | 4 | 6 | Brūns/Brown |
|  | 6D27 | 6 | 6 | Zaļš/Green |
|  | 10D27 | 10 | 8 | Sarkans/Red |
|  | 16D27 | 16 | 10 | Pelēks/Grey |
|  | 20D27 | 20 | 12 | Zils/Blue |
|  | 25D27 | 25 | 14 | Dzeltens/Yellow |
| E-33 | 35D33 | 35 | 16 | Melns/Black |
|  | 50D33 | 50 | 18 | Balts/White |
|  | 63D33 | 63 | 20 | Vara/Copper |
| E-125 | 80D125 | 80 | 5 | Sudraba/Silver |
|  | 100D125 | 100 | 7 | Sarkans/Red |

P.2.4 tabula

**FERRAZ tipa drošinātāju tehniskie dati**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nominālais spriegums** | **Atslēgt-spēja, kA** | **Nominālās strāvas,** A |
| 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 |
| 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 |

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | **t, s**    **strāva, A** |
| ***b*** | t, s    strāva, A |

P.2.2. att. Ferraz tipa drošinātāju laikstrāvas raksturlīknes (415 V AC, 80 kA):

*a* - gG tipa drošinātāji; *b* - gM tipa drošinātāji

P.2.5. tabula

**NH drošinātāju kūstošā ieliktņa izvēle atbilstoši elektrodzinēja nominālai jaudai un**

**spriegumam**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Elektrodzinējs** | | | | | | **Drošinātāja kūstošā ieliktņa IN, A** | | | | | | | | | | | | | |
| **220 V** | | | **380 V** | | | **AC-00** | | **AC-0** | | **AC-1** | | **AC-2** | | **AC-3** | | | **AC-4** | |
| **P, kW** | **CV** | **IN,**  **A** | **P, kW** | **CV** | **IN,A** | **gl** | **aM** | **gl** | **aM** | **gl** | **aM** | **gl** | **aM** | **gl** | **aM** | **gl** | | **aM** | | |
| 0,18 | 0,25 | 0,94 | 0,37 | 0,50 | 1,1 | 4 |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 0,37 | 0,50 | 1,9 | 0,75 | 1 | 2 | 6 |  | 6 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 0,55 | 0,75 | 2,8 | 1,1 | 1,5 | 2,6 | 6 |  | 6 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 0,75 | 1 | 3,5 | 1,5 | 2 | 3,5 | 10 |  | 10 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 1,1 | 1,5 | 4,4 | 2,2 | 3 | 5 | 16 |  | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 1,5 | 2 | 6 | 3 | 4 | 6,6 | 16 |  | 16 |  | 16 |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 2,2 | 3 | 8,7 | 4 | 5,5 | 8,5 | 20 | 10 | 20 |  | 20 |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 3 | 4 | 11,5 | 5,5 | 7,5 | 11,5 | 25 |  | 25 |  | 25 |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 4 | 5,5 | 14,5 | 7,5 | 10 | 15,5 | 32 | 16 | 32 |  | 32 |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 5,5 | 7,5 | 20 | 10 | 13,5 | 20 | 50 | 25 | 50 |  | 50 |  | 50 |  |  |  |  | |  | | |
| 7,5 | 10 | 27 | 15 | 20 | 30 | 50 | 32 | 50 |  | 50 |  | 50 |  |  |  |  | |  | | |
| 10 | 18,5 | 35 | 18,5 | 25 | 37 | 63 | 40 | 63 | 40 | 63 |  | 63 |  |  |  |  | |  | | |
| 11 | 15 | 39 | 22 | 30 | 44 | 80 | 50 | 80 | 50 | 80 |  | 80 |  |  |  |  | |  | | |
| 15 | 20 | 52 | 25 | 34 | 51 | 100 | 63 | 100 | 63 | 100 |  | 100 |  |  |  |  | |  | | |
| 18,5 | 25 | 64 | 30 | 40 | 60 | 125 | 80 | 125 | 80 | 125 | 80 | 125 |  |  |  |  | |  | | |
| 22 | 30 | 75 | 37 | 50 | 73 | 125 | 80 | 125 | 80 | 125 | 80 | 125 |  |  |  |  | |  | | |
| 25 | 34 | 85 | 45 | 60 | 85 | 160 | 100 | 160 | 100 | 160 | 100 | 160 | 100 |  |  |  | |  | | |
| 30 | 40 | 103 | 55 | 75 | 105 |  | 125 | 200 | 125 | 200 | 125 | 200 | 125 |  |  |  | |  | | |
| 45 | 60 | 147 | 75 | 100 | 138 |  | 160 |  | 160 | 250 | 160 | 250 | 160 | 250 |  |  | |  | | |
| 55 | 75 | 182 | 90 | 125 | 170 |  |  |  | 200 |  | 200 | 315 | 200 | 315 |  |  | |  | | |
| 75 | 100 | 239 | 110 | 150 | 205 |  |  |  |  |  | 250 | 400 | 250 | 400 |  |  | |  | | |
|  |  |  | 132 | 175 | 245 |  |  |  |  |  |  |  | 315 | 500 |  | 500 | |  | | |
| 90 | 125 | 295 | 160 | 220 | 300 |  |  |  |  |  |  |  | 315 | 500 |  | 500 | |  | | |
| 110 | 150 | 366 | 200 | 270 | 370 |  |  |  |  |  |  |  | 400 | 630 | 400 | 630 | |  | | |
| 132 | 175 | 425 | 250 | 350 | 475 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 500 | 800 | | 500 | | |
| 160 | 220 | 520 | 300 | 400 | 560 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 630 | 1000 | | 630 | | |
| 220 | 300 | 705 | 400 | 550 | 750 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 125 | | 800 | | |

aM — lietošanas klase elektrodzinēju aizsardzībai

gl — lietošanas klase vadu un kabeļu līniju aizsardzībai

P.2.6. tabula

**HRC tipa drošinātāju kūstošā elementa nominālās strāvas (UN līdz 500 V)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **gG modelis** | | | | | **aM modelis** | | | | |
| **Gabarīts** | **IN, A** | **Pdr, W** | **Drošinātāja**  **tips** | **Svars,**  **kg** | **Gabarīts** | **IN, A** | **Pdr, W** | **Drošinātāja**  **tips** | **Svars,**  **kg** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| 000 | 2 | 3,9 | OFAF000H2 | 0,12 | 000 | 2 | 0,08 | OFAF000AM2 | 0.12 |
| 4 | 1,5 | OFAF000H4 | 0,12 | 4 | 0,18 | OFAF000AM4 | 0.12 |
| 6 | 1,6 | OFAF000H6 | 0,12 | 6 | 0,26 | OFAF000AM6 | 0.12 |
| 10 | 1,1 | OFAF000H10 | 0,12 | 10 | 0,46 | OFAF000AM10 | 0.12 |
| 16 | 1,8 | OFAF000H16 | 0,12 | 16 | 0,72 | OFAF000AM16 | 0.12 |
| 20 | 2,4 | OFAF000H20 | 0,12 | 20 | 0,92 | OFAF000AM20 | 0.12 |
| 25 | 2,4 | OFAF000H25 | 0,12 | 25 | 1,2 | OFAF000AM25 | 0.12 |
| 32 | 2,7 | OFAF000H32 | 0,12 | 32 | 1,5 | OFAF000AM32 | 0.12 |
| 35 | 3,0 | OFAF000H35 | 0,12 | 35 | 1,6 | OFAF000AM35 | 0.12 |
| 40 | 3,4 | OFAF000H40 | 0,12 | 40 | 1,8 | OFAF000AM40 | 0.12 |
| 50 | 3,9 | OFAF000H50 | 0,12 | 50 | 2,3 | OFAF000AM50 | 0.12 |
| 63 | 4,7 | OFAF000H63 | 0,12 | 63 | 2,9 | OFAF000AM63 | 0.12 |
| 80 | 5,7 | OFAF000H80 | 0,12 | 80 | 3,6 | OFAF000AM80 | 0.12 |
| 100 | 6,7 | OFAF000H100 | 0,12 | 100 | 5,2 | OFAF000AM100 | 0.12 |
| 00 | — | — | — | — | 00 | 80 | 3,6 | OFAF00AM80 | 0.18 |
| — | — | — | — | 100 | 5,2 | OFAF00AM100 | 0.18 |
| 125 | 8,4 | OFAF00H125 | 0,18 | 125 | 6,4 | OFAF00AM125 | 0.18 |
| 160 | 10,6 | OFAF00H160 | 0,18 | 160 | 7,9 | OFAF00AM160 | 0.18 |
| 0 | 6 | 1,8 | OFAF0H6 | 0.21 | 0 | 6 | 0,31 | OFAF0AM6 | 0.21 |
| 10 | 1,5 | OFAF0H10 | 0.21 | 10 | 0,5 | OFAF0AM10 | 0.21 |
| 16 | 2,5 | OFAF0H16 | 0.21 | 16 | 0,34 | OFAF0AM16 | 0.21 |
| 20 | 3,5 | OFAF0H20 | 0.21 | 20 | 1 | OFAF0AM20 | 0.21 |
| 25 | 3,5 | OFAF0H25 | 0.21 | 25 | 1,3 | OFAF0AM25 | 0.21 |
| 32 | 3,2 | OFAF0H32 | 0.21 | 32 | 1,6 | OFAF0AM32 | 0.21 |
| 35 | 3,5 | OFAF0H35 | 0.21 | 35 | 1,7 | OFAF0AM35 | 0.21 |
| 40 | 4,2 | OFAF0H40 | 0.21 | 40 | 2 | OFAF0AM40 | 0.21 |
| 50 | 5,1 | OFAF0H50 | 0.21 | 50 | 2,8 | OFAF0AM50 | 0.21 |
| 63 | 6,2 | OFAF0H63 | 0.21 | 63 | 3,4 | OFAF0AM63 | 0.21 |
| 80 | 7,1 | OFAF0H80 | 0.21 | 80 | 4,9 | OFAF0AM80 | 0.21 |
| 100 | 8,7 | OFAF0H100 | 0.21 | 100 | 6 | OFAF0AM100 | 0.21 |
| 125 | 11,0 | OFAF0H125 | 0.21 | 125 | 7,9 | OFAF0AM125 | 0.21 |
| 160 | 11,7 | OFAF0H160 | 0.21 | 160 | 10,5 | OFAF0AM160 | 0.21 |
| 200 | 15,0 | OFAF0H200 | 0.30 | 200 | 11,8 | OFAF0AM200 | 0.21 |
| 224 | 16,2 | OFAF0H224 | 0.30 | — | — | — | — |
| 250 | 17,8 | OFAF0H250 | 0.30 | — | — | — | — |
| 1 | 16 | 2,5 | OFAF1H16 | 0,28 | 1 | 16 | 0,97 | 0FAF1AM16 | 0.28 |
| 20 | 3,5 | OFAF1H20 | 0,28 | 20 | 1,2 | OFAF1AM20 | 0.28 |
| 25 | 3,3 | OFAF1H25 | 0,28 | 25 | 1,4 | OFAF1AM25 | 0.28 |
| 32 | 3,2 | OFAF1H32 | 0,28 | 32 | 1,9 | OFAF1AM32 | 0.28 |
| 35 | 3,5 | OFAF1H35 | 0,28 | 35 | 2 | OFAF1AM35 | 0.28 |
| 40 | 4,2 | OFAF1H40 | 0,28 | 40 | 2,3 | OFAF1AM40 | 0.28 |
| 50 | 5,1 | OFAF1H50 | 0,28 | 50 | 2,9 | OFAF1AM50 | 0.28 |
| 63 | 6,2 | OFAF1H63 | 0,28 | 63 | 3,6 | OFAF1AM63 | 0.28 |
| 80 | 7,1 | OFAF1H30 | 0,28 | 80 | 4,6 | OFAF1AM80 | 0.28 |
| 100 | 8,7 | OFAF1H100 | 0,28 | 100 | 5,8 | OFAF1AM100 | 0.28 |
| P.2.6. tabulas turpinājums | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| 1 | 125 | 11,0 | OFAF1H125 | 0,40 | 1 | 160 | 10,4 | OFAF1AM160 | 0.30 |
| 160 | 11,7 | OFAF1H160 | 0,40 | 200 | 14,2 | OFAF1AM200 | 0.30 |
| 200 | 14,5 | OFAF1H200 | 0,40 | 224 | 16,0 | OFAF1AM224 | 0.30 |
| 224 | 15,9 | OFAF1H224 | 0,40 | 250 | 17,5 | OFAF1AM250 | 0.30 |
| 250 | 19,7 | OFAF1H250 | 0,40 | 315 | 22,1 | 0FAF1AM315 | 0.30 |
| 315 | 26,0 | OFAF1H315 | 0,40 | — | — | — | — |
| 355 | 26,4 | 0FAF1H355 | 0,40 | — | — | — | — |
| 2 | 35 | 3,5 | OFAF2H35 | 0.42 | 2 | 35 | 1,8 | 0FAF2AM35 | 0.32 |
| 40 | 5,1 | OFAF2H40 | 0.42 | 40 | 2,1 | OFAF2AM40 | 0.32 |
| 50 | 6,0 | OFAF2H50 | 0.42 | 50 | 2,7 | OFAF2AM50 | 0.32 |
| 63 | 7,1 | OFAF2H63 | 0.42 | 63 | 3,4 | OFAF2AM63 | 0.32 |
| 80 | 8,6 | OFAF2H80 | 0.42 | 80 | 4,4 | OFAF2AM80 | 0.32 |
| 100 | 10,6 | OFAF2H100 | 0.42 | 100 | 5,5 | OFAF2AM100 | 0.32 |
| 125 | 11,9 | OFAF2H125 | 0.42 | 125 | 6,4 | OFAF2AM125 | 0.32 |
| 160 | 14,0 | OFAF2H160 | 0.42 | 160 | 9,3 | OFAF2AM160 | 0.32 |
| 200 | 15,4 | OFAF2H200 | 0.42 | 200 | 11,3 | OFAF2AM200 | 0.32 |
| 224 | 19,1 | OFAF2H224 | 0.42 | 224 | 16,0 | OFAF2AM224 | 0.32 |
| 250 | 22,5 | OFAF2H250 | 0.42 | 250 | 16,3 | OFAF2AM250 | 0.32 |
| 300 | 24,0 | OFAF2H300 | 0.63 | 300 | 21,0 | OFAF2AM300 | 0.40 |
| 315 | 26,2 | OFAF2H315 | 0.63 | 315 | 23,1 | 0FAF2AM315 | 0.40 |
| 355 | 27,5 | OFAF2H355 | 0.63 | 355 | 26,0 | OFAF2AM355 | 0.40 |
| 400 | 30,2 | OFAF2H400 | 0.63 | 400 | 29,7 | OFAF2AM400 | 0.40 |
| 425 | 33,0 | OFAF2H425 | 0.63 | 500 | 34,4 | OFAF2AM500 | 0.40 |
| 500 | 44,0 | OFAF2H500 | 0.63 | — | — | — | — |
| 3 | 250 | 17,9 | OFAF3H250 | 0.63 | 3 | 250 | 16 | OFAF3AM250 | 0.45 |
| 300 | 20 | OFAF3H300 | 0.63 | 300 | 21 | OFAF3AM300 | 0.45 |
| 315 | 22,4 | OFAF3H315 | 0.63 | 315 | 21 | OFAF3AM315 | 0.45 |
| 355 | 23,5 | OFAF3H355 | 0.63 | 355 | 26.5 | OFAF3AM355 | 0.45 |
| 400 | 30,1 | OFAF3H400 | 0.63 | 400 | 29,1 | OFAF3AM400 | 0.45 |
| 425 | 33,0 | OFAF3H425 | 1.00 | 425 | 33 | OFAF3AM425 | 0.60 |
| 450 | 36 | OFAF3H450 | 1.00 | 450 | 37 | OFAF3AN450 | 0.60 |
| 500 | 44,0 | OFAF3H500 | 1.00 | 500 | 42 | OFAF3AM500 | 0.60 |
| 630 | 47,5 | OFAF3H630 | 1.00 | 630 | 42 | OFAF3AM630 | 0.60 |
| 800 | 56,9 | OFAF3H800 | 0.90 | 800 | 55 | OFAF3AM800 | 0.60 |
| 4a | 500 | 33 | OFAF4AH500 | 2.0 |
| 630 | 43 | OFAF4AH630 | 2.0 |
| 800 | 58 | OFAF4AH800 | 2.0 |
| 1000 | 71 | OFAF4AH1000 | 2.0 |
| 1250 | 85 | OFAF4AH1250 | 2.0 |

|  |
| --- |
| **t, s**  **Īsslēguma strāva, A**  ***a*** |

|  |
| --- |
| **t, s**    **Īsslēguma strāva, A**  ***b*** |

P.2.3. att. Drošinātāju HRC gG tipa (*a*) un aM tipa (*b*) laikstrāvas raksturlīknes dažādām IN.dr.

(t – laiks līdz loka izveidošanai)

P.2.7. tabula

**Firmas Weber drošinātāji NH DIN 400 V, nerūsējošie**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **le, A** | **Gabarīts** | **Tips** | **Svars, kg** | **le, A** | **Gabarīts** | **Tips** | **Svars, kg** |
| 6 | 00 | NH00LP6MR | 0.17 | 63 | 2 | NH2 LP 63MR | 0,60 |
| 10 | NH00LP 10MR | 0.17 | 80 | NH2 LP 80MR | 0,60 |
| 16 | NH00LP 16MR | 0.17 | 100 | NH2LP100MR | 0,60 |
| 20 | NH00LP 20MR | 0.17 | 125 | NH2LP125MR | 0,60 |
| 25 | NH00LP 25MR | 0,17 | 160 | NH2 LP 160MR | 0,60 |
| 32 | NH00LP 32MR | 0.17 | 200 | NH2 LP 200MR | 0,60 |
| 40 | NH00LP40MR | 0.17 | 224 | NH2 LP 224MR | 0,60 |
| 50 | NH00 LP 50MR | 0.17 | 250 | NH1 LP250MR | 0,43 |
| 63 | NH00 LP 63MR | 0.17 | 63 | 2 | NH2 LP 63MR | 0,60 |
| 80 | NH00 LP 80MR | 0.17 | 80 | NH2 LP 80MR | 0,60 |
| 100 | NH00LP100MR | 0.17 | 100 | NH2LP100MR | 0,60 |
| 125 | NH00LP125MR | 0.17 | 125 | NH2LP125MR | 0,60 |
| 160 | NH00LP160MR | 0.17 | 160 | NH2LP160MR | 0,60 |
| 25 | 1 | NH1LP25MR | 0,43 | 200 | NH2 LP 200MR | 0,60 |
| 32 | NH1 LP32MR | 0,43 | 224 | NH2 LP 224MR | 0,60 |
| 40 | NH1 LP40MR | 0,43 | 250 | NH2 LP 250MR | 0,60 |
| 63 | NH1 LP63MR | 0,43 | 315 | NH2LP 315MR | 0,60 |
| 80 | NH1LP80MR | 0,43 | 355 | NH2 LP 335MR | 0,60 |
| 100 | NH1 LP 100MR | 0,43 | 400 | NH2LP400MR | 0,60 |
| 125 | NH1 LP 125MR | 0,43 | 315 | 3 | NH3LP 315MR | 0,83 |
| 160 | NH1 LP 160MR | 0,43 | 355 | NH3 LP 355MR | 0,83 |
| 200 | NH1 LP 200MR | 0,43 | 400 | NH3LP400MR | 0,83 |
| 224 | NH1 LP 224MR | 0,43 | 500 | NH3 LP 500MR | 0,83 |
| 250 | NH1 LP250MR | 0,43 | 630 | NH3 LP 630MR | 0,83 |

|  |
| --- |
| **tv, s** |
|  |
| **Ip, A (eff.)** |

P.2.4. att. Drošinātāju Weber gG/gL tipa laikstrāvas raksturlīknes dažādām IN.dr.

(tv – laiks līdz loka izveidošanai)

P.2.8. tabula

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nominālais**  **spriegums** | **Drošinātāju veids**  **Ie, A** | **Transformatora jauda, kVA** | | | | | | | | | | | | | | |
|  | **UK = 4%** | | | | | | | | | | | **UK = 5%** | | | **UK = 6,25%** |
| **Nominālais transformatora**  **spriegums, kV** | **50** | **100** | **125** | **160** | **200** | **250** | **315** | **400** | **500** | **630** | | **800** | **1000** | **1250** | **1600** |
| **3/7,2** | **Tr-ra Inom** | 4,8 | 9,6 | 12 | 15,4 | 19,2 | 24,1 | 30,3 | 38,5 | 48,1 | 60,6 | | 77,1 | 96,3 | 120,3 | 154 |
| **6** | **bez NH**  **ar NH-gL**  **ar NH-gTr** | 10-20  16 | **20**-31,5  25  **20** 25 | **25**-40  **25** 31,5  **25** 31,5 | **25**-50  **31,5** 40  **31,5** 40 | **31,5**-63  **40** 50  **40** 50 | **40**-80  **50** 63  **50** 63 | **50**-100 **63** 80  **63** 80 | **63**-125 **80** 100  **80** 100 | **80**-160  125  **100** 125 | **100**-160  **125** 160  160 | | **125**-160 **125** 160  160 | [125] **160**  160 | 160 | 160 |
| **6/12** | **Tr-ra Inom** | 2,9 | 5,8 | 7,2 | 9,2 | 11,5 | 14,4 | 18,2 | 23,1 | 28,9 | 36,4 | | 46,2 | 57,7 | 72,2 | 92,4 |
| **10** | **bez NH**  **ar NH-gL**  **ar NH-gTr** | 10  10 | **16**-20  16  16 | **16**-25  16  16 | **20**-31,5  20  **20** 25 | **25**-40  25  **25** 31,5 | **31,5**-50 31,5  **31,5** 40 | **31,5**-63  40  **40** 50 | **40**-80  50  **50** 63 | **50**-100  63  **63** 80 | **63**-125  100  **80** 100 | | **80**-125  (100)  **100** 125 | [80]-**100**  (125)  **125** 160 | [100]-**125** | **125** 160 |
| **10/24** | **Tr-ra Inom** | 1,5 | 2,9 | 3,6 | 4,6 | 5,8 | 7,2 | 9,1 | 11,5 | 14,4 | 18,0 | | 23,1 | 28,9 | 36,1 | 46,2 |
| **20** | **bez NH**  **ar NH-gL**  **ar NH-gTr** | 6,3  6,3 | 10  10  10 | 10  10  10 | [10] **16**  16  16 | **16** 20  16  16 | **16**-25  16  **16** 25 | **20**-31,5 25  25 | **25**-40  **25** 31,5 **25** 31,5 | **31,5**-50  40  **31,5**-40 | | **31,5**-63  50  **40** 50 | **40**-63  63  63 | [40] **50**  (125)  63 **80** | [50]-**63** | [63] **80** |
|  | **Tr-ra Inom** | 72 | 144 | 180 | 231 | 289 | 361 | 455 | 577 | 722 | 999 | | 1155 | 1443 |  |  |
| **0,4/0,5**  **0,4** | **NH-gl.**  **NH-gTr (A)**  **kVA** | 80 | 125  (144)  100 | 160  (180)  125 | 200  (231)  160 | 250  (289)  200 | 315  (361)  250 | 400  (455) 315 | 500  (577)  489 | 630  (722)  589 | 800  (909)  630 | | 1000  (1155)  899 | 1250  (1443)  1000 |  |  |

**NH drošinātāju kūstošā ieliktņa izvēle atbilstoši transformatora nominālai jaudai un**

**spriegumam**

Treknraksts - ieteicamās vērtības

|  |
| --- |
|  |

P.2.5. att. Transformatoru drošinātāju gTr laikstrāvas raksturlīknes (AC 400 V)

P.3.1. tabula

**Mazgabarīta automātiskie slēdži (MAS)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Atbilstoši**  **Standartam** | **Nostrādes raksturlīkne un nomināla strāva** | | **Termiskie**  **atslēdzēji2**  **Pārbaudes strāvas:** | | **Nostrādes**  **laiks** | **Elektromagnētiskie atslēdzēji1**  **Pārbaudes strāvas:** | | **Nostrādes laiks** |
| **raksturlīkne** | **IN,**  **A** | **apakšējā**  **I1** | **augšējā**  **I2** | **iztur**  **triecienstrāvu** | **Nostrādā noteikti**  **pie** |
| IEC/NE 60898 | B | 6-63 | 1,13∙IN | 1,45∙IN | > 1 h  < 1 h | 3∙IN | 5∙IN | > 0,1 s  < 0,1 s |
|  | C | 0,5 – 63 | 1,13∙IN | 1,45∙IN | > 1 h  < 1 h | 5∙IN | 10∙IN | > 0,1 s  < 0,1 s |
|  | D | 0,5 - 63 | 1,13∙IN | 1,45∙IN | > 1 h  < 1 h | 10∙IN | 20∙IN | > 0,1 s  < 0,1 s |
| DIN VDE 0660/9.82 | K | 0,5 - 63 | 1,05∙IN | 1,2∙IN | > 1 h  < 1 h | nav piemērots |  |  |
| IEC/NE 60947-2  DIN VDE 0660 8/69 101.daļa | K | 0,5 - 63 | 1,05∙IN | 1,2∙IN  1,5∙IN  6,0∙IN | > 1 h  < 1 h **3**  < 2 min **3**  > 2 s (T1) | 8∙IN | 12∙IN | > 0,2 s  < 0,2 s |
| DIN VDE 0660/9.82 | Z | 0,5 - 63 | 1,05∙IN | 1,2∙IN | > 1 h  < 1 h | nav piemērots |  |  |
| IEC/NE 60947-2  DIN VDE 0660 8/69 101.daļa | Z | 0,5 - 63 | 1,05∙IN | 1,2∙IN  1,5∙IN | > 1 h  < 1 h **3**  < 2 min **3**  6,0∙IN | 2∙IN  > 2 s (T1) | 3∙IN | > 0,2 s  < 0,2 s |

Piezīme:

**1**Uzradītas elektromagnētiskās nostrādes vērtības attiecas uz frekvences diapazonu 16 2/3...60 Hz. Atšķirīgu frekvenču vai līdzstrāvas gadījumā skat.

**2** B, C un D raksturlīkņu MAS termiskie atslēdzēji ir kalibrēti apkārtējai temperatūrai 30°C K un Z - 20°C temperatūrai. Gadījumā, ja temperatūra ir augstāka nekā dotā, nostrādes sliekšņu vērtība samazinās par 6% uz katriem 10°C.

**3**. Uzsilušā stāvoklī (pēc I1 > 1 h vai, respektīvi, 2 h).

P.3.2. tabula

**Spēka automātslēdžu laikstrāvas raksturlīkņu tipi**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Raksturlīkņu tipi** | **Termoatkabņa nostrādes laiks**  **atkarība no strāvas** | | | **Elektromagnētiskā atkabņa nostrādes laiks atkarībā no strāvas** | |
| **A** |  |  |  | 2∙IN  t > 0,l s | 3∙IN  t < 0,l s |
| **B** | 1,13∙IN  t >l h | 1,45∙IN  t<lh | 2,55∙IN  t < 1 min | 3∙IN  t > 0,l s | 3∙IN  t < 0,l s |
| **C** | 1,13∙IN  t > l h | 1,45∙IN  t<lh | 2,55∙IN  t < 1 min | 3∙IN  t > 0,l s | 3∙IN  t < 0,l s |
| **D** | 1,13∙IN  t>lh | 1,45∙IN  t<lh | 2,55∙IN  t < 1 min | 3∙IN  t > 0,1 s | 3∙IN  t < 0,l s |
| **L** | 1,5∙IN (=10A) t > l h.  1,4∙IN (=35A) t > l h  1,3∙IN (=63A) t > l h | 1,95∙IN (=10A) t<lh  1,8∙IN (=25A) t<lh  1,7∙IN (=63A)  t<lh | 2,55∙IN  t < 1 min | 3,36∙IN  t > 0,l s | 4,9∙IN  t < 0,l s |
| **U** | 1,5∙IN (=10A) t > l h  1,4∙IN (=35A)  t > l h  1,3∙IN (=63A) t > l h | 1,95∙IN (=10A) t<lh  1,8∙IN (=25A) t<lh  1,7∙IN (=63A) t<lh | 2,55∙IN  t < 1 min | 3,5∙IN  t > 0,l s | 8∙IN  t < 0,l s |
| **E** | 1,05∙IN  t > 2 h | 1,2∙IN  t<lh |  | 5∙IN  t > 0,5 s | 6,25∙IN  t <0,3s |
| **G** | 1,05∙IN  t > 2 h | 1,35∙IN  t<lh | 2,5∙IN  0,25 < t < 0,1s | 5∙IN  t > 15 s | 10∙IN  t < 0,5 s |
| **K** | 1,3∙IN  (35;100A)  t > l h  1,05∙IN  t > 2 h | 1,6∙IN  (35;100A) t<lh  1,2∙IN  t<2h | 6∙IN  t<2s | 5∙IN  t > 0,3 s  8∙IN  t > 0,15 s | 6,25∙IN  t > 0,l s  12∙IN  t < 0,15 s |

P.3.3. tabula

**Automātslēdžu tehniskie dati**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Automātslēdža tips | | | Nominālā strāva, A | | | | Polu  skaits | | | Atkabnis | | | | | Atkabņa nominālā strāva, A | | | | Momentānā atslēgšanas strāva, А | | | | | Atslēgtspēja I, kA, ja  UN = 380 V |
| **1** | | | **2** | | | | **3** | | | **4** | | | | | **5** | | | | **6** | | | | | **7** |
| Automātslēdzi A 3100, maiņspriegums līdz 500 V, līdzspriegums līdz 220 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А3161  А3162  А3163 | | | 50 | | | | 1  2  3 | | | Termoatkabnis | | | | | 15 20  25 30  40 50 | | | | —  —  — | | | | | 2...4,5 |
| А3113/1 А3114/1 | | | 100 | | | | 2  3 | | | Kombinētais | | | | | 15... 100 | | | | 150...1000 | | | | | 3,2...12 |
| А3113/5 А3114/5 | | | 100 | | | | 2  3 | | | Elektromagnētiskais | | | | | 15... 100 | | | | 150...1000 | | | | | 3,2...12 |
| А3123  А3124 | | | 100 | | | | 2  3 | | | Kombinētais | | | | | 15...100 | | | | 430; 600; 800 | | | | | 5,5...23 |
|  | | |  | | | |  | | | Elektromagnētiskais | | | | |  | | | | 430; 600; 800 | | | | |  |
| А3133  А3134 | | | 200 | | | | 2  3 | | | Kombinētais | | | | | 120, 150; 200 | | | | 840; 1050; 1400 | | | | | 19...30 |
|  | | |  | | | |  | | | Elektromagnētiskais | | | | | 200 | | | | 840; 1050; 1400 | | | | |  |
| А3143  А3144 | | | 600 | | | | 2  3 | | | Kombinētais | | | | | 250; 300; 400; 500; 600 | | | | 1750...4200 | | | | | 32...50 |
|  | | |  | | | |  | | | Elektromagnētiskais | | | | | 600 | | | |  | | | | |  |
| Automātslēdži АП50, maiņspriegums līdz 500 V, līdzspriegums līdz 220 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| АП50-ЗМТ АП50-2МТ | | | | 50 | | | | 3  2 | | | Kombinētais | | | 1,6...50 | | | | 11∙IN, 7 ∙IN,  3,5 ∙IN. | | | | 0,3...1,5 | | |
| АП50-ЗМ АП50-2М | | | | 50 | | | | 3  2 | | | Elektromagnētiskais | | | 1,6...50 | | | | 11∙IN, 7 ∙IN,  3,5∙IN. | | | | 0,3...1,5 | | |
| АП50-ЗТ АП50-2Т | | | | 50 | | | | 3  2 | | | Termoatkabnis | | | 1,6...50 | | | | \_ | | | | 14∙INT | | |
| АП50-3 АП50-2 | | | | 50 | | | | 3  2 | | | nav | | |  | | | |  | | | | 0,05 | | |
| Automātslēdži А3700, maiņspriegums līdz 660 V, līdzspriegums līdz 440 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А3713 А3714 | 160 | | | | 2  3 | | | | Elektromagnētiskais | | | | 31,5...160 | | | | (2...10)∙IN., | | | | 74 | | | |
| А3723 А3724 | 250 | | | | 2  3 | | | | Elektromagnētiskais | | | | 160; 200; 250 | | | |  | | | |  | | | |
| А3733 А3734 | 400 | | | | 2  3 | | | | Elektromagnētiskais | | | | 160; 200; 250; 315; 400 | | | |  | | | |  | | | |
| А3743 А3744 | 630 | | | | 2  3 | | | | Elektromagnētiskais | | | | 250; 315; 400; 630 | | | |  | | | | 100 | | | |
| Automātslēdži АЕ2000, maiņspriegums līdz 500 V, līdzspriegums līdz 220 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| АЕ2010 | | 25 | | | | 3 | | | Kombinētais  Termoatkabnis | | | 0,32...1,6  8...10 | | | |  | | | | 5 | | | | |
| P.3.3. tabulas turpinājums | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1** | | **2** | | | | **3** | | | **4** | | | **5** | | | | **6** | | | | **7** | | | | |
| АЕ2030 | | 25 | | | | 3 | | | Kombinētais | | | 0.6...1,6 | | | |  | | | | 5 | | | | |
|  | | 25 | | | | 3 | | | Kombinētais | | | 2...12,5 | | | |  | | | |  | | | | |
|  | | 25 | | | | 3 | | | Termoatkabnis | | | 2...4 | | | |  | | | |  | | | | |
|  | | 25 | | | | 3 | | | Termoatkabnis | | | 5... 12,5 | | | |  | | | |  | | | | |
|  | | 25 | | | | 3 | | | Kombinētais | | | 16...23 | | | |  | | | |  | | | | |
| АЕ2040 | | 25 | | | | 3 | | | Kombinētais | | | 10...12,5  16...25 | | | |  | | | |  | | | | |
| АЕ2050 | | 63 | | | | 3 | | | Kombinētais | | | 16...25 | | | |  | | | | 10 | | | | |
|  | |  | | | | 3 | | | Kombinētais | | | 32...63 | | | |  | | | |  | | | | |
|  | | 100 | | | | 3 | | | Kombinētais | | | 50...100 | | | |  | | | | 15 | | | | |
| Automātslēdži АК50, maiņspriegums līdz 500 V, līdzspriegums līdz 220 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| АК50 | | 50 | | | | 2 (220 V)  2, 3  (500 V) | | | | Elektromagnētiskais | | | 0,6; 0,8;  ……….  40; 45; 50 | | | | | 1,35∙IN,  5∙IN, 7∙IN.,  10∙IN. | | | | | 4,5 (220 V)  9 (400 V) | |
| Automātslēdži АК63, maiņspriegums līdz 500 V, līdzspriegums līdz 240 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| АК63 | | 63 | | | | 1, 2  (240 V)  2, 3  (500 V) | | | | Elektromagnētiskais | | | 0,63; 0.8...63 | | | | | 1,3∙IN,  3∙IN,  14∙IN. | | | | | 3...5 (240 V)  6 (500 V) | |
| Automātslēdži BA, maiņspriegums līdz 380 V un 660 V, līdzspriegums līdz 220 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BA19-29 | | 63 | | | | 2 | | | | Kombinētais | | | 0,6…25 | | | | | 2∙IN, 5∙IN, | | | | |  | |
| BA51-31 | | 100 | | | | 2 | | | | Kombinētais | | | 6,3…100 | | | | | 7∙IN. | | | | |  | |
| BA51-33 | | 160 | | | | 2, 3 | | | | Kombinētais | | | 80…160 | | | | | 7∙IN. | | | | |  | |
| BA51-35 | | 250 | | | | 1, 2, 3 | | | | Kombinētais | | | 80, 100, 125, 160, 200, 250 | | | | | 12∙IN. | | | | |  | |
| BA51-39 | | 630 | | | | 1, 2, 3 | | | | Kombinētais | | | 400, 500, 630 | | | | | 10∙IN. | | | | |  | |
| Automātslēdži BA, maiņspriegums līdz 660 V, līdzspriegums līdz 440 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BA13-29 | | 63 | | | | 2, 3 | | | | Kombinētais | | | 0,6…63 | | | | | 3∙IN, 12∙IN. | | | | |  | |
| BA52-35 | | 250 | | | | 1, 2, 3 | | | | Kombinētais | | | 30, 100, 125, 160, 200, 250 | | | | | 12∙IN. | | | | |  | |
| BA52-39 | | 630 | | | | 1, 2, 3, | | | | Kombinētais | | | 250, 320, 400, 500, 600 | | | | | 10∙IN. | | | | |  | |
| Automātslēdži ABB SACE Tmax, maiņspriegums līdz 690 V, līdzspriegums līdz 500 V un 750 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 | | 1,6-160 | | | | 3,4 | | | | Kombinētais | | | (0,7-1)∙IN | | | | | 10∙IN | | | | | 25…36 | |
| T2 | | 1,6-160 | | | | 3,4 | | | | Kombinētais | | | (0,7-1)∙IN | | | | | 10∙IN | | | | | 36…85 | |
| T3 | | 63-250 | | | | 3,4 | | | | Kombinētais | | | (0,7-1)∙IN | | | | | 3∙IN. | | | | | 36…50 | |
| T4 | | 20-250/320 | | | | 3,4 | | | | Kombinētais | | | (0,7-1)∙IN | | | | | (5…10)∙IN. | | | | | 36…200 | |
| T5 | | 320-400/630 | | | | 3,4 | | | | Kombinētais | | | (0,7-1)∙IN | | | | | (5…10)∙IN. | | | | |  | |
| T5 | | 320-400/630 | | | | 3,4 | | | | Elektromagnētiskais | | |  | | | | | (2,5…5) ∙IN. | | | | | 36…200 | |
| T2 | | 10-160 | | | | 3,4 | | | | Elektroniskais | | | 1,6…160 | | | | | (1…10) ∙IN. | | | | | 36…85 | |
| T4 | | 250/320 | | | | 3,4 | | | | Elektroniskais | | | 20…320 | | | | | (1…6) ∙IN. | | | | | 36…200 | |
| T5 | | 400/630 | | | | 3,4 | | | | Elektroniskais | | | 320…630 | | | | | (1…6) ∙IN. | | | | | 36…200 | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***a*** | | ***b*** |
| ***c*** | | ***d*** |
| ***e*** | ***f*** | |

P.3.1. att. Automātslēdža C60 laikstrāvas raksturlīknes В (*a*), С (*b*), D (*c*), К (*d*), Z (*e*) un МА (*f*) atbilstoši standartam IEC 60898.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***d*** |
| ***b*** | ***e*** |
| ***c*** | ***f*** |

P.3.2. att. Automātslēdža С 120N laikstrāvas raksturlīknes В (*a*), С (*b*), D (*c*), automātslēdža С 120Н laikstrāvas raksturlīknes В (d), С (e), D (f), atbilstoši standartam IEC 60898.

|  |  |
| --- | --- |
| ***a*** | ***b*** |
| ***c*** | ***d*** |

P.3.3. att. Automātslēdža NG 80, 100 un 125 А laikstrāvas raksturlīknes В (*a*), С (*b*), D (*c*), MA (*d*) atbilstoši standartam IEC 60947.2.

P.3.4. tabula

**Mazgabarīta automātisko slēdžu iekšēja pretestība un jaudas zudumi**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tips** | **Nominālā strāva** | **Raksturlīknes**  **B, C, D** | | **Raksturlīknes**  **K** | | **Raksturlīknes**  **Z** | |
| **In A** | **R, mΩ** | **P, W** | **R, mΩ** | **P, W** | **R, mΩ** | **P, W** |
| S 200 un  S200M | 0.5 | 5500 | 1.4 | 6340 | 1.6 | 10100 | 2.5 |
| 1 | 1440 | 1.4 | 1550 | 1.6 | 2270 | 2.3 |
| 1.6 | 630 | 1.6 | 695 | 1.8 | 1100 | 2.8 |
| 2 | 460 | 1.8 | 460 | 1.9 | 619 | 2.5 |
| 3 | 150 | 1.3 | 165 | 1.5 | 202 | 1.8 |
| 4 | 110 | 1.8 | 120 | 2.0 | 149 | 2.4 |
| 6 | 55 | 2.0 | 52 | 1.9 | 104 | 3.7 |
| 8 | 15 | 1.0 | 38 | 2.5 | 53.9 | 3.45 |
| 10 | 13.3 | 1.3 | 12.6 | 1.26 | 17.5 | 1.7 |
| 13 | 13.3 | 2.3 | 12.6 | 1.26 | \_ | \_ |
| 16 | 7.0 | 1.8 | 7.7 | 2.0 | 10.9 | 2.8 |
| 20 | 6.25 | 2.5 | 6.7 | 2.7 | 6.0 | 2.4 |
| 25 | 5.0 | 3.2 | 4.6 | 2.9 | 4.1 | 2.6 |
| 32 | 3.6 | 3.7 | 3.5 | 3.6 | 2.8 | 2.9 |
| 40 | 3.0 | 4.8 | 2.8 | 4.5 | 2.5 | 4.1 |
| 50 | 1.3 | 3.25 | 1.25 | 2.9 | 1.8 | 4.4 |
| 63 | 1.2 | 4.8 | 0.7 | 5.2 | 1.3 | 5.2 |

*Piezīme:* 0.5 - 4 A un 8 A nominālās strāvas attiecas tikai uz C raksturlīkni.

P.3.5. tabula

**Automātslēdžus S 200 un S 200 M maksimāli pieļaujamā īsslēguma kontūra pilnā pretestība Zs pie Uo = 230 V**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nominālā**  **strāva In ,**  **A** | **Raksturlīkne B** | **Raksturlīkne**  **C** | **Raksturlīkne D** | **Raksturlīkne K** | **Raksturlīkne**  **Z** |
| **maks. Zs, Ω** | **maks. Zs, Ω** | **maks. Zs, Ω** | **maks. Zs, Ω** | **maks. Zs, Ω** |
| 0.5 | — | 46 | 33.0 | 38.3 | 153.3 |
| 1 | — | 23 | 16.5 | 19.2 | 76.7 |
| 1.6 | — | 14.4 | 10.3 | 12.0 | 47.9 |
| 2 | — | 11.5 | 8.2 | 9.6 | 38.3 |
| 3 | — | 7.7 | 5.5 | 6.4 | 25.6 |
| 4 | — | 5.8 | 4.1 | 4.8 | 19.2 |
| 6 | 7.7 | 3.8 | 2,7 | 3.2 | 12.8 |
| 8 | — | 2.8 | 2.1 | 2.4 | 9.5 |
| 10 | 4.6 | 2.2 | 1.6 | 1.9 | 7.7 |
| 13 | 3.5 | 1.7 | 1.2 | — | — |
| 16 | 2.9 | 1.4 | 1.0 | 1.2 | 4.8 |
| 20 | 2.3 | 1.2 | 0.8 | 1.0 | 3.8 |
| 25 | 1.8 | 0.9 | 0.7 | 0.8 | 3.1 |
| 32 | 1.4 | 0.7 | 0.5 | 0.6 | 2.4 |
| 40 | 1.1 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 1.9 |
| 50 | 0.9 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 1.5 |
| 63 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 1.2 |

2 Uo - nominālais spriegums pret zemējuma vadītāju: pie Uo = 240 V - pieņem Zs \* 1.04; pie Uo = 127 V - pieņem Zs \* 0.55

P.3.6. tabula

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **MAS termoatkabņa nostrādes sliekšņi atkarība no**  **apkārtējās vides temperatūras** | | | | | | | | | | | | |
| **B, C, D raksturlīkne** | **Apkārtējās vides temperatūra T(°C)** | | | | | | | | | | | |
| In(A) | -40 | -30 | -20 | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| 0.5 | 0.67 | 0.65 | 0.62 | 0.60 | 0.58 | 0.55 | 0.53 | 0.50 | 0.47 | 0.44 | 0.41 | 0.37 |
| 1.0 | 1.33 | 1.29 | 1.25 | 1.20 | 1.15 | 1.11 | 1.05 | 1.00 | 0.94 | 0.88 | 0.82 | 0.75 |
| 1.6 | 2.13 | 2.07 | 2.00 | 1.92 | 1.85 | 1.77 | 1.69 | 1.60 | 1.51 | 1.41 | 1.31 | 1.19 |
| 2.0 | 2.67 | 2,58 | 2.49 | 2.40 | 2.31 | 2.21 | 2.11 | 2.00 | 1.89 | 1.76 | 1.63 | 1.49 |
| 3.0 | 4.0 | 3.9 | 3.7 | 3.6 | 3.5 | 3.3 | 3.2 | 3.0 | 2.8 | 2.6 | 2.4 | 2.2 |
| 4.0 | 5.3 | 5.2 | 5.0 | 4.8 | 4.6 | 4.4 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 3.5 | 3.3 | 3.0 |
| 6.0 | 8.0 | 7.7 | 7.5 | 7.2 | 6.9 | 6.6 | 6.3 | 6.0 | 5.7 | 5.3 | 4.9 | 4.5 |
| 8.0 | 10.7 | 10.3 | 10.0 | 9.6 | 9.2 | 8.8 | 8.4 | 8.0 | 7.5 | 7.1 | 6.5 | 6.0 |
| 10.0 | 13.3 | 12.9 | 12.5 | 12.0 | 11.5 | 11.1 | 10.5 | 10.0 | 9.4 | 8.8 | 8.2 | 7.5 |
| 13.0 | 17.3 | 16.8 | 16.2 | 15.6 | 15.0 | 14.4 | 13.7 | 13.0 | 12.3 | 11.5 | 10.6 | 9.7 |
| 16.0 | 21.3 | 20.7 | 20.0 | 19.2 | 18.5 | 17.7 | 16.9 | 16.0 | 15.1 | 14.1 | 13.1 | 11.9 |
| 20.0 | 26.7 | 25.8 | 24.9 | 24.0 | 23.1 | 22.1 | 21.1 | 20.0 | 18.9 | 17.6 | 16.3 | 14.9 |
| 25.0 | 33.3 | 32.3 | 31.2 | 30.0 | 28.9 | 27.6 | 26.4 | 25.0 | 23.6 | 22.0 | 20.4 | 18.6 |
| 32.0 | 42.7 | 41.3 | 39.9 | 38.5 | 37.0 | 35.4 | 33.7 | 32.0 | 30.2 | 28.2 | 26.1 | 23.9 |
| 40.0 | 53.3 | 51.6 | 49.9 | 48.1 | 46.2 | 44.2 | 42.2 | 40.0 | 37.7 | 35.3 | 32.7 | 29.8 |
| 50.0 | 66.7 | 64.5 | 62.4 | 60.1 | 57.7 | 55.3 | 52.7 | 50.0 | 47.1 | 44.1 | 40.8 | 37.3 |
| 63.0 | 84.0 | 81.3 | 78.6 | 75.7 | 72.7 | 69.6 | 66.4 | 63.0 | 59.4 | 55.6 | 51.4 | 47.0 |
|  | | | | | | | | | | | | |
| **K un Z raksturlīkne** | **Apkārtējās vides temperatūra T(°C)** | | | | | | | | | | | |
| In (A) | -40 | -30 | -20 | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| 0.5 | 0.66 | 0.64 | 0.61 | 0.59 | 0.56 | 0.53 | 0.50 | 0.47 | 0.43 | 0.40 | 0.35 | 0.31 |
| 1.0 | 1.32 | 1.27 | 1.22 | 1.17 | 1.12 | 1.06 | 1.00 | 0.94 | 0.87 | 0.79 | 0.71 | 0.61 |
| 1.6 | 2.12 | 2.04 | 1.96 | 1.88 | 1.79 | 1.70 | 1.60 | 1.50 | 1.39 | 1.26 | 1.13 | 0.98 |
| 2.0 | 2.65 | 2.55 | 2.45 | 2.35 | 2.24 | 2.12 | 2.00 | 1.87 | 1.73 | 1.58 | 1.41 | 1.22 |
| 3.0 | 4.0 | 3.8 | 3.7 | 3.5 | 3.4 | 3.2 | 3.0 | 2.8 | 2.6 | 2.4 | 2,1 | 1.8 |
| 4.0 | 5.3 | 5.1 | 4.9 | 4.7 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 3.7 | 3.5 | 3.2 | 2,8 | 2.4 |
| 6.0 | 7.9 | 7.6 | 7.3 | 7.0 | 6.7 | 6.4 | 6.0 | 5.6 | 5.2 | 4.7 | 4.2 | 3.7 |
| 8.0 | 10.8 | 10.2 | 9.8 | 9.4 | 8.9 | 8.5 | 8.0 | 7.5 | 6,9 | 6.3 | 5.7 | 4.9 |
| 10.0 | 13.2 | 12.7 | 12.2 | 11.7 | 11.2 | 10.6 | 10.0 | 9.4 | 8.7 | 7.9 | 7.1 | 6.1 |
| 13.0 | 17.2 | 16.6 | 15.9 | 15.2 | 14.5 | 13.8 | 13.0 | 12.2 | 11.3 | 10.3 | 9.2 | 8.0 |
| 16.0 | 21.2 | 20.4 | 19.6 | 18.8 | 17,9 | 17.0 | 16.0 | 15.0 | 13.9 | 12.6 | 11.3 | 9.8 |
| 20.0 | 26.5 | 25.5 | 24.5 | 23.5 | 22.4 | 21.2 | 20.0 | 18.7 | 17.3 | 15.8 | 14.1 | 12.2 |
| 25.0 | 33.1 | 31.9 | 30.6 | 29.3 | 28.0 | 26.5 | 25.0 | 23.4 | 21.7 | 19.8 | 17.7 | 15.3 |
| 32.0 | 42.3 | 40.8 | 39.2 | 37.5 | 35.8 | 33.9 | 32.0 | 29.9 | 27.7 | 25.3 | 22.6 | 19.6 |
| 40.0 | 52.9 | 51.0 | 49.0 | 46.9 | 44.7 | 42.4 | 40.0 | 37.4 | 34.6 | 31.6 | 28.3 | 24.5 |
| 50.0 | 66.1 | 63.7 | 61.2 | 58.6 | 55.9 | 53.0 | 50,0 | 46.8 | 43.3 | 39.5 | 35.4 | 30.6 |
| 63.0 | 83.3 | 80.3 | 77.2 | 73.9 | 70.4 | 66.8 | 63,0 | 58.9 | 54.6 | 49.8 | 44.5 | 38.6 |

\* NASP FS 201 un DS 200 B, C un K raksturlīkņu nostrādes sliekšņu noteikšanai var izmantot tabulas temperatūrām no -25°C līdz -55°C.

P.3.7. tabula

**Vienpola un vienpola ar atslēdzošu neitrāli MAS izvēle vienfāzes**

**transformatoru aizsardzībai (primārais spriegums 230 V)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Pn , kVA** | **IN, A** | **Tukšgaitas zudumi, %** | **MAS primārajā pusē (1) un (2)** |
| 0.1 | 0.4 | 13 | D1 un K1 |
| 0.16 | 0.7 | 10.5 | D2 un K2 |
| 0.25 | 1.1 | 9.5 | D3 un k3 |
| 0.4 | 1.7 | 7.5 | D4 un K4 |
| 0.63 | 2.7 | 7 | D6 un K6 |
| 1 | 4.2 | 5.2 | D10 un K10 |
| 1.6 | 6.8 | 4 | D16 un K16 |
| 2 | 8.4 | 2.9 | D16 un K16 |
| 2.5 | 10.5 | 3 | D20 un K20 |
| 4 | 16.9 | 2.1 | D40 un K40 |
| 5 | 21.1 | 4.5 | D50 un K50 |
| 6.3 | 27 | 4.5 | D63 un K63 |
| 8 | 34 | 5 | 2 x D80 |
| 10 | 42 | 5.5 | 2 x D100 |
| 12.5 | 53 | 5.5 | 2 x D100 |

P.3.8. tabula

**Divpolu MAS izvēle vienfāzes transformatoru aizsardzībai**

**(primārais spriegums 400 V)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Pn , kVA** | **In, A** | **Tukšgaitas zudumi, %** | **MAS primārajā pusē (1) un (2)** |
| 1 | 2.44 | 8 | D6 un K6 |
| 1.6 | 3.9 | 8 | D10 un K10 |
| 2.5 | 6.1 | 3 | D16 un K16 |
| 4 | 9.8 | 2.1 | D20 un K20 |
| 5 | 12.2 | 4.5 | D32 un K32 |
| 6.3 | 15.4 | 4.5 | D40 un K40 |
| 8 | 19.5 | 5 | D50 un K50 |
| 10 | 24 | 5 | D63 un K63 |
| 12.5 | 30 | 5 | D63 un K63 |
| 16 | 39 | 5 | 2 x D80 |
| 20 | 49 | 5 | 2 x D100 |
| P.3.9. tabula  **3P, 3P+N un 4P MAS izvēle trīsfāžu transformatoriem**  **(primārais spriegums 400 V)** | | | |
| **Pn , kVA** | **In, A** | **Tukšgaitas zudumi (%)** | **MAS primārajā puse (1) un (2)** |
| 5 | 7 | 4.5 | D20 un K20 |
| 6.3 | 8.8 | 4.5 | D20 un K20 |
| 8 | 11.6 | 4.5 | D32 un K32 |
| 10 | 14 | 5.5 | D32 un K32 |
| 12.5 | 17.6 | 5.5 | D40 un K40 |
| 16 | 23 | 5.5 | D63 un K63 |
| 20 | 28 | 5.5 | D63 un K63 |
| 25 | 35 | 5.5 | 2 x D80 |
| 31.5 | 44 | 5 | 2 x D80 |
| 40 | 56 | 5 | 2 x D80 |
| 50 | 70 | 4.5 | 2 x D100 |

1. Izmantojot MAS, kam ir tikai elektromagnētiskā atslēdze, transformatora sekundārajā tinumā ir nepieciešama termiskā aizsardzība.
2. Atslēgšanas spēja jāizvēlas atbilstoši sagaidāmajai īsslēguma strāvai 8∙Ioc MAS uzstādīšanas punktā.



P.3.10. tabula

**Firmas “National Electric” automātslēdžu tehniskie dati**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nominālā strāva,**  **IN** | **Siltuma atkabņa nominālā strāva, Ir** | | **Elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva, Im** | **Trīsfāzu dzinēja jauda P, AC-2, AC-3, ja nominālais spriegums**  **UN ir** | | | **Nominālā atslēdzamā īsslēguma strāva,**  **Icu** | **Atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība, Ics** |
| **A** | **A** | | **A** | **230 V** | **400 V** | **690 V** | **kA** | **kA** |
| Spēka automātslēdzis MMS-32S (Standarts) | | | | | | | | |
| 0.16 | 0.1...0.16 | | 1,3-2.1 | - | 0.02 | - | 100 | 100 |
| 0.25 | 0.16...0.25 | | 2,1-3,3 | 0.03 | 0.06 | - | 100 | 100 |
| 0.4 | 0.25...0.4 | | 3,3-5.2 | 0.06 | 0.09 | - | 100 | 100 |
| 0.63 | 0.4...0.63 | | 5,2-8,2 | 0.09 | 0.12 | 0.25 | 100 | 100 |
| 1 | 0.63...1.0 | | 8,2-13 | 0.12 | 0.25 | 0.55 | 100 | 100 |
| 1.6 | 1.0…1.6 | | 13-20.8 | 0.25 | 0.55 | 1.1 | 100 | 100 |
| 2.5 | 1.6...2.5 | | 20,8-32.5 | 0.37 | 0.75 | 1.5 | 100 | 100 |
| 4 | 2.5...4.0 | | 32,5-52 | 0.75 | 1.5 | 3 | 100 | 100 |
| 6 | 4…6 | | 52-78 | 1.5 | 2.2 | 4 | 100 | 100 |
| 8 | 5…8 | | 65-104 | 1.5 | 3 | 5.5 | 100 | 100 |
| 10 | 6...10 | | 78-130 | 3 | 4 | 7.5 | 50 | 38 |
| 13 | 9...13 | | 117-169 |  | 5.5 | 11 | 50 | 38 |
| 17 | 11…17 | | 143-221 |  | 7.5 | 11 | 20 | 15 |
| 22 | 14...22 | | 182-286 | 4 | 7.5 | 15 | 15 | 11 |
| 26 | 18...26 | | 234-338 | 5.5 | 11 | 18.5 | 15 | 11 |
| 32 | 22...32 | | 286-416 | 7.5 | 15 | 22 | 15 | 11 |
| Spēka automātslēdzis MMS-32H (Spēka atvienotājs) | | | | | | | | |
| 0.16 | 0.1...0.16 | | 2.1 | - | 0.02 | - | 100 | 100 |
| 0.25 | 0.16...0.25 | | 3.3 | 0.03 | 0.06 | - | 100 | 100 |
| 0.4 | 0.25...0.4 | | 5.2 | 0.06 | 0.09 | - | 100 | 100 |
| 0.63 | 0.4...0.63 | | 8.2 | 0.09 | 0.12 | 025 | 100 | 100 |
| 1 | 0.63...1.0 | | 13 | 0.12 | 0.25 | 0.55 | 100 | 100 |
| 1.6 | 1.0…1.6 | | 20.8 | 0.25 | 0.55 | 1.1 | 100 | 100 |
| 2.5 | 1.6...2.5 | | 32.5 | 0.37 | 0.75 | 1.5 | 100 | 100 |
| 4 | 2.5...4.0 | | 52 | 0.75 | 1.5 | 3 | 100 | 100 |
| 6 | 4...6 | | 78 | 1.5 | 2.2 | 4 | 100 | 100 |
| 8 | 5…8 | | 104 | 1.5 | 3 | 5.5 | 100 | 100 |
| 10 | 6...10 | | 130 | 3 | 4 | 7-5 | 100 | 100 |
| 13 | 9...13 | | 169 |  | 5.5 | 11 | 100 | 100 |
| 17 | 11…17 | | 221 |  | 7.5 | 11 | 50 | 38 |
| 22 | 14...22 | | 286 | 4 | 7.5 | 15 | 50 | 38 |
| 26 | 18...26 | | 338 | 5.5 | 11 | 18.5 | 50 | 38 |
| 32 | 22…32 | | 416 | 7.5 | 15 | 22 | 50 | 38 |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |
| **h**  **min**  **s** | | **laiks**    **Atslēgšanas**  **laiks ≈ 5 ms**  **k∙IN** | | | | | | | |

P.3.4. att. Firmas “National Electric” automātslēdžu MMS-32 S, H laikstrāvas raksturlīkne

P.3.11. tabula

**Firmas „Siemens” spēka automātslēdzis 3RV10 dzinēja aizsardzībai ar pārslodzes**

**releja funkcijai.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nominālā strāva**  **IN** | **Trīsfāzu dzinēja jauda, P** | **Siltuma atkabņa iestatījuma strāva, Ir** | **Elektromagnētiskā atkabņa maksimālā strāva, Im** | **Atslēgtspēja Icu, AC,**  **UN = 400 V** | **Automātslēdzis 3RV10 11 kods** |
| **A** | **kW** | **A** | **A** | **kA** |  |
| Spēka automātslēdzis 3RV10 21. Klase 10. Standartizmērs SO. Svars 0,32 kg | | | | | |
| 0,16 |  | 0,11 -0,16 | 2,1 | 100 | 3RV10 21-0AA1. |
| 0,2 |  | 0,14 -0,2 | 2,6 | 100 | 3RV10 21-0BA1. |
| 0,25 | 0,06 | 0,18-0,25 | 3,3 | 100 | 3RV10 21-0cA1 |
| 0,32 | 0,09 | 0,22 -0,32 | 4,2 | 100 | 3RV10 21-0DA1. |
| 0,4 |  | 0,28 -0,4 | 5,2 | 100 | 3RV10 21-0EA1. |
| 0,5 | 0,12 | 0,35 -0,5 | 6,5 | 100 | 3RV10 21-0FA1. |
| 0,63 | 0,18 | 0,45 -0,63 | 8,2 | 100 | 3RV10 21-0GA1. |
| 0,8 |  | 0,55 -0,8 | 10 | 100 | 3RV10 21-0HA1. |
| 1 | 0,25 | 0,7-1 | 13 | 100 | 3RV10 21-0JA1. |
| 1,25 | 0,37 | 0,9-1,25 | 16 | 100 | 3RV10 21-0KA1. |
| 1,6 | 0,55 | 1,1-1,6 | 21 | 100 | 3RV10 21-1AA1. |
| 2 | 0,75 | 1,4-2 | 26 | 100 | 3RV10 21-1BA1. |
| 2,5 |  | 1,8-2,5 | 33 | 100 | 3RV10 21-1CA1. |
| 3,2 | 1,1 | 2,2-3,2 | 42 | 100 | 3RV10 21-1DA1. |
| 4 | 1,5 | 2,8-4 | 52 | 100 | 3RV10 21-1EA1. |
| 5 |  | 3,5-5 | 65 | 100 | 3RV10 21-1FA1. |
| 6,3 | 2,2 | 4,5-6,3 | 82 | 100 | 3RV10 21-1GA1. |
| 8 | 3 | 5,5-8 | 104 | 100 | 3RV10 21-1HA1. |
| 10 | 4 | 7-10 | 130 | 100 | 3RV10 21-1JA1. |
| 12,5 | 5,5 | 9-12,5 | 163 | 100 | 3RV10 21-1KA1. |
| 16 | 7,5 | 11-16 | 208 | 50 | 3RV10 21-4AA1. |
| 20 |  | 14-20 | 260 | 50 | 3RV10 21-4BA1. |
| 22 |  | 17-22 | 286 | 50 | 3RV10 21-4CA1. |
| 25 | 11 | 20-25 | 325 | 50 | 3RV10 21-4DA1. |
| Spēka automātslēdzis 3RV11 Klase 10. Standartizmērs S3. Svars 2,2 kg | | | | | |
| 16 | 7,5 | 11 -16 | 208 | 100 | 3RV11 42-4АА10 |
| 20 |  | 14 -20 | 260 | 100 | 3RV11 42-4ВА10 |
| 25 | 11 | 18 -25 | 325 | 100 | 3RV11 42-4DA10 |
| 32 | 15 | 22 -32 | 416 | 100 | 3RV11 42-4ЕА10 |
| 40 | 18,5 | 28 -40 | 520 | 100 | 3RV11 42-4FA10 |
| 50 | 22 | 36 -50 | 650 | 100 | 3RV11 42-4НА10 |
| 63 | 30 | 45 -63 | 819 | 100 | 3RV11 42-4JA10 |
| 75 | 37 | 57 -75 | 975 | 100 | 3RV11 42-4КА10 |
| 90 |  | 70 -90 | 1170 | 100 | 3RV11 42-4LA10 |
| 100 | 45 | 80 -100 | 1235 | 100 | 3RV11 42-4МА10 |

Piezīme: elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva, Im = 13∙Ir.

|  |
| --- |
| P.3.5. att. Firmas “Siemens” automātslēdžu 3RV10 11, 3RV10 21 laikstrāvas raksturlīkne |

P.3.12. tabula

**Firmas „Schneider Elektric” spēka automātslēdzis TeSys dzinēja aizsardzībai**

Automātslēdži ar termomagnētisko atkabni GV2 Р, GV3 Р и GV3 МЕ80

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **P** | **Icu** | **Ics(1)** | **P** | **Icu** | **Ics(1)** | **P** | **Icu** | **Ics(1)** | **Ir** | **Im** |
| kW | kА | % | kW | kА | % | kW | kА | % | A | A |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,1...0,16 | 1,5 |
| 0,06 | **\*** | **\*** | — | — | — | — | — | — | 0,16...0,25 | 2,4 |
| 0,09 | **\*** | **\*** | — | — | — | — | — | — | 0,25...0,40 | 5 |
| 0,12 | **\*** | **\*** | — | — | — | 0,37 | **\*** | **\*** | 0,40...0,63 | 8 |
| 0,18 | **\*** | **\*** | — | — | — | — | — | — |
| 0,25 | **\*** | **\*** | — | — | — | 0,55 | **\*** | **\*** | 0,63...1 | 13 |
| 0,37 | **\*** | **\*** | 0,37 | **\*** | **\*** | — | — | — | 1…1,6 | 22,5 |
| 0,55 | **\*** | **\*** | 0,55 | **\*** | **\*** | 0,75 | **\*** | **\*** |
| 0,75 | **\*** | **\*** | 1,1 | **\*** | **\*** | 1,5 | 8 | 100 | 1,6...2,5 | 33,5 |
| 1,1 | **\*** | **\*** | 1,5 | **\*** | **\*** | 2,2 | 8 | 100 | 2,5...4 | 51 |
| 2,2 | **\*** | **\*** | 3 | **\*** | **\*** | 4 | 6 | 100 | 4..6,3 | 78 |
| 3 | **\*** | **\*** | 5 | 50 | 100 | 5,5 | 6 | 100 | 6...10 | 138 |
| 5,5 | **\*** | **\*** | 7,5 | 42 | 75 | 9 | 6 | 100 | 9...14 | 170 |
| — | — | — | — | — | — | 11 | 6 | 100 |
| 7,5 | 50 | 50 | 9 | 10 | 75 | 15 | 4 | 100 | 13... 18 | 223 |
| 9 | 50 | 50 | 11 | 10 | 75 | 18,5 | 4 | 100 | 17...23 | 327 |
| 11 | 50 | 50 | 15 | 10 | 75 | — | — | — | 20...25 | 327 |
| 15 | 35 | 50 | 18,5 | 10 | 75 | 22 | 4 | 100 | 24...32 | 416 |

**Firmas „Schneider Elektric” spēka automātslēdzis TeSys dzinēja aizsardzībai**

Automātslēdži ar termomagnētisko atkabni GV2 Р, GV3 Р и GV3 МЕ80

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **P** | **Icu** | **Ics(1)** | **P** | **Icu** | **Ics(1)** | **P** | **Icu** | **Ics(1)** | **Ir** | **Im** |
| kW | kА | % | kW | kА | % | kW | kА | % | A | A |
| 5,5 | 100 | 50 | 7,5 | 12 | 50 | 11 | 6 | 50 | 9...13 | 182 |
| 7,5 | 100 | 50 | 9 | 12 | 50 | 15 | 6 | 50 | 12... 18 | 252 |
| 11 | 100 | 50 | 15 | 12 | 50 | 18,5 | 6 | 50 | 17...25 | 350 |
| 15 | 100 | 50 | 18,5 | 12 | 50 | 22 | 6 | 50 | 23...32 | 448 |
| 18,5 | 50 | 50 | 22 | 10 | 50 | 37 | 5 | 60 | 30...40 | 560 |
| 22 | 50 | 50 | 30 | 10 | 50 | 45 | 5 | 60 | 37... 50 | 700 |
| 30 | 50 | 50 | 45 | 10 | 50 | 55 | 5 | 60 | 48...65 | 910 |

(1) - % no Icu

**\*** > 100 kA

P.3.13. tabula

**Automātslēdži GV2-ME ar termomagnētisko atkabni**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P | Icu | Ics(1) | P | Icu | Ics(1) | P | Icu | Ics(1) | Ir | Im ± 20% | Kataloga Nr. | Svars |
| kW | kА | % | kW | kА | % | kW | kА | % | А | А |  | kg |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,1—0,16 | 1,5 | GV2 МЕ01 | 0.260 |
| 0,06 | **\*** | **\*** | — | — | — | — | — | — | 0.16..0,25 | 2.4 | GV2 МЕ02 | 0,260 |
| 0,09 | **\*** | **\*** | — | — | — | — | — | — | 0,25...0.40 | 5 | GV2 МЕ0З | 0,260 |
| 0,12 0,18 | **\***  **\*** | **\***  **\*** | —  — | —  — | —  — | 0,37  — | **\***  — | —  — | 0.40..0,63 | 8 | GV2 МЕ04 | 0,260 |
| 0,25 | **\*** | **\*** | — | — | — | 0,55 | **\*** |  | 0.63... 1 | 13 | GV2 МЕ05 | 0,260 |
| 0,37 0,55  — | **\***  **\***  — | **\***  **\***  — | 0,37 0.55 0,75 | **\***  **\***  **\*** | **\***  **\***  **\*** | —  0,75 1,1 | —  **\***  **\*** | —  **\***  **\*** | 1—16 | 22.5 | GV2 МЕ0б | 0,260 |
| 0,75 | **\*** | **\*** | 1,1 | **\*** | **\*** | 1,5 | 3 | 75 | 1,6..2.5 | 33,5 | GV2 МЕ07 | 0,260 |
| 1,1 1,5 | **\***  **\*** | **\***  **\*** | 1,5 2,2 | **\***  **\*** | **\***  **\*** | 2,2  3 | 3  3 | 75  75 | 2.5...4 | 51 | GV2 МЕ08 | 0,260 |
| 2,2 | **\*** | **\*** | 3 | 50 | 100 | 4 | 3 | 75 | 4…6,З | 78 | GV2 МЕ10 | 0,260 |
| 3  4 | **\***  **\*** | **\***  **\*** | 4  5,5 | 10 10 | 100 100 | 5,5 7,5 | 3  3 | 75  75 | 6... 10 | 138 | GV2 МЕ14 | 0,260 |
| 5,5  — | 15  — | 50  — | 7,5  — | 6  — | 75  — | 9  11 | 3  3 | 75  75 | 9... 14 | 170 | GV2ME16 | 0,260 |
| 7,5 | 15 | 50 | 9 | 6 | 75 | 15 | 3 | 75 | 13—16 | 223 | GV2 МЕ20 | 0,260 |
| 9 | 15 | 40 | 11 | 4 | 75 | 18,5 | 3 | 75 | 17...23 | 327 | GV2 МЕ21 | 0,260 |
| 11 | 15 | 40 | 15 | 4 | 75 | — | — | — | 20...25 | 327 | GV2ME22 | 0,260 |
| 15 | 10 | 50 | 18,5 | 4 | 75 | 22 | 3 | 75 | 24...32 | 416 | GV2 МЕ32 | 0,260 |

(1) - % no Icu

**\*** > 100 kA

|  |  |
| --- | --- |
| **t, s** | **k x IN** |

P.3.6. att. Automātslēdžu GV2-ME un GV2-P laikstrāvas raksturlīkne (t = 200C)

1 un 2 kontakti no auksta stāvokļi;

3 – kontakti no karsta stāvokļi

|  |  |
| --- | --- |
| **t, s** | **k x IN** |

P.3.7. att. Automātslēdžu GV3-P un GV3-ME80 laikstrāvas raksturlīkne (t = 200C)

1 - 3 - kontakti no auksta stāvokļi (GV3 P); 2 -3 – kontakti no karsta stāvokļi (GV3 P);

3 – 3 - kontakti no auksta stāvokļi (GV3 МЕ80); 4 – 3 - kontakti no karsta stāvokļi (GV3 МЕ80)

P.3.14. tabula

**Vadu un kabeļu ilgstoši pieļaujamās strāvas IP un aizsardzības aparātu nominālās (ieskatījuma) strāvas IN normētās attiecības**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Instalācijas veids | Telpu raksturojums | Normētā attiecība *Ip /IN* | | | |
| aizsardzība ar kūstošiem drošinātājiem | aizsardzība ar automātiem, kuriem ir termoatslēdze un apgriezti proporcionāla strāvas un laika kavējuma sakarība | | Aizsardzība ar automātiskiem slēdžiem, kuriem ir maksimālā momentānas darbības atslēdze |
| neregu­lējama  atslēdze | regulējama atslēdze |
| **Pret īsslēguma strāvām aizsargājamie tīkli** | | | | | |
| Visa veida instalā­cijas | Visas telpas | ≥ 0,33 | ≥ l,0 | ≥ 0,66 | ≥ 0,22 |
| **Pret pārslodzi aizsargājamie tīkli** | | | | | |
| Atklāti instalēti, neaizsargāti izolēti vadi ar degošu apvalku | Sprādziendrošās ražo­šanas telpas |  | ≥ l,0 | ≥ l,0 | ≥ l,0 |
| Pārējās telpas | ≥ l,25 | ≥ l,0 | ≥ l,0 | ≥ 1,25 |
| Aizsargāti vadi, gumijas un plastmasas izolācijas kabeļi, vadi cau­rulēs | Ugunsnedrošas ražo­šanas telpas |  | ≥ l,0 | ≥ l,0 | ≥ l,0 |
| Rūpniecības uzņēmu­mi, tirdzniecības, sa­dzīves pakalpojumu, sabiedriskās, dzīvojamās ēkas, sprādziennedrošas iekār­tas | ≥ l,25 | ≥ l,0 | ≥ l,0 | ≥ l,25 |
| Kabeļi ar papīra izolāciju | Ugunsnedrošas, tirdzniecības, sadzīves pakalpojumu, sabiedris- kās un dzīvojamās ēkas, sprādzienbīstamas elektroietaises | ≥ l,25 | 1,0 | 0,8 | 1,0 |

P.4.1. tabula

**DX markas noplūdes stāvas automātslēdžu tehniskie dati**

**(pēc firmas** *Legrand* **kataloga)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **2-polu 230V~** | | | **4-polu 400V~** | | |
| **Tips AC** | **Tips A** | **IN, A** | **Tips AC** | **Tips A** | IN, A |
|  |  | 10 mA |  |  | 30 mA |
| 089 06 | 090 53 | 16 | 089 93 | 091 40 | 25 |
|  |  | 30 mA | 089 94 | 091 41 | 40 |
| 089 09 | 090 56 | 25 | 089 95 | 091 42 | 63 |
| 089 10 | 090 57 | 40 | 089 96 | 091 43 | 80 |
| 089 11 | 090 58 | 63 |  |  | 100 mA |
| 089 12 | 090 59 | 80 | 089 99 | 091 46 | 25 |
|  |  | 100 mA | 090 00 | 091 47 | 40 |
| 089 15 |  | 25 | 090 01 | 091 48 | 63 |
| 089 16 |  | 40 | 090 02 | 091 49 | 80 |
| 089 17 |  | 63 |  |  | 300 mA |
| 089 18 |  | 80 | 090 11 | 09158 | 25 |
|  |  | 300 mA | 090 12 | 09159 | 40 |
| 089 27 | 090 74 | 25 | 090 13 | 091 60 | 63 |
| 089 28 | 090 75 | 40 | 090 14 | 091 61 | 80 |
| 089 29 | 090 76 | 63 |  |  | 500 mA |
| 089 30 | 090 77 | 80 | 090 23 | 091 70 | 25 |
| Tips AC-S | Tips A-S | 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 | 300 mA |
|  |  | | 090 18 | 091 65 | 40 |
|  |  | | 090 19 | 091 66 | 63 |

|  |
| --- |
| Тип S – селективные; (1) – усредненные данные |

4.1. att.DX™ markas noplūdes strāvas automātslēdža laikstrāvas raksturlīknes

P.4.2. tabula

**NAI jaudas zudumi**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NAS F200 sērija   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Nominālā strāva IN, A** | **Jaudas zudumi [W]** | | |  | 2P | 4P | | 16 | 1.5 | - | | 25 | 1 | 1.3 | | 40 | 2.4 | 3.2 | | 63 | 3.2 | 4.4 | | NAI - bloki DDA200 sērija | | | | Nominālā strāva INb, A | Jaudas zudumi  WIb\* [W] | | |  | 2P | 3P, 4P | | 25 | 2 | 3 | | 40 | 3.2 | 4.8 | | 63 | 5 | 7.6 |   \*Jaudas zudumi W|b , kas uzradīti tabula, attiecas uz lnb. Izmantojot ar MAS ar zemāku nominālo strāvu ln, jaudas zudumus W nosaka pēc formulas: W = (I /Inb )∙WIb | NASP FS201 - DS200 sērijas   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **Nominālā strāva In, A** | **Jaudas zudumi, W** | | | |  | 1P+N | 2P | 3P, 4P | | 1 | 1.8 | - | - | | 2 | 1.8 | - | - | | 4 | 1.8 | - | - | | 6 | 2 | 4.1 | 6.2 | | 10 | 2.1 | 2.9 | 4.4 | | 13 | 3.7 | 5.1 | 7.7 | | 16 | 4.5 | 4.4 | 6.6 | | 20 | 4.8 | 6.3 | 9.4 | | 25 | 6.3 | 8.4 | 12.6 | | 32 | 8.8 | 9.4 | 14.2 | | 40 | 9.9 | 12.8 | 19.2 | | 50 | - | 9.7 | 14.5 | | 63 | - | 14.6 | 22 | |

5.1. tabula

**Firmas „Moeller” kontaktoru DIL izmantošana trīsfāžu asinhrondzinēju komutēšanai (kategorija AC-3, AC-4)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kontaktors DIL** | **EEM** | **EM** | **00 M** | **00AM** | **0M** | **0AM** | **1M** | **1AM** | **2M** | **2AM** | **3M80** | **3AM**  **85** |
| **АС-3** | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW |
| 220 - 230V | 1.5 | 2.2 | 2,2 | 3 | 4 | 5,5 | 7,5 | 11 | 15 | 18.5 | 22 | 25 |
| 380 - 400 V | 3 | 4 | 4 | 5,5 | 7,5 | 11 | 15 | 18,5 | 22 | 30 | 37 | 45 |
| 440 V | 3,3 | 4.6 | 4,6 | 6,4 | 8,4 | 13 | 17 | 20 | 25 | 35 | 44 | 52 |
| 500 V | 3 | 4 | 5,5 | 7,5 | 11 | 15 | 18,5 | 22 | 30 | 37 | 45 | 55 |
| 660 - 690 V | 3 | 4 | 5,5 | 7,5 | 11 | 15 | 18,5 | 22 | 30 | 37 | 55 | 75 |
| 1000 V | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 37 | 45 |
| **АС-4** | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW |
| 220 - 230V | 1,1 | 1.5 | 1,5 | 2.2 | 3 | 4 | 5.5 | 7,5 | 11 | 15 | 18,5 | 22 |
| 380 - 400 V | 2,2 | 3 | 3 | 4 | 5,5 | 7,5 | 11 | 15 | 18,5 | 22 | 30 | 37 |
| 440 V | 2,4 | 3,3 | 3,3 | 4.4 | 6,2 | 8.4 | 12,5 | 17 | 20,3 | 25,3 | 35 | 43 |
| 500 V | 2,2 | 3 | 4 | 5.5 | 7,5 | 11 | 15 | 18,5 | 22 | 30 | 37 | 45 |
| 660 - 690 V | 2,2 | 3 | 4 | 5.5 | 7,5 | 11 | 15 | 18,5 | 22 | 30 | 45 | 45 |
| 1000 V | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 30 | 37 |
| **АС-1**  Aktīvā slodze | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW |
| 220 - 230V | 7 | 7 | 7 | 7 | 12.5 | 12,5 | 20 | 20 | 32 | 32 | 35 | 35 |
| 380 - 400 V | 13 | 13 | 13 | 13 | 22 | 22 | 35 | 35 | 56 | 56 | 62 | 62 |
| 440 V | 15 | 15 | 15 | 15 | 25 | 25 | 40 | 40 | 65 | 65 | 72 | 72 |
| 500 V | 16 | 16 | 16 | 16 | 29 | 29 | 45 | 45 | 74 | 74 | 82 | 82 |
| 660 - 690 V | 20 | 20 | 20 | 20 | 35 | 35 | 60 | 60 | 95 | 95 | 108 | 108 |
| 1000 V | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 82 | 82 |

5.2. tabula

**Firmas „Moeller” reversīvo kontaktoru DIL izmantošana trīsfāžu asinhrondzinēju**

**komutēšanai (kategorija AC-3, AC-4)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Trīsfāzu dzinēja jauda | | | | | | Tips un  pasūtījuma  kods |
| AC-3 | | | AC-4 | | |
| 220/240 V | 380/440 V | 660/690 V | 220/240 V | 380/440 V | 660/690 V |
| kW | kW | kW | kW | kW | kW |
| 1,5 | 3 | 3 | 1,1 | 2,2 | 2,2 | DIULEEM/21/MV 051664 |
| 2,2 | 4 | 4 | 1,5 | 3 | 3 | DIULEM/21/MV 051849 |
| 3 | 5,5 | — | 2,2 | 4 | — | DIUL00AM/11 047215 |
| 4 | 7,5 | — | 3 | 5,5 | — | DIUL0M/11 047226 |
| 5,5 | 11 | — | 4 | 7,5 | — | DIUL0AM/11 047237 |
| 11 | 18,5 | — | 7,5 | 15 | — | DIUL1AM/11 047248 |
| 18,5 | 30 | — | 15 | 22 | — | DIUL2AM/11 047259 |
| 22 | 37 | 55 | 18,5 | 30 | 45 | DIUL3M80/11 209807 |
| 25 | 45 | 75 | 22 | 37 | 45 | DIUL3AM85/11 209822 |
| 37 | 55 | 90 | 26 | 45 | 55 | DIUL4M115/11 209837 |
| 45 | 75 | 110 | 30 | 55 | 75 | DIUL4AM145/11 209852 |

5.3. tabula

**Firmas „Siemens” reversīvo kontaktoru izmantošana DC un AC elektrodzinēju komutēšanai (kategorija AC-2, AC-3, 50 Hz, 400 V, IЕС 60 947, DIN EN 60 947)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **P, kW** | **IN, A** | **Gabarīts** | **Kontaktors K1** | **Kontaktors K2** | **Palaidēja tips** |
| 3 | 7 | S00-S00 | 3RT1015 | 3RT1015 | 3RA1315-8XB30-1. |
| 4 | 9 | S00-S00 | 3RT1016 | 3RT1016 | 3RA1316-8XB30-1. |
| 5,5 | 12 | S00-S00 | 3RT1017 | 3RT1017 | 3RA1317-8XB30-1. |
| 5,5 | 12 | S0-S0 | 3RT10 24 | 3RT10 24 | 3RA13 24-8XB30-1. |
| 7,5 | 7 | S0-S0 | 3RT10 25 | 3RT10 25 | 3RA13 25-8XB30-1. |
| 11 | 25 | S0-S0 | 3RT10 26 | 3RT10 26 | 3RA13 26-8XB30-1. |
| 15 | 32 | S2-S2 | 3RT10 34 | 3RT10 34 | 3RA13 34-8XB30-1. |
| 18,5 | 40 | S2-S2 | 3RT10 35 | 3RT10 35 | 3RA13 35-8XB30-1. |
| 22 | 50 | S2-S2 | 3RT10 36 | 3RT10 36 | 3RA13 36-8XB30-1. |
| 30 | 65 | S3-S3 | 3RT10 44 | 3RT10 44 | 3RA13 44-8XB30-1. |
| 37 | 80 | S3-S3 | 3RT10 45 | 3RT10 45 | 3RA13 45-8XB30-1. |
| 45 | 95 | S3-S3 | 3RT10 46 | 3RT10 46 | 3RA13 46-8XB30-1. |

5.4. tabula

**Firmas „National Electric” reversīvo kontaktoru GMC izmantošana elektrodzinēju komutēšanai (kategorija AC-3, 50 Hz, IЕС 60 947, DIN EN 60 947)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nominālā**  **strāva, A** | **IEC 60947-4 nomināls** | | | | **Palīg**  **kontakts** | **Kontaktors** |
| **220-240 V** | **380-440 V** | **500-550 V** | **690 V** |
| 9 | 2.5кW  11А | 4кW  9А | 4кW  7А | 4кW  5А | 1NO+1NC | GMC-9R |
| 12 | 3.5 кW 13А | 5.5 кW 12А | 7.5 кW  12А | 7.5 кW 9А | 1NO+1NC | GMC-12R |
| 18 | 4.5 кW  18А | 7.5 кW 18А | 7.5 кW  13А | 7.5 kW 9А | 1NO+1NC | GMC-18R |
| 22 | 5.5 kW 22А | 11 kW  22А | 15 kW  22А | 15 kW 18А | 1NO+1NC | GMC-22R |
| 32 | 7.5 kW  32А | 15 kW  32А | 18.5 kW 28А | 18.5 kW  20А | 2NO+2NC | GMC-32R |
| 40 | 11 kW  40А | 18.5 kW 40А | 22 kW  32А | 22 kW  23А | 2NO+2NC | GMC-40R |
| 50 | 15 kW 55А | 22 kW  50А | 30 kW  43А | 30 kW 28А | 2NO+2NC | GMC-50R |
| 65 | 18.5 kW 65А | 30 kW  65А | 33 kW  60А | 33 kW  35А | 2NO+2NC | GMC-65R |
| 75 | 22 kW  75А | 37 kW  75А | 37 kW  64А | 37 kW  42А | 2NO+2NC | GMC-75R |
| 85 | 25 kW  85А | 45 kW  85А | 45 kW  75А | 45 kW 45А | 2NO+2NC | GMC-85R |

NO – normāli atslēgts; NC – normāli atvērts

Spoles spriegums (50 Hz): 24, 42, 48, 100,110, 220, 240, 380, 400, 415, 440, 500, 550 V

5.5. tabula

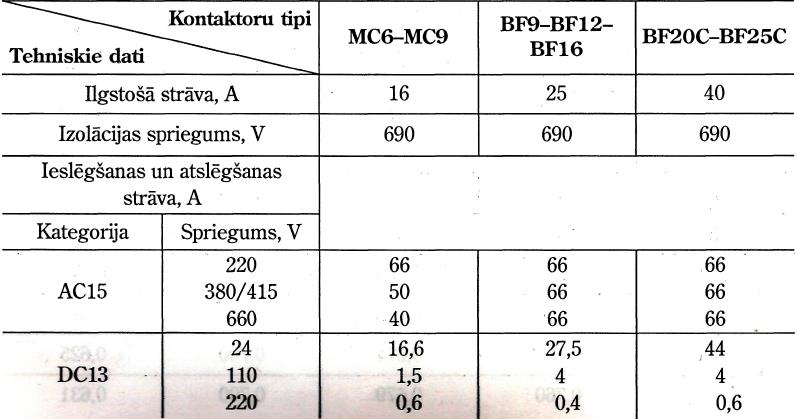
**"Lovato Electric" firmas kontaktoru izmantošana trīsfāžu asinhrondzinēju**

**komutēšanai (kategorijai AC3)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kontaktora tips** | **Slodzes strāva, A** | **Dzinēja jauda kW spriegumam** | | | | | | |
| **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 | |

P.5.6. tabula

**"Lovato Electric" firmas palīgkontaktu dati**



P.5.7. tabula

**Ar emalju izolēta vara vada standartizētie diametri un aizpildes koeficienti k0**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **d1, mm**  **neizolēts** | **Vads ПЭВ-1** | | | | **Vads ПЭВ-2** | | |
| **d2, mm izolēts** | | **k0** | | **d2, mm izolēts** | | **k0** |
| **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 |
| 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 ieslēgt ari maiņstrāvas spoles, aprēķinot nepieciešamo papildpretestību; taču mainās vilces raksturlīkne un kontaktors var nenostrādāt.

P.6.1. tabula

**11 RF tipa termoreleji un ar tiem saskaņoto kūstošo drošinātāju strāvu diapazoni**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Drošinātājs | | IN, A | Tips | Drošinātājs | | IN, 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 | 11RF9.5 | 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 | 11 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 | 250420 | 11 RF400.420 |

|  |  |
| --- | --- |
| RF9  RFA9  RFN9  RFNA9  RF25  RFA25  RFNA25  RF95  RFA95  RFN95  RFNA95 | **Trīsfāžu režīms**  **t, s**    **x IN** |
| R F9  RFA9  RF25  RFA25  RF95  RFA95 | **Divfāžu režīms**  **t, s**    **x IN** |
| RF180  RFA180  RFN180  RFNA180  RF400  RFA400  RFN400  RFNA400 | **Trīsfāžu režīms**  **t, s**    **x IN** |
| RF180  RFA180  RF400  RFA400 | **Divfāžu režīms**  **t, s**    **x IN** |

P.6.1. attēls. RF tipa termoreleju laikstrāvas raksturlīknes

P.6.2. tabula

**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(< 5 A 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 gadījuma 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.

P.6.3. tabula

**Firmas „National Electric” GTH(K) tipa termoreleji dzinēju aizsardzībai**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trīsfāzu dzinēja maksimālā jauda**  **(4 poli)** | | | | | | **GTH(K)-22** | **GTH(K)-40** | **GTH(K)-85** | **GTH(K)-100** | **GTH(K)-150** | **GTH(K)-220** | **GTH(K)-400** | **GTH(K)-600** |
| **220 V kW** | **380 V kW** | **415 V kW** | **440 V kW** | **550 V kW** | **660 V kW** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** |
| • | • | • | • | • | • |  |  |  |  |  |  |  |  |
| • | • | • | • | • | • | 0.16-0.25 |  |  |  |  |  |  |  |
| • | • | • | • | • | 0,37 0,55 | 0.25-0.4 |  |  |  |  |  |  |  |
| • | • | • | • | 0.37 05 | 0,55 0,75 | 0.4-0.63 |  |  |  |  |  |  |  |
| • | 0.37 05 | • | 0,55 0,75 | 0.75  1 | 1.1  1.5 | 0.63-1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 0.37 0.5 | 0.75 1 | 1.1  15 | 1.1  1,5 | 1,1  15 | 1.5  2 | 1-1.6 |  |  |  |  |  |  |  |
| 0.75  1 | 15  2 | 1,5  2 | 15  2 | *22*  3 | 3  4 | 1.6-2.5 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1,1  1,5 | 2,2  3 | 2,2  3 | 2,2  3 | 3  4 | 4  5.5 | 2.5-4 | 4-6 |  |  |  |  |  |  |
| 1,5  2 | 3  4 | 3.7  5 | 3.7  5 | 4  5,5 | 5.5 7.5 | 4-6 | 5-8 |  |  |  |  |  |  |
| • | • | 4  5,5 | 4  5,5 | • | • | 5-8 | 6-9 |  |  |  |  |  |  |
| 2.2  3 | 4  5,5 | 4  5,5 | 4  5,5 | 5,5  7,5 | 7.5 10 | 6-9 | 7-10 | 7-10 |  |  |  |  |  |
| 3  4 | 5,5  7,5 | 5,5  7,5 | 5,5  7,5 | 7,5  10 | 10 13.5 | 7-10 | 9-13 | 9-13 |  |  |  |  |  |
| 4  5,5 | 7,5  10 | 9  12 | 9  12 | 10 135 | 15  20 | 9-13 | 12-18 | 12-18 |  |  |  |  |  |
| 5,5 7,5 | 11  15 | 11  15 | 11  15 | • | • | 12-18 | 16-22 | 16-22 |  |  |  |  |  |
| P.6.3. tabulas turpinājums | | | | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** |
| 5,5 7,5 | 11  15 | 11  15 | 11  15 | 15 20 | 18,5 25 | 16-22 | 18-26 | 18-26 |  |  |  |  |  |
| 7,5  10 | 15  20 | 15 20 | 15 20 | 18,5 25 | 22 30 |  | 24-36 | 24-36 |  |  |  |  |  |
| • | 15  20 | • | • | 18,5 25 | • |  | 28-40 | 28-40 |  |  |  |  |  |
| 11  15 | 22  30 | 25  35 | 25  35 | 30  40 | 37  50 |  |  | 34-50 | 34-50 | 34-50 |  |  |  |
| 15  20 | 25  35 | 30  40 | 30  40 | 37  50 | 45  60 |  |  | 45-65 | 39-57 | 39-57 |  |  |  |
| 18,5 25 | 30  40 | 37  50 | 37  50 | 45  60 | 55  75 |  |  | 54-75 | 43-65 | 43-65 |  |  |  |
| 22  30 | 37  50 | 45  60 | 45  60 | 55  75 | 63  85 |  |  | 63-85 | 54-80 | 54-80 |  |  |  |
| 25  35 | 51  70 | 55  75 | 59  80 | 63  85 | 90 125 |  |  |  | 65-100 | 65-100 | 70-100 |  |  |
| 30  40 | 59  80 | 59  80 | 63  85 | 80  110 | 110 150 |  |  |  | 85-125 | 85-125 | 85-125 | 85-125 |  |
| 45  60 | 80  110 | 80 110 | 90 125 | 100 135 | 129 175 |  |  |  |  | 100-150 | 100-160 | 100-160 |  |
| 55  75 | 90 125 | 100 135 | 110 150 | 110  150 | 160 220 |  |  |  |  |  | 120-180 | 120-180 |  |
| 63  85 | 110  150 | 129 175 | 140 190 | 160 220 | 200 270 |  |  |  |  |  | 160-240 | 160-240 |  |
| 80 110 | 150 205 | 160 220 | 160 220 | 200 270 | 257 350 |  |  |  |  |  |  | 200-300 | 200-300 |
| 110 150 | 185 250 | 200 270 | 220  300 | 257 350 | 335 455 |  |  |  |  |  |  | 260-400 | 260-400 |
| 180 245 | 315 430 | 355 480 | 375 510 | 425 580 | 500 680 |  |  |  |  |  |  |  | 400-600 |
| 220 З00 | 400 545 | 425 580 | 450 610 | 500 680 | • |  |  |  |  |  |  |  | 520-800 |
| Kontaktori | | | | | | GMC(D)-9  GMC(D)-12  GMC(D)-18  GMC(D)-22 | GMC(D)-32  GMC(D)-40 | GMC(D)-50  GMC(D)-65  GMC(D)-75  GMC(D)-85 | GMC-100  GMC-125 | GMC-150 | GMC-180  GMC-220 | GMC-300  GMC-400 | GMC-600  GMC-800 |

P.6.4. tabula

**GTH(K) tipa termoreleji un ar tiem saskaņoto kūstošo drošinātāju strāvu**

**diapazoni**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Termoreleja tips** | **AC1,**  **A** | **690 V** **AC3**  **Ie,**  **A** | **Drošinātāja laikstrāvas raksturlīkne un kūstoša ieliktņa IN, A** | **Ue/Ik** |
| **GTH(K)-22** | 32 | 1.6 | gL/gG 4A | 690 V/ 1kA |
| **GTH(K)-22** | 2.5 | gL/gG 6A | 690 V/ 1kA |
| **GTH(K)-22** | 4 | gL/gG l0A | 690 V/ 1kA |
| **GTH(K)-22** | 22 | gL/gG 50A | 690 V/ 3kA |
| **GTH(K)-40** | 60 | 6 | gL/gG 16A | 690 V/ 1kA |
| **GTH(KHO** | 8 | gL/gG 20A | 690 V/ 1kA |
| **GTH(K)-40** | 9 | gL/gG 20A | 690 V/ 1kA |
| **GTH(K)-40** | 40 | gL/gG 80A | 690 V/ 3kA |
| **GTH(K)-85** | 135 | 18 | gL/gG 35A | 690 V/ 3kA |
| **GTH(K)-85** | 22 | gL/gG 50A | 690 V/ 3kA |
| **GTH(K)-85** | 26 | gL/gG 63A | 690 V/ 3kA |
| **GTH(K)-85** | 36 | gL/gG 80A | 690 V/ 3kA |
| **GTH(K)-85** | 40 | gL/gG 80A | 690 V/ 3kA |
| **GTH(K)-85** | 50 | gL/gG I00A | 690 V/ 3kA |
| **GTH(K)-85** | 65 | gL/gG 160A | 690 V/ 5kA |
| **GTH(K)-85** | 75 | gL/gG 160A | 690 V/ 5kA |
| **GTH(K)-85** | 85 | gL/gG 200A | 690 V/ 5kA |
| **GTH(K)-100** | 150 | 65 | gL/gG 150A | 690 V/ 5kA |
| **GTH(K)-100** | 125 | gL/gG 225A | 690 V/ 5kA |
| **GTH(K)-150** | 200 | 100 | gL/gG 200A | 690 V/ 5kA |
| **GTH(K)-150** | 150 | gL/gG 250A | 690 V/ 10kA |
| **GTH(K)-220** | 260 | 150 | gL/gG 250A | 690 V/ 10kA |
| **GTH(K)-220** | 240 | gL/gG 355A | 690 V/ 10kA |
| **GTH(K)-400** | 420 | 300 | gL/gG 400A | 690 V/ 10kA |
| **GTH(K)-400** | 400 | gL/gG 630A | 690 V/ 18kA |
| **GTH(K)-600** | 800 | 400 | gL/gG 630A | 690 V/ 18kA |
| **GTH(K)-600** | 630 | gL/gG 800A | 690 V/ 18kA |
| **GTH(K)-600** | 800 | gL/gG 1400A | 690 V/ 30kA |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-22 aukstais stāvoklis    **Fāzes**  **pazušana** | **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-22 karstais stāvoklis |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-40 aukstais stāvoklis    **≤6-9 A, ≥ 18-26 A** | **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-40 karstais stāvoklis    **≤6-9A, ≥ 18-26 A** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-85 aukstais stāvoklis    **≥ 18-26 A**  **Fāzes**  **pazušana**  **≥ 18-26 A**  **≤ 18-26 A** | **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-85 karstais stāvoklis    **≤ 18-26 A**  **≥ 18-26 A** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-100, 150 aukstais stāvoklis    **Fāzes**  **pazušana** | **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-100, 150 karstais stāvoklis    **Fāzes**  **pazušana** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-220, 400 aukstais stāvoklis    **Fāzes**  **pazušana**  x IN | **Nostrādes laiks**  **sekundes min** | GTH(K)-220, 400 karstais stāvoklis    **Fāzes**  **pazušana**  x IN |

P.6.2. att. GTH(K) tipa termoreleju laikstrāvas raksturlīknes

P.6.5. tabula

**Firmas „ABB” TA tipa termoreleju parametri**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Palaidējs** | **Termoreleja iestatījuma strāva, A** | **Releja tips** |
| YRA 9-30  līdz  YRA 30-30 | 0,1 – 0,16 | TA25DU0.16 |
| 0,16 – 0,25 | TA 25 DU 0.25 |
| 0,25- 0,4 | TA 25 DU 0.4 |
| 0,4 – 0,63 | TA 25 DU 0.63 |
| 0,63 – 1,0 | TA 25 DU 1.0 |
| 1,0 – 1,4 | TA 25 DU 1.4 |
| 1,3 – 1,8 | TA 25 DU 1.8 |
| 1,7 – 2,4 | TA 25 DU 2.4 |
| 2,2 – 3,1 | TA25DU3.1 |
| 2,8 – 4,0 | TA 25 DU 4.0 |
| 3,5 – 5,0 | TA 25 DU 5.0 |
| 4,5 – 6,5 | TA 25 DU 6.5 |
| 6,0 – 8,5 | TA 25 DU 8.5 |
| 7,5 - 11 | TA 25 DU 11 |
| 10 - 14 | TA25DU 14 |
| 13 - 19 | TA25DU 19 |
| 18 - 25 | TA 25 DU 25 |
| 24 - 32 | TA 25 DU 32 |
| YRA 40-30 | 18 - 25 | TA 42 DU 25 |
| 22 - 32 | TA 42 DU 32 |
| 29 - 42 | TA 42 DU 42 |
| YEA 50-30  līdz  YEA 75-30 | 18 - 25 | TA 75 DU 25 |
| 22 - 32 | TA 75 DU 32 |
| 29 - 42 | TA 75 DU 42 |
| 36 - 52 | TA 75 DU 52 |
| 45 - 63 | TA 75 DU 63 |
| 60 - 80 | TA 75 DU 80 |
| YEA -95-30  līdz  YEA 110-30 | 29 - 42 | TA 80 DU 42 |
| 36 - 52 | TA 80 DU 52 |
| 45 - 63 | TA 80 DU 63 |
| 60 - 80 | TA 80 DU 80 |
| YEA 95-30 un  YEA 110-30 | 65 - 90 | TA110DU90 |
| 80 - 110 | TA110DU 110 |

|  |
| --- |
| a |
| b |

P.6.3. att. Firmas „ABB” TA tipa termoreleju laikstrāvas raksturlīknes: a - termorelejs ТА 25 DU;

b - termoreleji ТА 42 DU / ТА 75 DU / ТА 80 DU

P.6.6. tabula

**Firmas „Schneider Electric” siltuma releji TeSys, serija D, 0,1-140 A**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Iiest. A**  **Klase 10 A** | **INdr, A** | | | **Kontaktors** | **Kataloga**  **Nr.** |
| **aM** | **gG** | **BS88** |
| 0.16...0,25А | 0,5 А | 2А | - | LC1-D09...D38 | LRD-02 |
| 0.25...0,40А | 1А | 2А | - | LC1-D09...D38 | LRD-03 |
| 0,40...0,63 А | 1 А | 1.6А | **-** | LC1-D09...D38 | LRD-04 |
| 0.63...1А | 2А | 4А | - | LC1-D09...D38 | LRD-05 |
| 1...1,7А | 2А | 4А | 6 A | LC1-D09...D38 | LRD-06 |
| 1.6...2.5А | 4А | 6А | 10А | LC1-D09...D38 | LRD-07 |
| 2.5...4А | 6А | 10А | 16А | LC1-D09...D38 | LRD-08 |
| 4...6А | 8А | 16А | 16А | LC1-D09...D38 | LRD-10 |
| 5.5...8А | 12А | 20А | 20 А | LC1-D09...D38 | LRD-12 |
| 7...10А | 12А | 20 А | 20 А | LC1-D09...D38 | LRD-14 |
| 9...13А | 16А | 25 А | 25 А | LC1-D12...D38 | LRD-16 |
| 12...18А | 20 А | 35 А | 32 А | LC1-D18...D38 | LRD-21 |
| 16-24 | 25 А | 50А | 50А | LC1-D25...D38 | LRD-22 |
| 23...32А | 40 А | 63 А | 63 А | LC1-D25...D38 | LRD-32 |
| 30...38А | 50 А | 80 А | 80 А | LC1-D32mD38 | LRD-35 |
| 17...25А | 25 А | 50 А | 50 А | LC1-D40...D95 | LRD-3322 |
| 23...32А | 40А | 63А | 63 А | LC1-D40...D95 | LRD-3353 |
| 30...40А | 40 А | 100 А | 80 А | LC1-D40...D95 | LRD-3355 |
| 37...50А | 63 А | 100 А | 100 А | LC1-D40...D95 | LRD-3357 |
| 48...65А | 63А | 100А | 100 А | LC1-D50...D95 | LRD-3359 |
| 55...70А | 80 А | 125А | 125 А | LC1-D50...D95 | LRD-3361 |
| 63...80А | 80 А | 125А | 125 А | LC1-D65HD95 | LRD-3363 |
| 80...104А | 100 А | 160А | 160А | LC1-D80m D95 | LRD-3365 |
| 80...104А | 125А | 200 А | 160 А | LC1-D115M D150 | LRD-4365 |
| 95-120 | 125 | 200 А | 200А | LC1-D115M D150 | LRD-4367 |
| 110...140А | 160 А | 250 А | 200 А | LC1-D150 | LRD-4369 |
| 80...104А | 100 А | 160А | 160А | (1) | LRD-33656 |
| 95...120А | 125 А | 200 А | 200 А | (1) | LRD-33676 |
| 110...140А | 160 А | 250 А | 200 А | (1) | LRD-33696 |
| 6А | 10А | 16А |  | LC1-D09...D32 | LRD-1508 |
| Klase 20 (smagai palaišanai) | | | | | |
| 4...6А | 8 A | 16А | 16А | LC1-D09...D32 | LRD-1510 |
| 5,5...8А | 12А | 20А | 20 А | LC1-D09...D32 | LRD-1512 |
| 7...10А | 16А | 20А | 25 А | LC1-D09...D32 | LRD-1514 |
| 9...13А | 16А | 25 А | 25 А | LC1-D12...D32 | LRD-1516 |
| 12...18А | 25 А | 35 А | 40А | LC1-D18...D32 | LRD-1521 |
| 17...25А | 32 А | 50А | 50 А | LC1-D25 un D32 | LRD-1522 |
| 23...28А | 40 А | 63А | 63 А | LC1-D25un D32 | LRD-1530 |
| 25...32А | 40 А | 63А | 63 А | IЈ1-D25unD32 | LRD-1532 |
| 17...25А | 32 А | 50А | 50 А | LC1-D40...D95 | LR2-D3522 |
| 23...32А | 40 А | 63А | 63 А | LC1-D40...D95 | LR2-D3553 |
| 30...40А | 50 А | 100А | 80 А | LC1-D40...D95 | LR2-D3555 |
| 37...50А | 63 А | 100 А | 100 А | LC1-D50...D95 | LR2-D3557 |
| 48...65А | 80 А | 125А | 100 А | LC1-D50...D95 | LR2-D3559 |
| 55...70А | 100А | 125А | 125А | LC1-D65...D95 | LR2-D3561 |
| 63...80А | 100А | 160 А | 125А | LЈ1-D80 un D95 | LR2-D3563 |

|  |
| --- |
|  |
|  |

P.6.4. att. Firmas „Schneider Electric” siltuma releji TeSys, sērijās D laikstrāvas raksturlīknes : 1 – simetriskā trīsfāžu slodze no auksta stāvoklī; 2 - simetriskā divfāžu slodze no auksta stāvoklī; 3 - simetriskā ilgstoša trīsfāžu slodze no karsta stāvoklī (Ir – termoatkabņa iestatījuma strāva)

P.7.1. tabula

**Firmas “National Electric” magnētisko palaidēju tehniskie dati.**

**Aizsardzība ar automātslēdzi MMS**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trīsfāzu dzinējs,**  **P IN** | | **Automātslēdzis** | **INT** | **INE** | **Kontaktora tips un**  **maksimālā strāva** | |
| **kW** | **A** | **Tips** | **A** | **A** | **Tips** | **A** |
| - | - | MMS-32S 0.16A | 0.1-0.16 | 1,3-2.08 | GMC-6M / GMC-9 | 6/9 |
| 0.06 | 0.2 | MMS-32S 0.25А | 0.16-0.25 | 2,08-3.25 | GMC-6M / GMC-9 | 6/9 |
| 0.09 | 0.3 | MMS-32S 0.4А | 0.25-0.4 | 3,25-5.2 | GMC-6M / GMC-9 | 6/9 |
| 0.12 | 0.4 | MMS-32S 0.63А | 0.4-0.63 | 5,2-8.19 | GMC-6M / GMC-9 | 6/9 |
| 0.18 | 0.6 | MMS-32S 0.63А | 0.4-0.63 | 5,2-8.19 | GMC-6M / GMC-9 | 6/9 |
| 0.25 | 0.8 | MMS-32S1A | 0.63-1 | 8,19-13 | GMC-6M / GMC-9 | 6/9 |
| 0.37 | 1.1 | MMS-32S 1.6А | 1-1.6 | 13-20.8 | GMC-6M / GMC-9 | 6/9 |
| 0.55 | 1.5 | MMS-32S 1.6А | 1-1.6 | 13-20.8 | GMC-6M / GMC-9 | 6/9 |
| 0.75 | 1.9 | MMS-32S 2.5А | 1.6-2.5 | 20,8-32.5 | GMC-12 | 12 |
| 1.1 | 2.7 | MMS-32S 4А | 2.5-4 | 32,5-52 | GMC-18 | 18 |
| 1.5 | 3.6 | MMS-32S 4А | 2.5-4 | 32,5-52 | GMC-18 | 18 |
| 2.2 | 5.2 | MMS-32S 6А | 4-6 | 52-78 | GMC-18 | 18 |
| 3 | 6.8 | MMS-32S 8А | 5-8 | 65-104 | GMC-18 | 18 |
| 4 | 9 | MMS-32S 10А | 6-10 | 78-130 | GMC-18 | 18 |
| 5.5 | 11.5 | MMS-32H 13А | 9-13 | 117-169 | GMC-22 | 22 |
| 7.5 | 15.5 | MMS-32H 17А | 11-17 | 143-221 | GMC-22 | 22 |
| 10 | 20 | MMS-32H 22А | 14-22 | 182-286 | GMC-32 | 32 |
| 11 | 22 | MMS-32H 26А | 18-26 | 234-338 | GMC-32 | 32 |
| 15 | 29 | MMS-32H 32А | 22-32 | 286-416 | GMC-32 | 32 |
| 18.5 | 35 | MMS-63H 40А | 28-40 | 364-520 | GMC-50 | 50 |
| 22 | 41 | MMS-63H 50А | 34-50 | 442-650 | GMC-50 | 50 |
| 30 | 55 | MMS-63H 63А | 45-63 | 585-819 | GMC-65 | 65 |
| 37 | 67 | MMS-100S 75A | 55-75 | 715-975 | GMC-75 | 75 |
| - | - | MMS-100S 90A | 70-90 | 910-1170 | GMC-85 | 85 |
| 45 | 80 | MMS-100S 100А | 80-100 | 1040-1300 | GMC-85 | 85 |

Trīsfāzu asinhrondzinējs, AC-3, 400/415 V, 1500 apgr/min

IN - nominālā strāva; INT - siltuma atkabņa nominālā strāva; INE - elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva;Icu - nominālā atslēdzamā īsslēguma strāva, Ics - atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība

P.7.2. tabula

**Automātslēdža MMS 32S tehniskie dati atbilstoši IEC 947-4-1 prasībām**

**(dzinēja aizsardzība)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **IN, A** | **0,16** | **0,25** | **0,4** | **0,63** | **1** | **1,6** | **2,5** | **4** | **6** | **8** | **10** | **13** | **17** | **22** | **26** | **32** |
| **Dzinēju jauda, AC-2, AC-3** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 230/240 V | - | 0.03 | 0.06 | 0.09 | 0.12 | 0.18/  0.25 | 0.37 | 0.55/  0.75 | 1.1/  1.5 | 1.5 | 2.2/  3 | 3 | 3.7/  4 | 4 | 5.5 | 7.5 |
| 400/415 V | 0.02 | 0.06 | 0.09 | 0.12 | 0.18/0.25 | 0.37/0.55 | 0.75 | 1.1/  1.5 | 2.2 | 3 | 3.7/  4 | 5.5 | 7.5 | 7.5 | 11 | 15 |
| 500 V | - | - | - | 0.25 | 0.37 | 0.55/0.75 | 1.1 | 1.5/  2.2 | 3 | 3.7 | 4/  5.5 | 7.5 | 11 | 11 | 15 | 18.5 |
| 690 V | - | - | - | 0.25 | 0.37/0.55 | 0.75/1.1 | 1.5 | 2.2/3 | 3.7/  4 | 5.5 | 7.5 | 11 | 11 | 15 | 18.5 | 22 |
| **INdr , A** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 230/240 V |  | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | 125 | 125 | 125 |
| 400/415 V |  | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 440/460 V |  | \* | \* | \* | \* | \* | \* | 50 | 50 | 63 | 63 | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 |
| 500 V |  | \* | \* | \* | \* | \* | 50 | 40 | 50 | 63 | 63 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 690 V |  | \* | \* | \* | \* | 20 | 35 | 40 | 50 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 |
| Icu, kA |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 230/240 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 | 40 | 40 | 30 |
| 400/415 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 | 50 | 20 | 15 | 15 | 15 |
| 440/460 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 | 8 | 8 | 6 |
| 500 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 | 15 | 10 | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| 690 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Ics, kA |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 230/240 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 38 | 30 | 30 | 22 |
| 400/415 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 38 | 38 | 15 | 11 | 11 | 11 |
| 440/460 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 38 | 11 | 11 | 11 | 8 | 8 | 6 | 6 | 4 |
| 500 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 38 | 11 | 8 | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 690 V | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Icu - nominālā atslēdzamā īsslēguma strāva;

Ics - atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība;

Rezerves drošinātāji gG, gL jāizmanto tikai gadījumā, ja Ics ≥ Icu;

\*-rezerves drošinātāji nav vajadzīgi

P.7.3. tabula

**Firmas “Siemens” magnētisko palaidēju 3RA1 (3RA11 10 un 3RA11 20)**

**tehniskie dati. Aizsardzība ar automātslēdzi 3RV. Tiešā palaišana**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **P,**  **kW** | **IN, A** | **INT, A** | **Palaidēja kods** | **Svars**  **kg** | **Gabarīts** | **Automātslēdzis** | **Kontaktors** | **Savienošanas bloks +adapters** |
| Kategorija 2, ja Iq = 50 kA un spriegums 400 V | | | | | | | | |
|  |  | 0,14-0,2 | 3RA11 10-0В\_15-1АР0 | 0,65 | S00 | 3RV1011-ОВА10 | 3RT10 15-1АР01 | 3RA19 11-1АА00  +  40 mm  8US10 51-5DM07 vai 60 mm 8US12 51-5DM07 |
| 0,06 | 0,2 | 0,18**-**0,25 | 3RA11 10-0С\_15-1АР0 | 0,65 |  | 3RV10 11-ОСА10 |
| 0,09 | 0,3 | 0,22-0,32 | 3RA11 10-0D\_15-1AP0 | 0,65 |  | 3RV10 11-0DA10 |
|  |  | 0,28-0,4 | 3RA11 10-0Е\_15-1АР0 | 0,65 |  | 3RV10 11-ОЕА10 |
| 0,12 | 0,4 | 0,35-0,5 | 3RA11 10-0F\_15-1AP0 | 0,65 |  | 3RV10 11-0FA10 |
| 0,18 | 0,6 | 0,45-0,63 | 3RA11 10-0G\_15-1AP0 | 0,65 |  | 3RV10 11-0GA10 |
| 0,25 | 0,8 | 0,55-0,8 | 3RA11 10-0Н\_15-1АР0 | 0,65 |  | 3RV10 11-ОНА10 |
|  |  | 0,7-1 | 3RA11 10-0J\_15-1AP0 | 0,65 |  | 3RV10 11-0JA10 |
| 0,37 | 1,1 | 0,9-1,25 | 3RA11 10-0К\_15-1АР0 | 0,65 |  | 3RV10 11-ОКА10 |
| 0.55 | 1,5 | 1,1-1,6 | 3RA11 10-1А\_15-1АР0 | 0,65 |  | 3RV10 11-1АА10 |
| 0,75 | 1,9 | 1,4-2 | 3RA11 10-1В\_15-1АР0 | 0,65 |  | 3RV10 11-1ВА10 |
|  |  | 1,8-2,5 | 3RA11 20-1С\_24-0АР0 | 0,93 | S0 | 3RV10 21-1СА10 | 3RT10 24-1AP00 | 3RA19 21-1АА00  +  40 mm  8US10 51-5DM07 vai 60 mm 8US12 51-5DM07 |
| 1,1 | 2,7 | 2,2-3,2 | 3RA11 20-1D\_24-0AP0 | 0,93 |  | 3RV10 21-1DA10 |
| 1,5 | 3,6 | 2,8-4 | 3RA11 20-1Е\_24-0АР0 | 0,93 |  | 3RV10 21-1ЕА10 |
|  |  | 3,5-5 | 3RA11 20-1F\_24-0AP0 | 0,93 |  | 3RV10 21-1FA10 |
| 2,2 | 5,2 | 4,5-6,3 | 3RA11 20-1G\_24-0AP0 | 0,93 |  | 3RV10 21-1GA10 |
| 3 | 6,8 | 5,5-8 | 3RA11 20-1Н\_24-0АР0 | 0,93 |  | 3RV10 21-1НА10 |
| 4 | 9,0 | 7-10 | 3RA11 20-1J\_26-0AP0 | 0,93 |  | 3RV10 21-1JA10 | 3RT10 26-1AP00 |
| 5,5 | 11,5 | 9-12,5 | 3RA11 20-1К\_26-0АР0 | 0,93 |  | 3RV10 21-1 КА10 |
| 7,5 | 15,5 | 11-16 | 3RA11 20-4А\_26-0АР0 | 0,93 |  | 3RV10 21-4АА10 |
|  |  | 14-20 | 3RA11 20-4В\_26-0АР0 | 0,93 |  | 3RV10 21-4ВА10 |
|  |  | 17-22 | 3RA11 20-4С-26-0АР0 | 0,93 |  | 3RV10 214CA10 |
| 11 | 22 | 18-25 | Piegādā tikai patērētāju montāžai |  | S2 | 3RV10 314DA10 | 3RT10 34-1AP00 3RT10 35-1AP00 3RT10 36-1AP00 | 3RA19 31-1АА00  +  40 mm  8US10 61-5FP08 vai 60 mm 8US12 61-5FP08 |
| 15 | 29 | 22-32 |  |  | 3RV10 314EA10 |
| 18,5 | 35 | 28-40 |  |  | 3RV10 314FA10 |
| 22 | 41 | 36-45 |  |  | 3RV10 314GA10 |
|  |  | 40-50 |  |  | 3RV10 314HA10 |
| 30 | 55 | 45-63 | Bez montāžas kopnes adaptera |  | S3 | 3RV10 414JA10 | 3RT10 44-1AP00  3RT10 45-1AP00  3RT10 46-1AP00 | 3RA19 41-1АА00  +  nav komplektā |
| 37 | 67 | 57-75 |  |  | 3RV10 414KA10 |
|  |  | 70-90 |  |  | 3RV10 414LA10 |
| 45 | 80 | 80-100 |  |  | 3RV10 41-4MA10 |

P.7.4. tabula

**Firmas „Schneider Electric” slēgtā un atklātā izpildījuma reversīvie palaidēji**

**Aizsardzība ar automātslēdzi GV2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trīsfāzu dzinēja jauda,**  **AC-3, 50/60 Hz** | | | **Siltuma atkabņa iestatījuma strāva** | **El.-magn. atkabņa nominālā strāva** | **Patērētāju montāžai** | | **Samontēts**  **palaidējs** | **Svars**  **kg** |
| **400 V** | **440 V** | **500 V** | **Automātslēdzis** | **Kontaktors** |
| **kW** | **kW** | **kW** | **A** | **A** |
| — | 0,06 | — | 0,16...0,25 | 2,4 | GV2-P02 | LC2-D09.. |  |  |
| 0,06 | — | — |  |  |  |  | GV2-DP202M | 1,053 |
| —  0,09 | 0,09 0,12 | — | 0,25... 0,40 | 5 | GV2-P03 | LC2-D09.. | GV2-DP203M | 1,053 |
| 0,12 | 0,18 | — | 0,40...0,63 | 8 | GV2-P04 | LC2-D09.. |  |  |
| 0,18 | — |  |  |  |  |  | GV2-DP204M | 1,053 |
| 0,25  0,37 | 0,25 0,37 | — | 0,63...1 | 13 | GV2-P05 | LC2-D09.. | GV2-DP205M | 1,053 |
| —  0,55  — | —  0,55  — | 0,37 0,55 0,75 | 1-1,6 | 22,5 | GV2-P06 | LC2-D09.. | GV2-DP206M | 1,053 |
| 0,75 | 0,75 | — | 1,6...2,5 | 33,5 | GV2-P07 | LC2-D09.. |  |  |
| — | 1,1 | 1,1 |  |  |  |  | GV2-DP207M | 1,053 |
| 1,1  1,5 | 1,5  — | 1,5  2,2 | 2,5...4 | 51 | GV2-P08 | LC2-D09.. | GV2-DP208M | 1,073 |
| 2,2  — | 2,2  3 | 3  — | 4…6,3 | 78 | GV2-P10 | LC2-D09.. | GV2-DP210 | 1,153 |
| 3  4 | 4  — | 4  5,5 | 6...10 | 138 | GV2-P14 | LC2-D09.. | GV2-DP214 | 1,153 |
| 5,5  — | 5,5  7,5 | 7,5  9 | 9...14 | 170 | GV2-P16 | LC2-D25.. | GV2-DP216M | 1,163 |
| 7,5 | 9 | — | 13...18 | 223 | GV2-P20 | LC2-D25.. | GV2-DP220M | 1,153 |
| 9 | 11 | 11 | 17...23 | 327 | GV2-P21 | LC2-D25.. | GV2-DP221 | 1,163 |
| 11 | — | 15 | 20...25 | 327 | GV2-P22 | LC2-D25.. | GV2-DP222M | 1,163 |
| 15 | 15 | 18,5 | 24...32 | 416 | GV2-P32 | LC2-D32.. | GV2-DP232 | 1,163 |

P.7.5. tabula

**„Lovato Electric” firmas magnētisko palaidēju dati**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kontaktora pamatšifrs** | **Kategorija AC3. Vadāmo asinhrondzinēju** | | **Vadības spoles jauda** | | **Pievienojamā termoreleja pamatšifrs** | **Kontaktora** | |
| **nominālā strāva IN, A** | **Maksimālā jauda Pmax, kW (380 V)** | **AC iesl/ ilgst, VA** | **DC, W vai**  **iesi/ilgst, VA** | **izmēri, mm**  **(4-polu ar AC**  **spoli)** | **svars, kg**  **(4-polu ar AC**  **spoli)** |
| MC6 | 6 | 2,2 | 35/4 | 4 | RF9 | 44x48x56 | 0,142 |
| MC9 | 9 | 4 | 35/4 | 4 | RF9 | 44x48x56 | 0,142 |
| BF9 | 9 | 4,2 | 65/9 | 9 | RF25 | 44x75x80,6 | 0,36 |
| BF12 | 12 | 5,7 | 65/9 | 9 | RF25 | 44x75x80,6 | 0,36 |
| BF16 | 16 | 7,7 | 65/9 | 9 | RF25 | 44x75x80,6 | 0,36 |
| BF20 | 20 | 9,7 | 65/9 | 9 | RF25 | 53,9x78,5x85,6 | 0,405 |
| BF25 | 25 | 12,5 | 65/9 | 9 | RF25 | 53,9x78,5x85,6 | 0,405 |
| BF32 | 32 | 16 | 65/9 | 9 | RF25 | 74x92x107,2 | 0,96 |
| BF38 | 38 | 18,5 | 65/9 | 9 | RF25 | 74x92x107,2 | 0,96 |
| BF50 | 50 | 25 | 210/18 | 15 | RF25 | 98,5x124x107,5 | 1,41 |
| BF65 | 65 | 33 | 210/18 | 15 | RF25 | 98,5x124x107,5 | 1,41 |
| BF80 | 80 | 41 | 210/18 | 15 | RF25 | 98,5x124x107,5 | 1,43 |
| BF95 | 95 | 50 | 210/18 | 15 | RF25 | 98,5x124x107,5 | 1,43 |
| B115 | 110 | 61 | 300/10 | 300/10 | RF180 | 160x170x179 | 5,8 |
| B145 | 150 | 80 | 300/10 | 300/10 | RF180 | 160x170x179 | 5,95 |
| B180 | 180 | 96 | 300/10 | 300/10 | RF180 | 160x170x179 | 5,95 |
| B250 | 250 | 132 | 300/10 | 300/10 | RF400 | 192,5x204x220 | 10,7 |
| B400 | 400 | 215 | 300/10 | 300/10 | RF400 | 192,5x204x220 | 10,9 |
| B500 | 500 | 280 | 400/18 | 400/18 | RF25+TA | 260x270x256 | 21,1 |
| B630 | 630 | 335 | 400/18 | 400/18 | RF25+TA |  | 21,5 |

P.7.6. tabula

**Firmas “ABB” nereversīvo magnētisko palaidēju DLA tehniskie dati.**

**Aizsardzība ar automātslēdzi MS 325**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trīsfāzu dzinējs,**  **AC-3** | | **Siltuma atkabņa nominālā strāva**  **A** | **Automātslēdža tips** | **DLA kontaktora tips** | **Kabeļa dzīslas šķērsgriezums, mm2** | **Palaidēja maksimālā strāva, A** |
| **Jauda**  **kW** | **Nominālā strāva, A** |
| Koordinācija 1, 400 V, 50 Hz, 50 kA | | | | | | |
| 0.37 | 1.2 | 1.0... 1.6 | MS 325-1.6 | DLA 9-30 | 1.5 | 1.6 |
| 0.55 | 1.5 | 1.0 ... 1.6 | MS 325-1.6 | DLA 9-30 | 1.5 | 1.6 |
| 0.75 | 2 | 1.6 ...2.5 | MS 325-2.5 | DLA 9-30 | 1.5 | 2.5 |
| 1.1 | 2.6 | 2.5...4.0 | MS 325-4 | DLA 9-30 | 1.5 | 4 |
| 1.5 | 3.5 | 2.5...4.0 | MS 325-4 | DLA 9-30 | 1.5 | 4 |
| 2.2 | 5 | 4.0 ...6.3 | MS 325-6.3 | DLA 9-30 | 1.5 | 6.3 |
| 3 | 6.6 | 6.3...9.0 | MS 325-9 | DLA 9-30 | 1.5 | 9 |
| 4 | 8.5 | 6.3...9.0 | MS 325-9 | DLA 9-30 | 1.5 | 9 |
| 5.5 | 11.5 | 9.0 ...12.5 | MS 325-12.5 | DLA 12-30 | 1.5 | 12 |
| 7.5 | 15.2 | 12.5... 16.0 | MS 325-16 | DLA 16-30 | 2.5 | 16 |
| 11 | 22 | 16.0...25.0 | MS 325-25 | DLA 26-30 | 4 | 25 |
| Koordinācija 2, 400 V, 50 Hz, 25 kA | | | | | | |
| 0.37 | 1.2 | 1.0... 1.6 | MS 325-1.6 | DLA 9-30 | 1.5 | 1.6 |
| 0.55 | 1.5 | 1.0 ... 1.6 | MS 325-1.6 | DLA 9-30 | 1.5 | 1.6 |
| 0.75 | 2 | 1.6 ...2.5 | MS 325-2.5 | DLA 9-30 | 1.5 | 2.5 |
| 1.1 | 2.6 | 2.5...4.0 | MS 325-4 | DLA 12-30 | 1.5 | 4 |
| 1.5 | 3.5 | 2.5...4.0 | MS 325-4 | DLA 12-30 | 1.5 | 4 |
| 2.2 | 5 | 4.0 ...6.3 | MS 325-6.3 | DLA 26-30 | 1.5 | 6.3 |
| 3 | 6.6 | 6.3...9.0 | MS 325-9 | DLA 26-30 | 1.5 | 9 |
| 4 | 8.5 | 6.3...9.0 | MS 325-9 | DLA 26-30 | 1.5 | 9 |
| 5.5 | 11.5 | 9.0 ...12.5 | MS 325-12.5 | DLA 26-30 | 1.5 | 12,5 |
| 7.5 | 15.2 | 12.5... 16.0 | MS 325-16 | DLA 26-30 | 2.5 | 16 |
| 11 | 22 | 16.0...25.0 | MS 325-25 | DLA 26-30 | 4 | 25 |

P.7.7. tabula

**Firmas “ABB” reversīvo magnētisko palaidēju WLA tehniskie dati.**

**Aizsardzība ar automātslēdzi MS 325**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trīsfāzu dzinējs,**  **380/400 V, AC-3** | | **Iestatījuma**  **strāvu diapazons,**  **A** | **Automātslēdža tips** | **WLA**  **palaidējs** | **Kabeļa**  **dzīslas šķērsgriezums, mm2** | **Palaidēja maksimālā strāva,**  **A** |
| **Jauda**  **kW** | **Nominālā strāva, A** |
| **Kategorija 1, 400 V - 50 Hz, 50 kA, tiešā palaišana** | | | | | | |
| 0,37 | 1,2 | 1,0... 1,6 | MS 325-1.6 | WLA 9-30 | 1,5 | 1,6 |
| 0,55 | 1,5 | 1,0 ... 1,6 | MS 325-1.6 | WLA 9-30 | 1,5 | 1,6 |
| 0,75 | 2 | 1,6 ...2,5 | MS 325-2.5 | WLA 9-30 | 1,5 | 2,5 |
| 1,1 | 2,6 | 2,5...4,0 | MS 325- 4 | WLA 9-30 | 1,5 | 4 |
| 1,5 | 3,5 | 2,5...4,0 | MS 325- 4 | WLA 9-30 | 1,5 | 4 |
| 2,2 | 5 | 4,0 ...6,3 | MS 325 - 6.3 | WLA 9-30 | 1,5 | 6,3 |
| 3 | 6,6 | 6,3...9,0 | MS 325 - 9 | WLA 9-30 | 1,5 | 9 |
| 4 | 8,5 | 6,3...9,0 | MS 325 - 9 | WLA 9-30 | 1,5 | 9 |
| 5,5 | 11,5 | 9,0...12,5 | MS 325-12.5 | WLA 12-30 | 1,5 | 12 |
| 7,5 | 15,2 | 12,5... 16,0 | MS 325- 16 | WLA 16-30 | 2,5 | 16 |
| 11 | 22 | 16,0...25,0 | MS 325 - 25 | WLA 26-30 | 4 | 25 |
| **Kategorija 2, 400 V - 50 Hz, 25 kA, tiešā palaišana** | | | | | | |
| 0,37 | 1,2 | 1,0... 1,6 | MS 325-1.6 | WLA 9-30 | 1,5 | 1,6 |
| 0,55 | 1,5 | 1,0 ... 1,6 | MS 325-1.6 | WLA 9-30 | 1,5 | 1,6 |
| 0,75 | 2 | 1,6 ...2,5 | MS 325 - 2.5 | WLA 9-30 | 1,5 | 2,5 |
| 1,1 | 2,6 | 2,5...4,0 | MS 325 - 4 | WLA 12-30 | 1,5 | 4 |
| 1,5 | 3,5 | 2,5...4,0 | MS 325 - 4 | WLA 12-30 | 1,5 | 4 |
| 2,2 | 5 | 4,0 ...6,3 | MS 325 - 6.3 | WLA 26-30 | 1,5 | 6,3 |
| 3 | 6,6 | 6,3...9,0 | MS 325 - 9 | WLA 26-30 | 1,5 | 9 |
| 4 | 8,5 | 6,3...9,0 | MS 325 - 9 | WLA 26-30 | 1,5 | 9 |
| 5,5 | 11,5 | 9,0...12,5 | MS 325-12.5 | WLA 26-30 | 1,5 | 12 |
| 7,5 | 15,2 | 12,5...16,0 | MS 325- 16 | WLA 26-30 | 2,5 | 16 |
| 11 | 22 | 16,0...25,0 | MS 325 - 25 | WLA 26-30 | 4 | 25 |

P.7.8. tabula

**Firmas “Siemens” magnētisko palaidēju tehniskie dati.**

**Aizsardzība ar automātslēdzi**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Magnētiskais palaidējs 3A5, 10 klase** | | | **Magnētiskais palaidējs 3RT1, 10 klase** | | |
| **Dzinēja jauda**  **P, kW** | **Dzinēja strāva**  **IN, A** | **Siltuma atkabņa**  **iestatījuma strāva**  **IT, A** | **Dzinēja jauda**  **P, kW** | **Dzinēja strāva**  **IN, A** | **Siltuma atkabņa**  **iestatījuma strāva**  **INT, A** |
|  |  | 0,14 - 0,2 | 0,06 | 0,16 | 0,14 - 0,2 |
| 0,06 | 0,2 | 0,18 - 0,25 | 0,09 | 0,24 | 0,18 - 0,25 |
| 0,09 | 0,3 | 0,22 - 0,32  0,28 - 0,4 | 0,12 | 0,32 | 0,22 - 0,32  0,28 - 0,4 |
| 0,12 | 0,4 | 0,35 - 0,5 | 0,18 | 0,48 | 0,35 - 0,5  0,45 - 0,63 |
| 0,18 | 0,6 | 0,45 - 0,63 |
| 0,25 | 0,8 | 0,55 - 0,8 | 0,25 | 0,68 | 0,55 - 0,8 |
|  |  | 0,7 – 1,0 | 0,37 | 0,88 | 0,7 – 1 |
| 0,37 | 1.1 | 0,9 - 1,25 | 0,55 | 1.2 | 0,9 – 1,25 |
| 0,55 | 1.5 | 1,1 - 1.6 | 0,75 | 1.5 | 1,1 - 1,6  1.4 – 2 |
| 0,75 | 1.9 | 1,4 – 2,0 |
|  |  | 1.8 - 2.5 | 1,1 | 2,2 | 1.8 - 2,5 |
| 1.1 | 2,7 | 2,2 - 3.2 | 1,5 | 2,9 | 2.2 - 3,2  2,8 – 4 |
| 1,5 | 3,6 | 2,8 – 4,0 |
|  |  | 3,5 – 5,0 | 2,2 | 3,9 | 3,5 – 5 |
| 2,2 | 5,2 | 4,5 - 6,3 | 3 | 5,2 | 4,5 - 6,3 |
| 3 | 6,8 | 5,5 – 8 | 4 | 6,8 | 5,5 – 8 |
| 4 | 9,0 | 7 – 10 | 5,5 | 9,2 | 7 – 10 |
| 5,5 | 11,5 | 9 – 12 | 7,5 | 12,4 | 9 - 12,5 |
| 7,5 | 15,5 | 11 – 16 |  |  | 11 – 16 |
|  |  |  | 11 | 17,6 | 14 – 20 |
|  |  |  | 15 | 23 | 18 – 25 |
|  |  |  | 18,5 | 28 | 22 – 32 |

Piezīme: Trīsfāzu asinhronais dzinējs, 4 poli, AC-3, 380/400 V;

1 kategorija – Iq = 50 kA, 500 V; 2 kategorija – Iq = 35 kA, 400 V

P.7.9. tabula

**Firmas “National Electric” magnētisko palaidēju tehniskie dati.**

**Aizsardzība ar automātslēdzi MCCB tikai ar elektromagnētisko atkabni un termoreleju**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trīsfāzu dzinējs,**  **Umax = 440 V** | | **Automātslēdzis МССВ ar el.-magn. atkabņi** | | **Kontaktors** | **Termorelejs** | |
| **Jauda,**  **kW** | **Slodzes**  **strāva, А** | **Tips** | **Nominālā strāva, A** | **Tips** | **Tips** | **Iestatījuma strāva (А)** |
| 5,5 | 11 | GBH(L)53 | 16 | GMC-32 | GTH(K)-40 | 9-13 |
| 7,5 | 15 | GBH(L)53 | 16 | GMC-32 | GTH(K)-40 | 12-18 |
| 10 | 19 | GBH(L)53 | 25 | GMC-32 | GTH(K)-40 | 18-26 |
| 11 | 21 | GBH(L)53 | 25 | GMC-32 | GTH(K)-40 | 18-26 |
| 15 | 28 | GBH(L)53 | 32 | GMC-32 | GTH(K)-40 | 24-36 |
| 18,5 | 34 | GBH(L)53 | 40 | GMC-75 | GTH(K)-85 | 28-40 |
| 22 | 39 | GBH(L)53 | 50 | GMC-75 | GTH(K)-85 | 34-50 |
| 30 | 54 | GBH(L)103 | 63 | GMC-75 | GTH(K)-85 | 45-65 |
| 37 | 66 | GBH(L)103 | 80 | GMC-75 | GTH(K)-85 | 54-75 |
| 45 | 80 | GBH(L)103 | 100 | GMC-100 | GTH(K)-100 | 65-100 |
| 55 | 99 | GBH(L)103 | 100 | GMC-100 | GTH(K)-100 | 85-125 |
| 75 | 135 | GBH(L)203 | 160 | GMC-150 | GTH(K)-150 | 100-150 |
| 90 | 160 | GBH(L)203 | 200 | GMC-180 | GTH(K)-220 | 120-180 |
| 110 | 192 | GBH(L)203 | 200 | GMC-180 | GTH(K)-220 | 160-240 |
| 132 | 226 | GBH(L)203 | 250 | GMC-220 | GTH(K)-220 | 160-240 |
| 160 | 265 | ABH(L)403b | 300 | GMC-400 | GTH(K)-400 | 200-300 |
| 200 | 330 | ABH(L)403b | 350 | GMC-400 | GTH(K)-400 | 260-400 |
| 220 | 353 | ABH(L)403b | 400 | GMC-400 | GTH(K)-400 | 260-400 |
| 250 | 400 | ABS(L)603b | 500 | GMC-600 | GTH(K)-600 | 260-400 |
| 300 | 480 | ABS(L)603b | 500 | GMC-600 | GTH(K)-600 | 400-600 |

Piezīme: Iq = 50 kA, 415 V

P.7.10. tabula

**Firmas “ABB” nereversīvā magnētisko palaidēju DWA, DRA, DEA un reversīvā**

**magnētisko palaidēju WRA tehniskie dati.**

**Aizsardzība ar termoreleju O/L un drošinātāju**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Darba strāva,**  **AC-3, 400 V**  **A** | **Trīsfāzu dzinēja jauda,**  **(4 poli, AC-3, 50/60 Hz)** | | | **Drošinātāji strāva INdr, A (380/400 V)** | | **Nereversīvā**  **palaidēja**  **tips** | **Reversīvā**  **palaidēja**  **tips** |
| **380/400 V kW** | **415 V**  **kW** | **690 V**  **kW** | **aM** | **gG** |
| 9 | 4 | 4 | 5.5 | 10 | 25 | DWA 9-30 | WRA 9-30 |
| 12 | 5.5 | 5.5 | 7.5 | 16 | 32 | DWA 12-30 | WRA 12-30 |
| 17 | 7.5 | 9 | 9 | 20 | 32 | DWA 16-30 | WRA 16-30 |
| 26 | 11 | 11 | 15 | 25 | 50 | DRA 26-30 | WRA 26-30 |
| 32 | 15 | 15 | 18.5 | 32 | 63 | DRA 30-30 | WRA 30-30 |
| 37 | 18.5 | 18.5 | 22 | 40 | 80 | DRA 40-30 | WRA 40-30 |
| 50 | 22 | 25 | 30 | 50 | 100 | DEA 50-30 | WEA 50-30 |
| 65 | 30 | 37 | 37 | 63 | 125 | DEA 63-30 | WEA 63-30 |
| 75 | 37 | 40 | 40 | 100 | 160 | DEA 75-30 | WEA 75-30 |
| 96 | 45 | 55 | 55 | 125 | 200 | DEA 95-30 | WEA 95-30 |
| 110 | 55 | 59 | 75 | 160 | 200 | DEA 110-30 | WEA 110-30 |

P.7.11. tabula

**Trīsfāžu asinhrondzinēju dati**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr.** | **PN, kW** | **UN,**  **V** | ***ηN*, %** | **cos*φ*N** | **Ip/IN** | **Nr.** | **PN, kW** | **UN,**  **V** | **ηN, %** | **cos*φ*N** | **Ip/IN** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| 1 | 0,75 | 380 | 77 | 0,87 | 5,5 | 24 | 15 | 380 | 89 | 0,88 | 7 |
| 2 | 1,5 | 380 | 81 | 0,85 | 6,5 | 25 | 22 | 380 | 90 | 0,9 | 7 |
| 3 | 3 | 380 | 84,5 | 0,88 | 6,5 | 26 | 30 | 380 | 91 | 0,89 | 7 |
| 4 | 5,5 | 380 | 87,5 | 0,91 | 7,5 | 27 | 37 | 380 | 91 | 0,9 | 7 |
| 5 | 11 | 380 | 88 | 0,9 | 7,5 | 28 | 45 | 380 | 92 | 0,9 | 7 |
| 6 | 18,5 | 380 | 88,5 | 0,92 | 7,5 | 29 | 55 | 380 | 92,5 | 0,9 | 7 |
| 7 | 22 | 380 | 88,5 | 0,91 | 7,5 | 30 | 75 | 380 | 93 | 0,9 | 7 |
| 8 | 30 | 380 | 90,5 | 0,9 | 7,5 | 31 | 90 | 380 | 93 | 0,91 | 7 |
| 9 | 37 | 380 | 90 | 0,89 | 7,5 | 32 | 110 | 380 | 92,5 | 0,9 | 7 |
| 10 | 45 | 380 | 91 | 0,9 | 7,5 | 33 | 132 | 380 | 93 | 0,9 | 6,5 |
| 11 | 55 | 380 | 91 | 0,92 | 7,5 | 34 | 160 | 380 | 93,5 | 0,91 | 7 |
| 12 | 75 | 380 | 91 | 0,89 | 7,5 | 35 | 200 | 380 | 94 | 0,92 | 7 |
| 13 | 90 | 380 | 92 | 0,9 | 7,5 | 36 | 250 | 380 | 94,5 | 0,92 | 7 |
| 14 | 110 | 380 | 91 | 0,89 | 7,5 | 37 | 315 | 380 | 94,5 | 0,92 | 7 |
| 15 | 132 | 380 | 91,5 | 0,89 | 7 | 38 | 0,25 | 380 | 59 | 0,62 | 4 |
| 16 | 160 | 380 | 92 | 0,9 | 7 | 39 | 0,55 | 380 | 67,5 | 0,71 | 4 |
| 17 | 200 | 380 | 92,5 | 0,9 | 7 | 40 | 0,75 | 380 | 69 | 0,74 | 4 |
| 18 | 250 | 380 | 92,5 | 0,9 | 4,5 | 41 | 1,5 | 380 | 75 | 0,74 | 5,5 |
| 19 | 0,55 | 380 | 70,5 | 0,7 | 5 | 42 | 3 | 380 | 81 | 0,76 | 6 |
| 20 | 1,1 | 380 | 75 | 0,81 | 6 | 43 | 4 | 380 | 82 | 0,81 | 6 |
| 21 | 2,2 | 380 | 80 | 0,83 | 6 | 44 | 5,5 | 380 | 85 | 0,8 | 7 |
| 22 | 4 | 380 | 84 | 0,84 | 7,5 | 45 | 11 | 380 | 86 | 0,86 | 6 |
| 23 | 7,5 | 380 | 87,5 | 0,86 | 7 | 46 | 18,5 | 380 | 88 | 0,87 | 6 |
| 47 | 30 | 380 | 90,5 | 0,9 | 6,5 | 59 | 37 | 380 | 90 | 0,83 | 6 |
| 48 | 55 | 380 | 92 | 0,88 | 7 | 60 | 55 | 380 | 92 | 0,84 | 6,5 |
| 49 | 90 | 380 | 92,5 | 0,89 | 7 | 61 | 90 | 380 | 93 | 0,85 | 6,5 |
| 50 | 110 | 380 | 93 | 0,9 | 7 | 62 | 132 | 380 | 93,5 | 0,85 | 6,5 |
| 51 | 160 | 380 | 93,5 | 0,9 | 7 | 63 | 160 | 380 | 93,5 | 0,85 | 6,5 |
| 52 | 200 | 380 | 94 | 0,9 | 7 | 64 | 30 | 380 | 88 | 0,81 | 6 |
| 53 | 1,1 | 380 | 70 | 0,68 | 3,5 | 65 | 45 | 380 | 91,5 | 0,78 | 6 |
| 54 | 2,2 | 380 | 76,5 | 0,71 | 6 | 66 | 75 | 380 | 92 | 0,8 | 6 |
| 55 | 4 | 380 | 83 | 0,7 | 6 | 67 | 110 | 380 | 93 | 0,83 | 6 |
| 56 | 7,5 | 380 | 86 | 0,75 | 6 | 68 | 22 | 380 | 88 | 0,88 | 7 |
| 57 | 15 | 380 | 87 | 0,82 | 6 | 69 | 45 | 380 | 91 | 0,91 | 7 |
| 58 | 22 | 380 | 88,5 | 0,84 | 6 | 70 | 90 | 380 | 92 | 0,88 | 7 |

Piezīme: dzinēja palaides un aparātu novietojuma apstākļi tiek doti uzdevuma no­sacījumos.

Ip/IN — palaides strāvas attiecība.

**IZMANTOTĀ LITERATŪRA**

1. Arājs R., Staltmanis I. Elektroiekārtas un to ekspluatācija. – R.: Liesma, 1977.

2. Atabekovs. Rūpniecības uzņēmumu elektroiekārtu remonts. – R.: Zvaigzne. 1982.

3. Baltiņš A., Kanbergs A., Miesniece S. Zemsprieguma elektriskie aparāti. - R.: Jumava. 2003.

4. Timmermanis K., Rozenkrons J. Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa. – R.: Zvaigzne, 1988.

5. Putniņš J. Elektroapgādes sistēmas relejaizsardzība un automātika. – R.: Zvaigzne, 1993.

6. Trunkovskis L. Rūpniecības uzņēmumu elektroietaišu apkalpošana. – R.: Zvaigzne. 1981.

7. Zolbergs J. Vispārīgā elektrotehnika. – R.: Zvaigzne, 1974.

8. Greivulis J., Raņķis I. Iekārtu vadības elektroniskie elementi un mezgli. – R.: Avots, 1997.

9. Raņķis I. Energoelektronika. - Rīga: RTU, 2002.

10. Danilovs I., Lotockis K. Elektriskās mašīnas. R.: Zvaigzne, 1975.

11. Šnīders A., Straume I. Automātiskā elektriskā piedziņa: Mācību grāmata. - Jelgava: LLU, 2008. – 164 lpp.

12. Darba aizsardzības rokasgrāmata. 1. d. Patērētāju elektroiekārtu tehniskas ekspluatācijas noteikumi un patērētāju elektroiekārtu ekspluatācijas drošības tehnikas noteikumi. — R.: Liesma, 1977. — 374 lpp.

13. Kaķītis A., Galiņš A., Leščevics P. Sensori un mērīšanas sistēmas. Jelgava: LLU, 2008. – 395 lpp.

14. Hager. Modulārās ierīces. Komutācijas un vadības ierīces. [www.hager.lv](http://www.hager.lv).

15. Latvijas energostandarts, LEK 025, Drošības prasības, veicot darbus elektroietaisēs, 2001.

16. Latvijas energostandarts, LEK 002, Elektrostaciju, tīklu un lietotāju elektroietaišu tehniskā ekspluatācija, 2000.

17. Hager. Modulārās ierīces. Automātiskie slēdži un noplūdes strāvas automāti. [www.hager.lv](http://www.hager.lv).

18. Automatizācija & kontrole. Telemecanique. Produkcijas pārskata katalogs 2005. [www.schneider-electric.lv](http://www.schneider-electric.lv).

19. Schneider Electric produkcijas katalogs. Zemsprieguma iekārtas. R.: 200410. Unica. Produktu katalogs. "Schneider Electric Latvija", SIA. [www.schneider-electric.lv](http://www.schneider-electric.lv).

20. Schneider Electric. Electrical installation guide. 2007. [www.schneider-electric.](http://www.schneider-electric.)com.

21. ABB main katalogue. Starting Combinations. 2000. [www.abb.com](http://www.abb.com).

22. ABB. Control Gear. [www.abb.com](http://www.abb.com).

23. ABB molded case circuit breakers. Technical catalog. 2005. [www.abb.com](http://www.abb.com).

24. Catalog Legrand 2006-2007. [www.legrand.com](http://www.legrand.com).

25. Siemens catalogue Beta ET B1, ET B1 T, ETG1 – 2005, ET D1 – 2006. <http://www.siemens.de/automation/support>.

26. LG Industrial Systems. Low voltage circuit breakers. [www.lgis.com](http://www.lgis.com).

27. Bussmann Low Voltage, Branch Circuit Rated Fuses. [www.cooperbu](http://www.cooperbu)[ssmann.com /prod](http://ssmann.com/prod)ucts /datasheet.asp

28. Ferraz Shawmut Fuse Links Catalog 2006. [www.ferrazshawmut.com](http://www.ferrazshawmut.com).

29. Mitsubishi Electric. General catalogue 2004.

30. Lovato Electric. General catalogue 2003-2004. Control solutions for industry. [wwwLovatoElectric.com](http://wwwlovatoElectric.com).

31. *Kraus & Naimer.* Blue Line Switchgear. Catalog 100. [www.krausnaimer.com](http://www.krausnaimer.com).

32. Power Factor Correction. Product Profile. Catalog [Epcos AG](http://www.compensation.ru/vendors/epcos) AG. Ordering No EPC: 26004-7600. Germany, 2001.

33. NH-HRS fuses. Catalog WEBER. Issue 2004.

34. Каталог Апатор. Низковольтная коммутационная аппаратура. [www.apator.ru](http://www.apator.ru).

35. Родштейн Л.А. Электрические аппараты. – Л.: Энергоатомиздат, 1989.

36. Чунихин А.А. Электрические аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

37. Рожкова Л. Д., Kaрнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для сред. проф. образования. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 448 с.

38. Основы промышленной электроники. Под ред. В.Г.Герасимова. М.: Высшая школа. 1986.

39. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.